

Manual de Aplicação, Manutenção e Reparos em Tubos e Acessórios de PEAD

Desenvolvido pelo Engº
José Roberto B. Danieletto

Publicado pela Associação
Brasileira de Tubos
Polioléfinicos
e Sistemas

FGS **BRASIL**
Tubos e Conexões

MÓDULO 0**10 PASSOS PARA UMA APLICAÇÃO SEGURA**

A implantação de uma obra ou sistema de tubulação deve atender 10 passos que conduzem à escolha mais adequada e à implantação e operação seguras, apresentados a seguir:

PASSO	AÇÃO	Check
1	Especificações Técnicas	
2	Seleção e Padronização dos Métodos Construtivos	
3	Seleção de Materiais, Dimensionamento e Especificação de Tubos e Conexões	
4	Especificações de Compra e Seleção de Fornecedores (Pré-Qualificação)	
5	Definição de Modelo de Contratação e Compra	
6	Inspeção de Produtos e Sistema de Garantia da Qualidade	
7	Procedimentos de Estocagem e Manuseio	
8	Treinamento (Qualificação) de Mão de Obra de Instalação Própria e/ou de Terceiros	
9	Treinamento de Operação e Manutenção Própria e/ou de Terceiros	
10	Acompanhamento de Desempenho	

●PASSO 1 – Especificações técnicas

Obter as especificações e normas técnicas pertinentes ao produto e à aplicação: NBR, ISO, EN, DIN, ASTM, normas técnicas de empresa, (Sabesp, Petrobras, entre outras) etc.

- Especificações de materiais;
- Especificações de Projeto;
- Especificações de Instalação e Reparo;
- Especificações de Controle de Qualidade de Materiais, Mão de Obra, Equipamentos e Instalação

●PASSO 2 – Seleção e Padronização de Métodos Construtivos

- Definir Instalação: Enterrada, Aérea, Subaquática, Sobre Solo:
 - Linha Nova: Quais métodos de instalação são disponíveis?
 - Reabilitação: Quais métodos de reabilitação são disponíveis?
 - Substituição: Quais métodos para substituição são disponíveis?
- Definir Método Construtivo:
 - Enterrada:
 - Vala Aberta ou MND, em função de:
 - Viabilidade técnico-econômica
 - Área para abertura de cachimbos;
 - Ângulo de entrada do tubo;
 - Área para entrada e manobra de equipamento de perfuração;
 - Subsolo e interferência, etc.
 - Licenças Ambientais, de tráfego e Prefeitura.
 - Aérea: Aspectos a considerar:
 - Proteção a UV;
 - Proteção contra vandalismo;
 - Tipo de Suportação;
 - Dilatação.
 - Subaquática: Aspectos a considerar:
 - Licenças Ambientais;
 - Sob ou sobre leito subaquático;
 - Condições de navegação;
 - Esforços subaquáticos.
 - Suportada sobre o solo: Aspectos a considerar:
 - Proteção a UV
 - Proteção contra vandalismo;
 - tipo de Suportação;
 - Licenças Ambientais;
 - Dilatação.

●PASSO 3 – Seleção de Materiais, Dimensionamento e Especificação de Tubos e Conexões

- Seleção de Materiais e Métodos de União, função de:
 - Aplicação e dimensões da tubulação;
 - Método Construtivo;
 - Custo x Benefício para Instalação e Reparo
 - Disponibilidade no mercado

- Dimensionamento e Especificação de Tubos e Conexões, função de:
 - Normas técnicas aplicáveis;
 - Condições de Instalação e Método Construtivo
 - Custo x Benefício para Instalação e Reparo
 - Disponibilidade de Mercado

●PASSO 4 – Especificações de Compra e Seleção de Fornecedores (Pré-Qualificação)

- Definir compra por: Lotes, Itens, Global ou Instalado;
- Padronização de Diâmetros e Classes de Pressão;
- Padronização de Conexões e métodos de União;
- Definir Fichas Técnicas de Produtos
- Definir especificações e procedimentos de pré-qualificação de produtos e fornecedores:
 - Programas da Garantia da Qualidade (auditorias próprias ou terceiros);
 - Qualificação de Produtos e/ou Processos em Fábrica (própria ou terceiros);
 - Matérias primas de tubos e conexões;
 - Tubos e Conexões;
 - Instaladores

●PASSO 5 – Definição de Modelo de Contratação e Compra

- Definir modalidade de Seleção e Requisitos Técnicos e Comerciais:
 - Compra Direta;
 - Leilões presenciais;
 - Leilões não presenciais, etc

●PASSO 6 – Inspeção de Produtos e Sistema de Garantia da Qualidade

- Definir Procedimentos e Requisitos de Aprovação e Recebimento de Materiais:
 - Programas da Garantia da Qualidade (auditoria própria, terceiros);
 - Certificados de Qualidade por Lote de Fabricação;
 - Rastreabilidade;

- Inspeção no Fornecedor (própria ou de terceiros);
- Inspeção no Almoxarifado da Contratante (própria ou de terceiros).

●PASSO 7 – Procedimentos de Estocagem e Manuseio

Definir os procedimentos em função de:

- Local coberto ou ao tempo:
 - Material ou embalagem resistente a UV ou Não;
- Tubos avulsos ou em engradados ou bobinas;
- Conexões e outros elementos em caixas ou sacos;
- Alturas máximas permitidas de estocagem;
- Acesso e Condições para Uso e Expedição
- Segurança contra incêndio;
- Segurança Patrimonial

●PASSO 8 – Treinamento (Qualificação) de Mão de Obra de Instalação Própria e/ou de Terceiros

- Definir requisitos e competências da Mão de Obra de Instalação e Soldagem;
- Definir Entidades, Escolas e Institutos de Qualificação aceitos;
- Definir Tempo de Validade da Qualificação;
- Definir Documento de Certificação

●PASSO 9 – Treinamento de Operação e Manutenção Própria e/ou de Terceiros

- Definir requisitos e competências da Mão de Obra de Instalação e Soldagem;
- Definir Entidades, Escolas e Institutos de Qualificação aceitos;
- Definir Tempo de Validade da Qualificação;
- Definir Documento de Certificação

●PASSO 10 – Acompanhamento de Desempenho

- Definir Critérios, Metas e Índices de Avaliação de Desempenho da Instalação;
- Definir e Instalar Instrumentos (hardware e software), se necessários, para medição do desempenho;
- Definir Periodicidade e modelos de Relatórios de Avaliação;
- Definir Responsável pela Avaliação com parecer e a quem distribuir

MÓDULO 1

1.1 - ORIENTATIVO PARA ESCOLHA DO MATERIAL

A escolha do material para uma determinada tubulação deve levar em consideração diversos fatores, sendo:

- Condições de Operação:
 - Resistência à pressão de operação, para temperatura e vida útil esperadas;
 - Resistência físico-química ao fluido e ao ambiente;
 - Resistência à abrasão;
 - Flexibilidade ou rigidez necessárias;
 - Toxicidade e/ou propriedades organolépticas;
- Métodos de Instalação e União definidos
- Fatores Econômico e Comercial
 - Relação Custo x Benefício
 - Disponibilidade no Mercado

1 – Condições de Operação

1.1 – Resistência à Pressão Interna

A resistência à pressão interna do tubo depende da Tensão Circunferencial do Material na temperatura e vida útil projetada.

Para os materiais plásticos, esses valores são definidos e os materiais classificados pelas normas ISO 12.162 (ASTMD 3350) através de curvas de regressão levantadas a várias temperaturas de operação, conforme ISO TR 9080 (ASTM D-2837).

Os materiais são classificados pela Mínima Resistência Requerida (MRS - Minimum Required Strength) assim determinada em MPa, para uma vida útil mínima de 50 anos a 20°C.

Para as Tubulações Poliolefínicas temos:

Material	Símbolo	MRS
Polietileno PE 80 (PEAD e PEMD)	PE 80	8
Polietileno PE 100 (PEAD)	PE 100	10
Polietileno Reticulado	PEX	8
Polipropileno Copolímero em Bloco	PPB-80	8
Polipropileno Copolímero Randômico	PPR-80	8
Polipropileno Homopolímero	PPH-100	10
Polibutileno	PB	14
Polietileno RT (temperatura elevada) Tipo 1 e 2	PE-RT	8
PEAD sem classificação p/ tubos sem pressão	PE	-

A Pressão Nominal (PN em bar) do tubo é definida em função do MRS (MPa) e suas dimensões:

$$PN = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)}$$

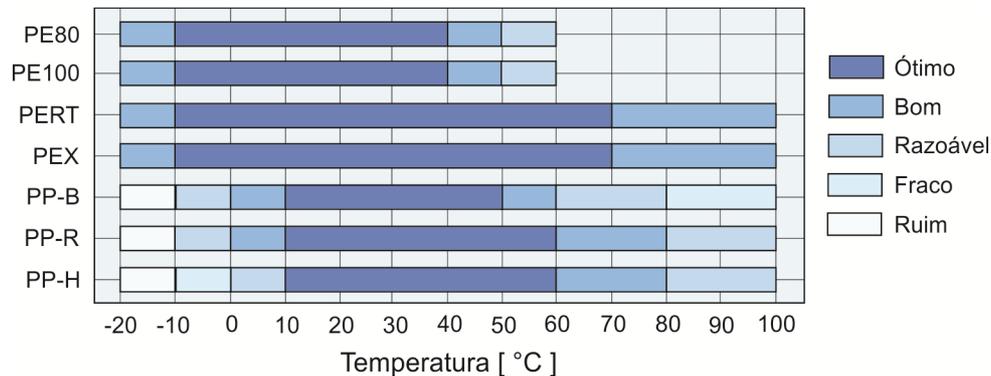
C: Fator de Segurança aplicado (normalmente 1,25)

SDR: Relação Padronizada (DE/e), Diâmetro Externo Nominal/Espessura mínima de parede

SDR = RELAÇÃO DE/e									
MRS	PN 4	PN 5	PN 6	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16	PN 20	PN 25
8	32,25	26	21	17	13,6	11	9	7,25	6
10	nd	32,25	26	21	17	13,6	11	9	7,25

Ainda que de mesmo MRS, os materiais podem ter comportamentos muito distintos em função da temperatura de aplicação e vida útil.

1.1.1 – Faixa de Temperatura mais adequada dos Materiais



$$MPO = PN \cdot f_T$$

MPO = Máxima Pressão de Operação

f_T = fator de redução de pressão em função da temperatura de operação

Fatores de Redução de Pressão (f_T) para temperaturas entre 25°C e 50°C para PE 80 e PE 100

Composto	Temperatura °C						
	25	27,5	30	35	40	45**	50**
Tipo A	1,0	0,90	0,87	0,80	0,74	0,67	0,61
Tipo B	1,0	0,86	0,81	0,72	0,62	0,52	0,43

Nota:** Limitado à vida útil máxima de 15 anos

Fatores de Redução de Pressão para temperaturas entre 30°C e 95°C para PPB, PPR, PPH, PEX e PE-RT

Composto	Temperatura °C						
	30	40	50	60	70	80**	95**
PPB 80	0,77	0,62	0,41	0,28	0,19	0,16	0,13
PPR 80	0,87	0,74	0,62	0,51	0,34	0,26	0,17
PPH 100	0,90	0,74	0,62	0,50	0,32	0,25	0,17
PEX	0,92	0,83	0,73	0,65	0,60	0,52	0,43
PE-RT T1	0,80	0,70	0,66	0,56	0,47	0,36	0,22
PE-RT T2	0,92	0,77	0,71	0,61	0,58	0,49	0,34

Nota: PP - Valores extraídos da tabela DIN 8077, com fator de segurança de 1,5, como adotado pela EN 15784

PEX - Valores extraídos da Tabela DIN 16.893, com fator de segurança de 1,5.

PE-RT - Valores extraídos da Tabela ISO 24.033, com fator de segurança de 1,5.

** Limitado à vida útil máxima de 25 anos p/ 80°C e 10 anos p/ 95°C

1.2 - Outras Características Preponderantes dos Materiais

COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS

(Valores e Propriedades típicas)

Propriedades	PE 80	PE 100	PPB 80	PPR 80	PPH 100	PB	PEX	PVC	CPVC	PVDF
MRS (MPa)	8	10	8	8	10	12,5	8	25	25	25
σ (MPa)	6,3	8	6,3	6,3	8	8	6,3	10	10	16
Densidade (g/cm³)	0,95	0,96	0,91	0,91	0,91	0,94	0,94	1,4	1,5	1,8
Barra (B)/ Bobina (C)	B/C	B/C	B/C	B/C	B	B/C	B/C	B	B	B/C
Faixa de temperatura (°C)	-70 50	-70 50	-10 80	-10 95	0 95	0 95	-40 110	0 50	0 80	-40 140
Resistência ao impacto *	4	4	3	2	1	2	5	0	0	4
Flexibilidade *	4	3	3	2	1	4	4	0	0	1
Resistência à abrasão *	4	5	3	3	3	3	5	3	2	5
Resistência à chama *	1	1	1	1	1	1	1	3	4	4
Resistência à intempérie Natural/Preto *	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1?	2/4	1/3	1	4
Resist. ao stress cracking *	1	2	5	5	5	5	5	5	5	5
Resist. soluções salinas *	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5
Resist. a ácidos clorados *	3	3	3	3	3	3	4	3	4	5
Resist. a ácidos fluorados *	3	3	2	2	2	4	4	2	1	5
Resist. a ácidos sulfúricos *	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4
Resist. a álcoois *	4	4	4	4	4	4	4	4	0	2
Resist. a detergentes*	3	3	4	4	4	4	3	4	2	5
Resist. a soda cáustica*	4	4	5	5	5	4	4	4	4	0
Resist. Hidrocarbonetos alifáticos* (gasolina, diesel)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3
Resist. Hidrocarbonetos aromáticos* (benzeno, tolueno)	2	2	0	0	0	0	2	0	0	2
Resist. Hidrocarbonetos clorados* (tetracloreto de carbono)	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
Resist. à gás natural, GLP, butano, etc*	4	4	3	3	3	1	4	4	4	5
Toxidez*	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5
Condutividade térmica-W/mK	0,43	0,43	0,22	0,22	0,22	0,22	0,35	0,16	0,15	0,17
Coefficiente de expansão linear (10 ⁻⁴ /K)(20-90)°C	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5	1,3	1,7	0,8	0,7	1,1
Solda por termofusão*	5	5	5	5	5	5	0	2	2	5
Solda por eletrofusão*	5	5	5	5	5	5	2	0	0	0
Solda a frio (solvente)*	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0
Junta mecânica	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4

Nota: * 0 (ruim), 1(frac), 2(regular), 3 (bom), 4 (muito bom), 5 (ótimo)

2 – Aplicações Típicas dos Materiais

• Ramais de Água:	PE 80
• Redes de Água:	PE 80, PE 100
• Adutoras de Água e Linhas de Esgoto sob Pressão:	PE 100
• Tubos Corrugados para Esgoto sob Gravidade:	PE, PPH, PPR
• Tubos Corrugados para Drenagem:	PE, PPH, PPR
• Tubos Corrugados e Lisos para Telecomunicação:	PE
• Linhas de Incêndio Enterradas:	PE 100
• Carretéis Autopropelidos para Irrigação:	PE 80
• Redes de Irrigação:	PE 80, PE 100
• Ramais de Irrigação por Gotejamento e Microaspersão:	PEBD e/ou PEBDL
• Redes e Ramais de Gás Combustível:	PE 80, PE 100
• Linhas de Ar Comprimido:	PE 100, PPR
• Linhas Industriais até 40°C:	PE 80, PE 100, PPR, PPH
• Linhas Industriais acima 40°C:	PPR e PPH
• Linhas de Transporte de Sólidos:	PE 100
• Instalações Prediais de Água Fria:	PPR, PEX, PE-RT, Multicamada
• Instalações Prediais de Água Quente:	PPR, PEX, PE-RT, Multicamada
• Instalações Prediais de Gás Combustível:	Multicamada

MÓDULO 1

1.2 - DESIGNAÇÕES E DIMENSÕES DE TUBOS POLIOLEFÍNICOS

A escolha do material da tubulação deve contemplar fatores como:

- Resistência físico-química ao fluido e ambiente;
- Resistência à Temperatura na Vida útil esperada;
- Flexibilidade ou Rigidez desejadas
- Condições de Instalação e Operação, etc

Para tanto, vide Módulo 1 – 1.1 – Escolha do Material

● Designação de tubos

Os tubos são designados pelo seu Diâmetro Externo Nominal (DE) e seu SDR e/ou Classe de Pressão (PN) e espessura mínima (e).

- SDR (*Standard Dimension Ratio*) = DE/e
- PN (Pressão Nominal) em bar

Para cada material, um mesmo SDR define o mesmo PN. Nas tabelas abaixo temos a relação de SDR x PN para cada material.

$$PN = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)}$$

C: Fator de Segurança aplicado (normalmente 1,25)

MRS: Tensão Circunferencial Padrão a 50 anos/20°C do material

(PE 80 = 8 MPa, PE 100 = 10 MPa, PPB e PPR = 8 MPa, PPH = 10 MPa)

Todo tubo deve vir marcado de maneira indelével (*hot stamping*) no mínimo a cada metro, com os seguintes dizeres:



Nome/Marca do Fabricante - Norma de Fabricação - Classificação do Material (PE 80, PE 100, PP-R, etc) - Diâmetro Externo (DE) - Espessura (mm) – PN ou SDR ou ambos - lote de fabricação

**DIMENSÕES DE TUBO PE 80 e 100, C = 1,25
CONFORME NORMA ISO 4427, EN 12.201, NBR 15.561**

	SDR 32.25		SDR 26		SDR 21		SDR 17		SDR 13.6		SDR 11		SDR 9		SDR 7.25	
PE 80	PN 4		PN 5		PN 6		PN 8		PN 10		PN 12,5		PN 16		PN 20	
PE 100	PN 5		PN 6		PN 8		PN 10		PN 12,5		PN 16		PN 20		PN 25	
DE	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso
mm	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
20													2,3	0,1	2,8	0,2
25											2,3	0,2	2,8	0,2	3,5	0,2
32									2,4	0,2	3,0	0,3	3,6	0,3	4,5	0,4
40							2,4	0,3	3,0	0,4	3,7	0,4	4,5	0,5	5,6	0,6
50			2,3	0,4	2,4	0,4	3,0	0,4	3,7	0,5	4,6	0,7	5,6	0,8	6,9	0,9
63	2,3	0,5	2,5	0,5	3,0	0,6	3,8	0,7	4,7	0,9	5,8	1,0	7,0	1,2	8,7	1,5
75	2,4	0,6	2,9	0,7	3,6	0,8	4,5	1,0	5,6	1,2	6,9	1,5	8,4	1,8	10,4	2,1
90	2,8	0,8	3,5	1,0	4,3	1,2	5,4	1,4	6,7	1,8	8,2	2,1	10,0	2,5	12,5	3,0
110	3,5	1,2	4,3	1,4	5,3	1,8	6,6	2,2	8,2	2,6	10,0	3,1	12,3	3,8	15,2	4,5
125	3,9	1,5	4,9	1,9	6,0	2,2	7,5	2,8	9,3	3,4	11,4	4,1	13,9	4,8	17,3	5,8
140	4,4	1,9	5,4	2,3	6,7	2,8	8,3	3,4	10,4	4,2	12,8	5,1	15,6	6,1	19,4	7,3
160	5,0	2,4	6,2	3,0	7,7	3,7	9,5	4,5	11,9	5,5	14,6	6,6	17,8	7,9	22,1	9,5
180	5,6	3,1	7,0	3,8	8,6	4,6	10,7	5,7	13,4	7,0	16,4	8,4	20,0	10,0	24,9	12,0
200	6,2	3,8	7,7	4,7	9,6	5,8	11,9	7,0	14,9	8,6	18,2	10,4	22,3	12,4	27,6	14,8
225	7,0	4,8	8,7	5,9	10,8	7,3	13,4	8,9	16,7	10,9	20,5	13,1	25,0	15,6	31,1	18,8
250	7,8	6,0	9,7	7,3	11,9	8,9	14,9	11,0	18,6	13,5	22,8	16,2	27,8	19,3	34,5	23,2
280	8,7	7,4	10,8	9,1	13,4	11,2	16,6	13,7	20,8	16,9	25,5	20,3	31,2	24,2	38,7	29,1
315	9,8	9,4	12,2	11,6	15,0	14,2	18,7	17,4	23,4	21,4	28,7	25,7	35,0	30,6	43,5	36,8
355	11,1	12,0	13,7	14,7	16,9	17,9	21,1	22,1	26,3	27,1	32,3	32,6	39,5	38,9	49,0	46,6
400	12,4	15,1	15,4	18,6	19,1	22,8	23,8	28,0	29,7	34,4	36,4	41,3	44,5	49,3	55,2	59,2
450	14,0	19,2	17,4	23,6	21,5	28,9	26,7	35,4	33,4	43,5	41,0	52,3	50,0	62,3	61,7	74,5
500	15,5	23,6	19,3	29,1	23,9	35,6	29,7	43,7	37,1	53,7	45,5	64,6	55,6	77,0		
560	17,4	3,0	21,6	36,5	26,7	44,6	33,2	54,8	41,5	67,3	51,0	81,0				
630	19,6	37,6	24,3	46,2	30,0	56,4	37,4	69,4	46,7	85,1	57,3	102,5				
710	22,1	47,8	27,4	58,6	33,9	71,7	42,1	88,0	52,6	108,1						
800	24,9	60,5	30,8	74,2	38,1	90,9	47,5	111,8	59,3	137,3						
900	28,0	76,5	34,7	94,1	42,9	115,1	53,4	141,4								
1000	31,1	94,5	38,5	116,0	47,7	142,2	59,3	174,5								
1200	37,3	136,0	46,2	167,0	57,2	204,6										
1400	43,5	184,9	53,9	227,1												
1600	49,7	241,4	61,6	296,7												

DIMENSÕES DOS TUBOS DE PP, C = 1,25 a 1,6
CONFORME DIN 8077, NBR 15.513

DE	SDR 41		SDR 33		SDR 26		SDR 17,6		SDR 11		SDR 7,4		SDR 6		SDR 5	
	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso	e	Peso
mm	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
20									1,9	0,1	2,7	0,1	3,4	0,2	4,1	0,2
25									2,3	0,2	3,4	0,2	4,2	0,3	5,1	0,3
32							1,8	0,2	2,9	0,3	4,2	0,4	5,4	0,4	6,5	0,5
40					1,8	0,2	2,3	0,3	3,7	0,4	5,4	0,6	6,7	0,7	8,1	0,8
50			1,8	0,3	2,0	0,3	2,9	0,4	4,6	0,6	6,7	0,9	8,3	1,1	10,1	1,2
63	1,8	0,4	2,0	0,4	2,5	0,5	3,6	0,7	5,8	1,0	8,3	1,4	10,5	1,7	12,7	1,9
75	1,9	0,4	2,3	0,5	2,9	0,7	4,3	0,9	6,8	1,4	10,5	2,0	12,5	2,4	15,1	2,7
90	2,2	0,6	2,8	0,8	3,5	0,9	5,1	1,3	8,2	2,0	12,3	2,9	15,0	3,4	18,1	3,9
110	2,7	0,9	3,4	1,1	4,2	1,4	6,3	2,0	10,0	3,0	15,1	4,3	18,3	5,0	22,1	5,8
125	3,1	1,2	3,9	1,5	4,8	1,8	7,1	2,6	11,4	3,9	17,1	5,6	20,8	6,5	25,1	7,5
140	3,5	1,5	4,3	1,8	5,4	2,2	8,0	3,2	12,7	4,9	19,2	7,0	23,3	8,2	28,1	9,4
160	4,0	1,9	4,9	2,3	6,2	2,9	9,1	4,2	14,6	6,4	21,9	9,1	26,6	10,6	32,1	12,3
180	4,4	2,4	5,5	2,9	6,9	3,7	10,2	5,3	16,4	8,1	24,5	11,4	29,0	13,1	36,1	15,5
200	4,9	2,9	6,2	3,7	7,7	4,5	11,4	6,5	18,2	10,0	27,4	14,2	33,2	16,6		
225	5,5	3,7	6,9	4,6	8,6	5,7	12,8	8,2	20,5	12,6	30,8	18,0	37,4	21,0		
250	6,2	4,6	7,7	5,7	9,6	7,0	14,2	10,1	22,7	15,6	34,2	22,2				
280	6,9	5,8	8,6	7,1	10,7	8,8	15,9	12,7	25,4	19,5	38,3	27,8				
315	7,7	7,2	9,7	9,0	12,1	11,1	17,9	16,1	28,6	24,7						
355	8,7	9,1	10,9	11,4	13,6	14,1	20,1	20,4	32,3	31,4						
400	9,8	11,6	12,3	14,5	15,4	18,0	22,7	25,9	36,3	39,7						
450	11,0	14,7	13,8	18,3	17,2	22,5	25,5	32,7	40,9	50,4						
500	12,3	18,2	15,3	22,5	19,1	27,8	28,4	40,4								
560	13,7	22,7	17,2	28,3	21,4	34,9	31,7	50,5								
630	15,4	28,6	19,3	35,7	24,1	44,2	35,7	64,0								
710	17,4	36,5	21,8	45,4	27,2	56,1	40,2	81,2								
800	19,6	46,3	24,5	57,5	30,6	71,1	45,3	103,1								
900	22,0	58,4	27,6	72,8	34,4	89,9	51,0	130,5								
1000	24,5	72,3	30,6	89,7	38,2	110,9										
1200	29,4	104,1	36,7	129,0	45,9	159,9										
1400	34,3	141,6	42,9	175,8	53,5	217,4										
1600	39,2	184,9	49,0	229,5	61,2	284,1										

TOLERÂNCIA DA ESPESSURA DE PAREDE (e) - (ISO/EN e DIN) NBR 15.561

e (mm)	ISO/EN (-0 + t)	DIN (-0 + t)	e (mm)	ISO/EN (-0 + t)	DIN (-0 + t)
2,3 - 3,0	0,4	0,5	32,1 - 33,0	3,4	3,5
3,1 - 4,0	0,5	0,6	33,1 - 34,0	3,5	3,6
4,2 - 5,0	0,6	0,7	34,2 - 35,0	3,6	3,7
5,1 - 6,0	0,7	0,8	35,1 - 36,0	3,7	3,8
6,1 - 7,0	0,8	0,9	36,1 - 37,0	3,8	3,9
7,1 - 8,0	0,9	1,0	37,1 - 38,0	3,9	4,0
8,1 - 9,0	1,0	1,1	38,1 - 39,0	4,0	4,2
9,1 - 10,0	1,1	1,2	39,1 - 40,0	4,2	4,2
10,1 - 11,0	1,2	1,3	40,1 - 41,0	4,2	4,3
11,1 - 12,0	1,3	1,4	41,1 - 42,0	4,3	4,4
12,1 - 13,0	1,4	1,5	42,1 - 43,0	4,4	4,5
13,1 - 14,0	1,5	1,6	43,1 - 44,0	4,5	4,6
14,1 - 15,0	1,6	1,7	44,1 - 45,0	4,6	4,7
15,1 - 16,0	1,7	1,8	45,1 - 46,0	4,7	4,8
16,1 - 17,0	1,8	1,9	46,1 - 47,0	4,8	4,9
17,1 - 18,0	1,9	2,0	47,1 - 48,0	4,9	5,0
18,1 - 19,0	2,0	2,1	48,1 - 49,0	5,0	5,1
19,1 - 20,0	2,1	2,2	49,1 - 50,0	5,1	5,2
20,1 - 21,0	2,2	2,3	50,1 - 51,0	5,2	5,3
21,0 - 22,0	2,3	2,4	51,1 - 52,0	5,3	5,4
22,1 - 23,0	2,4	2,5	52,1 - 53,0	5,4	5,5
23,1 - 24,0	2,5	2,6	53,1 - 54,0	5,5	5,6
24,2 - 25,0	2,6	2,7	54,2 - 55,0	5,6	5,7
25,1 - 26,0	2,7	2,8	55,1 - 56,0	5,7	5,8
26,1 - 27,0	2,8	2,9	56,1 - 57,0	5,8	5,9
27,1 - 28,0	2,9	3,0	57,1 - 58,0	5,9	6,0
28,1 - 29,0	3,0	3,1	58,1 - 59,0	6,0	6,1
29,1 - 30,0	3,1	3,2	59,1 - 60,0	6,1	6,2
30,1 - 31,0	3,2	3,3	60,1 - 61,0	6,2	6,3
31,1 - 32,0	3,3	3,4	61,1 - 61,6	6,3	6,4

Notas: Os valores aqui apresentados (mm) são calculados com as seguintes bases:

- ISO/EN: Tolerância Estreita: conforme ISO 11922-1 - Grau V

calculados por $0,1e+0,1$ mm, arredondados para o 0,1 mais próximo,

Em certas aplicações admite-se a Tolerância Larga: conforme ISO 11922-1 - Grau T

calculados por $0,15e+0,1$ mm, arredondados para o 0,1 mais próximo,

- DIN 8074/8077: calculados por $0,1e+0,2$ mm, arredondados p/ 0,1 mais próximo,

- Para $e \leq 10$ mm, as medidas pontuais da espessura podem exceder o valor nominal em $0,2e$ p/ $e > 10$ mm em $0,15e$, A média deve estar dentro dos limites da Tabela,

TOLERÂNCIA DO DIÂMETRO EXTERNO (DE) - (ISO/EN e DIN)

DE	ISO/EN (-0 + t)	DIN (-0 + t)	Oval max	DE	ISO/EN (-0 + t)	DIN (-0 + t)	Oval max
20	0,3	0,3	1,2 (1,2)	225	1,4	2,1	4,5
25	0,3	0,3	1,2 (1,5)	250	1,5	2,3	5,0
32	0,3	0,3	1,3 (2,0)	280	1,7	2,6	9,8
40	0,4	0,4	1,4 (2,4)	315	1,9	2,9	11,1
50	0,4	0,5	1,4 (3,0)	355	2,2	3,2	12,5
63	0,4	0,6	1,6 (3,8)	400	2,4	3,6	14,0
75	0,5	0,7	1,6 (4,5)	450	2,7	3,8	15,8
90	0,6	0,9	1,8 (5,4)	500	3,0	4,0	17,5
110	0,7	1,0	2,2 (6,6)	560	3,4	4,3	19,6
125	0,8	1,2	2,5 (7,5)	630	3,8	4,6	22,1
140	0,9	1,3	2,8	710	4,0	4,9	24,9
160	1,0	1,5	3,2	800/900	4,0	5,0	28 – 31,5
180	1,1	1,7	3,6	1000	4,0	5,0	35,0
200	1,2	1,8	4,0	1200/ 1600	4,0	6,0	42 – 56

Notas: Os valores aqui apresentados (mm) são calculados com as seguintes bases:

- ISO/EN: Tolerância Estreita: conforme ISO 11922-1 - Grau B calculada por 0,006.DE, arredondado p/ 0,1 mais próximo, (min 0,3, max 4,0 mm)
- Em certas aplicações admite-se a Tolerância Larga: conforme ISO 11922-1 – Grau A calculada por 0,009.DE, arredondado p/ 0,1 mais próximo, (min 0,3, max 10 mm)
- DIN 8074/8077: calculados por:
 - DE < 400: + 0,009.DE, arredondado para 0,1 mais próximo (min 0,3 mm)
 - DE 450 à 710: + 0,004.DE + 2, arredondado para 0,1 mais próximo
 - DE 800 à 1000 : + 5 mm
 - DE 1200 à 1600 : + 8,5 mm

Na região de solda (pontas) as tolerâncias devem ser iguais à ISO/EN (estreita)

Para a verificação das medidas dos tubos deve-se determinar o diâmetro externo médio (Dem), que é estabelecido através da medida do perímetro ou através da média aritmética de duas ou mais medidas do diâmetro a ângulos de 90º entre si.

A ovalização máxima é calculada por:

Tubos em barras:

- DE < 90: + 0,008.DE + 1, arredondado para 0,1 mais próximo
- DE ≥ 90 à 250: + 0,02.DE, arredondado para 0,1 mais próximo
- DE > 250: + 0,035.DE, arredondado para 0,1 mais próximo

Tubos em bobinas (valores entre parêntesis)

- DE ≤ 125: + 0,06.DE, arredondado para 0,1 mais próximo

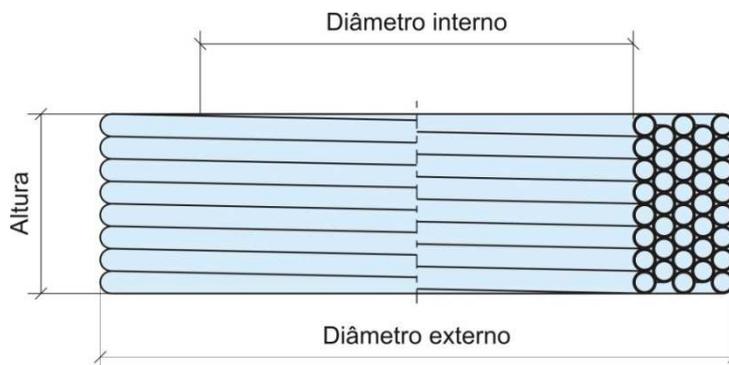
● Formas de Fornecimento

Os Tubos poliolefínicos podem ser fornecidos em barras ou bobinas.

As formas mais usuais de fornecimento são:

• **Tubos de PE 80 e 100**

- Bobinas: DE 20 a DE 63
(comprimentos de 50 ou 100 m. Em aplicações especiais podem chegar a 2000 m)
- Bobinas ou Barras: DE 75 a DE 125
- Barras: > DE 125: 6m, 12 e 18 m. Mais comum: 12 m



BOBINAS PARA TUBOS DE PE80 E PE 100

Tubo (DE)	Diâmetro Interno Mínimo da Bobina(m)
	PE 80/100 SDR 7,4 – SDR 17
20	0,6
25	0,6
32	0,7
40*	0,9
50	1,0
63	1,3
75	1,5
90	1,8
110	2,2
125	2,5

Nota: Respeitar o limite de ovalização máxima admitida de 6%

• **Tubos de PP**

- Barras: Todos diâmetros. Comprimentos mais comuns: 4m, 6m, 12 m

• **Normas Técnicas mais usuais**

- NBR 15.561, NTS 194, ISO 4427 e ISO EN 12.201 e DIN 8074 -Tubos de polietileno para distribuição de água e esgoto sob pressão
- NBR 8417, NTS 048 – Tubos de polietileno para Ramal Predial de Água
- NBR 14.462, ISO 4437, ISO EN 1555 e BGC PS/PL2 – part1 – Tubos de Polietileno para distribuição de gás natural e manufaturado
- NBR 15.813, ISO EN 15.874, DIN 8077/8078 – Tubos de PP para água quente e fria
- ISO EN 15.494, DIN 8077/8078 – Tubos poliolefínicos (PE, PP, PB) para instalação industrial

MÓDULO 1

1.3 - MÉTODOS DE UNIÃO DE TUBOS POLIOLEFÍNICOS

Os métodos de união disponíveis para tubos poliolefínicos são:

SOLDÁVEIS	TERMOFUSÃO	TOPO (UNIÃO)
		SOQUETE (UNIÃO)
		SELA (DERIVAÇÃO)
	ELETROFUSÃO	BOLSA (UNIÃO)
SELA (DERIVAÇÃO)		
JUNTAS MECÂNICAS	CONEXÕES DE COMPRESSÃO	UNIÃO
	COLARES DE TOMADA	DERIVAÇÃO
HÍBRIDAS	COLARINHOS/FLANGES	UNIÃO/TRANSIÇÃO
	JUNTAS DE TRANSIÇÃO	UNIÃO/TRANSIÇÃO

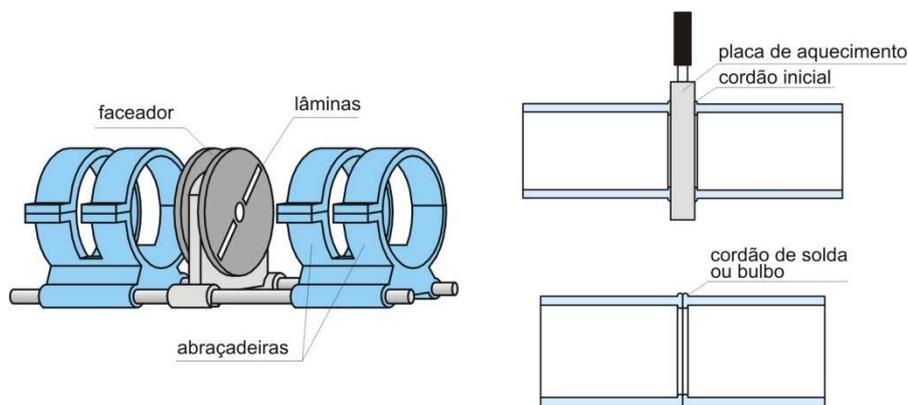
•SOLDA DE TOPO POR TERMOFUSÃO

É a forma mais antiga e tradicional de unir tubos poliolefínicos.

Não necessita de peças de união, pois os tubos e/ou conexões são soldados de topo através de um equipamento de soldagem, que funde as extremidades e as comprime, uma contra a outra provendo a interação das superfícies fundidas e sua soldagem. Os tubos e/ou conexões devem ter as mesmas dimensões nas extremidades de solda (mesmo diâmetro e SDR).

•Os procedimentos mais usuais de soldagem são determinados nas normas:

- DVS 2207 (alemã), NBR 14.464 (em revisão), NTS 060 (norma técnica Sabesp)

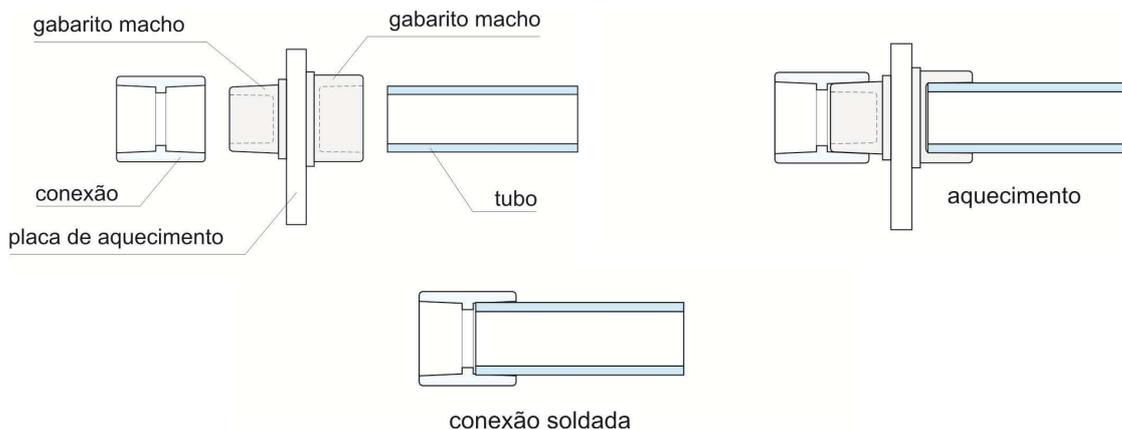


- **Faixa de Aplicação:** DE 63 a 1600, em especial para diâmetros iguais ou maiores a DE 110
- **Aplicação básica:** Uniões de tubos e conexões em geral, em especial de grandes diâmetros. Pouco eficiente em reparos e entroncamentos (tie-in).
- **Conexões Disponíveis:** Conexões Tipo Ponta

●SOLDA DE SOQUETE POR TERMOFUSÃO (POLIFUSÃO)

Hoje em dia, restrita a tubos de PP de pequenos diâmetros e de paredes grossas (PN alto, $SDR \leq 11$), com fator de segurança mais elevado ($FS \geq 1,5$) para compensar as tensões de solda e a forte dependência da habilidade do operador.

Pode ser feita manualmente ou com auxílio de equipamento para aplicação da força de penetração da peça no tubo.



●Os procedimentos mais usuais de soldagem são determinados nas normas: DVS 2207

● **Faixa de Aplicação:** DE 16 a 125, mais usualmente de DE 16 a 63.

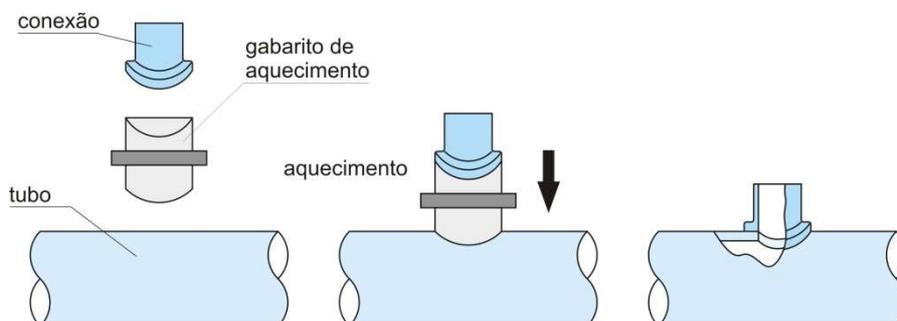
● **Aplicação básica:** Instalações prediais de tubos de PPR para água quente e fria e pequenas instalações de laboratórios e indústrias.

● **Conexões Disponíveis:** Conexões para Solda Soquete (polifusão)

●SOLDA DE SELA POR TERMOFUSÃO

Aplicada para fazer derivações e ramais de linhas.

Hoje em dia, restrita a confecção em fábrica de peças de derivação especiais. Foi praticamente abolida de instalações no campo, dada a forte dependência da habilidade do operador e seu grau de criticidade, com altos índices de falha no passado.

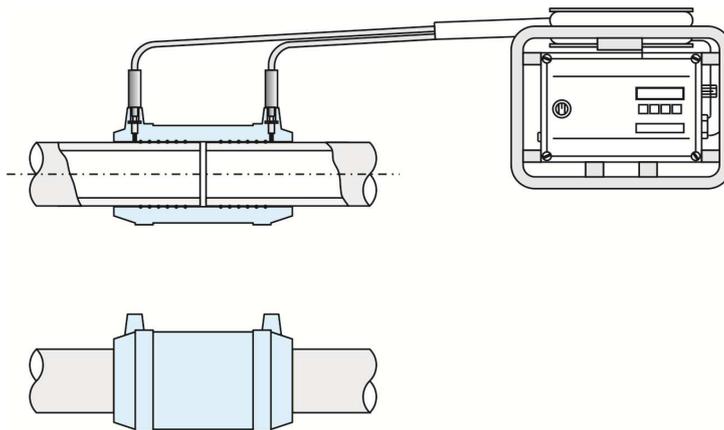


- **Os procedimentos mais usuais de soldagem são determinados nas normas:** DVS 2207
- **Faixa de Aplicação:** Sela DE 63 a 800, com as mais diversas dimensões da derivação de saída
- **Aplicação básica:** Fabricação de peças de derivação especiais de grande diâmetro (acima de DE 315), quando não disponíveis em outros sistemas (eletrofusão e junta mecânica).
- **Conexões Disponíveis:** Praticamente inexistentes como produção industrial seriada

● SOLDA POR ELETROFUSÃO

Desenvolveu-se na década de 1980, com a padronização de códigos de barras acompanhando cada peça com os parâmetros de soldagem, e as máquinas de soldagem universais, que soldam peças de qualquer fabricante, diferentemente dos primeiros modelos, exclusivos a um único fabricante da conexão.

O equipamento de soldagem tem como princípio uma fonte de tensão elétrica controlada que assegura a quantidade de energia necessária à solda (controle de tensão por tempo). Equipamentos atuais oferecem vários níveis de controle e rastreabilidade das soldas, com registro dos parâmetros de soldagem e dados do soldador, obra e localização da solda (GPS).

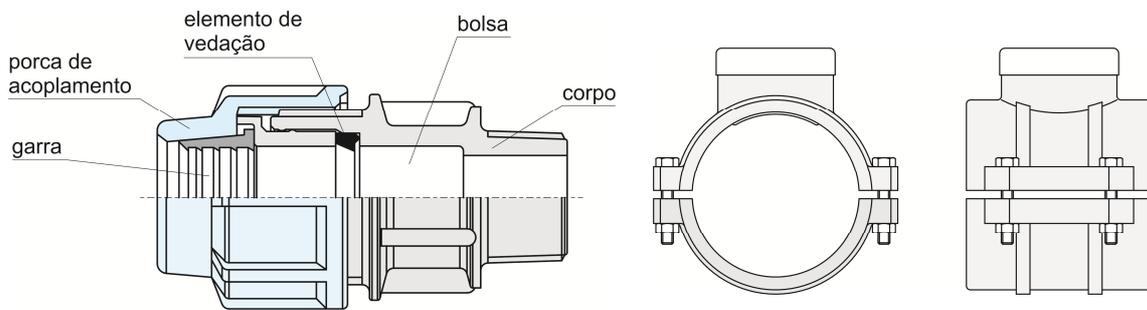


- **Os procedimentos mais usuais de soldagem são definidos nas normas:** NBR 14.465 e DVS 2207
- **Faixa de Aplicação:** DE 20 a 800 mm. Mais usualmente DE 20 a 250
- **Aplicação básica:** Instalações em geral de linhas de diâmetros até DE 250. Tanto na União de tubos e conexões, quanto nas derivações e ramais. Ótima opção para reparos, entroncamentos, derivações e expansões de linhas.
- **Conexões Disponíveis:** Conexões de Eletrofusão de diversos tipos para união e derivação

● JUNTA MECÂNICA

Disponíveis em diversas configurações, em plástico (PP, POM, PVC) ou metal.

São disponíveis como do tipo de **Compressão**, para uniões, Tês, cotovelos, adaptadores rosqueados, e do tipo **Colar de Tomada**, para derivações. São auto-travadas, resistentes a esforços longitudinais sem soltar-se do tubo, devendo apresentar resistência à tração e pressão compatíveis com a classe de pressão do tubo a que se destina.



Conexão de Compressão

Conexão tipo Colar de Tomada

- **Faixa de Aplicação:** DE 16 a 160, mais usualmente de DE 16 a 110.
- **Aplicação básica:** Redes de água potável e irrigação. Tanto na união, quanto nas derivações e ramais. Boa opção para reparos até DE 160.
- **Conexões Disponíveis:** **Conexões de Compressão e Colares de Tomada**

● HÍBRIDAS (TRANSIÇÕES)

São aquelas que possuem uma extremidade soldável (termofusão ou EF) e a outra para junta mecânica. Normalmente são utilizadas para transições entre tubos de materiais diferentes, como plástico com metal, ou elementos de tubulação, como válvulas, bombas, ventosas, instrumentos de medição, etc. PE (PP) x AÇO, PE (PP) x LATÃO, PE (PP) x Flange, PE (PP) x Roscas. Também são designadas por Adaptadores ou Juntas de Transição.

Destacam-se os Colarinhos (adaptador para Flange) e as Transições PE x AÇO e PE x Latão.

- **Faixa de Aplicação:** Colarinhos: DE 20 a 1600 mm. Transições: DE 20 a 250
- **Aplicação básica:** Transições de materiais ou elementos de tubulação em geral.
- **Conexões Disponíveis:** **Colarinhos e Juntas de Transição, tipo Ponta ou de Eletrofusão**

- **Conexões Tipo Ponta - para união de Topo por Termofusão ou por Eletrofusão**

- **Material:** Hoje, praticamente só disponível em PE 100. Solda-se a tubos de PE 80 também.

- **Dimensões disponíveis: DE 20 a 1600**

- **Formas de Produção:**

- **Injetadas:** DE 20 a 315 SDR 17 ou 11. Algumas empresas já oferecem até DE 630.

- **Usinadas:** DE 20 a 1600. Basicamente para Tampões (cap), Reduções e Colarinhos, mas algumas empresas oferecem peças especiais como Tês e Cotovelos também.

- **Curvadas a Quente:** De 63 a 315. Basicamente para Curvas de raio longo

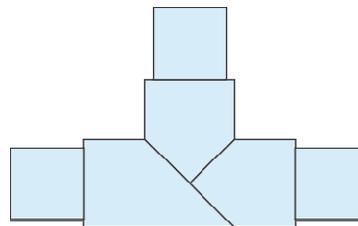
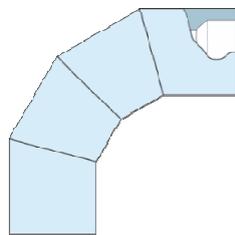
- **Gomadas ou Segmentadas:** DE 250 a 1600. Basicamente para Tês e Curvas

Limites de aplicação: DE \geq 250

PN das peças: Curvas: 0,8.PN do tubo de sua fabricação

Tês: 0,5.PN do tubo de sua fabricação

O PN das conexões deve ser maior ou igual à MPO (máxima pressão de operação) de projeto da tubulação, caso contrário, para compensar a redução da classe de pressão de 20% para curvas e 50% para Tês em relação ao tubo de sua fabricação, as peças são produzidas com tubos de PN maiores (SDR menor) e/ou de diâmetros maiores, e suas extremidades são usinadas para as dimensões dos tubos a que se destinam.

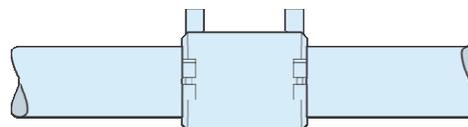
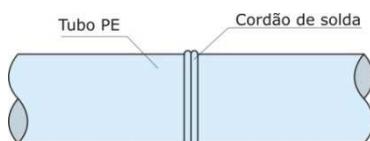


- **Normas Técnicas Principais:**

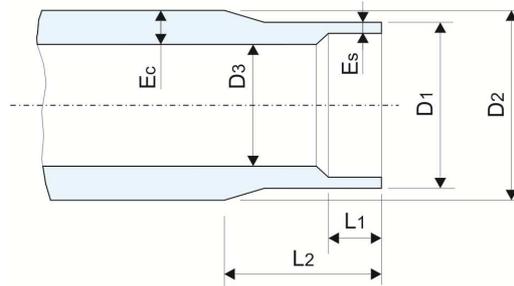
NBR 15.593, NBR 14.463, ISO 8085-parte 2, EN 1555-parte 3, EN 12.201-parte 3, NTS 193, BGC PS/PL 2-parte 2, DIN 16.962 e DIN 16.963.

Suas dimensões nas extremidades são equivalentes ao tubo que se destina (DE e SDR). São disponíveis em PONTAS CURTAS e PONTAS LONGAS (polivalentes).

As **PONTAS LONGAS** são também ditas **Polivalentes**, pois permitem tanto a solda de topo por termofusão, quanto a solda por eletrofusão, com a incorporação de Luvas EF e, via de regra, são as únicas aceitas pelas normas de aplicações típicas, como de distribuição de água e gás, pois são de fácil utilização em obras, permitindo a união por um ou outro método e não exigindo máquina de solda de topo com acessórios especiais.



As normas definem as dimensões das extremidades (pontas) das peças Polivalentes.



Dimensões das extremidades das Conexões tipo Ponta

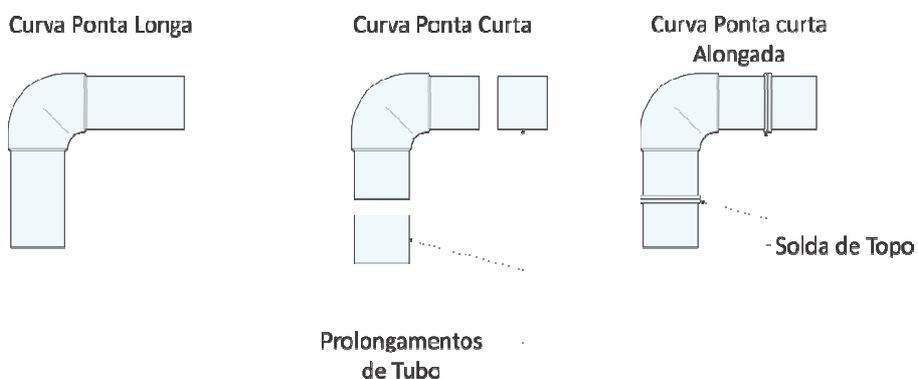
Onde:

- D₁ = diâmetro externo médio da extremidade que será soldada, medido em qualquer plano paralelo à extremidade e à distância máxima L₁ da extremidade. Deve ter dimensões e tolerâncias do tubo equivalente;
- D₂ = diâmetro externo médio do corpo da conexão;
- D₃ = menor diâmetro interno que permite o escoamento do fluido através da conexão;
- Ec = espessura da parede do corpo da conexão. A espessura de parede em qualquer ponto da conexão deve ser maior ou igual à espessura mínima de parede do tubo equivalente;
- Es = espessura da parede na área de soldagem, isto é, a espessura da parede medida à distância máxima L₁ da extremidade. Deve ter dimensões e tolerâncias do tubo equivalente;
- L₁ = comprimento da região de soldagem
- L₂ = comprimento tubular da conexão que permita:
 - o uso de braçadeiras quando for utilizada solda de topo, ou;
 - a soldagem com conexões de eletrofusão.

DIMENSÕES DAS CONEXÕES TIPO PONTA POLIVALENTES

DE	L ₁ min mm	L ₂ min mm	D ₃ min mm	DE	L ₁ min mm	L ₂ min mm	D ₃ min mm
20	25	41	13	200	50	112	150,6
25	25	41	18	225	55	120	169,8
32	25	44	23,8	250	60	130	188,6
40	25	49	29,8	280	75	150	211,0
50	25	55	37,4	315	75	150	237,8
63	25	63	47,4	355	100	165	267,6
75	25	70	56,2	400	100	180	301,8
90	28	79	67,8	450	100	195	339,8
110	32	82	82,6	500	100	215	377,4
125	35	87	94,2	560	100	235	447,6
140	38	92	105,4	630	100	255	503,6
160	42	98	120,6	≥ 630	100	≥ 300	≥ DE-2e
180	46	105	135,8				

As **PONTAS CURTAS** são oferecidas em peças de grande diâmetro e especiais (acima de DE 315), devido às limitações de produção por injeção de peças de grandes diâmetros. Para seu uso necessitam de máquinas de solda de topo com acessórios especiais para sua fixação. Devido à ponta ser curta, não permitem solda por eletrofusão, daí geralmente são levadas às obras já com uma ponta longa de tubo soldada às suas extremidades para facilitar seu uso em campo.



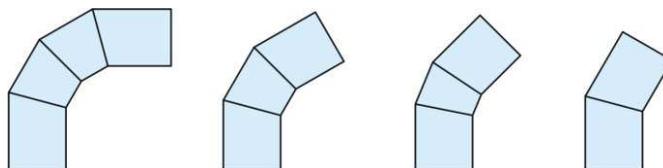
Família de Conexões tipo Ponta Injetadas ou Usinadas

DE 20 a 315 (630)

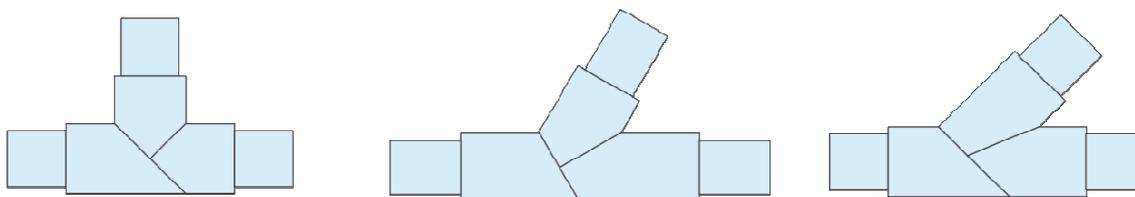
<p>Cotovelo injetado de 45° e 90° - SDR 17 ou 11</p>
<p>Tê 90° e Tê de Redução injetado – SDR 17 ou 11</p>
<p>Redução injetada (SDR 17 ou 11) ou usinada (todos SDRs)</p>
<p>Cap injetado (SDR 17 ou 11) ou usinado (todos SDRs)</p>
<p>Colarinho injetado (SDR 17 ou 11) ou usinado (todos SDRs)</p>

Família de Conexões tipo Ponta Gomadas
DE 250 a 1600

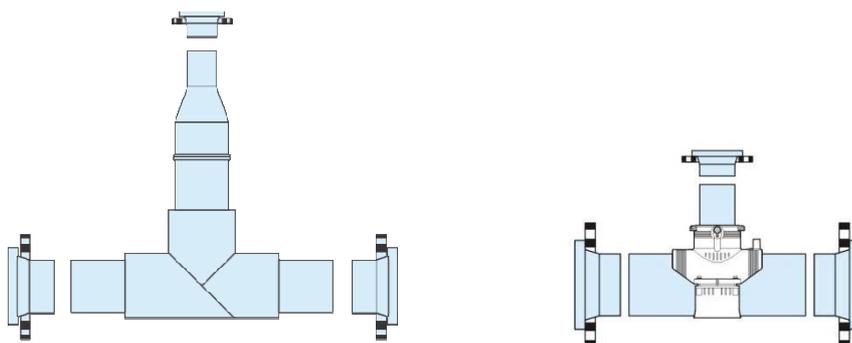
Curvas gomadas 90°, 60°, 45°, 30°, com raio longo (1,5.DE e 3.DE)



Tê gomado 90° ou 60° ou 45°



Tês de redução, produzidos com Tê + redução ou por colar de tomada EF



- **Conexões Tipo Soquete por Termofusão (polifusão)**

- **Material:** Hoje, praticamente só disponível em PPR para tubos de água quente e fria e aplicações industriais.

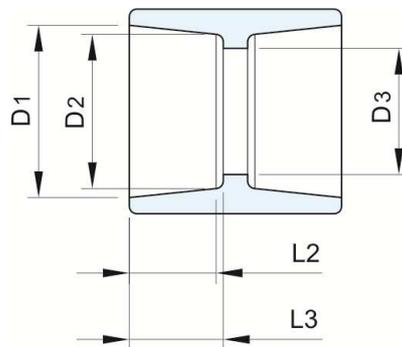
- **Dimensões disponíveis:** DE 16 a 160

- **Formas de Produção:** Injetadas

- **Normas Técnicas Principais:**

ISO EN 15.874- parte 3, ISO EN 15.494 e DIN 16.962 para PP e DIN 16.963 e BGC PS/PL2 – parte 2 para PE.

Suas dimensões nas extremidades de solda são definidas nas normas, por:



Onde:

D_1 = diâmetro interno médio da conexão na entrada da bolsa. O ponto de medida é definido pela intersecção entre a extensão do buraco da bolsa e a face da conexão. Quando o raio da bolsa não permitir a leitura direta do diâmetro interno, a medida deve ser definida por extrapolação da medida feita a 5 mm da extremidade e da medida de D_2 . A tolerância para a medida individual de D_1 é de +0,05 mm sobre o valor médio máximo admitido e de -0,05 mm sobre o valor médio mínimo admitido. D_1 deve ser maior que D_2 ;

D_2 = diâmetro interno médio da conexão medido à distância L_2 da extremidade. A tolerância para a medida individual de D_2 é de +0,05 mm sobre o valor médio máximo admitido e de -0,05 mm sobre o valor médio mínimo admitido;

A máxima ovalização admitida para D_1 e D_2 é de 0,015. DE;

D_3 = menor diâmetro interno que permita o escoamento do fluido através da conexão;

E = espessura da parede da conexão em qualquer ponto da conexão. Deve ser maior ou igual a “ e ” em qualquer ponto da conexão localizado a uma distância mínima de $2.L_2/3$ da extremidade;

L_1 = comprimento nominal de penetração do tubo no interior da conexão;

L_2 = comprimento de referência para medida do diâmetro interno D_2 ;

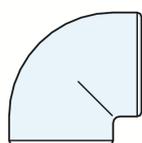
L_3 = comprimento nominal da área de soldagem. Deve ser maior que L_2 ;

e = espessura mínima de parede do tubo equivalente.

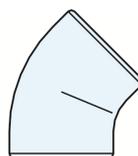
DIMENSÕES DE CONEXÕES DE TERMOFUSÃO TIPO SOQUETE - DIN E BGC

DE	D ₁		D ₂		L ₂	D ₃	L ₁
	max mm	min mm	max mm	min mm	mm	min mm	mm
20	19,5	19,2	19,3	19,0	14,5	13	12,0
25	24,5	24,1	24,3	23,9	16,0	18	13,0
32	31,5	31,1	31,3	30,9	18,1	23,8	14,6
40	39,45	39,05	39,2	38,8	20,5	29,8	17,0
50	49,45	48,95	49,2	48,7	23,5	37,4	21,0
63	62,5	62,0	62,1	61,6	27,4	47,4	24,0
75	74,8	74,3	73,5	73,0	30,0	56,2	26,0
90	89,9	89,3	88,5	87,9	33,0	67,8	29,0
110	109,9	109,3	108,5	107,9	37,5	82,6	32,0
125	125,0	124,4	123,2	122,6	40,0	94,2	35,0

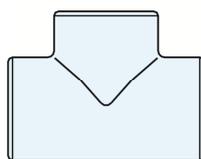
São oferecidas em vários tipos: luvas de união, redução, Tês, cotovelos, além de peças específicas para instalações prediais e acessórios.



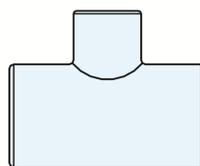
cotovelo 90°



cotovelo 45°



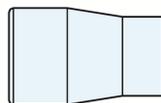
tê



tê de redução



luva



luva de redução

● **Conexões Tipo Sela por Termofusão**

Como essas peças são utilizadas apenas na fabricação de peças especiais de derivação de grande diâmetro, como Tês de Redução para solda de topo por termofusão, não há interesse prático de serem abordadas em maior profundidade aqui, devendo ser tratadas e qualificadas como conexões tipo ponta.

● Conexões de Eletrofusão

● **Material:** Hoje, praticamente só disponível em PE 100, que pode ser soldada a tubos e conexões de PE 80 também. Há versões em PPR para tubos de água quente e aplicações industriais.

● **Dimensões disponíveis: DE 20 a 800**

● **Formas de Produção:**

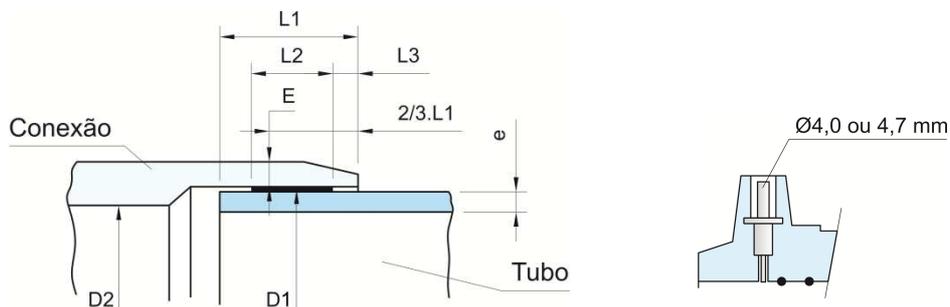
● **Injetadas:** DE 20 a 315. Normalmente PE 100 SDR 11 (PN 16), que se aplica a tubos de SDR 17 a 11. Existem fabricantes que oferecem conexões para SDR 7,4 (PN 25) e SDR > 17 para tubos de parede fina como SDR 26 e 32.

● **Usinadas:** DE 315 a 800. Disponíveis apenas na forma de Luva de União. São usinadas de tubos e com o elemento resistivo para solda inserido posteriormente.

● **Normas Técnicas Principais:**

NBR 15.593, NBR 14.463, ISO 8085-parte 3, EN 1555-parte 3, EN 12.201-parte 3, NTS 193, BGC PS/PL 2-parte 4, DIN 16.963 parte 7.

Suas dimensões nas extremidades de solda (bolsa) são padronizadas nessas normas, por:



Onde:

D_1 = diâmetro interno médio na área de soldagem, medido em um plano paralelo ao da extremidade da conexão à distância de $L_3 + L_2/2$ desta face;

D_2 = menor diâmetro interno que permita o escoamento do fluido através da conexão;

E = espessura da parede da conexão em qualquer ponto da conexão. Deve ser maior ou igual a "e" em qualquer ponto da conexão localizado a uma distância mínima de $2.L_1/3$ da extremidade;

L_1 = comprimento de penetração do tubo no interior da conexão;

L_2 = comprimento da área de soldagem;

L_3 = comprimento nominal de "não aquecimento" na extremidade da conexão, isto é, a distância entre a extremidade da conexão e o início da área de soldagem. Deve ser maior ou igual a 5 mm;

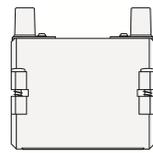
e = espessura mínima de parede do tubo equivalente.

DIMENSÕES DAS BOLSAS DE CONEXÕES DE ELETROFUSÃO

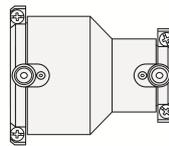
DE	D ₁		L ₂	L ₁		D ₂
	min mm	Ovalização máxima mm	min mm	min mm	max mm	min mm
20	20,1	0,3	10	20	41	13,0
25	25,1	0,4	10	20	41	18,0
32	32,1	0,5	10	20	44	23,8
40	40,1	0,6	10	20	49	29,8
50	50,1	0,8	10	20	55	37,4
63	63,2	1,0	11	23	63	47,4
75	75,2	1,2	12	25	70	56,2
90	90,2	1,4	13	28	79	67,8
110	110,3	1,7	15	32	82	82,6
125	125,3	1,9	16	35	87	94,2
140	140,3	2,1	18	38	92	105,4
160	160,4	2,4	20	42	98	120,6
180	180,4	2,7	21	46	105	135,8
200	200,4	3,0	23	50	112	150,6
225	225,5	3,4	26	55	120	169,8
250	250,5	3,8	33	73	129	188,6
280	280,6	4,2	35	81	139	211,0
315	315,7	4,8	39	89	150	237,8

As conexões de eletrofusão são produzidas por injeção e são do tipo sela ou bolsa.

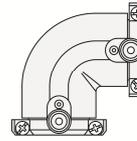
As conexões de sela podem ser do tipo Sela Simples (Tê de Sela ou Colar de Tomada) ou Sela com punção (Tê de serviço ou TappingTee), destinadas a derivações sem ou com carga, respectivamente.



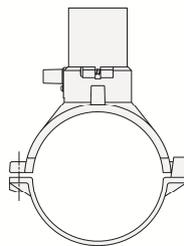
Luva



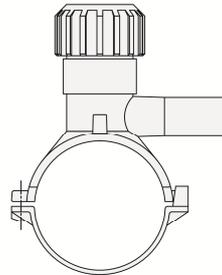
Redução



Cotovelo



Tê de sela



Tê de serviço

Alguns tipos de conexões de Eletrofusão

A maioria das normas estabelece que as conexões devem possuir um indicador de fusão (um tipo de pino que se levanta quando ocorre a fusão adequada) e código de barras afixado nas peças, conforme padrão ISO/TR 13950, permitindo a soldagem por equipamento automático universal.

O código de barras contém informações como: marca do fabricante, tipo da peça (união, cotovelo, etc), diâmetro, tensão de solda, tempo de fusão, tempo de resfriamento, parâmetro para compensação do tempo de solda em função da temperatura ambiente e valor ôhmico da resistência elétrica, permitindo que o equipamento de solda leia o código de barras, através de leitor óptico, e se auto-programe, inclusive monitorando qualquer problema durante a soldagem ou defeito da peça.

● Conexões Híbridas ou Juntas de Transição

São peças que promovem a transição entre tubos de PE ou PP com outros tipos de tubos ou elementos de tubulação. Uma das suas extremidades é conectada a tubos de PE ou PP através de solda de topo de Termofusão ou Eletrofusão ou mesmo através de juntas mecânicas do tipo conexão de compressão, e a outra extremidade permite acoplamentos por roscas ou flanges.

● **Material:** Hoje, praticamente só disponíveis em PE 100, que podem ser soldadas a tubos e conexões de PE 80 também. Há versões em PPR para tubos de água quente e aplicações industriais.

● **Dimensões disponíveis:** Colarinhos (adaptadores de flange): DE 20 a 1600
Juntas de Transição PE x Aço, ou latão: DE 20 a 250

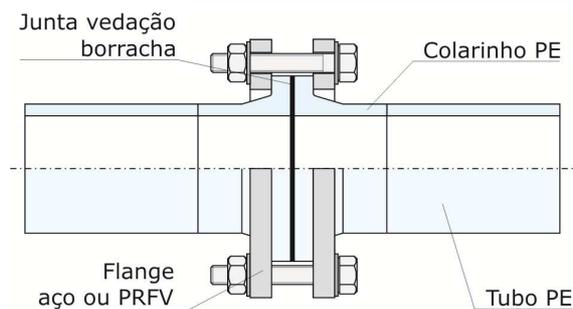
● Formas de Produção:

- **Injetadas:** DE 20 a 630. Normalmente PE 100 SDR 17 e 11 (e PPR).
- **Usinadas:** DE 20 a 1600, em todos SDRs.

COLARINHO/FLANGE (adaptador para flange)

Este tipo de peça é indicado para se fazer o acoplamento ou transição entre o tubo e bombas ou válvulas, ou entre tubo de PE ou PP e tubos de outros materiais através de acoplamento flangeado.

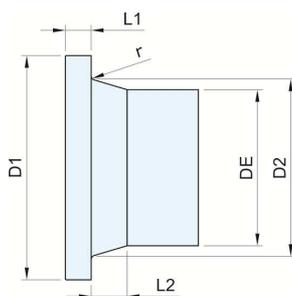
Consiste de uma peça de PE ou PP injetada ou usinada, que é soldada ao tubo respectivo, e um flange solto de aço ou ainda de plástico reforçado, com furação padrão DIN (ABNT) ou ANSI, conforme a peça a acoplar-se. A vedação entre as flanges é feita por manta ou anel de borracha ou junta grafitada, no caso de linhas de gás.



● Normas Técnicas Principais:

Aquelas aplicáveis a conexões soldáveis, quais sejam: NBR 15.593, NBR 14.463, NTS 193, ISO 8085-parte 2, EN 1555-parte 3, EN 12.201-parte 3, BGC PS/PL 2-parte 2, DIN 16.962 e DIN16.963

As dimensões do colarinho são definidas nessas normas, por:



Colarinho (Adaptador de Flange)

COLARINHOS PARA FLANGE NORMA DIN 16963 PN 10

DE	D ₁	D ₂	L ₁ min	L ₂	r
mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	45	27	7	22	2.0
25	58	33	9	22	2.0
32	68	40	10	22	2.0
40	78	50	11	22	2.0
50	88	61	12	22	2.0
63	102	75	14	25	2.5
75	122	89	16	25	3.0
90	138	105	17	25	3.0
110	158	122	20	30	3.5
125	158	128	23	30	3.5
140	188	154	25	30	3.5
160	212	172	28	30	3.5
180	212	181	30	30	3.5
200	268	230	35	30	4.0
225	268	233	40	30	4.5
250	320	282	40	30	4.5
280	320	288	45	30	5.0
315	370	332	50	30	5.5
355	430	369	50	30	6.0
400	482	425	50	30	6.0
450	585	526	50	30	6.5
500	585	526	50	30	7.0
560	685	625	50	30	8.0
630	685	636	50	30	8.5
710	800	730	55	30	9.5
800	905	833	55	30	10.0
900	1005	935	55	30	11.0
1000	1110	1038	60	30	12.0
1200	1330	1245	60	30	14.0
Até 1600	Sob consulta				

COLARINHO PARA FLANGE NORMA DIN 16963 PN 16

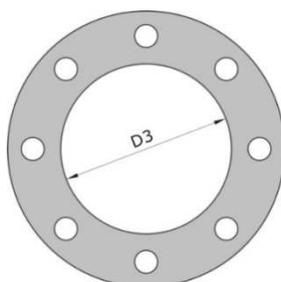
DE	D ₁	D ₂	L ₁ min	L ₂	r
mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	45	27	13	22	2.0
25	58	33	14	22	2.0
32	68	40	15	22	2.0
40	78	50	16	22	2.0
50	88	61	18	22	2.0
63	102	75	20	25	2.5
75	122	89	22	25	3.0
90	138	105	24	25	3.0
110	158	122	25	30	3.5
125	158	128	33	30	3.5
140	188	154	36	30	3.5
160	212	172	39	30	3.5
180	212	181	44	30	3.5
200	268	230	48	30	4.0
225	268	233	53	30	4.5
250	320	282	57	30	4.5
280	320	288	60	30	5.0

COLARINHO P/ FLANGE NORMA ANSI B 16,5 - 150 LB (PN 10)

DE	D ₁	D ₂	L ₁ min	L ₂	r
mm	mm	mm	mm	mm	mm
20	44	27	7	22	2.0
25	53	33	9	22	2.0
32	63.6	40	10	22	2.0
40	73	50	11	22	2.0
50	82	61	12	22	2.0
63	101	75	14	25	2.5
75	120	89	16	25	3.0
90	133	105	17	25	3.0

Nota: Para os diâmetros entre 110 e 1200 mm os colarinhos são idênticos aos colarinhos para flange norma DIN 16963 PN 10.

Os flanges são oferecidos em aço carbono, ou inox, ou PRFV ou mesmo aço carbono com revestimentos especiais, como galvanização a fogo ou plástico.



Flange Solto

DIMENSÕES INTERNAS DE FLANGES P/ TUBOS PE E PP

DE	D ₃	DE	D ₃
mm	mm	mm	mm
20	32	250	294
25	38	280	294
32	45	315	338
40	55	355	376
50	66	400	430
63	78	450	490
75	92	500	533
90	108	560	633
110	135	630	645
125	135	710	740
140	158	800	843
160	178	900	947
180	183	1000	1050
200	238	1200	1260
225	238	Até 1600	Sob consulta

Nota: As demais dimensões dos flanges devem seguir as normas correspondentes, tais como DIN 2673, ISO 2531 ou ANSI 16.5

Juntas de Transição PE (PP) x outros materiais

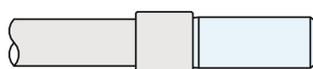
Destinam-se a fazer a transição entre tubos de PE ou PP e outros materiais. Uma de suas extremidades é o do tipo PONTA, ou Bolsa de EF para solda a tubos de PE ou PP, e a outra é em forma de rosca macho, ou fêmea, ou mesmo ponta para solda em materiais como AÇO carbono, ou INOX, ou Latão.

• **Aplicação principal:** Redes de gás

• **Normas Técnicas Principais:**

Aquelas aplicáveis a conexões soldáveis, quais sejam: NBR 15.593, NBR 14.463, ISO 8085-parte 2, EN 1555-parte 3, EN 12.201-parte 3, BGC PS/PL 2-parte 2, DIN 16.962 e DIN 16.963.

São disponíveis em diversas configurações, sendo as do tipo Retas, e as curvadas (Risers).



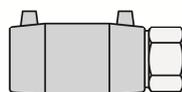
Transição PE x Aço
ponta solda



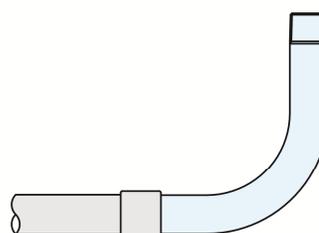
Transição PE x Aço
rosca macho BSPT ou NPT



Transição PE x Latão
rosca macho BSPT ou NPT



Transição PE x Latão
rosca fêmea BSP ou NPT



Riser PE x Aço
rosca macho BSPT ou NPT

• Juntas Mecânicas

São peças auto-travadas nos tubos, não necessitando de ancoragem e dispensando ferramentas especiais e mão de obra altamente qualificada para sua instalação.

• **Material:** A grande maioria disponível em PP, tendo algumas versões especiais em POM (poliacetal) ou PVC, ou metálicas, como latão ou ferro maleável. Os elementos de vedação devem ser adequados ao fluido. Normalmente EPDM para água, NBR para gás e Viton para fluidos altamente agressivos.

• **Dimensões disponíveis:** DE 16 a 160. Mais comum até 110;

• Formas de Produção:

• **Injetadas:** Conexões de Compressão: DE 20 a 63 PN 16;

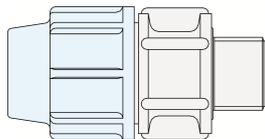
DE 75 a 160 normal PN 10, mas há oferta PN 16

Colar de Tomada: DE 32 a 315 com saídas de ½' a 4". PN 10 ou PN 16

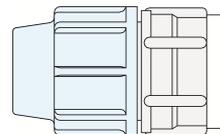
• Normas Técnicas Principais:

NBR 15.803, ISO 14.236, DIN 8076 e NTS 192, NTS 175, NBR11.821

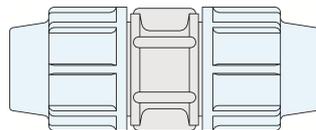
Nos tipos ditos **Conexões de Compressão**, há diversas configurações, destinada a uniões:



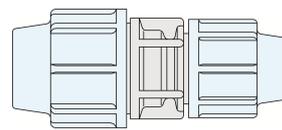
Adaptador Macho



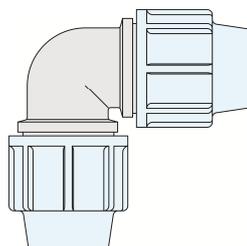
Adaptador Fêmea



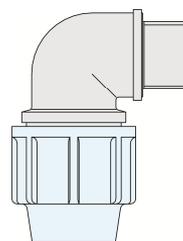
União



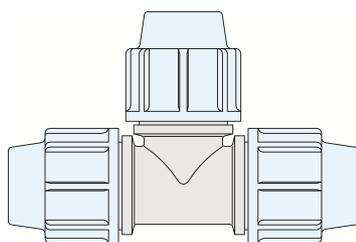
Redução



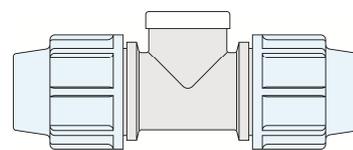
Cotovelo



Cotovelo Macho

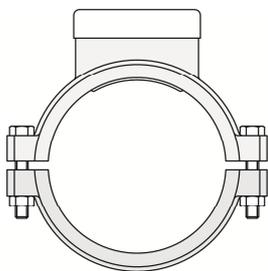


Tê Igual

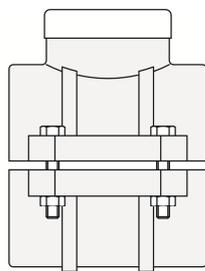


Tê Fêmea

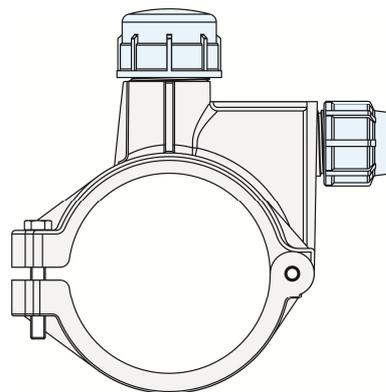
Nos tipos destinados a derivações e ramais, há versões para instalação sem carga, Colar de Tomada, e as para instalação com carga, Tês de Serviço, normalmente empregadas em ligação de ramais de redes de água.



Colar de tomada



Tê de Serviço



MÓDULO 2

2.1 - MATÉRIAS PRIMAS

Os materiais devem ser pré-qualificados através de certificados de qualificação contendo seu MRS e com suas características típicas, emitidos por organismos/laboratórios reconhecidos.

Todo lote de produção de material deve ser acompanhado de seu certificado de qualidade, que permita sua rastreabilidade.

● Normas Aplicáveis

- ISO TR 9080 – Método de Extrapolação para Determinar a Curva de Regressão e o MRS
- ISO 12.162 – Classificação e Denominação dos Materiais Termoplásticos
- EN 1555 – 1 – Sistemas de Tubulações Plásticas para Distribuição de Gás Combustível – Polietileno (PE) – Parte 1 – Requisitos
- EN 12.201 – 1 - Sistemas de Tubulações Plásticas para Distribuição de Água – Polietileno (PE) – Parte 1 – Requisitos
- ISO 4427 – 1 - Tubulação de Polietileno para Fornecimento de Água – Parte 1 - Geral
- ISO 4437 – 1 - Tubulação de Polietileno para Fornecimento de Gás Combustível – Parte 1 - Geral
- DIN 8075 – Tubos de Polietileno (PE) PE 63, PE 80, PE 100 – Requisitos Gerais de Qualidade e Ensaios
- DIN 8078 - Tubos de Polipropileno (PP) PP-H 100, PP-B 80, PP-R 80 – Requisitos Gerais de Qualidade e Ensaios
- EN ISO 15.874 – Tubulações para Instalação de Água Quente e Fria – Polipropileno (PP) – Tubos
- EN ISO 15.494 – Tubulações para Instalação Industrial – Polibuteno (PB), Polietileno (PE), Polipropileno (PP) – Especificações para Componentes e Sistema.
- NBR 15.561 – Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 - Requisitos
- NBR 14.462 – Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos
- NBR 15.813 - Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Parte 1: Tubos de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 – Requisitos.

● O que exigir

- Certificado de Qualificação – MRS e ensaios específicos conforme a norma aplicável;
- Certificado de Qualidade do Lote
- Somente materiais com certificado de lote e rastreáveis, virgens ou regranulados da própria produção do transformador do tubo ou conexão
- Em caso de dúvida, solicitar NF de origem da matéria prima, com quantidades compatíveis ao produto comprado;

- Em caso de dúvida, solicitar ao fabricante da matéria prima, ou à ABPE, análise do material ou do produto fabricado.

• Compostos de PE e PP – Requisitos para Qualificação e Lote de Fabricação

- Curva de Regressão Qualificada – definição de MRS
- Qualificação com os ensaios e requisitos para compostos PE 63, PE 80 e PE 100

Propriedade	Qtde de amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Estabilidade Térmica - OIT	3	≥ 20 min (200°C)	NBR 14300
Densidade	3	≥ 0,930 g/cm ³ natural ou ≥ 0,938 g/cm ³ preto, e ± 0,003 g/cm ³ do nominal	NBR 14304
Índice de fluidez	3	MI5 ≤ 1,3 g/10 min e ± (20% ou 25%) do nominal	NBR 9023
Dispersão de Pigmentos	1 com 6 cps	≤ grau 3	NBR ISO 18553/ NBR 10924
Teor de Negro de Fumo (só tubos pretos)	2	(2 – 2,5)% ISO (2,5% ± 0,5% NBR)	NBR 9058
Teor de voláteis	1	≤ 350 mg/kg	EN 12099
Teor de água	1	≤ 300 mg/kg	EN 12118
Resistência à pressão a 20°C	3 com 1 cp cada	≥ 100 h	NBR 8415
Resistência à pressão de curta duração a 80°C	3 com 1 cp cada	≥ 165 h	NBR 8415
Resistência à pressão de longa duração 80°C	3 com 1 cp cada	≥ 1000 h	NBR 8415
Intemperismo (1) só tubos não pretos	3	≥ 3,5 GJ/m ²	NBR 14466
Efeito sobre a água (1)	1	-	Regulações locais
Resistência aos constituintes gás(1)	3	≥ 20 h a 80°C x 2 MPa	ISO 4437 – anexo B
Resistência à propagação lenta de ruptura (1)	3	≥ 165 h a 80°C	ISO 13479
Resistência à propagação rápida de ruptura (1)	-	0°C	ISO 13477/13478
Soldabilidade e Compatibilidade (1) (2)	3	Resistência a pressão ≥ 1000 h.x 80°C e Resistência a tração	NBR 8415, ou ISO/TR 11647 e ISO 13953

- Qualificação com os ensaios e requisitos para compostos PP-B 80, PP-R 80 e PP-H 100

Propriedade	Qtde de amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Densidade	1	≥ 0,900 g/cm ³ e ± 0,003 g/cm ³ do nominal.	NBR 14304
Índice de fluidez	3	≤ 0,5 g/10 min (230°C/2,16 kg)	NBR 9023
Dispersão de Pigmentos	1 com 6 cps	≤ grau 3	NBR ISO 18553/ NBR 10924
Resistência à pressão a 20°C	3 com 1 cp cada	≥ 1 h	NBR 8415
Resistência à pressão a 95°C	3 com 1 cp cada	≥ 165 h e ≥ 1000 h	NBR 8415
Estabilidade Térmica por ensaio de pressão 110°C	3 com 1 cp cada	≥ 8760 h	NBR 8415
Resistência ao impacto Charpy c/entalhe (<i>notched</i>)	3 com 1 cp cada	23°C PP-H ≥ 7kJ/m ² PP-B e PP-R: ≥ 25 kJ/m ²	ISO 179-2/1eA
Soldabilidade e Compatibilidade (1) (2)	3	Resistência a pressão ≥ 1000 h.x 95°C e Resistência a tração	NBR 8415 e ISO 13953

Nota: (1) Somente para ensaios de Qualificação. Não se aplica para ensaios de lote
(2) Solda de topo em um diâmetro médio. Ex.: DE 110 SDR 11

MÓDULO 2

2.2 - TUBOS POLIOLEFÍNICOS

Este módulo contempla os tubos de parede lisa. Os tubos de parede corrugada são tratados em módulos específicos. Os fabricantes de tubos devem ser pré-qualificados por organismos/laboratórios reconhecidos, ou pelo próprio sistema de qualificação do cliente, quando houver, ou ABPE.

Todo lote de produção de material deve ser acompanhado de seu certificado de qualidade, que permita sua rastreabilidade, contemplando ao menos os requisitos das Tabelas apresentadas aqui, bem como do certificado de lote da matéria prima utilizada.

● Normas Aplicáveis

- ISO TR 9080 – Método de Extrapolação para Determinar a Curva de Regressão e o MRS
- ISO 12.162 – Classificação e Denominação dos Materiais Termoplásticos
- EN 1555 – 2 – Sistemas de Tubulações Plásticas para Distribuição de Gás Combustível – Polietileno (PE) – Parte 2 – Requisitos de tubos
- EN 12.201 – 2 - Sistemas de Tubulações Plásticas para Distribuição de Água – Polietileno (PE) – Parte 1 – Requisitos de tubos
- ISO 4427 – 2 - Tubulação de Polietileno para Fornecimento de Água – Parte 2 - Tubos
- ISO 4437 – 2 - Tubulação de Polietileno para Fornecimento de Gás Combustível – Parte 2 - Tubos
- DIN 8074/8075 – Tubos de Polietileno (PE) PE 63, PE 80, PE 100 – Dimensões e Requisitos Gerais de Qualidade e Ensaios
- DIN 8077/8078 - Tubos de Polipropileno (PP) PP-H 100, PP-B 80, PP-R 80 – Dimensões e Requisitos Gerais de Qualidade e Ensaios
- EN ISO 15.874 – Tubulações para Instalação de Água Quente e Fria – Polipropileno (PP) – Tubos
- EN ISO 15.494 – Tubulações para Instalação Industrial – Polibuteno (PB), Polietileno (PE), Polipropileno (PP) – Especificações para Componentes e Sistema.
- NBR 15.561 – Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 - Requisitos
- NBR 14.462 – Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos
- NBR 8417 – Sistemas de ramais prediais de água - Tubos de polietileno PE – Requisitos
- NTS 048 – Tubos de Polietileno para Ramais Prediais de água - Requisitos
- NTS 194– Tubos de polietileno para redes de distribuição, adutoras ou linhas de esgoto pressurizadas– Requisitos
- NBR 15.813 – Sistemas de tubulações plásticas para instalações prediais de água quente e fria – Parte 1: Tubos de polipropileno copolímero random (PP-R) tipo 3 – Requisitos.

●O que exigir

- Todos os tubos devem trazer uma marcação de metro em metro, por processo a quente (hot-stamping), que tenha no mínimo as seguintes informações:



Nome/Marca do Fabricante - Norma de Fabricação - Classificação e Identificação Comercial do Material (PE 80, PE 100, PP-R, etc) – Diâmetro Externo (DE) - Espessura (mm) – PN ou SDR ou ambos - lote de fabricação

- Certificado de Qualificação e do lote da matéria Prima.
- Certificado de Qualificação do Fabricante e do Lote do tubo.
- Caso o fabricante não pertença a um Programa de Qualidade reconhecido, acompanhar fabricação e/ou ensaios de recebimento de materiais conforme definido nas normas aplicáveis.
- Amarração adequada de bobinas, com as dimensões especificadas nas normas.
- Procedimento de Transporte e Recebimento na obra ou armazém do cliente, que assegure integridade e adequada proteção dos tubos.
- Em caso de dúvida, solicitar NF de origem da matéria prima, com quantidades compatíveis ao produto comprado.
- Em caso de dúvida, solicitar ao fabricante da matéria prima, ou à ABPE, análise do material ou do produto fabricado.

●Tubos de PE– Requisitos para Qualificação e Lote de Fabricação

Propriedade	Qtde de amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Dimensões	3	Respeitar dimensões	NBR 14301
Estabilidade Dimensional(1)	3	Varição dimensional $\leq 3\%$	NBR 14299
Retração circunferencial	3	Respeitar as dimensões	NBR 14302
Tensão residual de resfriamento (2)	3	≤ 3 MPa	ABPE/M011
Estabilidade Térmica - OIT	3	≥ 20 min	NBR 14300
Resistência à pressão a 20°C	1 com 3 cps cada	≥ 100 h	NBR 8415
Resistência à pressão de curta duração a 80°C	1 com 3 cps cada	≥ 165 h	NBR 8415
Resistência à pressão de longa duração 80°C (3)	1 com 3 cps cada	≥ 1000 h	NBR 8415
Resistência à tração (4)	1 com 5 cps	≥ 15 MPa e $\geq 350\%$	NBR 9622
Resistência à propagação lenta de ruptura (5)	3	≥ 165 h a 80°C	ISO 13479
Resistência ao esmagamento (6)	1 com 3 cps cada	Após esmagamento, resistir a pressão a 80°C x 165 h	NBR 14303
Densidade do tubo	3	Difer. entre composto e tubo $\leq \pm 0,005$ g/cm ³	NBR 14304
Índice de fluidez do tubo	3	Difer. entre composto e tubo $\leq 20\%$	NBR 9023
Dispersão de Pigmentos	1 com 6 cps	\leq Grau 3	NBRISO 18553/ NBR 10924

Notas: Os ensaios e métodos devem atender às normas aplicáveis

- a) O número de amostras refere-se a cada diâmetro ensaiado.
- b) Exceto onde aqui especificado, as amostras devem contemplar a quantidade de corpos-de-prova (cps) especificada nos respectivos métodos de ensaios.
- (1) somente aplicável para tubos de $DE \leq 315$
- (2) ensaio alternativo ao de retração circunferencial para tubos de $DE > 315$
- (3) obrigatório na Qualificação. Na fabricação, o Lote pode ser aceito antes da conclusão desse ensaio, mas deve ser concluído
- (4) algumas normas não exigem
- (5) somente aplicável para tubos de $DE \leq 315$. Normalmente restrito a ensaios de Qualificação
- (6) Normalmente restrito a ensaios de Qualificação

- Se o fabricante não pertencer a Programa da Qualidade reconhecido, acompanhar fabricação e/ou ensaios de recebimento de materiais conforme definido nas normas aplicáveis.

●Tubos de PP– Requisitos para Qualificação e Lote de Fabricação

Propriedade	Qtde de amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Dimensões	3	Respeitar dimensões	NBR 14301
Estabilidade Dimensional (1)	3	Variação dimensional $\leq 2\%$	EN 743
Tensão residual de resfriamento (2)	3	≤ 3 MPa	ABPE/M011
Resistência à pressão a 20°C	1 com 3 cps cada	≥ 1 h	NBR 8415
Resistência à pressão de longa duração a 95°C	1 com 3 cps cada	≥ 165 h e ≥ 1000 h	NBR 8415
(3) Estabilidade Térmica por ensaio de pressão 110°C	1 com 3 cps cada	≥ 8760 h	NBR 8415
Resistência ao impacto Charpy	10	PP-H: 23°C, PP-B e PP-R: 0°C < 10% de rupturas	ISO 9854-1/DIN 53453
Densidade do tubo	3	Difer. entre composto e tubo $\leq \pm 0,005$ g/cm ³	NBR 14304
Índice de fluidez do tubo	3	Difer. entre composto e tubo $\leq 30\%$	NBR 9023
Dispersão de Pigmentos	1 com 6 cps	\leq Grau 3	NBRISO 18553/ NBR 10924
Estabilidade Térmica – OIT (4)	3	≥ 20 min (200°C)	NBR 14300

Notas: Os ensaios e métodos devem atender às normas aplicáveis

a) O número de amostras refere-se a cada diâmetro ensaiado.

b) Exceto onde aqui especificado, as amostras devem contemplar a quantidade de corpos-de-prova (cps) especificada nos respectivos métodos de ensaios.

(1) somente aplicável para tubos de $DE \leq 315$

(2) ensaio alternativo ao de estabilidade dimensional para tubos de $DE > 315$

(3) Normalmente restrito a ensaios de Qualificação

(4) ensaio alternativo ao Estabilidade Térmica por Ensaio de Pressão

- Se o fabricante não pertencer a Programa da Qualidade reconhecido, acompanhar fabricação e/ou ensaios de recebimento de materiais conforme definido nas normas aplicáveis.

MÓDULO 2

2.3 - CONEXÕES

Os fabricantes e as conexões devem ser pré-qualificados através de certificados de qualificação emitidos por organismos/laboratórios reconhecidos, ou pelo próprio sistema de qualificação do cliente, quando houver, ou ABPE.

Todo lote de produção de conexões deve ser acompanhado de seu certificado de qualidade, que permita sua rastreabilidade, contemplando ao menos os requisitos das Tabelas a seguir, bem como do certificado de lote da matéria prima utilizada, onde exigível pela norma aplicável.

● Normas Aplicáveis

- ISO TR 9080 – Método de Extrapolação para Determinar a Curva de Regressão e o MRS
- ISO 12.162 – Classificação e Denominação dos Materiais Termoplásticos
- EN 1555 –3 – Sistemas de Tubulações Plásticas para Distribuição de Gás Combustível – Polietileno (PE) – Parte 1 – Requisitos de Conexões Soldáveis
- EN 12.201 –3 - Sistemas de Tubulações Plásticas para Distribuição de Água – Polietileno (PE) – Parte 1 – Requisitos de Conexões Soldáveis
- ISO 4427 –3 - Tubulação de Polietileno para Fornecimento de Água – Parte 3 - Conexões
- ISO 4437 –3 - Tubulação de Polietileno para Fornecimento de Gás Combustível – Parte 3 - Conexões
- BGC PS/PL 2 – partes 2/4/6 – Tubos de Polietileno (PE) e Conexões para Gás Natural e Gás Manufaturado – Conexões Soldáveis – Especificação
- DIN 16.963 – partes 1 a 15 – Uniões de Tubos e seus elementos para tubos de polietileno de alta densidade (PEAD) sob pressão – Requisitos Gerais e Dimensões
- DIN 16.962 – partes 1 a 10 – Uniões de Tubos e seus elementos para tubos de polipropileno (PP) sob pressão – Requisitos Gerais e Dimensões
- EN ISO 15.874 – partes 3 e 5 - Tubulações para Instalação de Água Quente e Fria – Polipropileno (PP) – Especificações para Componentes e Sistema
- EN ISO 15.494 – Tubulações para Instalação Industrial – Polibuteno (PB), Polietileno (PE), Polipropileno (PP) – Especificações para Componentes e Sistema.
- NBR 15.593 – Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Conexões Soldáveis de polietileno PE 80 e PE 100 - Requisitos
- NBR 14.463 – Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Conexões de polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos
- NBR 15.803 – Sistemas enterrados para distribuição e adução de água e transporte de esgoto sob pressão – Requisitos para conexões de compressão para junta mecânica, tê de serviço e tê de ligação para tubulação de polietileno de diâmetro nominal entre 20 mm e 160 mm.

- UNI 9561 – Tubos e Conexões plásticas - Conexões Mecânicas de Compressão para Tubos de Polietileno sob Pressão em Distribuição de Água.
- DIN 8076 – Tubulações de Pressão de Materiais Plásticos – Juntas Mecânicas para Tubos de Polietileno; Requisitos Gerais de Qualidade e Ensaios
- ISO 14.236 – Tubos e Conexões Plásticas – Conexões de Compressão para Junta Mecânica de Tubos de Polietileno sob Pressão para Distribuição de Água

● O que exigir

- Certificado de Qualificação e do lote da matéria Prima, quando exigível.
- Certificado de Qualificação do Fabricante e do Lote da Conexão.
- Caso o fabricante não pertença a um Programa de Qualidade reconhecido, acompanhar fabricação e/ou ensaios de recebimento de lote de materiais conforme definido nas normas aplicáveis.
- Embalagens e Acondicionamento adequados.
- Procedimento de Transporte e Recebimento na obra ou armazém do cliente, que assegure integridade e adequada proteção das conexões.
- Em caso de dúvida, solicitar NF de origem da matéria prima, com quantidades compatíveis ao produto comprado.
- Em caso de dúvida, solicitar ao fabricante da matéria prima, ou à ABPE, análise do material ou do produto fabricado.

● Conexões Soldáveis

Devem trazer de forma indelével marcação que contemple, além da marca do fabricante e dimensões, código relativo ao lote de fabricação que permita rastrear os dados do composto de sua fabricação e os ensaios de durante a fabricação.

Os ensaios de todas as peças (tipos, modelos e dimensões) devem ser executados conforme as tabelas abaixo, e atender às demais características específicas, como segue:

● Requisitos para Qualificação de Conexão de Termofusão e Eletrofusão PE 80 e 100

Propriedade.	Qtde Amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Dimensões	3	Vide requisitos das normas	NBR 14301
Aspectos visuais	3	Isenta de bolhas, e defeitos	-
Estabilidade Térmica	3	OIT \geq 20 min	NBR 14300
Resistência à pressão a 20°C	3	\geq 100 h	NBR 8415
Resistência à pressão a 80°C	3	\geq 165 h	NBR 8415
Resistência à pressão de longa duração 80°C	3	\geq 1000 h	NBR 8415
Resistência coesiva *	3	Início ruptura frágil \leq L ₂ /3	ISO 13954/ 13955/13956
Resistência ao impacto em conexões sela *	3	50 J norma EN (100 J NBR)	NBR 14470
Soldabilidade e compatibilidade	3	\geq 1000 h a 80°C	NBR 8415, ou ISO/TR 11647
Densidade da conexão	3	Difer. entre composto e tubo $\leq \pm 0,005$ g/cm ³	NBR 14304
Índice de fluidez da conexão	3	Difer. entre composto e tubo \leq 20%	NBR 9023
Dispersão de Pigmentos	1 com 6 cps	\leq Grau 3	NBR ISO 18553 NBR 10924

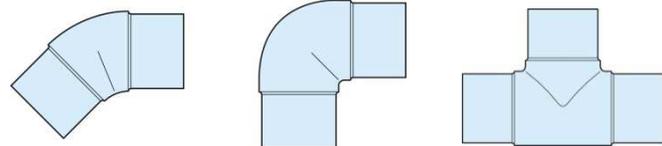
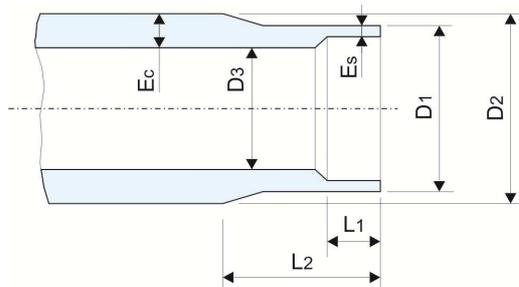
Notas: * somente conexões de eletrofusão

● **Requisitos para Qualificação de Conexão de Termofusão e Eletrofusão de PP**

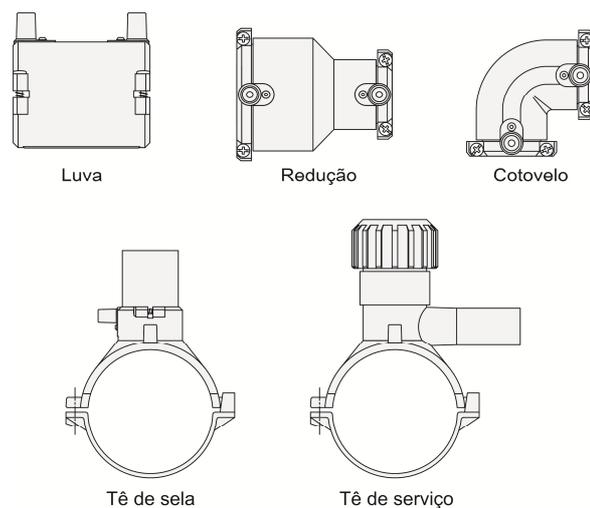
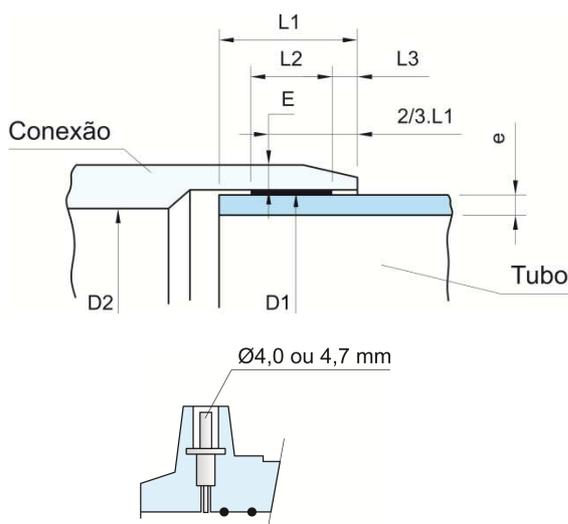
Propriedade.	Qtde Amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Dimensões	3	Vide requisitos das normas	NBR 14301
Aspectos visuais	3	ISENTA de bolhas, e defeitos	-
Resistência à pressão a 20°C	3	≥ 1 h	NBR 8415
Resistência à pressão de longa duração 95°C	3	≥ 1000 h	NBR 8415
Estabilidade Térmica por ensaio de pressão 110°C	3	≥ 8760 h	NBR 8415
Resistência ao impacto Charpy	10	PP-H: 23°C, PP-B e PP-R: 0°C < 10% de rupturas	ISO 9854-1/ DIN 53453
Resistência ao impacto em conexões sela *	3	50 J norma EN (100 J NBR)	NBR 14470
Densidade da conexão	3	Difer. entre composto e tubo ≤ ± 0,005 g/cm ³	NBR 14304
Índice de fluidez da conexão	3	Difer. entre composto e tubo ≤ 30%	NBR 9023
Dispersão de Pigmentos	1 com 6 cps	≤ Grau 3	NBR ISO 18553/ NBR 10924
Estabilidade Térmica *	3	OIT ≥ 20 min	NBR 14300

(*) ensaio alternativo ao estabilidade térmica por ensaio de pressão

● **Conexões Injetadas de Termofusão e de Eletrofusão**



Conexões injetadas tipo ponta para termofusão ou eletrofusão

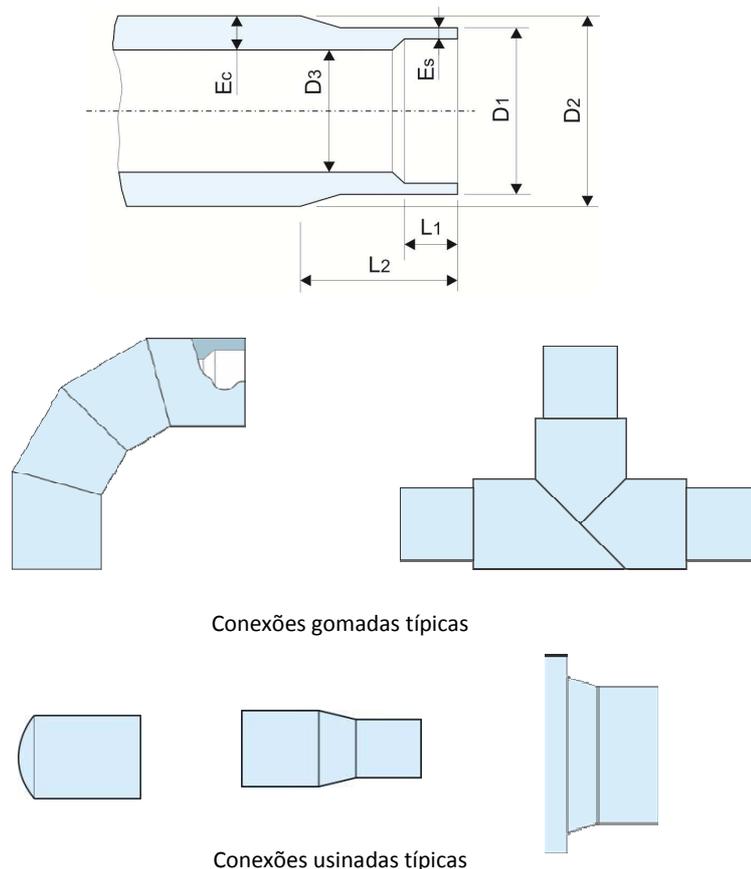


Conexões injetadas de Eletrofusão

- **Requisitos Específicos para Conexões Injetadas (vide módulo 1.3)**

- as dimensões da conexão e dos valores ôhmicos (eletrofusão) devem ser validados e fazer parte dos documentos de qualificação;
- deve ser definida a matéria prima e seu MRS, classes de pressão (PN) e SDRs.

- **Conexões tipo Gomada (segmentadas) e Usinadas de tubos, tarugos ou placas**



- **Requisitos Específicos para Conexões Gomadas ou Usinadas (vide módulo 1.3)**

- as dimensões da conexão e dos tubos usados na sua confecção devem ser validadas e fazer parte dos documentos de qualificação;
- deve ser definida a matéria prima e seu MRS, classes de pressão (PN) e SDRs;
- deve ser acompanhada do certificado de qualidade do tubo, tarugo ou placa de origem usados na sua confecção, com o respectivo certificado da matéria prima;
- as conexões gomadas devem ser acompanhadas do certificado de qualificação do soldador que a produziu;
- as dimensões das extremidades devem estar adequadas ao SDR a que se destina;
- as dimensões devem estar adequadas ao PN desejado para sua aplicação:
 - Curvas: 80% PN tubo usado na sua confecção
 - Tês: 50% PN tubo usado na sua confecção
- não devem ter reforços externos, como revestimentos de PRFV ou outros

● Requisitos para Recebimento

Enquanto o controle de recebimento de conexões injetadas é relativamente simples, por tratar-se de processo industrial controlado e em série, as conexões do tipo Gomada e Usinada exigem um controle mais complexo e difícil por serem produzidas em baixa escala, por vezes uma única peça, e em processo manual semi-artesanal.

Assim, propomos procedimentos distintos, como segue:

● Requisitos Específicos para Conexões Injetadas

- As conexões/fabricante devem ter certificado de qualificação;
- Devem apresentar certificado de qualidade rastreável do lote produzido, bem como da matéria prima utilizada;
- Em caso de dúvida, solicitar documentos da qualificação que comprovem características da peça com a fornecida;
- Se o fabricante não pertencer a um Programa da Garantia da Qualidade reconhecido, devem ser solicitados os ensaios de recebimento conforme norma técnica aplicável.

● Requisitos Específicos para Conexões Gomadas e Usinadas

- As conexões/fabricante devem ter certificado de qualificação, que contemple o PN e as dimensões/geometria das peças e os tubos, tarugos ou placas usados na sua confecção;
- as dimensões da conexão devem estar de acordo com aquelas da peça previamente qualificada para a classe de pressão desejada (PN);
- deve ser acompanhada do certificado de qualidade do tubo, tarugo ou placa de origem usados na sua confecção, com o respectivo certificado da matéria prima;
- as conexões gomadas devem ser acompanhadas do certificado de qualificação do soldador que as produziu;
- as dimensões das extremidades devem estar adequadas ao SDR a que se destina;
- as dimensões devem estar adequadas ao PN desejado (vide módulo 1.3):
 - Curvas: 80% PN tubo usado na sua confecção
 - Tês: 50% PN tubo usado na sua confecção
- não devem ter reforços externos, como revestimentos de PRFV ou outros;
- deve ser feita inspeção dimensional e visual, verificando soldas e existência de defeitos;
- Se o fabricante não pertencer a um Programa da Garantia da Qualidade reconhecido, devem ser solicitados os ensaios de recebimento conforme norma técnica aplicável. Se a quantidade de peças solicitada não atingir ao mínimo definido nas normas para os ensaios de recebimento, o fabricante deve produzir ao menos 3 peças a mais específicas para os ensaios dimensionais, visuais e destrutivos contemplados nos ensaios de recebimento de lote da norma técnica aplicável.

● **Conexões tipo Junta Mecânica**

● **Requisitos para Qualificação**

Devem trazer de forma indelével marcação que contemple, além da marca do fabricante e dimensões, código relativo ao lote de fabricação que permita rastrear os dados do composto de sua fabricação e os ensaios de durante a fabricação.

Os ensaios de todas as peças (tipos, modelos e dimensões) devem ser executados conforme a tabela abaixo, e atender às normas aplicáveis e demais características específicas, como segue:

Propriedade	Qtde Amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Verificação de MRS do composto (1)	3	pressão ≥ 1000 h	NBR 8415
Dimensões (2)	3	respeitar normas específicas	NBR 14469
Resistência à pressão a 20°C	3	≥ 100 h PP-B e PP-R = 1,5 x PN Outros = 1,8 x PN	NBR 8415
Resistência à pressão de longa duração 40°C (1)	3	≥ 1000 h PP-B e PP-R = 0,8 x PN Outros = 1,1 x PN	NBR 8415
Resistência à pressão de longa duração do corpo principal a temp. alta (1)	3	≥ 1000 h Conforme Tabela	NBR 8415
Resistência ao esforço axial	3	$F = 1,5 \cdot \sigma \cdot \pi \cdot e \cdot (DE - e)$ PE 80 $\sigma = 5,7$ MPa; PE 100; $\sigma = 7,2$ MPa.	NBR 9057
Estanqueidade com tubo curvado a frio	3	1,8 x PN	NBR 9056
Estanqueidade sob vácuo	3	- 0,1 bar e -0,8 bar	NBR 9056
Comportamento em estufa	3	conforme Tabela	NBR 9799
Aspectos visuais e montagem	3	Verificar bolhas, falhas, montagem	Normas específicas
Adequabilidade dos componentes (3)	1	Componentes devem resistir à corrosão do meio	Normas específicas
Efeito sobre a água	1	Regulações locais	Ex.: NBR 8219
Dispersão de Pigmentos	1 com 6 cps	≤ Grau 3	NBR ISO 18553/ NBR 10924
Teor de negro de fumo	2	(2,5% ± 0,5% NBR),	NBR 9058

Notas: (1) Restrito a ensaios de Qualificação

(2) Algumas normas estabelecem dimensões mínimas de elementos de vedação e de profundidades de penetração do tubo na conexão, bem como o furo de passagem mínimo.

(3) Algumas normas definem tipos de borracha e dureza e materiais metálicos aceitáveis, como latão ou Inox

VERIFICAÇÃO DE MRS

Material da conexão	Temp de ensaio °C	Duração do ensaio h	Tensão de ensaio MPa*	Requisitos
ABS	70	1000	4	Nenhuma falha durante o ensaio
PP-H homopolímero	95	1000	3,5	
PP-B copolímero	95	1000	2,6	
PP-R copolímero randômico	95	1000	3,5	
PVC	60	1000	10	
POM copolímero	95	400	6	
POM homopolímero	60	1000	10	

Nota: Ensaio realizado em tubo produzido com o composto da conexão

RESISTÊNCIA DO CORPO DA CONEXÃO

Material da conexão	Temp. de ensaio °C	Duração do ensaio h	Pressão de ensaio MPa*	Requisitos
ABS	20 70	1 1000	3,1 x PN 0,5 x PN	Nenhuma falha durante o ensaio
PP H homopolímero	20 95	1 1000	3,3 x PN 0,55 x PN	
PP-B copolímero	20 95	1 1000	2,5 x PN 0,4 x PN	
PP-R copolímerorandômico	20 95	1 1000	2,5 x PN 0,55 x PN	
PVC	20	1 1000	4,2 x PN 3,2 x PN	
POM copolímero	20 60	1 400	5,0 x PN 0,95 x PN	
POM homopolímero	20 60	1 1000	6,3 x PN 1,5 x PN	

Nota: somente o corpo principal da conexão é submetido à pressão

TEMPERATURA DE ESTUFA

Material do componente	Temperatura (°C)
ABS	(140 ± 2)
PE	(110 ± 2)
PP H homopolímero	(150 ± 2)
PP-B copolímero	(150 ± 2)
PP R copolímero randômico	(135 ± 2)
PVC	(140 ± 2)
POM copolímero	(140 ± 2)
POM homopolímero	(150 ± 2)
Outros materiais amorfos	20°C abaixo da região de transição de termoplástico para termoplástico
Outros materiais cristalinos	20°C abaixo da temperatura de cristalização

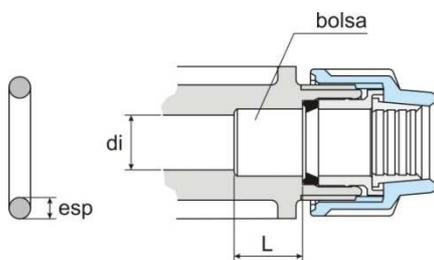
Nota: Quando submetidas à temperatura acima por 4 h, não deve apresentar rachaduras, bolhas ou escamas que comprometam a qualidade do componente, exceto no ponto de injeção, onde o defeito pode ocorrer desde que não ultrapasse a 20% da espessura do componente.

MÉTODOS DE ENSAIOS E REQUISITOS ESPECÍFICOS DE JUNTAS MECÂNICAS TIPO SELA, PARA RAMAIS E DERIVAÇÕES

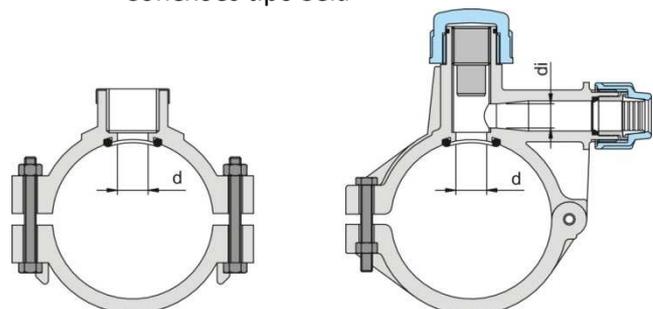
Propriedade.	Qtde Amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Dimensões	3	NBR 15803/NTS 175	NBR 15803/NTS 175
Resistência ao impacto em conexões tipo sela	3	100 J a 23°C	NBR 14470/NTS 175
Resistência à Tração Radial e Torção	3	Tração: Ramal: DE 20 – 1,2 kN DE 32 – 2,6 kN Torção: 44 Nm todos	NBR 10931/NTS 175

Nota: Aplicáveis a conexões de derivação tipo sela como Colar de Tomada e Tê de Serviço

Conexão de Compressão



Conexões tipo Sela



● Requisitos para Recebimento

- As conexões/fabricante devem ter certificado de qualificação;
- Devem apresentar certificado de qualidade rastreável do lote produzido, bem como da matéria prima utilizada;
- Em caso de dúvida, solicitar documentos da qualificação que comprovem características da peça com a fornecida;
- Se o fabricante não pertencer a um Programa da Garantia da Qualidade reconhecido, podem ser solicitados os ensaios de recebimento conforme norma técnica aplicável

● Conexões tipo Junta de Transição PE X Metal e PP X Metal

● Requisitos para Qualificação

Devem trazer de forma indelével marcação que contemple, além da marca do fabricante e dimensões, código relativo ao lote de fabricação que permita rastrear os dados do composto de sua fabricação e os ensaios de durante a fabricação.

Os ensaios de todas as peças (tipos, modelos e dimensões) devem ser executados conforme a tabela abaixo, e atender às normas aplicáveis e demais características específicas, como segue:

Propriedade.	Qtde Amostras	Requisitos	Método de Ensaio
Dimensões (1)	3	respeitar os valores especificados para tubos, componentes roscados, flanges e vedações	NBR 14301/ ISO 161 ISO 7-1, etc
Resistência à pressão a 20°C	3	PE ≥ 100 h e PP ≥ 1h	NBR 8415
Resistência à pressão a 80 /95°C (2)	3	≥ 165 h e 1000 h PE: 80°C e PP: 95°C	NBR 8415
Resistência ao esforço axial (2)	3	$F = 1,5 \cdot \sigma \cdot \pi \cdot e \cdot (DE - e)$ PE 80/PP-B/PP-R $\sigma = 5,7$ MPa; PE 100/PP-H; $\sigma = 7,2$ MPa	NBR 9057
Estanqueidade com tubo curvado a frio	3	1,8 x PN	NBR 9056
Estanqueidade sob vácuo (2)	3	- 0,1 bar e -0,8 bar	NBR 9056
Estanqueidade instantânea (1)	3	3 x PN x 5 seg – 23°C	PPI TN 22
Resistência à pressão cíclica (2)	3	1.000.000 ciclos Pressão: PN a 2.PN 6 a 10 ciclos/min – 23°C	PPI TN 22
Resistência à pressão cíclica lenta(2)	3	42 ciclos – 23°C 2.PN x 8h + 0 bar x 16 h	PPI TN 22

Notas: (1) Normalmente executados como ensaios de produção (100%)

(2) Normalmente restrito a ensaios de Qualificação

● Requisitos para Recebimento

- As conexões/fabricante devem ter certificado de qualificação;
- O certificado de qualidade deve contemplar os certificados do tubo de polietileno e do componente metálico, rastreados por um lote adequadamente identificado na peça;
- Em caso de dúvida, solicitar documentos da qualificação que comprovem características da peça com a fornecida;
- Se o fabricante não pertencer a um Programa da Garantia da Qualidade reconhecido, podem ser solicitados os ensaios de recebimento conforme norma técnica aplicável

MÓDULO 3

3.1 - QUALIFICAÇÃO DE INSTALADOR, INSPETOR, SOLDADOR E SOLDA DE TOPO POR TERMOFUSÃO E DE ELETROFUSÃO

O INSTALADOR, ou empresa instaladora, para ser qualificada como instaladora de tubos poliolefínicos deve atender aos seguintes requisitos:

- possuir equipamentos qualificados à soldagem (vide Módulo 3.2);
- possuir procedimentos de soldagem e instalação e controle de qualidade consistentes (vide Módulo 4) e registros de soldagens executadas por seus soldadores.
- possuir soldadores e inspetores qualificados, conforme descrito a seguir:

Essa documentação deve ser exigida pela Contratante para assinatura do Contrato de Serviços.

É adequado que a empresa pertença a um sistema de programa de qualidade, que assegure a sua auditoria periódica e certificação.

● Normas Aplicáveis

- NBR 14.464 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Execução de Solda de Topo (EM REVISÃO – aguardar versão 2013);
- NBR 14.472 – Tubo de Polietileno PE 80 e PE 100 – Qualificação do Soldador;
- UNI 9737 – Classificação e Qualificação de Soldadores de Tubos e Conexões de PE por Solda de topo ou Eletrofusão para Gás, Água e Outros fluidos sob pressão;
- ABPE P 011 – Tubos de polietileno PE e conexões- Qualificação de Empresa Instaladora;
- ABPE P 009 – Tubos e conexões de polietileno PE - Qualificação de Soldas, Soldadores, Inspetores e Instaladores – Procedimento;
- DVS 2207-1 - Soldagem de Materiais Termoplásticos – Soldagem de Tubos, Conexões e Placas – Parte 1 – Procedimentos
- DVS 2202-1 - Teste de Produtos Semi-Acabados de Polietileno -Avaliação de Solda
- DVS 2203 - Ensaio de Soldas de Materiais termoplásticos – Requisitos;
- DVS 2212 - Soldagem de Materiais Termoplásticos – Qualificação de Soldadores;
- ISO 21307 - Tubos e Conexões Plásticas – Procedimentos de Solda de Topo para tubos e conexões de Polietileno (PE) para distribuição de água e gás combustível;
- DS/INF 70-2 - Tubulações plásticas – Procedimento de Solda de Termofusão de Topo
- DS/INF 70-3 - Tubulações Plásticas – Solda de termofusão de Topo – Inspeção Visual
- ISO 11.413 - Tubos Plásticos e Conexões – Preparação de Corpos-de-prova para Soldagem de Eletrofusão;
- ISO 11.414 - Tubos Plásticos e Conexões – Preparação de Corpos-de-prova para Soldagem de Topo por Termofusão;
- ISO 13.953 - Tubos e Conexões de PE – Determinação da Resistência à Tração e do Tipo de Ruptura em Solda de Topo por Termofusão.

- ISO 13.954 - Tubos e Conexões Plásticas - Teste de Resistência Coesiva por Arrancamento (Peeldecohesion) para Polietileno (PE) Soldados por Eletrofusão de Diâmetro Externo Nominal Maior ou Igual a 90 mm;
- ISO 13.955 - Tubos e Conexões Plásticas – Ensaio de Resistência Coesiva por Esmagamento (CrushingDecohesion) para conexões de eletrofusão
- ISO 21307 - Tubos e Conexões Plásticas – Procedimentos de Solda de Topo para tubos e conexões de Polietileno (PE) para distribuição de água e gás combustível;
- EN 13067 - Soldadores de Plásticos – Qualificação de Soldadores de Termoplásticos
- NBR 14.467- Conexões de polietileno PE 80 e PE 100 – Verificação da Resistência Coesiva (CrushingDecohesion);
- NBR 14.470 - Conexões de Polietileno PE 80 e PE 100 – Verificação da Resistência ao Impacto em Tês de Serviço;
- SENAI GC 02 - Guia do Candidato – Soldador de Tubos e Conexões de Polietileno.

● Qualificação do Soldador

O soldador deve ser treinado por organismos ou entidades reconhecidas, porém qualificado e certificado por organismos de certificação credenciados.

Para tanto, o soldador deve atender às seguintes premissas:

- ter feito treinamento teórico e prático na modalidade da solda;
- ser qualificado através de testes teórico e prático, demonstrando habilidade e domínio dos procedimentos de soldagem e conhecimento de tubos e conexões, sabendo avaliar espessuras, diâmetros, classes de pressão (SDR), parâmetros de soldagem e conhecimento de escalas de pressão, temperatura, dimensionais e conversão de escalas, bem como avaliação visual e dimensional de qualidade de soldas.

Alguns organismos de certificação exigem escolaridade mínima de ensino fundamental completo, outros aceitam o soldador que apresente reconhecida capacidade de ler, escrever e efetuar operações matemáticas básicas desde que com experiência comprovada.

A qualificação é válida por 2 anos, desde que não fique mais de 6 meses sem executar soldagens. A norma brasileira NBR 14.472, DVS 2212, a italiana UNI 9737, a EN 13.067 e a ABPE P 009 são boas referências para a qualificação de soldadores. O guia do Candidato do SENAI GC02 apresenta referências do perfil e competências do Soldador de polietileno.

● Qualificação do Inspetor

O inspetor deve ser treinado por organismos ou entidades reconhecidas, porém qualificado e certificado por organismos de certificação credenciados.

Para tanto, o inspetor deve receber treinamento prático e teórico, com maior ênfase no teórico, não sendo necessário avaliar sua habilidade prática de execução de soldas, mas sim, na avaliação da qualidade dessas.

Seu treinamento e qualificação devem focar principalmente os seguintes aspectos:

- domínio dos procedimentos de soldagem e conhecimento de materiais e normas de tubos e conexões, EPI's, sabendo avaliar espessuras, diâmetros, classes de pressão (SDR), tolerâncias admitidas nos dimensionais de tubos e conexões, interpretar leitura de instrumentos de medição de dimensionais, conhecer requisitos e cuidados de instalação e assentamento de tubulações, carga, descarga e estocagem de materiais em obra, conhecimento de escalas de pressão, temperatura, dimensionais e conversão de escalas, bem como avaliação de parâmetros de soldagem e avaliação visual e dimensional de qualidade de soldas.

Alguns organismos de certificação exigem escolaridade mínima de segundo grau completo, ou com experiência comprovada.

A qualificação é válida por 5anos, desde que não fique mais de 6 meses sem executar inspeções. Não há normas específicas para qualificação de inspetores.

●Qualificação e Avaliação de Soldas

Normalmente o controle de qualidade de soldas em obras é realizado através da análise visual conforme descrita nos procedimentos de soldagem nas normas respectivas e no Módulo 4 desta cartilha, partindo-se da premissa da utilização de parâmetros de soldagem e materiais conhecidos e de história comprovada (Ex: DVS 2207), sendo ainda recomendado que se façam avaliações através de ensaios destrutivos ao longo da obra.

A avaliação da solda bem como a confirmação da qualificação da solda (confirmação de parâmetros e procedimento de soldagem) se faz necessária ainda nas seguintes situações:

- Falta de histórico comprovado da solda, ou soldador ou equipamento de soldagem;
- Não evidenciada a qualificação do equipamento de soldagem;
- Análise de novos materiais de tubos e/ou conexões ou devido a problemas ocorridos;
- Verificação de compatibilidade de materiais de tubos e/ou conexões, quando não há histórico comprovado;
- Auditoria de uma instalação;
- Obras de grande vulto e/ou grau de risco.

Nesses casos, além da análise visual e do adequado registro e controle dos procedimentos e parâmetros, são executados ensaios destrutivos, mais comumente os apresentados na Tabela abaixo.

Ensaio para Qualificação da Solda

ENSAIOS PARA SOLDA DE TOPO POR TERMOFUSÃO	QTDE. CP's	MÉTODO DE ENSAIO
Resistência à Pressão de longa duração – 1000h/80°C (*) ou	3	NBR 8415
Resistência à tração (*)	3	ISO 13.953

(*) Esses ensaios são alternativos, ou seja, optar pela conveniência de um ou de outro

ENSAIOS PARA SOLDA DE ELETROFUSÃO	QTDE. CP's	NORMA
Resistência à Pressão de longa duração – 1000h/80°C (1)	3	NBR 8415
Resistência Coesiva e <i>Peeling</i> (2)	3	ISO 13954/ 13955 ou DVS 2207ou NBR 14.467
Resistência ao Impacto (3)	3	NBR 14.470 ou EN 1716

(1) Para solda de termofusão ou eletrofusão. Se a conexão for do tipo Tê de serviço, o teste deve ser feito com o tubo já furado pelo punção. Para efeito de análise provisória pode-se adotar o teste de pressão a 165 horas/80°C.

(2) Somente para solda de conexões de eletrofusão ou termofusão tipo sela e soquete

(3) Somente para solda de conexões de eletrofusão ou termofusão tipo Tê de Serviço ou de Sela

•Fator de Solda

Para análise da solda, é bastante que as amostras atendam aos valores definidos nas normas para os testes da Tabela acima, entretanto, para fins de pesquisa pode ser desejável a determinação do fator de solda.

A determinação desse fator, ou seja a resistência da solda em relação ao tubo, pode ser feita pelo teste de pressão ou pelo de tração.

a) Ensaio de pressão hidrostática

Através do ensaio de pressão hidrostática, submetem-se várias amostras de tubos sem solda e de tubos com solda a diferentes níveis de pressão, normalmente a 80°C, até sua ruptura, similarmente à determinação do fator de resistência química.

Assim, o fator de solda em relação à tensão $f_{\sigma} = \sigma_{solda} / \sigma_{tubo}$ deve ser maior ou igual a 0,8. Esse fator define a tensão de ruptura da amostra com solda em relação à amostra sem solda para um mesmo tempo de vida útil.

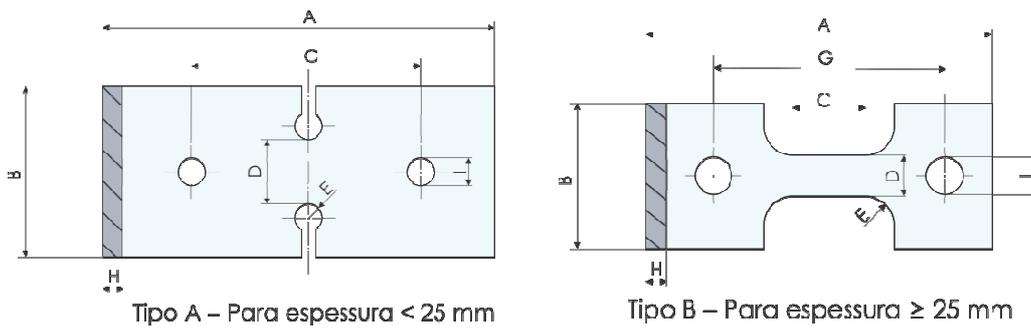
b) Ensaio de tração

Executado conforme ISO 13.953, mais aplicado à solda de topo por termofusão. Para determinação da tensão de ruptura e análise do tipo da ruptura, dúctil ou frágil.

Compara-se a tensão de escoamento à tração da solda com a do tubo.

Assim como no ensaio de pressão $f_{\sigma} = \sigma_{solda} / \sigma_{tubo} \geq 0,8$.





Dimensão	Descrição	Tipo A (mm)		Tipo B (mm)
		DE ≤ 160	DE > 160	
A	Comprimento total mínimo	180	180	250
B	Largura nas extremidades	60 ± 3	80 ± 3	100 ± 3
C	Comprimento na porção estreita paralela	Não aplicável	Não aplicável	25 ± 1
D	Largura da porção estreita	25 ± 1	25 ± 1	25 ± 1
E	Raios	5 ± 0,5	10 ± 0,5	25 ± 1
G	Distância inicial entre as garras	90 ± 5	90 ± 5	165 ± 5
H	Espessura	espessura total	espessura total	espessura total
I	Diâmetro dos furos de tração	20 ± 5	20 ± 5	30 ± 5

Fig.– corpos-de-prova para ensaio de tração

Ainda que a solda por termofusão seja considerada como uma estrutura contínua, a interface de solda apresenta diferenças em relação ao tubo, tanto na geometria (cordões de solda e diferenças de espessura e alinhamento), quanto na densidade, geralmente maior que a do tubo devido ao resfriamento mais lento da solda que o da produção do tubo, bem como no alinhamento molecular, mais radial que o do tubo original.

O ensaio de tração deve ser executado com extremo rigor na confecção dos corpos-de-prova, sob pena de erros grosseiros de avaliação.

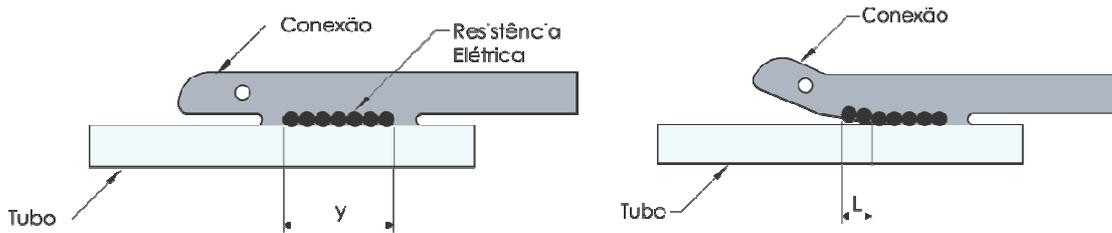
Somente a ruptura dúctil é considerada aprovada.

c) Ensaio de Resistência Coesiva de Soldas por Eletrofusão:

c.1) Por Arrancamento (Peel/Decohesion) em Conexões EFde diâmetro externo ≥ 90 mm.

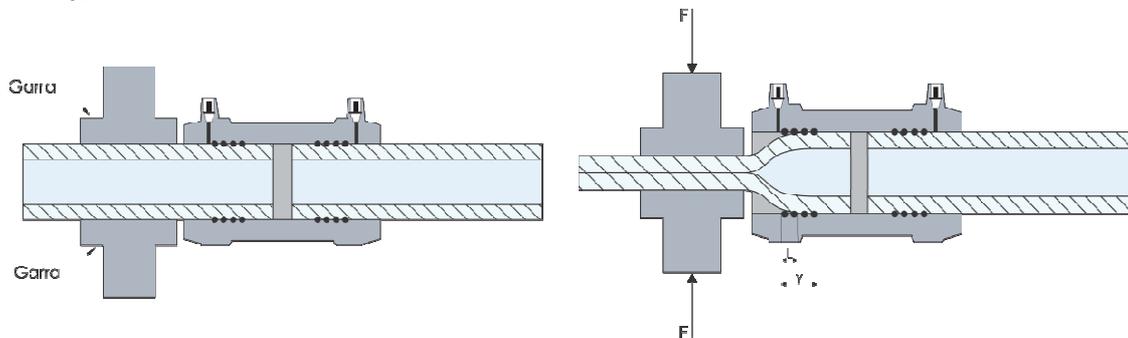
Ensaio conforme norma ISO 13.954

O objetivo do teste é avaliar a fusão da conexão com o tubo, soldados por eletrofusão, aplicando um esforço de tração, através de uma máquina de tração universal, em um trecho da solda entre o tubo/conexão, examinando a ocorrência de arrancamento ou descamação da interface fundida. A relação entre o comprimento de ruptura frágil (*L*) e o comprimento total da espira eletrosoldável (*y*) deve ser menor que 1/3 ou seja, $C = (L/y) \leq 1/3$.



c.2) Por Esmagamento (Crushing Test)

Conforme NBR 14.467 (resistência coesiva), ou ISO 13955 (crushingdecohesion). Normalmente aplicado para tubos de diâmetro menor ou igual a 90 mm, mas pode ser aplicado a diâmetros maiores também. Usa-se uma pequena prensa ou morsa de maneira a avaliar a fusão do tubo com a conexão, quando se esmaga o tubo até que as paredes opostas se encontrem. A relação entre o comprimento de ruptura frágil (L) e o comprimento total da espira eletrosoldável (y) deve ser menor que $1/3$ ou seja, $C = (L/y) \leq 1/3$.



c.3) Cisalhamento por Torção (torsionshear) e Arrancamento Radial (radial peeling)

Ensaio alternativo, para rápida avaliação, conforme DVS 2207-1, para tubos com espessura maior ou igual a 4mm.

O corpo de prova deve ser cortado longitudinalmente, de forma a ter uma largura (b) entre 3 a 6 mm, para tubos de espessura até 10 mm; e entre 5 e 6 mm para tubos de espessuras maiores. O comprimento do tubo de cada lado da solda deve ser de aproximadamente 10 mm.

Prende-se a parte da conexão em uma morsa, firmemente.

No ensaio de torsão, com uma ferramenta adequada tenta-se torcer o tubo 90° em relação à conexão, como na figura.

No ensaio de arrancamento radial, usa-se um alicate de pressão, por exemplo, para tentar arrancar o tubo da conexão girando-o radialmente.

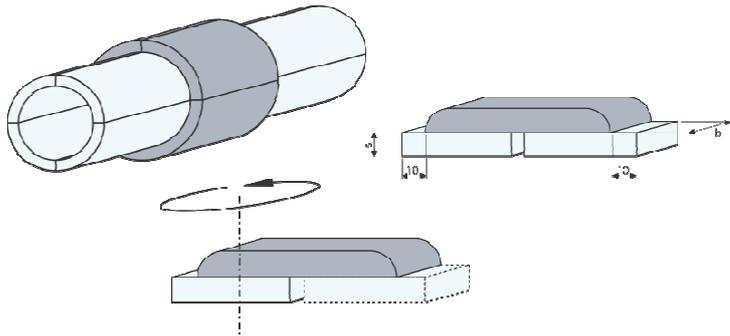


Fig. - Cisalhamento por torção

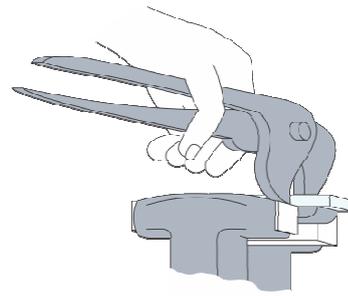


Fig. - Arrancamento Radial

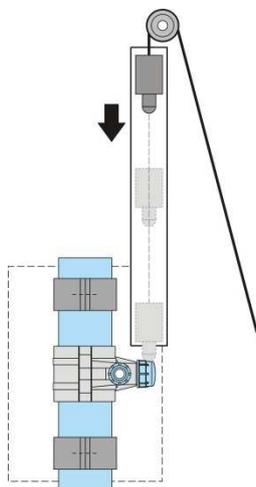
Análise dos resultados:

Comportamento da Fratura	Tipo e Característica	Avaliação
Força de arrancamento alta, ruptura dúctil > 80% da zona de solda	Aparência de fratura bem estruturada com alongamentos plásticos e dúcteis	Aprovada
Zona de solda está parcial ou completamente fundida, mas somente com pontos localizados soldados	Delaminações isoladas, contaminações e desgarramento superficial inadequado	Reprovada
Fratura frágil	Zona de arrancamento porosa, com bolhas, vazios, partes queimadas e sinais de sobreaquecimento	Reprovada
	Superfície do tubo não está fundida, solda fria, folga entre tubo e conexão muito grande	Reprovada

d) Ensaio de Resistência ao Impacto para Conexões de Sela por Eletrofusão (Tê de Serviço ou Colar de Tomada)

Conforme NBR14470.

Aplica-se um impacto de 100 J sobre a peça, com um dardo de 5 kg a 2 m de altura, não devendo apresentar ruptura frágil da solda.



MÓDULO 3

3.2 - QUALIFICAÇÃO DE FERRAMENTAS DE INSTALAÇÃO

O INSTALADOR, ou empresa instaladora, deve utilizar equipamentos e ferramentas de soldagem e estrangulamento qualificados conforme os requisitos a seguir.

Os documentos de qualificação dos equipamentos e ferramentas devem ser exigidos pela Contratante para assinatura do Contrato de Serviços.

É adequado que a empresa instaladora pertença a um sistema de programa de qualidade, que assegure a sua auditoria periódica e certificação.

Os equipamentos devem atender às especificações aqui descritas e conforme ISO 12.176 ou DVS 2208-1 e seus métodos de ensaio, onde aplicáveis. Devem ser certificados por organismo reconhecido e, antes de sua utilização, o Contratante dos serviços de soldagem deve assegurar-se de suas boas condições de operação com base nas Listas de Verificação sugeridas neste documento.

● Normas Aplicáveis

- ABPE E 006 – Tubos de Polietileno PE e Conexões – Equipamentos e Ferramentas de Soldagem e Instalação;
- DVS 2208-1 – Soldagem de Termoplásticos – Máquinas e Ferramentas
- ISO 12.176 - 1/2 – Tubos e Conexões Plásticas – Equipamentos para Soldagem de PE. Parte 1 – Solda de Topo. Parte 2 – Eletro fusão

● Equipamento de Solda de Topo por Termofusão

O equipamento deve ser capaz de realizar soldas de topo por termofusão, conforme abpe/P004, NBR 14.464, NTS 060 e DVS 2207.

O equipamento deve ser provido de:

- a) **estrutura básica**, que incorpora uma ou mais abraçadeiras, ou garras, móveis e uma ou mais abraçadeiras, ou garras, fixas, onde os tubos e/ou conexões a serem soldados são fixados de maneira a garantir seu alinhamento durante a soldagem. Deve ser suficientemente robusta para suportar as condições de uso em campo e as forças torcionais e axiais decorrentes, com o mínimo de manutenção. Deve contemplar:



Fig.– Estrutura básica

- Para uso em campo deve ter ao menos 4 abraçadeiras, 2 fixas e 2 móveis. Para soldagem de conexões curtas, pode permitir retirar uma das abraçadeiras para que a conexão seja fixada em apenas uma abraçadeira. Para uso em fábrica ou "pipeshop", para confecção de conexões ou isométricos, pode possuir apenas uma abraçadeira de cada lado;
- As abraçadeiras devem permitir a boa fixação dos tubos/conexões sem provocar danos a estes, minimizar ovalizações e assegurar o alinhamento da solda;
- Deve ter facilidade para a colocação da placa de aquecimento e do faceador sem que comprometa o movimento das abraçadeiras e tampouco o alinhamento da solda.

b) **Unidade de Força ou Comando**, que promove a abertura e fechamento das abraçadeiras e a aplicação controlada das forças e pressões de soldagem. Tendo as seguintes características:

- Manual - Acionamento mecânico manual através de alavanca mecânica ou sem-fim, equipado com torquímetro ou dinamômetro para a medida da força aplicada. PERMITIDA APENAS PARA SOLDAGEM EM FÁBRICA OU "PIPESHOP" PARA CONFECÇÃO DE CONEXÕES ou ISOMÉTRICOS (SPOOLS);
- Semiautomática - Acionamento por bomba eletro-hidráulica, que permite pré-ajustar e controlar as forças/pressões de solda. NÃO SÃO PERMITIDAS AS BOMBAS DE ACIONAMENTO MANUAL A PISTÃO;
- Automática – Controla automaticamente e registra os parâmetros de soldagem.



Fig.– Unidade de Comando

c) **Faceador**, que faceia ou aplinaos tubos/conexões assegurando o paralelismo das faces a serem soldadas. Para soldas em campo devem ser de acionamento elétrico ou hidráulico.



Fig.– Faceador

- d) **Placa de Solda ou aquecimento** capaz de atingir e manter controladamente a temperatura de soldagem requerida. Deve ter as superfícies de contato com as peças a serem soldadas revestidas de material anti-aderente em boas condições de operação, sem haver deslocamento ou soltura de material anti-aderente durante o processo de solda, evitando que o material fundido grude às mesmas.



Fig.– Placa de solda

- e) **Casquilhos de redução** (adaptadores), montáveis às abraçadeiras para reduzir seu diâmetro interno permitindo a fixação dos tubos/conexões referentes à gama de diâmetros de soldagem do equipamento. São oferecidos dispositivos especiais para fixação de colarinhos para flanges.



Fig.– Casquilhos de redução

- e) **Dispositivos auxiliares:** Suporte para Placa de Solda e Faceador, para evitar danos e prover isolamento térmico à placa de solda, cronômetro, termômetro de contato ou por infravermelho e roletes para apoio para auxílio no alinhamento e redução da força de arraste do tubo a ser movimentado durante a soldagem.

•ESPECIFICAÇÕES DE DESEMPENHO DO EQUIPAMENTO DE SOLDA DE TOPO

Deve ser construído e atender aos requisitos da norma ISO 12.176-1, ou DVS 2208, ou similar. O fabricante do equipamento deve fornecer certificado de conformidade com essa norma.

Para a qualificação do equipamento, seja para atendimento de um programa de qualidade, com validade de 2 anos, ou a critério do cliente para a execução de obras específicas, além do certificado de conformidade com a ISO 12.176-1, ou DVS 2208, ou similar, o equipamento deve atender aos pontos de verificação descritos a seguir, resumidos na Lista de Verificação incluída neste documento.

Para qualificação, a verificação de desempenho e funcionalidade do equipamento deve ser realizada com duas barras de tubos com 6 metros de comprimento cada, tanto com o maior diâmetro e classe de pressão (menor SDR), quanto com o menor diâmetro e classe de pressão (maior SDR) da gama do equipamento.

Para aceitação e liberação para obra, ou a qualquer momento que seja necessária a comprovação do funcionamento do equipamento, as verificações devem ser feitas com o maior diâmetro e classe de pressão (menor SDR) e com o menor diâmetro e classe de pressão (maior SDR) do escopo do serviço a ser executado.

A estrutura básica da máquina de solda deve estar apoiada sobre uma base a 20 cm sobre o solo, ou sobre chassis específicos com rodas e/ou esteiras, e as barras de tubos, com 6 m de comprimento cada, devem estar livremente apoiadas no solo, sem suportação por roletes.

• **Capacidade de Arredondamento e Alinhamento**

- A estrutura básica e as abraçadeiras devem assegurar ovalização máxima de 5% da espessura do tubo e desalinhamento (*high-low*) máximo de 10% da espessura do tubo;

• **Unidade de força/pressão e comando**

- Deve ser capaz de desenvolver a força/pressão de junção máxima da soldagem (pressão de arraste mais pressão de soldagem) para o maior tubo e classe de pressão (SDR) especificados para o equipamento;
- Deve ter instrumento ou dispositivo para medir a força/pressão de solda com precisão de 1% do fundo de escala (classe A1). O instrumento deve ter escala tal que a força/pressão de junção, em todos os diâmetros e classes de pressão especificados para o equipamento, fique compreendida entre 20 e 80% do fundo de escala. DEVE SER CALBRADO A CADA 12 MESES;
- Deve ter tabela de soldagem que apresente a correlação entre a pressão de solda e a pressão a ser aplicada nos cilindros da máquina, fornecendo o fator de correlação. Se necessário, medir e calibrar a pressão real aplicada para conferir o fator de correlação;
- A força de atrito intrínseca da máquina (COM A MÁQUINA LIVRE, SEM TUBOS OU CONEXÕES FIXADOS) não deve ultrapassar a 20% da máxima força de solda definida para o maior diâmetro e SDR de tubo especificado para o equipamento, não devendo ser maior que 800 N, para tubos até 250 mm e 1200 N para tubos maiores que 250 mm e até 630 mm. Em qualquer ponto do percurso de abertura e fechamento da máquina a força de atrito não deve variar mais de 10%;
- Deve ser capaz de manter a força/pressão em cada etapa da solda pelo tempo necessário. No caso de alavancas de acionamento de pressão e movimento, a alavanca deve ser mantida acionada pelo tempo necessário à estabilização da pressão (aprox.. 15 s). Durante o tempo em que a pressão deve ser mantida, admite-se uma queda máxima de 10% da pressão inicial aplicada;
- No caso de equipamentos manuais, deve dispor de dispositivo que permita travar e manter a força aplicada durante o tempo necessário.

• Faceador

- Deve facear os dois lados simultaneamente e ter capacidade de facear o menor e o maior diâmetro de tubo e classes de pressão (SDR) especificados para o equipamento, tal que a fresta máxima após o faceamento (*gap*) não ultrapasse os seguintes valores:

0,5 mm para tubos de $DE \leq 355$;

1,0 mm para tubos de $400 < DE \leq 630$;

1,3 mm para tubos de $630 < DE \leq 800$;

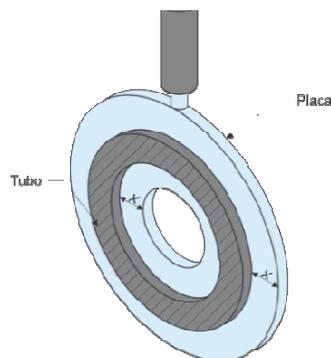
1,5 mm para tubos de $800 < DE \leq 1000$;

2,0 mm para tubos de $DE > 1000$ -

- As lâminas devem ser substituíveis e assegurar que o material cortado seja direcionado para fora da superfície de corte, do furo do tubo e do próprio faceador;
- Deve ter chave de segurança (*switch*) que só permita seu funcionamento quando alojado na estrutura básica da máquina de solda.

• Placa de Aquecimento

- Deve ter indicador visível de que a placa está ligada e aquecendo e não permitir mudanças acidentais da temperatura pré-ajustada;
- Deve apresentar diferenças de temperatura $< 7^{\circ}\text{C}$ dentro da área útil de soldagem;
- A temperatura da placa de aquecimento deve ser controlada por dispositivo capaz de manter o valor ajustado com variação máxima de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. DEVE SER CALIBRADO A CADA 12 MESES NO MÁXIMO;
- Deve ter um termômetro que indique a temperatura da placa de solda com diferença máxima de $\pm 5^{\circ}\text{C}$. DEVE SER CALIBRADO A CADA 12 MESES NO MÁXIMO;
- Após 4 horas à temperatura de trabalho, o cabo de suporte da placa deve apresentar temperatura $\leq 50^{\circ}\text{C}$;
- A zona de aquecimento deve ter sobre (X) em relação aos diâmetros externo e interno do tubo de pelo menos 10 mm para $DE \leq 250$ e 15 mm acima de $DE 250$;

**• Características elétricas**

Deve prover segurança ao operador, com adequado isolamento elétrico de cabos e carcaças e proteções contra curtos circuitos e operar normalmente sob variações de tensões de pelo menos $\pm 15\%$ da tensão nominal de alimentação, e em condições de distorções harmônicas, indutância e reatância aceitáveis para geradores elétricos de uso profissional.

Lista de verificação de Máquinas de Solda de Topo por Termofusão

Máquina instalada sobre base, tal que fique a 20 cm de altura sobre o solo, ou sobre chassis específicos com rodas e/ou esteiras, e barras de 6 m de tubo de cada lado, livremente apoiadas no solo, sem roletes ou qualquer suportação.

As soldas executadas devem atender aos ensaios e requisitos descritos no módulo 3.1.

	ESPECIFICAÇÃO
Conjunto	<ul style="list-style-type: none"> - Possui certificado fornecido pelo fabricante de que está em conformidade com a norma ISO 12.176-1, ou DVS 2208, ou similar - Apresenta todos componentes e acessórios necessários ao trabalho (DE e SDR) e Tabela de Solda específica do equipamento
Estrutura básica	- Cilindros e pistões sem vazamento de óleo e danos nos eixos, como empenamentos, poros e ranhuras
	- Abraçadeiras e Casquilhos adequados e assegurando ovalização dos tubos < 5% da espessura e alinhamento dentro da tolerância (high-low < 10% da espessura)
	- Abertura e Fechamento completos e adequados
Unidade de Controle e Pressão	- Livre de vazamentos de óleo e no nível especificado para o reservatório
	- Manômetro calibrado na validade e na classe de precisão requerida
	- Funcionamento adequado e capaz de aplicar pressão máxima de solda especificada para o equipamento
	- Capaz de aplicar a máxima pressão de soldagem mais arraste necessárias ao serviço e manter pelos tempos respectivos. Obs: manter a pressão acionada por aprox 15 s, e admitir max queda de 10%
	- Atrito (arraste) em vazio dentro da especificação (< 20% da pressão máxima de solda e variação < 10% ao longo do percurso total)
Faceador	- Lâminas em bom estado
	- Chave de segurança OK (switch)
	- Faceamento dentro das tolerâncias para a gama de tubos a soldar (máximo gap admissível)
Placa de Aquecimento	- Dimensões e área útil corretas à gama da máquina (distância X)
	- Revestimento antiaderente em bom estado e sem grudar no tubo/conexão
	- Termômetro e Controlador de temperatura calibrados e na validade
	- Temperatura da área útil de solda correta e dentro das tolerâncias (< 7°C)
	- Condições elétricas e de manuseio adequadas (temperatura de cabo de suporte ≤ 50°C)
Operação	- Executar solda adequada para maior e menor diâmetro da faixa de trabalho a ser executada, conforme DVS 2207 e NBR 14.464

Nota.: As calibrações devem ser executadas pelo fabricante ou por entidades habilitadas

● Equipamento de Solda Soquete por Termofusão (Polifusor)

O equipamento deve ser capaz de realizar soldas tipo soquete por termofusão, conforme ABPE/P005 e DVS 2207.

O equipamento deve ser provido de:

- a) **Placa de aquecimento** capaz de atingir e manter controladamente a temperatura de soldagem requerida;
- b) **Conjunto de gabaritos** de aquecimento macho, e conjunto de gabaritos de aquecimento fêmea, correspondentes aos diâmetros dos tubos e conexões a soldar, fixáveis à placa de aquecimento adquirindo a temperatura de soldagem requerida. Os gabaritos de aquecimento devem ser revestidos com material anti-aderente, evitando que o material fundido grude aos mesmos;
- c) **Corta-tubo**, ou corta-frio, capaz de cortar o tubo perpendicularmente, com desvio máximo de perpendicularidade de 0,5 mm para tubos de DE 20 a 40 e de 1,0 mm para tubos de DE 50 e 63;
- d) **Máquina ou dispositivos de solda para alinhar e soldar tubos acima de DE 63**, sendo opcional para diâmetros menores.
- e) **Acessórios Opcionais: Dispositivos de arredondamento dos tubos (cold-rings)** correspondentes aos diâmetros dos tubos e conexões a soldar, para minimizar ovalização e que tenham a função complementar de servir como limitador da profundidade de penetração do tubo na conexão. **Gabaritos de calibração de profundidade de penetração** do tubo na conexão, correspondentes aos diâmetros dos tubos e conexões a soldar.

● ESPECIFICAÇÕES DE DESEMPENHO DO EQUIPAMENTO DE SOLDA SOQUETE

O equipamento deve ser fabricado segundo a norma DVS 2208-1, ou similar, e com certificado de conformidade emitido pelo fabricante.

Para a qualificação do equipamento, com validade de 2 anos, devem ser executadas soldas com o maior e o menor diâmetro da gama do equipamento e atender às especificações descritas a seguir e resumidas na Lista de Verificação incluída neste documento. Para a verificação de sua funcionalidade para liberação de serviços específicos, devem ser avaliados todos os diâmetros a serem empregados.

● Placa de Aquecimento

- Deve ter indicador visível de que a placa está ligada e aquecendo e não permitir mudanças acidentais da temperatura pré-ajustada;
- Deve apresentar diferenças de temperatura < 7°C dentro da área útil de soldagem;
- A temperatura da placa de aquecimento deve ser controlada por dispositivo capaz de manter o valor ajustado com variação máxima de $\pm 5^\circ\text{C}$. DEVE SER CALIBRADO A CADA 12 MESES NO MÁXIMO;
- Deve ter um termômetro que indique a temperatura da placa de solda com diferença máxima de $\pm 5^\circ\text{C}$. DEVE SER CALIBRADO A CADA 12 MESES NO MÁXIMO;

- Após 4 horas à temperatura de trabalho, o cabo de suporte da placa deve apresentar temperatura $\leq 50^{\circ}\text{C}$;

• Gabaritos de Aquecimento

- O revestimento anti-aderente (PTFE ou similar) deve ser adequado, resistente à temperatura de solda e apresentar boas condições, evitando que o material fundido grude na placa, e não introduzindo marcas, tampouco se transferindo à massa fundida. Não deve ser utilizado nenhum spray anti-aderente durante a solda. Não deve apresentar ranhuras, poros ou outros defeitos aparentes. Alternativamente pode ser utilizado cromo duro ou aço inoxidável;
- O revestimento deve suportar ao menos 1 h à 270°C e após ser resfriado à temperatura ambiente e reaquecido à temperatura de solda deve manter as propriedades antiaderente sem soltar-se ou grudar material.
- Durante o tempo de aquecimento, a temperatura dos gabaritos de aquecimento medida o mais próximo possível da área de contato com o tubo/conexão não deve variar mais que $\pm 5^{\circ}\text{C}$ em relação à temperatura dos gabaritos medidas nos mesmos pontos quando em repouso, sem o tubo/conexão.

Os gabaritos devem ter dimensões conforme Tabela abaixo (DVS 2208-1).

Dimensões dos Gabaritos de Aquecimento para solda tipo soquete por termofusão

Diâmetro do tubo	Gabarito Fêmea (mm)				Gabarito macho (mm)		
	A	B	C	D	E	F	G
20	20,15	19,94	12	14	19,65	19,4	14,5
25	25,15	24,92	13	15	24,65	24,37	16
32	32,15	31,9	14,6	16,5	31,65	31,34	18,1
40	40,2	39,9	17	19	39,65	39,3	20,5
50	50,2	49,84	21	23	49,65	49,22	24,5
63	63,2	62,78	24	26	62,7	62,22	27,5

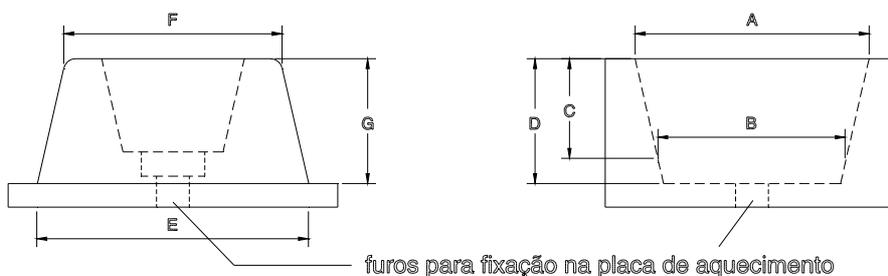
Nota: As tolerâncias nos diâmetros devem ser de $\pm 0,04$ para tubos até DE 32 e de $\pm 0,06$ para tubos de DE 63;

As tolerâncias de profundidade devem ser de (-0, +0,15)mm;

As bordas do gabarito macho devem ter um raio de $(2,5 \pm 0,5)$ mm para tubos de até DE 32 e de (4 ± 1) mm para tubos maiores;

Os valores de F são apenas referenciais;

As dimensões são definidas quando em temperatura de 270°C .



Dimensões dos gabaritos de aquecimento para solda soquete

Lista de verificação de Equipamento de Solda Soquete (polifusor)

	ESPECIFICAÇÃO
Conjunto	- Possui certificado fornecido pelo fabricante de que está em conformidade com a norma DVS 2208-1 ou similar - Apresenta todos componentes e acessórios necessários ao trabalho (DE e SDR) e Tabela de Solda específica do equipamento
Placa de Aquecimento	- Dimensões e área útil corretas à gama da máquina
	- Termômetro e Controlador de temperatura calibrados e na validade
	- Variações de temperatura dentro das tolerâncias
Gabaritos de Aquecimento	- Condições elétricas e de manuseio adequadas (temperatura de cabo de suporte)
	- Dimensões dos gabaritos OK
	- Revestimento antiaderente em bom estado e sem grudar no tubo/conexão. Teste a 270°C
Corta-tubos	- Variações de temperatura dentro das tolerâncias
Máquina de Solda (para tubos > DE 63)	- Verificação de capacidade de corte dentro das tolerâncias
	- Verificação da operação e adequado alinhamento de tubo/conexão

Nota.: As calibrações devem ser executadas pelo fabricante ou por entidades habilitadas

● Equipamento de Solda por Eletrofusão

O equipamento deve ser capaz de realizar soldas de sela por Eletrofusão, conforme NBR 14.465 ou DVS 2207.

Os Equipamentos de Solda de Eletrofusão são, basicamente, Transformadores de Tensão (Voltagem), com controle da tensão de saída (rebaixando a tensão da rede de 110 ou 220 V para valores entre 8 e 48 V, alguns equipamentos com saída em corrente alternada outros em contínua), que possuem incorporados dispositivos eletrônicos com a função de controlar o tempo de descarga elétrica na conexão e a energia aplicada à solda.

Os **Equipamentos devem ser Automáticos** controlados por microprocessador, que permitem a sua programação através da leitura de código de barras da conexão e ainda lhes conferem a capacidade de controlar a energia aplicada na peça durante a soldagem e detectar erros ou defeitos das peças e das soldas.

Os **Equipamentos devem ser Universais**, isto é, podem soldar conexões de quaisquer fabricantes.

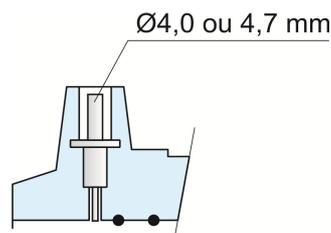
É desejável que possuam a capacidade de registrar digitalmente todas as soldagens executadas e seus parâmetros, incluindo código do operador, e, assim, poder resgatar estas informações através de impressão em papel ou por conexão a um microcomputador ou “pendrive”. Esta capacidade facilita muito o controle de Qualidade das Soldas, aumentando a confiabilidade do Sistema.

● CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DO EQUIPAMENTO DE ELETROFUSÃO

Os equipamentos devem ser fabricados conforme ISO 12176 parte 2, e ter certificado de conformidade emitido pelo fabricante.

Para qualificação, com validade de 2 anos, ou verificação de sua funcionalidade para liberação para obra específica, deve atender aos requisitos a seguir, resumidos na Lista de Verificação.

- a) **Unidade de controle eletrônica** capaz de fornecer a tensão elétrica aos terminais da conexão de eletrofusão pelo tempo requerido de soldagem. Deve ter capacidade para soldar conexões de 8 Volts a 42 ou 48 Volts;
- b) **Capacidade de ler e mostrar o valor ôhmico** da conexão e determinar se a peça está adequada para a solda, caso contrário não permitir a sua soldagem;
- c) **Capacidade de medir e monitorar a energia de soldagem** (Joules), interromper a soldagem em caso de defeitos e apresentar o tipo de erro da soldagem;
- d) **Capacidade de medir a temperatura ambiente e corrigir** o tempo de soldagem em função daquela;
- e) **Entrada manual de parâmetros de solda bloqueável** por senha, ou código de barras;
- f) **Isolamento elétrico e a prova de umidade e pó** (IP54);
- g) **Isolação galvânica da tensão de alimentação**, ou seja, mesmo em condições de defeito a tensão de alimentação (normalmente 110 ou 220 V) não deve ser transmitida ao cabo de solda (secundário), protegendo o soldador;
- h) **Potência adequada à soldagem da conexão** (verificar com o fabricante da conexão). Deve informar a máxima capacidade de energia de solda (potência pelo tempo de solda máximo), bem como a máxima corrente e o menor valor ôhmico da conexão admitidos pelo equipamento;
- i) **Proteções contra curtos circuitos** e operar normalmente sob variações de tensões de pelo menos $\pm 15\%$ da tensão nominal de alimentação, e em condições de distorções harmônicas, indutância e reatância aceitáveis para geradores elétricos de uso profissional. Deve interromper a soldagem e indicar erro quando as condições de alimentação elétricas estiverem fora dessas tolerâncias;
- j) **Calibração** de tensão, de medição de temperatura ambiente e de valor ôhmico da conexão, a cada 12 meses no máximo;
- k) **Leitor de código de barras** apto a códigos padrão ISO/TR 13950, tipo 2/5 intercalado;
- l) **Cabos** de alimentação com comprimento mínimo de 3 m e secundário (solda) com no mínimo 2,5 m. Facilidade para enrolar e guardar os cabos;
- m) **Conectores elétricos** adequados ao tipo da conexão (bornes de $\varnothing 4,0$ e $4,7$ mm);



- n) **Memória** para registrar no mínimo 250 soldas (OPCIONAL).

o) **Dispositivos e Acessórios** obrigatórios:

- **Raspadores** para eliminar a camada oxidada do tubo. Deve poder retirar camadas da ordem de 0,2 mm. Para tubos PE 100 e de diâmetros acima de 63 mm deve ser preferencialmente do tipo rotativo.



- **Alinhadores**, para alinhar tubos e conexões e manter o conjunto imóvel durante a soldagem.



- **Desovalizadores e endireitadores**, para assegurar que os tubos estejam dentro das tolerâncias admitidas para a ovalização máxima de 1,5% do DE e menor que 3mm.



- **Corta-tubo**, ou corta-frio, capaz de cortar o tubo perpendicularmente, com desvio máximo de perpendicularidade de 0,5 mm para tubos de DE 20 a 40 e de 1,0 mm para tubos de DE ≥ 50 .



Lista de verificação de Equipamento de Solda de Eletrofusão

Executar soldas para o maior e menor diâmetros admitidos para o equipamento, ou para o serviço a ser executado. A soldas devem atender aos ensaios e requisitos do Módulo 3.1.

	ESPECIFICAÇÃO
Máquina de Solda	- Possui certificado fornecido pelo fabricante de que está em conformidade com a norma ISO 12.176-2
	- Apresenta as calibrações na validade (12 meses no máximo)
	- Atende aos requisitos e características exigidos para o equipamento, vide este texto, itens a) até o)
	- Tem potência adequada às dimensões dos tubos/conexões. Vide item h)
	- Condições elétricas, de conservação e de operação adequadas
Dispositivos auxiliares obrigatórios	- Raspadores OK
	- Alinhadores OK
	- Corta-tubos OK
	- Desovalizadores e endireitadores, se necessários OK

Nota.: As calibrações devem ser executadas pelo fabricante ou por entidades habilitadas

● Estrangulador de Vazão

Dispositivo utilizado para estancar o fluxo de fluidos da tubulação de polietileno, provido de roletes e limitadores de esmagamento e unidade de força mecânica, pneumática ou hidráulica.

O equipamento deve ter certificado emitido pelo fabricante que está em conformidade com a NBR 14473e NBR14.303, e deve cumprir com as seguintes especificações:

Para sua qualificação, válida por 2anos, ou para verificação para liberação para obras, deve ainda atender aos requisitos a seguir. Deve ser testado para o maior e o menor diâmetro de tubos, ambos com o maior e o menor SDR de cada de sua gama ou serviço a executar.

● Capacidade de Força

Ser capaz de estrangular tubo de polietileno PE de maior diâmetro e classe de pressão especificada pelo equipamento, até que a distância entre os cilindros de esmagamento atinja a 80% do dobro da espessura nominal do tubo, com fator de segurança de ao menos 1,5 a máxima força necessária.

Se for de acionamento hidráulico ou pneumático, deve possuir uma trava mecânica, que impeça o retorno do pistão hidráulico em caso de falha durante a operação.

● Limitação de Esmagamento

O estrangulador deve possuir limitadores de esmagamento ajustáveis em função do diâmetro e espessura do tubo (SDR) para que o esmagamento não ultrapasse a 20% do dobro da espessura do tubo, ou seja, o esmagamento deve ser interrompido quando a distância entre os roletes de esmagamento atingir a 80% do dobro da espessura. Por exemplo, se o tubo tem espessura de 10 mm, a distância entre os roletes de esmagamento não deve ser menor que 16 mm (80% de 20 mm);

- Os roletes de esmagamento devem ter os diâmetros mínimos apresentados na Tabela abaixo e não devem deformar-se sob a ação da força de esmagamento;

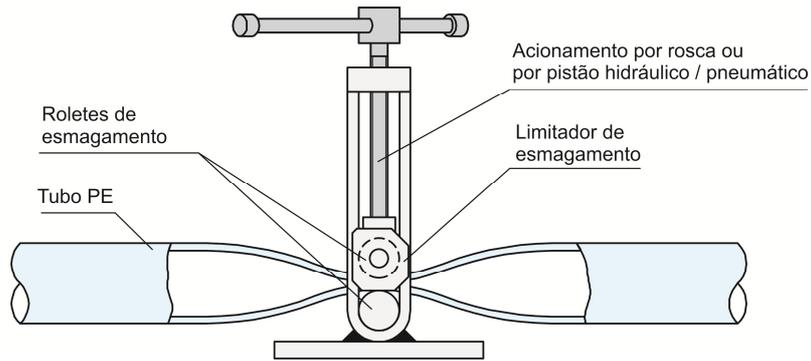


Fig.: Estrangulador de vazão

Diâmetros mínimos dos roletes de esmagamento

(DE)	Diâmetros mínimos dos roletes (mm)
20	25
25	25
32	32
40	32
50	32
63	32
75	38
90	38
110	38
125	38
140	38
160	38
180	38
200	38
225	38
250	38
280	38
315	50
355	50
400	50

- O estrangulador de vazão deve poder ser facilmente operado dentro de vala por não mais do que duas pessoas.

Lista de verificação de Estrangulador de Vazão

	ESPECIFICAÇÃO
Estrangulador de Vazão	- Possui certificado fornecido pelo fabricante de que está em conformidade com a norma NBR 14.473 ou similar
	- Possui capacidade de força $\geq 1,5$ vezes a força necessária para o máximo DE e SDR especificados Nota : Efetuar previamente teste prático em amostra do tubo para comprovação da capacidade do dispositivo
	- Dimensões dos roletes de esmagamento OK
	- Possui limitadores de esmagamento adequados aos SDRs especificados (maxesmagamento de 20% da esp.)
	- Condições de conservação e operação adequadas

Após estrangulamento do tubo, submeter ao ensaio de pressão a 165h x 80°C, conforme NBR 15.561, item 4.3.11 e NBR 14.303.

MÓDULO 4

4.1 - PROCEDIMENTOS DE ESTOCAGEM E MANUSEIO

A estocagem e o manuseio de tubos e conexões devem obedecer a preceitos mínimos que assegurem a integridade dos materiais, bem como o desempenho esperado.

O negligenciamento dessas questões tem sido causa de insucessos e retrabalhos significativos em obras.

● ESTOCAGEM DE TUBOS

O estoque de tubos deve ser feito em locais de chão firme e plano, com mínima declividade, de forma a evitar-se deformação dos tubos. Deve-se evitar estocar os tubos diretamente sobre o solo.

Recomenda-se usar paletes, suportes ou calços largos de vigas de madeira ou tablados. Os paletes podem ser de madeira ou outro material que não danifique os tubos. A distância entre os suportes ou calços deve ser inferior a 2 m.

Genericamente, recomenda-se que a altura máxima de estocagem (h) seja de 3 m:

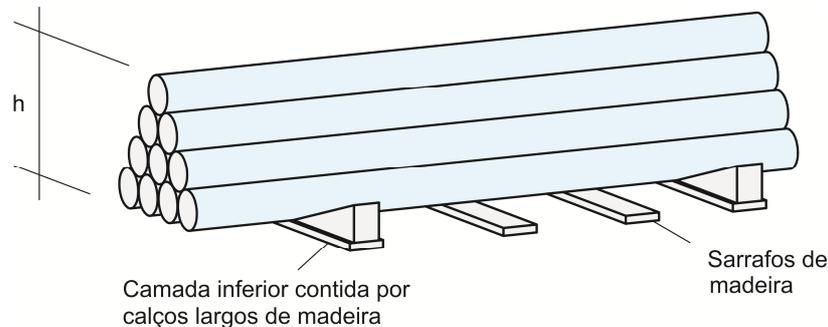


Fig. - empilhamento de barras de tubos

Ao empilhar bobinas, a altura da pilha não deve ser superior a 3 m. As bobinas devem ser estocadas preferencialmente na horizontal.

Não armazenar tubos próximos de fontes de calor e evitar contato com agentes químicos agressivos, como combustíveis e solventes.

Quando estocar feixes de barras de tubos travados (engradados), posicionar as travessas uma sobre a outra. Desta forma o peso do conjunto não recairá sobre os tubos. Neste caso, a altura máxima da pilha não deve ultrapassar a 4 m.

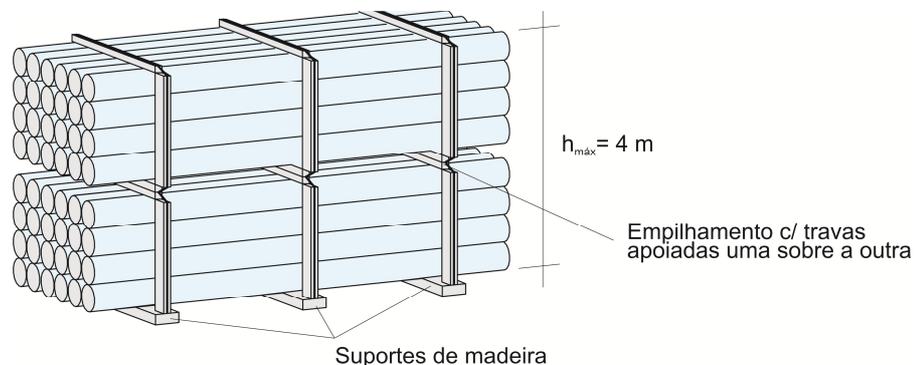


Fig. - empilhamento de feixes de barras de tubos

Para tubos com flanges ou conexões nas extremidades, estocar de forma que a conexão ou flange não apóie nos tubos inferiores.

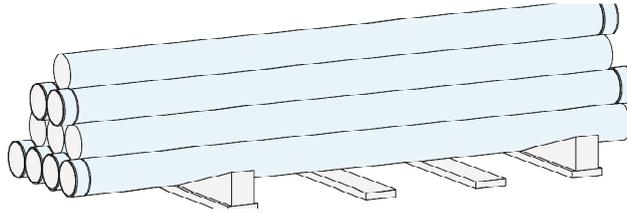


Fig.– empilhamento de barras de tubos com conexões nas pontas

● ESTOCAGEM DE CONEXÕES

As conexões devem ser estocadas adequadamente até o momento de sua utilização, dando preferência à própria embalagem do fabricante.

As conexões tipo eletrofusão devem ser embaladas individualmente em sacos plásticos fechados. **A embalagem só deve ser retirada quando da instalação da conexão**, para que não ocorra sua oxidação precoce.

Deve-se evitar estocar embalagens diretamente sobre o solo.

Não armazenar conexões próximas de fontes de calor e evitar contato com agentes químicos agressivos, como combustíveis e solventes.

Respeitar as alturas máximas de estocagem das caixas de embalagem definidas pelo fabricante.

Não colocar outros materiais sobre as embalagens.

● TEMPO MÁXIMO DE ESTOCAGEM EXPOSTA AO SOL

Para o caso de **tubos e conexões pretos**, a matéria prima, composta com $(2,5 \pm 0,5)\%$ de negro de fumo, estabilizantes e antioxidantes, assegura grande resistência à exposição aos raios ultravioleta, dispensando cuidados especiais neste aspecto. Todavia, recomenda-se estocar os tubos e conexões em locais cobertos e ventilados para evitar a incidência direta de raios solares.

Os **tubos e conexões não pretos** devem ser protegidos para não receberem a incidência direta de raios solares, nem calor excessivo. Além disso, o **tempo total de exposição direta não deve ser superior a 6 meses**. Quando esse período se esgotar, os materiais devem ser submetidos a ensaios de OIT e pressão hidrostática para verificação de manutenção de suas propriedades antes de sua utilização.

● PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO E COMBATE AO FOGO NA ÁREA DE ESTOCAGEM

Os tubos e conexões poliolefínicos, sob a ação de chama queimam-se. Na existência de ar suficiente para a queima completa, ocorre a liberação de gás carbônico e água, podendo ocorrer o gotejamento incandescente do polímero.

No caso de ausência de ar suficiente, resultando em queima incompleta, surgirão fumaças tóxicas de monóxido de carbono, junto de pequenas quantidades de fumaças irritantes e fuligem.

Desta forma, alguns cuidados preventivos devem ser tomados, entre eles:

- estocar as pilhas de tubos e conexões de tal forma separadas que seja permitido o acesso adequado entre elas para combater o incêndio e disseminação do fogo;
- manter os locais de estocagem livres de lixo, mato seco e outros materiais que podem agir como focos de incêndio, em especial no verão;
- deve-se dispor de suprimento de água adequado para o combate a incêndio, bem como máscaras contra a fumaça tóxica para as pessoas que combaterão o incêndio;
- os extintores de pó seco são mais adequados para combater o fogo de materiais poliolefinicos, no entanto outros tipos podem ser utilizados.

● CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE TUBOS E CONEXÕES

Empregar cintas, cordas, paletes, madeira e outros materiais para segurança da carga.

Os veículos devem ter um berço plano e isento de pregos e materiais pontiagudos.

Tomar cuidado para não colocar os tubos e conexões próximos de escapamentos, onde poderiam receber calor excessivo.

Não colocar outros materiais sobre os tubos e conexões.

Utilizar sempre, cintas não metálicas para prender, carregar e para o levantamento dos tubos e bobinas, quando forem muito pesados para o transporte manual. Com o uso de cintas carrega-se e descarrega-se com rapidez e segurança, evitando danos aos tubos. Não use correntes ou cabo de aço.

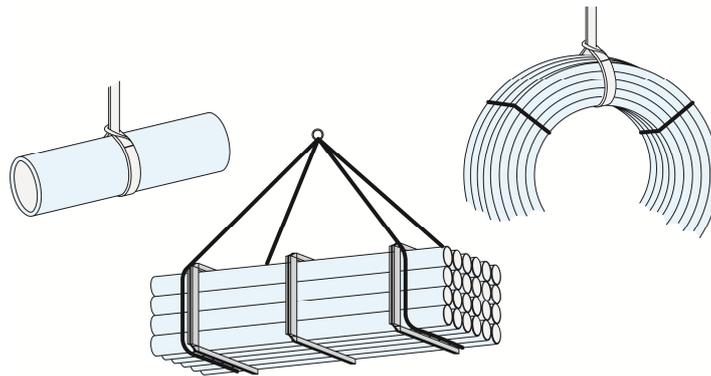


Fig.– formas de içar e carregar tubos

A carga e descarga podem ser feitas com auxílio de empilhadeira, tomando-se o cuidado para que seu garfo não danifique os tubos ou bobinas.

As superfícies dos tubos são lisas e escorregadias, daí deve-se evitar o transporte em caminhões sem guardas laterais e traseira. Quando os tubos forem carregados de forma a ficarem fora das guardas do caminhão, devem ser utilizadas redes de segurança para prender a carga e evitar seu deslocamento. Usar cintas ao invés de correntes e cabos para não danificar a superfície dos tubos.

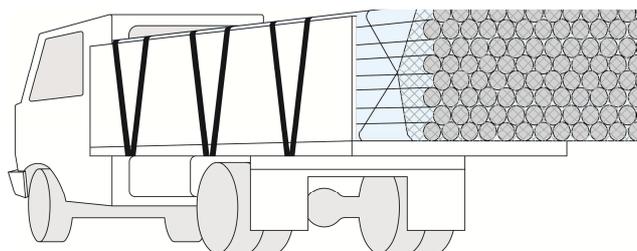


Fig.– redes de proteção de cargas

Tubos com conexões ou flanges nas extremidades devem ser transportados colocando-se apoios de madeira entre as camadas de tubos para evitar que as conexões ou flanges apóiem sobre os mesmos.

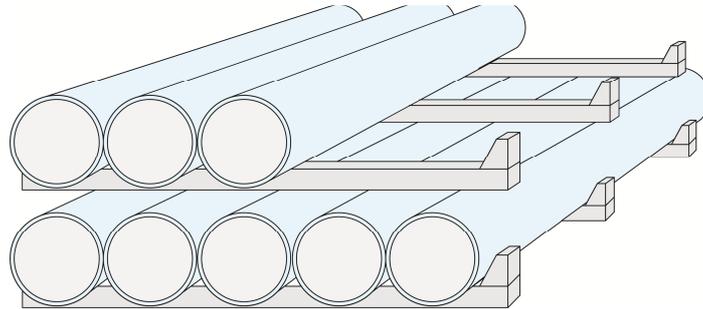


Fig.- transporte de tubos com conexões nas pontas

Bobinas de tubos devem ser transportadas, preferencialmente, em caminhões baú e presas com redes ou imobilizadas de outra forma para evitar-se deslocamentos da carga. As bobinas podem ser transportadas na horizontal ou na vertical.

No Transporte de tubos em engradados, coloque as travas deslocadas para evitar o deslizamento da carga.

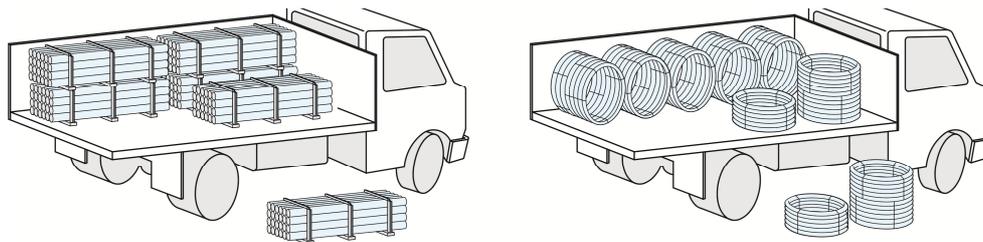
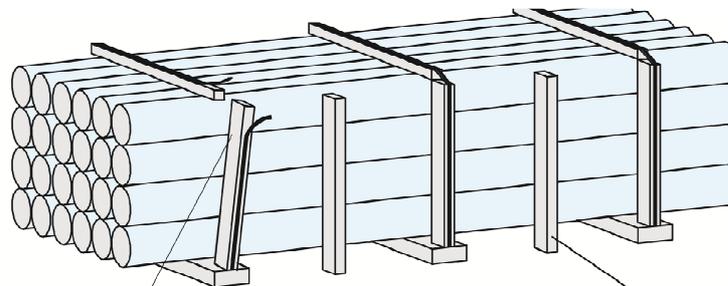


Fig.- cargas de barras e bobinas de tubos

Para o transporte de pouca quantidade de bobinas, com diâmetros maiores que a carroceria do veículo, use uma estrutura para manter as bobinas inclinadas e amarradas de forma que a altura da carga não ultrapasse a altura limite para o tráfego.

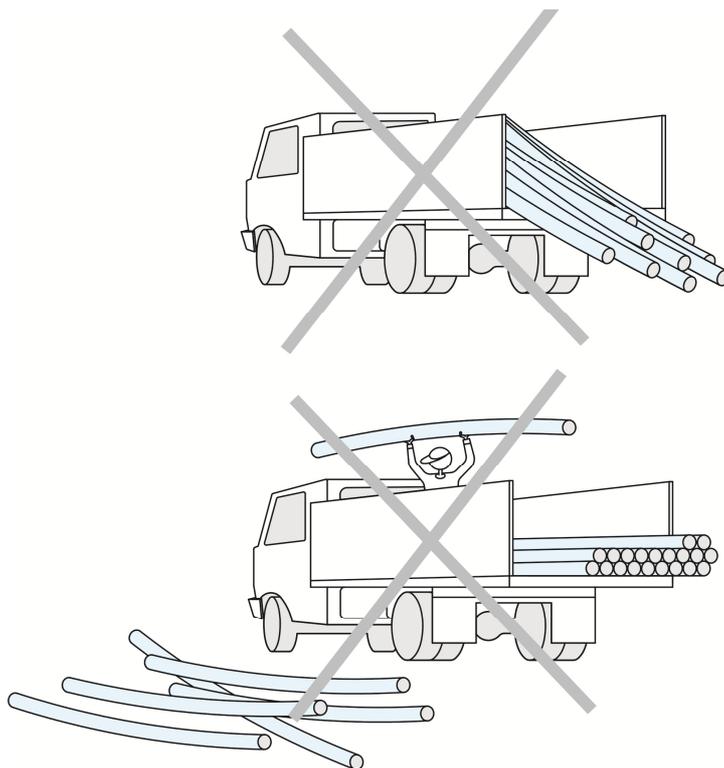
Quando cortar as cintas metálicas que travam o engradado, manter-se de lado, evitando que as mesmas possam provocar ferimentos ao se soltarem.



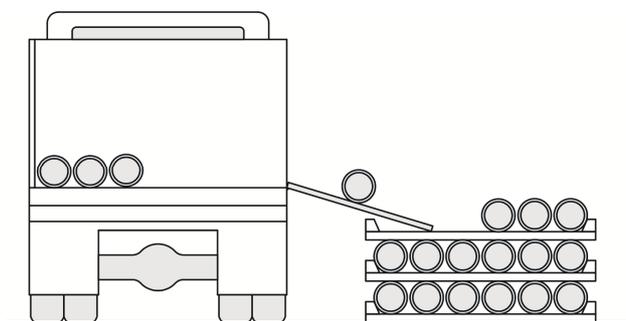
Fique de lado ao cortar as cintas tensionadas

Os engradados devem ser contidos para evitar a rolagem dos tubos

Fig. – cuidados no uso de tubos em engradados



Nunca arrastar ou jogar os tubos



Modo correto de descarregar os tubos

Fig.– descarga de tubos

● RECEBIMENTO DE MATERIAIS

Após a descarga dos tubos e conexões, deve-se proceder à inspeção de recebimento.

A inspeção deve contemplar os seguintes aspectos:

- a) origem (fabricante);
- b) tipos de materiais e quantitativos;
- c) marcação, data e número de lote de fabricação;
- d) certificados de qualidade;
- e) liberação do órgão fiscalizador do comprador (quando for o caso);
- f) inspeção visual.

A inspeção visual objetiva verificar as condições dos materiais em decorrência de transporte, carga e descarga. A inspeção deve incluir a verificação da embalagem, homogeneidade, presença de riscos, ranhuras, rachaduras, deformações, etc. São admitidas ranhuras ou riscos, que não ultrapassem a profundidade de 10% da espessura do tubo. O inspetor deve preencher relatório de controle de recebimento, conforme Modelo de Formulário de Controle de Recebimento.

MODELO DE FORMULÁRIO DE CONTROLE DE RECEBIMENTO

papel timbrado do órgão recebedor

Data Recebimento: ___/___/___

Material: _____

Fornecedor: _____

Quantidade declarada: _____ Qtde. recebida: _____

Nota fiscal: _____

Certificados: _____

Características	Condição (boa, regular, ruim)	Observações
Transporte e carga		
Embalagem		
Homogeneidade		
Riscos, ranhuras		
Deformações		
Marcação		
Outras		

Responsável pelo controle:

Nome Assinatura

MÓDULO 4

4.2 - PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO ENTERRADA POR VALA ABERTA

Na instalação de tubulações enterradas, devem ser observadas as características de aterro estabelecidas em projeto definindo altura e o tipo de solo de reaterro, a especificação da compactação, as travessias de ruas e estradas, a presença de lençol freático, válvulas, ventosas, ramais, as curvaturas admissíveis e o adequado manuseio dos tubos e conexões para que não sejam danificados pela má instalação.

● Normas Aplicáveis

- NBR 15.950 – Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 – Procedimentos de Instalação
- NBR 14.461– Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 – Instalação em Obra
- EN 805 - Sistema de Abastecimento de Água – Requisitos para Sistemas e Componentes Externos às Construções
- EN 12.327 - Sistemas de Abastecimento de Gás – Procedimentos de Comissionamento, Descomissionamento e Ensaio de Pressão – Requisitos Operacionais
- EN 12.889 - Construção em Galeria e Ensaio de Ramais de Ligação e Coletores de Águas Residuais
- NP EN 1671 - Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais sob Pressão
- NP EN 1610 - Construção e Ensaio de Ramais de Ligação e Coletores de Águas Residuais

● O que exigir

O Instalador deve comprovar sua capacidade e habilitação para instalar tubos poliolefínicos, com equipamentos adequados e qualificados e soldadores com a qualificação em vigor na data da obra.

● A Vala

É desejável que a largura da vala para assentamento da tubulação seja a menor possível, entretanto devendo ser no mínimo suficiente para permitir a compactação mecânica ou manual entre o tubo e a parede da vala.

Larguras de valas sugeridas:

DE	Largura Vala (mm)
≤ 160	300
200 a 400	600
> 400	DE + 300 mm

Quando inevitável que a solda seja feita dentro da vala, no local deverá proceder-se a escavação adicional tanto na lateral como na profundidade (cachimbo), de tal forma que permita o manuseio do equipamento bem como da tubulação e a execução da soldagem com segurança.

As valas profundas, para maior estabilidade, devem ter uma seção transversal trapezoidal, devendo ainda ser escoradas nos seguintes casos:

- a) valas com mais de 1,25m de profundidade em terrenos instáveis;
- b) valas com mais de 1,75m de profundidade em qualquer tipo de terreno;
- c) terrenos de consistência inadequada, independente da profundidade;
- d) proximidades de locais onde se colocam equipamentos que provoquem vibrações no terreno, tais como, compressores, bombas, tráfego pesado, etc.

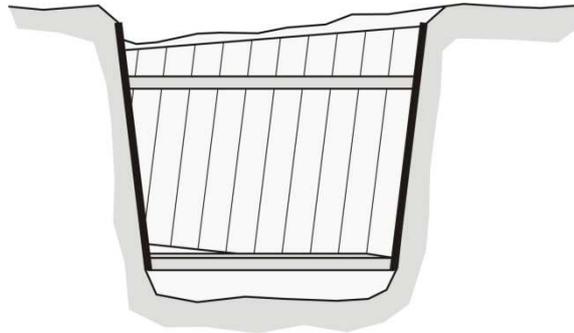


Fig.1- Escoramento da vala

No início da escavação da vala, quer por processo manual ou mecânico, é necessário afastar o entulho resultante da quebra do pavimento, ou eventual base de revestimento do solo (subleito), para longe da borda da vala, evitando-se com isso seu uso indevido no envolvimento da tubulação. Os materiais não aproveitáveis, resultantes da escavação, devem ser imediatamente removidos para locais aprovados pela fiscalização, ou contidos em recipientes apropriados para evitar espalhamento sobre a pista.

Em locais onde o fundo da vala apresente pedras ou formações rochosas deve-se promover uma escavação adicional de 0,15 a 0,20 m, cobrir o fundo da vala com uma camada de terra isenta de pedras e entulhos, ou, alternativamente, uma escavação adicional de 0,10 m para formar um berço de areia desta espessura. Esta camada de terra ou de areia deve ser devidamente compactada;

Quando o fundo da vala for constituído de material sem condições mínimas de suporte para o assentamento da tubulação, deve-se executar o assentamento conforme recomendações de projeto e na inexistência destas recomendações utilizar uma base de brita (cascalho) ou concreto. A tubulação sobre tais bases deve ser assentada sobre colchão de areia de 0,10 m ou material escolhido de 0,15 a 0,20 m;

O fundo da vala deve ser uniforme, devendo-se evitar os calos e ressaltos. Para tanto, se necessário, deve ser regularizado utilizando-se areia ou outro material adequado.

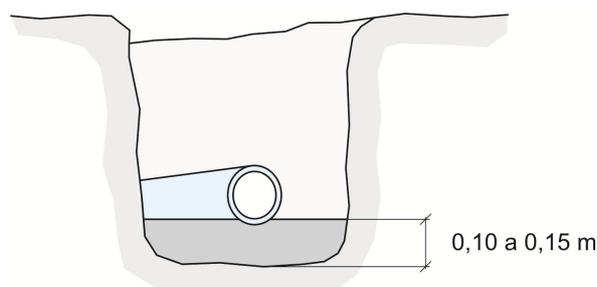


Fig.2 - Camada adicional de solo para cobrir fundo de vala

● Manuseio de tubos e conexões em obra

Utilizar sempre os tubos e conexões estocados por mais tempo.

Bobinas de grandes dimensões (normalmente de DE > 63) devem ser desbobinadas com auxílio de um carretel montado no local da instalação, de forma que o carretel gire livremente sobre um eixo e tenha algum tipo de contenção externa, tal que mesmo que a amarração da bobina se solte, esta permaneça contida dentro do carretel, sem desfazer-se por completo, permitindo seu uso normalmente.

As bobinas somente devem ser desamarradas imediatamente antes de serem utilizadas.

As bobinas devem possuir amarrações em camadas intermediárias e externa. Ao desbobinar só retire as amarrações necessárias, o que facilitará muito o trabalho.

Ao se utilizar tubos bobinados, tome o cuidado de prender a extremidade do tubo antes de cortá-lo, ou a bobina poderá desfazer-se, criando dificuldades e podendo curvar o tubo em excesso.

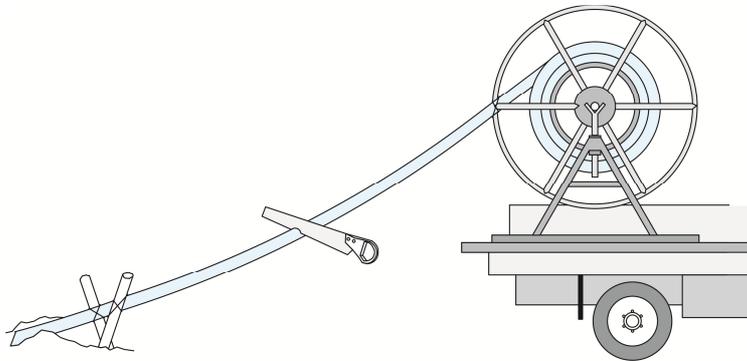


Fig.3– carretel para aplicação de tubos em bobinas

Sempre que possível, os tubos em bobinas devem ser lançados diretamente do carretel para a vala, sem limitação de extensão, até encontrar mudança de direção acentuada que obrigue a utilização de conexões.

Ao puxar os tubos para dentro das valas, deve-se **cuidar para não arrastá-los sobre superfícies e pedras cortantes.**

Não se deve utilizar tubos que apresentem ranhuras, riscos ou cortes com profundidades superiores a 10% da espessura de parede.

Sempre que possível, os tubos devem ser soldados fora da vala, em extensões máximas possíveis, sem prejuízo do lançamento ou provocar deformações.

Deve ser dado o tempo de resfriamento da solda estipulado no procedimento de soldagem, antes de movimentar a tubulação soldada.

Deve ser dado o tempo mínimo para aplicar pressão após a solda, antes de submeter a tubulação à pressão ou grandes esforços.

Se a instalação for interrompida, o tubo deve ser tamponado para evitar entrada de objetosestranhos e animais.

● **Força Máxima de Puxamento**

Se forem utilizados dispositivos mecânicos ou hidráulicos para puxar os tubos, como no caso de instalação por **INSERÇÃO** e **FURO DIRIGIDO**, transporte/movimentação de tubos em instalações subaquáticas, os mesmos devem ser providos de **ELEMENTOS FUSÍVEIS**, que se rompem ao atingir a força especificada, ou **INSTRUMENTOS** (manômetros, dinamômetros, etc.) que possibilitem monitorar a força de puxamento. A força de puxamento não deve ultrapassar a máxima sugerida na Tabela seguinte.

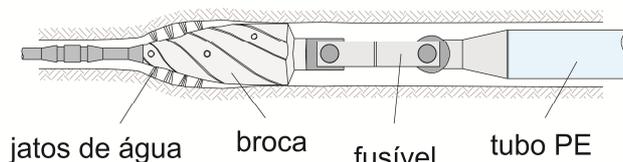


Fig.4 – Fusível mecânico para tração de tubulação

Tabela- Máxima força de puxamento de tubos (kgf)

DE	SDR 32,25	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,25
20						96	96	114
25						123	147	177
32				161	167	205	241	292
40			204	212	261	316	376	454
50		258	269	332	404	492	586	701
63		356	424	530	645	782	924	1.113
75		493	606	748	916	1.108	1.319	1.584
90		713	868	1.076	1.315	1.580	1.885	2.283
110		1.070	1.307	1.608	1.967	2.356	2.832	3.395
125		1.386	1.682	2.076	2.353	3.051	3.638	4.390
140		1.714	2.106	2.578	3.179	3.840	4.577	5.518
160		2.246	2.763	3.369	4.153	5.002	5.964	7.181
180		2.853	3.473	4.268	5.260	6.322	7.540	9.100
200		3.488	4.306	5.274	6.498	7.796	9.337	11.211
225		4.434	5.450	6.681	8.196	9.878	11.781	14.209
250	4.451	5.492	6.676	8.254	10.141	12.206	14.555	17.518
280	5.561	6.850	8.417	10.302	12.703	15.291	18.290	22.003
315	7.047	8.704	10.603	13.055	16.077	19.360	23.091	27.827
355	8.994	11.017	13.463	16.600	20.369	24.559	29.364	35.329
400	11.324	13.955	17.142	21.096	25.913	31.184	37.274	44.845
450	14.382	17.736	21.707	26.630	32.785	39.511	47.124	
500	17.694	21.860	26.811	32.911	40.464	48.726	58.218	
560	22.245	27.401	33.550	41.209	50.700	61.165		
630	28.189	34.680	42.412	52.221	64.183	77.320		
710	35.820	44.069	54.004	66.253	81.475			
800	45.475	55.822	68.397	84.219	103.490			
900	57.529	70.747	86.636	106.52				
1000	70.999	87.221	107.030	131.430				
1200	102.190	125.60	154.020					
1400	139.030	170.950						
1600	181.550	223.290						

Para temperaturas maiores que 25°C, multiplicar a força de puxamento pelo fator de redução apresentado na tabela abaixo.

Tabela - Fator de redução da força de puxamento

Temp °C	25	27,5	30	35	40
fator	1.00	0.86	0.81	0.72	0.62

Esta tabela foi montada baseando-se em tubos PE 80, adotando-se uma tensão máxima de tração de 75 kgf/cm² (7,5 MPa), o que equivale aproximadamente à tensão circunferencial mínima admitida de 6,3 MPa multiplicada por 1,5 para um esforço contínuo de 1h, multiplicada pelo fator de solda de 0,8.

$$F = \sigma_t \cdot A = \sigma_t \cdot 1,5 \cdot f \cdot A = 63 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot A$$

$$F = 75 \cdot A$$

Não havendo soldas no trecho puxado, a força pode ser multiplicada por 1,25.

Para tubos de PE 100 a força também pode ser multiplicada por 1,25.

● Assentamento e Recobrimento da Tubulação

A tubulação deve ser instalada a uma distância segura de redes elétricas ou outra fonte de calor, de forma que não haja temperaturas circundantes que excedam a 40°C.

Quando a temperatura ambiente estiver elevada no momento da instalação, deve-se assentar a tubulação de forma sinuosa, serpenteando na vala, para compensar a retração que ocorrerá quando do reaterro, devido à diminuição da temperatura.

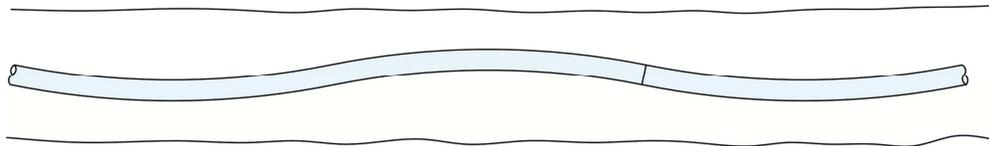


Fig.5– Assentamento sob temperatura elevada

Deve-se tomar precauções para não embutir, apoiar ou sustentar a tubulação em outras tubulações.

A tubulação deve estar a uma distância mínima de 30 cm de outras tubulações, como redes de água, esgoto, linhas telefônicas e elétricas (até a tensão de 1 kV) ou outros obstáculos. Em relação às linhas elétricas com tensão superior a 1 kV, a tubulação deve estar a uma distância mínima de 50 cm ou suficientemente protegida com uma tela. Em cruzamentos onde for difícil manter a distância de 30 cm, admite-se uma separação de 7,5 cm desde que seja providenciada a inserção de uma manta de borracha (neoprene ou equivalente), com no mínimo 6 mm de espessura, entre o tubo e a interferência encontrada.

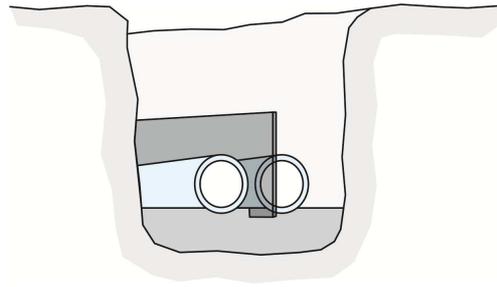


Fig.6– Proteção da tubulação

Sempre que possível deve-se utilizar a flexibilidade dos tubos poliolefinicos para fazer curvas, obedecendo-se aos limites definidos na Tabela abaixo. Para a instalação deve-se adotar o raio de curvatura permanente. O raio de curvatura provisório pode ser adotado durante movimentação para a instalação dos tubos, como quando na descida de valas.

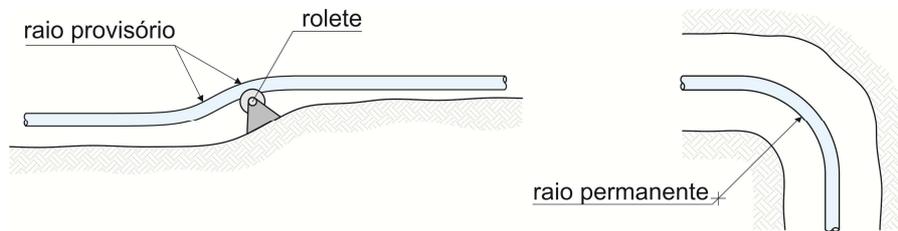


Fig.7– raio de curvatura de tubos

Raios de curvatura admissíveis em função do SDR

SDR	Raio Permanente (mm)	Raio Provisório (mm)
≤ 17	30 . DE	15.DE
21	33 . DE	20.DE
26 a32,25	40 . DE	30.DE
41	50 . DE	35.DE

Quando forem necessárias curvaturas com raios menores aos especificados, deve-se adotar curvas injetadas ou gomadas produzidas em fábrica.

Toda água existente na vala deve ser removida antes do assentamento da tubulação. No caso de assentamento sob lençol freático, devem ser obedecidas as definições do projetista para se evitar pressões de colapso na tubulação, em especial nos tubos de SDR > 17.

•Tubos SDR ≤ 17

Os tubos de SDR ≤ 17 suportam bem a grande maioria das situações práticas de instalação. Quanto menor o SDR (maior a espessura) seu comportamento tende a se aproximar dos tubos rígidos (p. ex. F°F°, concreto). Para esses tubos, a importância do solo e do aterro é minimizada, entretanto não deve ser desprezada.

O recobrimento da tubulação deve ser feito em camadas compactadas a até 20 cm acima da geratriz superior do tubo, com material escolhido, isento de pedras e corpos estranhos cortantes ou perfurantes, do tipo granular, granular/coesivo, ou misto. O restante do recobrimento pode ser feito com material oriundo da própria escavação, compactado em camadas de espessuras não superiores a 20 cm. Caso este material não atinja o grau de

compactação necessário, o reaterro poderá ser efetuado com outro material de melhor qualidade.

Para profundidades de até 2,5 m e solo de boa qualidade, pode-se aceitar o procedimento de compactação direta na altura total da vala, como normalmente utilizado para os tubos rígidos.

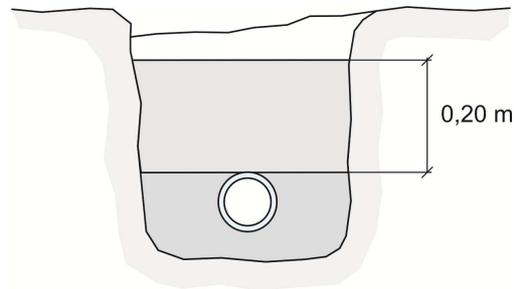


Fig. 8- Envolvimento da tubulação de polietileno PE

•Tubos SDR> 17

Nesses casos, a escolha do material de reaterro é muito importante, devendo-se priorizar materiais granulares, como areia grossa lavada, respeitando-se as premissas do projeto da tubulação, como tipo de solo, grau de compactação, alturas de reaterro, etc.

As boas técnicas de assentamento de tubos flexíveis são fundamentais, devendo contemplar as seguintes etapas:

- Berço e Zona de Suporte: executar uma zona de suporte lateral, adequadamente compactada, em toda extensão do tubo, de tal forma a criar um berço de assentamento envolvendo de 120° a 180° da superfície inferior do tubo, como mostrado na Fig. abaixo;
- Reaterro Inicial: compactar vigorosamente por meios mecânicos ou manuais em camadas de aprox. 20 cm, até a geratriz superior do tubo;
- Camada de Proteção (Trincheira falsa): reaterrar até aprox. 30 cm acima da geratriz superior do tubo, sem compactação, apenas com leve adensamento hidráulico ou soquetes leves (o solo não deve conter pedras grandes);
- Recobrimento Final: completar o reaterro com compactação vigorosa. Nessa camada pode-se usar material da própria escavação, desde que de boa qualidade.

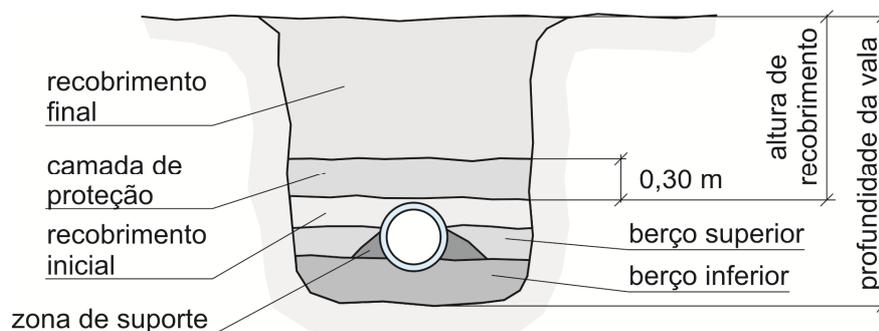


Fig.9- Envolvimento da tubulação de SDR> 17

● Derivações e Ramais

Deve-se assegurar que o tubo, bem como as derivações e conexões, estejam completamente assentados e apoiados no leito de terra compactado ou areia adensada, evitando-se momentos fletores que possam estrangular o tubo ou romper a derivação, especialmente reduções concêntricas, derivações de ramais prediais e tês de redução. Para tanto se recomenda recobrir a região da derivação ou conexão com areia, promovendo o adensamento hidráulico (molhando com água), cuidando-se para que a região sob a derivação fique completamente preenchida e adensada, conforme ilustra a Fig. 10, completando-se o reaterro como descrito anteriormente.

Os ramais podem ser aterrados com compactação direta na altura total **da vala**.



Fig.10- Assentamento e compactação de derivação

● Instalação em Jardins e Áreas Sem Pavimento

Quando atravessar jardins e/ou canteiros, ou ainda áreas com pouca profundidade de aterro onde a tubulação possa ser danificada por escavações indevidas, ou mesmo o plantio de árvores, a tubulação deve ser protegida por placas de concreto colocadas próximas à superfície, por exemplo a 0,10 m.

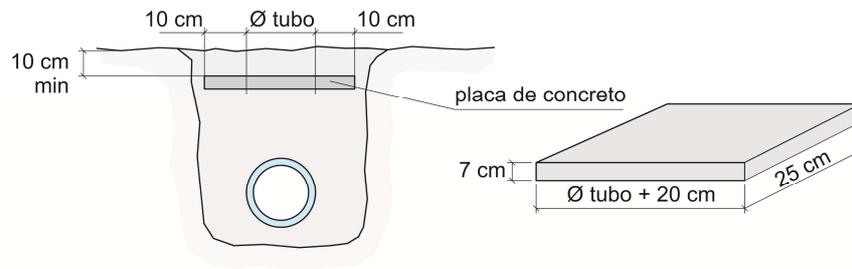


Fig.11- Placa de Concreto para proteção de tubulação

● Cruzamentos e Travessias de Ruas e Rodovias

Nas travessias de ruas e rodovias, a grande resistência ao impacto e flexibilidades dos tubos poliolefínicos dispensa maiores cuidados, que aqueles já mencionados para os tubos enterrados em geral.

Em especial, quando se tratar de tubos finos e ruas não pavimentadas, o cálculo da carga de tráfego deve ser preponderante para avaliação da resistência ao colapso.

Assim, a adoção de tubo-luva normalmente é desnecessária e até um complicador, pois na eventual necessidade de substituição da tubulação, os métodos de instalação não destrutivos são de fácil aplicação e relativamente econômicos.

Entretanto, se por razões normativas de alguma concessionária, for adotada a travessia com tubo-luva, este deve ter o diâmetro de no mínimo 1,5 vezes o DE do tubo a inserir e deve ter suas extremidades protegidas a fim de não cortarem o tubo plástico.

● Instalação de Válvulas, Ventosas e Drenos

As válvulas de manobra utilizadas para bloqueio, bem como as válvulas de fecho, ventosas, redutoras, retenção e hidrantes quando de ferro fundido ou aço, ou outro material qualificado pelo contratante, devem ser conectadas à tubulação através de conexão colarinho/flange, também conhecida por adaptador para flange, ou ainda por meio de juntas de transição de aço ou latão, como apresentado no módulo 1.3.

Em tubulações para água e outros líquidos, normalmente as válvulas e hidrantes são instalados em caixas de alvenaria ou concreto.

As ligações de válvulas, ventosas ou drenos nessas caixas devem ser feitas como exemplificado nas Figuras abaixo e tendo as válvulas adequadamente ancoradas para evitar transmitir o esforço da sua abertura e fechamento à tubulação. A ancoragem pode ser feita providenciando-se um berço de concreto adequado. A área do tubo a ser envolvida pela parede da caixa deve ser protegida com uma manta de borracha de 2 a 3 mm de espessura de forma a evitar que a movimentação ou expansão do tubo provoque danos ao mesmo.

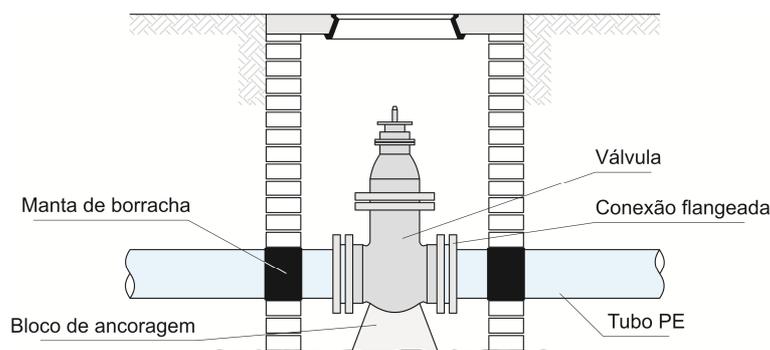


Fig.12- Ligações de válvulas em caixas

As válvulas de linhas de gás combustível devem ser enterradas, de maneira a evitar a possível formação de um represamento de gás, em caso de vazamento. Nesses casos, as válvulas devem ser acopladas a um tubo de manobra que permita o acoplamento da haste para o acionamento manual a partir da superfície. As válvulas devem ser adequadamente ancoradas, através da compactação do solo que a envolve, preferencialmente com areia adensada, como na Fig. 10 ou através de bloco de concreto, como na Fig. 12. Opcionalmente, pode-se utilizar válvulas de PE diretamente soldadas no tubo, como na Fig. 13.

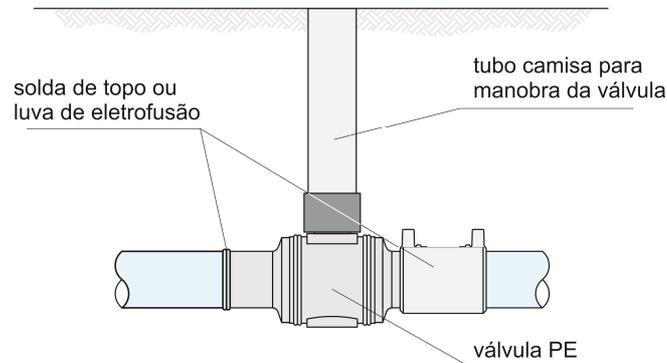


Fig. 13 – válvulas enterradas

A instalação de Drenos e Ventosas deve ser feita utilizando-se Tês de redução com saída flangeada, como mostrados na Figura abaixo. Para ventosas e drenos de até 2" pode-se utilizar peças de transição ou adaptadores de roscas metálicas.

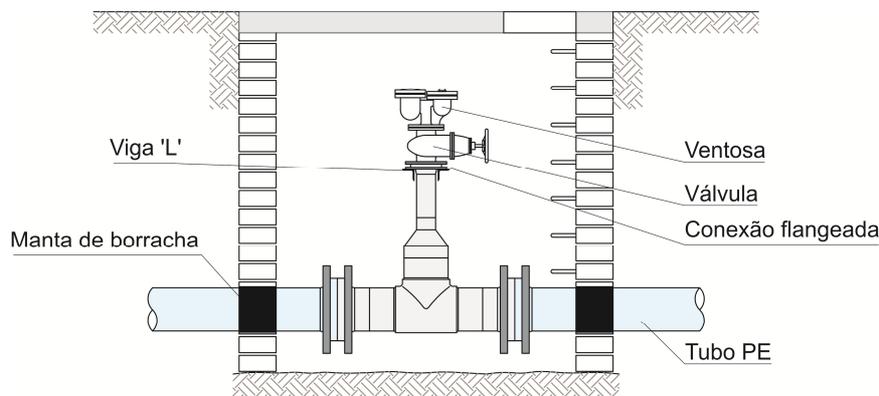


Fig.14 – Instalação de ventosas

● Caixas de Passagem ou Distribuição Estanques

Devido a não ocorrer aderência entre o concreto, ou alvenaria, aos tubos de polietileno ou polipropileno, quando há a necessidade de estanqueidade nas caixas de passagem, inspeção ou distribuição, ou mesmo ancorar a tubulação nessas caixas, deve-se recorrer a peças especiais soldadas à tubulação, ou a juntas de borracha especiais, como as apresentadas na Fig. 15.

As peças devem ser adequadamente dimensionadas para resistir aos esforços de dilatação/contração da tubulação. Normalmente, as dimensões dos colarinhos (adaptador para flange) são adequadas para resistir aos esforços de ancoragem.

As juntas especiais de borracha, do tipo *entry boot*, apresentam-se como boa solução à estanqueidade, entretanto em alguns casos pode ser necessária ancoragem suplementar.

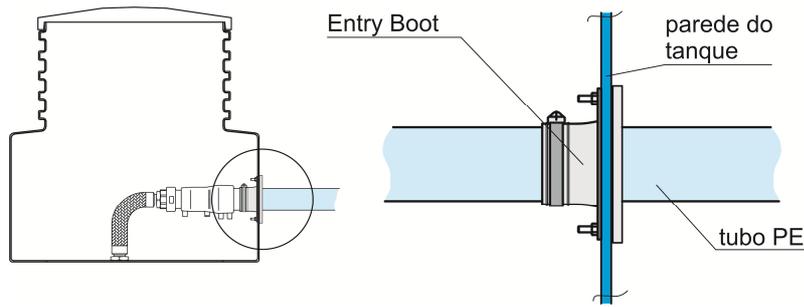


Fig.15- Entry boot de borracha

● Ramal Predial

Os ramais prediais podem ser ligados à rede principal quando esta estiver com ou sem carga, conforme os procedimentos do fabricante das conexões.

A largura da vala deve ser a menor possível, normalmente delimitada a 30 cm.

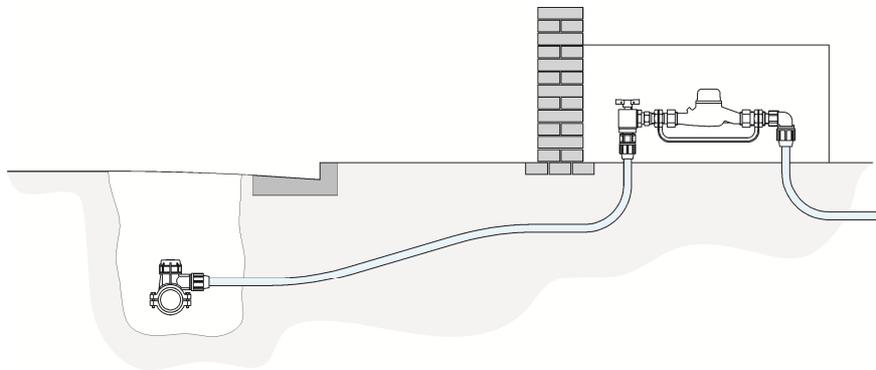


Fig.16 - Passagem do tubo de ramal sob o meio-fio

Ao se assentar o tubo do ramal predial, antes de conectá-lo à entrada predial/medidor, deve-se atentar que o tubo não fique estrangulado ou tracionado.

O estrangulamento da parede do tubo pode ocorrer quando a distância entre a rede e o medidor for muito pequena, exigindo raios de curvatura menores que os admitidos. Nesse caso deve-se promover uma volta do tubo de polietileno em torno da derivação (pescoço de ganso), com raio maior ou igual ao mínimo admitido, de forma a obter seu posicionamento adequado em relação à entrada do medidor, evitando o estrangulamento.

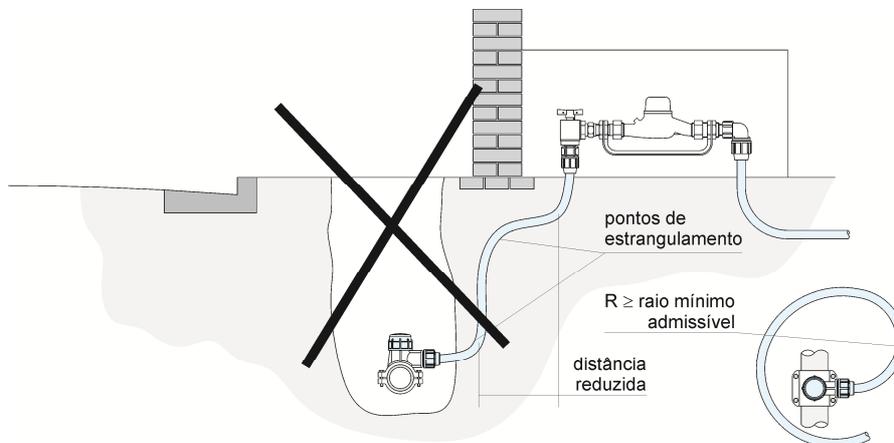


Fig.17 - Assentamento do tubo em distâncias reduzidas

● Válvula Automática de Segurança para Gás

Esses dispositivos, mais conhecidos por válvulas tipo *gas stopou flow stop*, têm aplicação crescente em redes e principalmente em ramais de linhas de distribuição de gás combustível.

Alguns já vêm incorporados à saída de derivação dos Tês de Serviço, outros são fornecidos na forma de uma luva de união, para serem soldados aos tubos dos ramais ou mesmos em pequenas redes (DE 20 à 63).

Atuam quando ocorre um corte ou rompimento do tubo em que estão instalados, devido ao diferencial de pressão que assim se origina a montante e a jusante da válvula, fazendo com que o pequeno elemento de vedação, na forma de um torpedo, se desloque estancando a fuga do gás, como um tampão.

Também são úteis nas manutenções, tornando eventualmente desnecessário fechar válvulas para a execução de serviços.

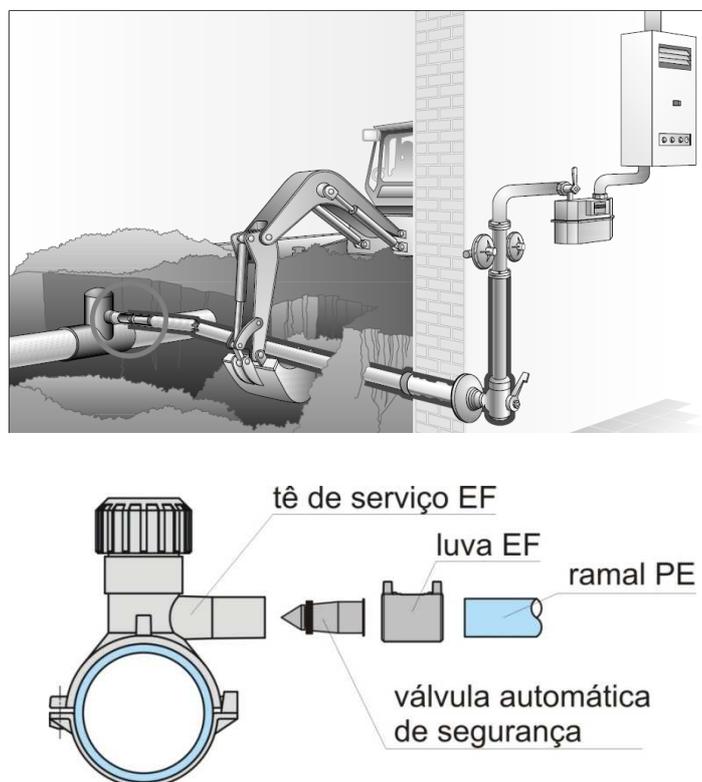


Fig.18 – Válvula Automática de Segurança

● Inspeção

Compete ao contratante inspecionar, ou contratar empresas de inspeção para execução dos trabalhos e assistir a realização dos testes para o recebimento da obra.

A inspeção dos trabalhos deve ser feita objetivando verificar se o executor observa as condições gerais recomendadas para as diversas fases dos trabalhos e as condições especificadas para os diversos tipos de tubulações a serem assentadas.

O inspetor da obra pode solicitar a retirada de um pequeno trecho soldado para ensaios.

O inspetor da obra pode solicitar a reavaliação de um procedimento, equipamento ou soldador, quando os serviços executados justificarem tal medida.

● Documentação

O executor, ao realizar as soldagens (seja por eletrofusão, seja por termofusão), deve apresentar a credencial de qualificação do soldador dentro do prazo de validade.

Todas as soldas devem possuir um “relatório de solda”.

O executor deve apresentar, para cada trecho assentado, um “cadastro de instalação do trecho”. Este cadastro deverá conter, no mínimo, as seguintes informações:

- a) Localização completa do local e trecho da obra, incluindo as interferências encontradas no trecho;
- b) Descrição completa da tubulação, tais como Diâmetro Externo (DE), classe de pressão, códigos que permitam rastrear as produções dos tubos, classificação do tipo de composto, nome do fabricante, extensões, profundidades e material de recobrimento da tubulação;
- c) Descrição completa das conexões, tais como: Diâmetros, classes de pressão, tipo do material da conexão e fabricante;
- d) Descrição do terreno onde a tubulação está assentada, incluindo as condições do fundo da vala,
- e) Presença ou não de água, solo com que foi realizado o reaterro, e procedimentos de compactação;
- f) Relatórios das soldas;
- g) Data da instalação.

MÓDULO 4

4.3 - PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO ENTERRADA POR MND

● Normas Aplicáveis

- Tubos: NBR 15.561; NTS 194; NBR 14.462, EN 12.201-2; Módulo 1.2
- Conexões Soldáveis: NBR 15.593; NTS 193; NBR 14.463, EN 12.201-3; Módulo 1.3
- Diretrizes para Projetos: NBR 15.802; NTS189
- Conexões Mecânicas: NBR 15.803; NTS 192; ISO 14.236; UNI 9561; Módulo 1.3
- Procedimentos de Instalação: NBR 15.950; NTS 190; Módulos 4.2 e 4.3
- Procedimentos de Reparo: NBR 15.979; NTS 191; Módulo 4.5
- Procedimento para Solda de Topo: NTS 060, DVS 2207; Módulo 4.6 e 3.1
- Procedimento de Solda de Eletrofusão: NBR 14.465; DVS 2207; Módulo 4.7 e 3.1
- Requisitos p/qualificação Soldador, Instalador e Fiscal: NBR 14.472; NTS 059; Módulo 3.1
- Procedimento de Teste de Estanqueidade: NBR 15.952; Módulo 4.8

● Métodos Não Destrutivos (MND)

Os métodos de instalação chamados não destrutivos (MND) têm sido cada vez mais empregados, tanto na recuperação de linhas velhas, quanto na instalação de novas. Nos grandes centros urbanos já respondem pela maioria das instalações, por conta de sua menor intervenção e distúrbio ao tráfego e à população.

Nessas aplicações, os tubos poliolefínicos, e especialmente os de polietileno, demonstram uma de suas maiores vantagens em relação às tubulações convencionais.

Nos últimos anos desenvolveram-se algumas técnicas de MND, cada qual com particular virtude para certas aplicações, em especial:

- **Furo Direcional, Inserção (*Sliplining*) e PipeBursting:** o tubo inserido é estrutural;
- **Close Fit (Swagelining, Titeliner, U-lining, Roldown):** o tubo inserido é semi-estrutural;

A escolha do melhor método de instalação e sua viabilidade depende das condições locais da instalação, das condições de operação da linha e das exigências estruturais da tubulação.

Os principais fatores a serem considerados são:

- Caminhamento da tubulação, se substituirá linha velha ou novo caminhamento;
- Desnível projetado da tubulação (possível ou não de ser atendido);
- Espaço para entrada do equipamento de instalação (caminhões-bomba, guinchos, etc);
- Espaço para abertura da vala de entrada e saída da tubulação;
- Ângulo e curvatura de entrada da tubulação;
- Tipo de solo e interferências, entre outros.

A seguir apresentamos os métodos mais utilizados e os cálculos essenciais para sua utilização.

● Furo Dirigido ou Direcional (HDD)

Hoje em dia, é um dos métodos mais utilizados em instalações urbanas.

Utilizado basicamente em travessias de ruas e estradas ou para instalação de novos tubos sem a abertura de valas, onde economicamente for conveniente ou quando as condições locais forem determinantes. Também chamado HDD, *horizontal directional drilling*.

Aplica-se para tubos de diâmetro até 1000 mm e comprimentos que podem chegar a 2000 m, dependendo do tipo de solo. O tubo inserido é estrutural.

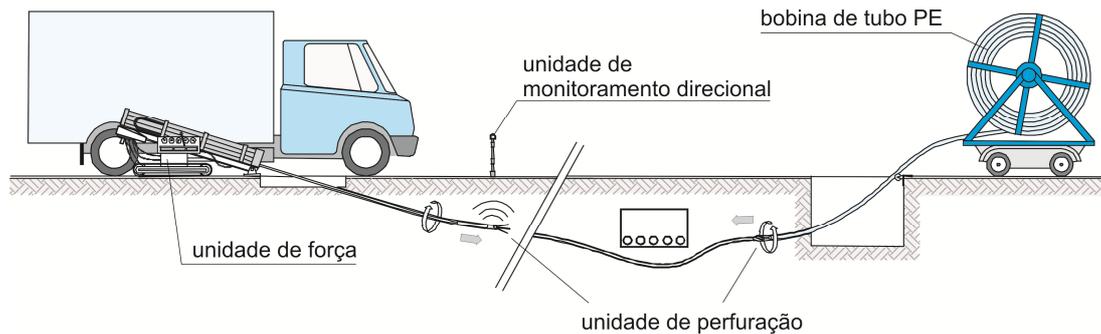


Fig. 1 - Esquema da Operação de Furo Direcional

Descrição: Consiste de Unidade de Força, Unidade de Perfuração, e Unidade de Monitoramento Direcional.

A **Unidade de Força**, normalmente, fica instalada em um caminhão contendo bombas de alta pressão, tanque misturador de fluidos de perfuração (água + bentonita), tanque de água, bombas hidráulicas para acionamento dos motores hidráulicos, gerador elétrico e instrumentos de medição (manômetros e/ou dinamômetros).

A **Unidade de Perfuração** incorpora a **Unidade de Torque** e o **Dispositivo de Avanço Recuo** da unidade de torque. Deve incorporar ainda um dispositivo mecânico para evitar que a força de puxamento seja maior que a admitida pela tubulação. Normalmente esses dispositivos são chamados de "**fusíveis mecânicos**", que se rompem quando atingem a força máxima especificada. Existem várias graduações de força e deve-se escolher o fusível adequado para cada instalação em função do diâmetro do tubo e seu SDR (vide Força máxima de Tração).

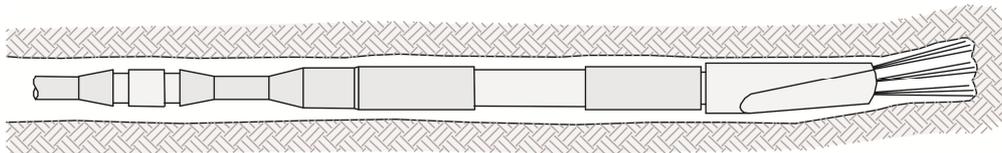


Fig. 2 - Sonda de perfuração

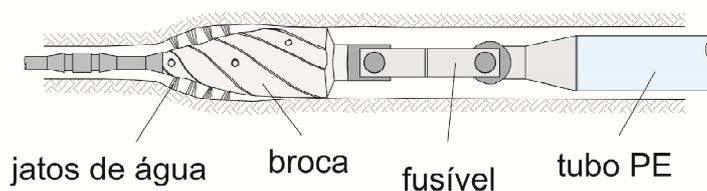


Fig. 3 - Broca escariadora

A **Unidade de Monitoramento Direcional** é um dispositivo eletrônico que recebe as ondas de rádio providas da sonda de perfuração e identifica a sua posição e profundidade, para que se possa monitorar e controlar a direção de perfuração, através da Unidade de Perfuração.

• **PROCEDIMENTO BÁSICO:**

- a) Topografia, Sondagens e Cadastramento das interferências do trajeto da linha e projeto de definição da travessia. Conveniente usar equipamento de detecção de cabos elétricos.
- b) Abertura das caixas (poços) nas duas extremidades da linha, para a entrada e saída da ferramenta de perfuração. O comprimento de perfuração contínua depende do equipamento e características do terreno. São comprimentos usuais de até 200 m. Há casos excepcionais de até 2000 m.
- c) Posicionamento da Unidade de Perfuração na caixa de entrada e adequado **aterramento da unidade**, protegendo o operador de acidentes por contato com cabos elétricos enterrados eventualmente não previamente identificados.
- d) Em função do terreno, determina-se o tipo de bicos injetores da lama bentonítica instalado na sonda de perfuração.
- e) Posiciona-se a sonda, na caixa de entrada, presa à haste de perfuração, pela qual é bombeada a lama bentonítica a alta pressão até seus bicos injetores.

A perfuração se estabelece pelos movimentos simultâneos de avanço linear e rotação do conjunto haste/sonda, ao mesmo tempo em que a lama bentonítica perfura hidráulicamente o solo, lubrifica a passagem das hastes e reveste e consolida o micro túnel, para não ocorrer seu desmoronamento. Conforme a perfuração avança, novas hastes são roscadas a esta linha perfuratriz. Normalmente estas hastes têm comprimentos de 2 a 9 m.

Deve-se observar o raio de curvatura mínimo admissível das hastes, bem como sua resistência à tração.

Uma pessoa, através da unidade de monitoramento, segue a sonda identificando sua posição e dando as devidas orientações ao controlador da Unidade de Perfuração, para realizar as devidas correções de trajetória. Isto é possível interrompendo-se o giro da sonda, e prosseguindo o avanço. O formato biselado da sonda e a direção dos jatos da lama provocam seu desvio para o rumo desejado.

O tipo de solo determinará, ainda, a velocidade de rotação, avanço e pressão de injeção da lama bentonítica (à ordem de 360 bar) e sua concentração.

- f) Após a passagem da sonda, constituindo o furo piloto de aproximadamente 2 polegadas, esta é substituída por uma broca escareadora/alargadora que também possui bicos injetores de lama bentonítica. Neste caso, em função do diâmetro do escareador e do tubo a ser instalado, pode-se ter as seguintes situações:
 - f1) O escareador é suficiente para criar um furo adequado à passagem do tubo de PE (furo deve ser aproximadamente 50 % maior que o diâmetro do tubo de PE). Neste caso, prende-se o tubo de PE ao escareador, através de uma conexão que não transmite rotação à tubulação, e começa-se a puxar a haste de volta promovendo simultaneamente o alargamento do furo piloto e inserção do tubo de PE.

f2) As condições locais e diâmetro do escareador não permitem a inserção direta do(s) tubo(s) de PE. Neste caso, instalam-se hastes de perfuração na outra extremidade do escareador de forma tal que ao atingir a caixa de entrada pode-se repetir o processo de alargamento, tantas vezes quanto necessárias.

Após inserir o tubo, se faz as conexões necessárias e se recompõem as caixas de entrada e saída. Pode-se instalar mais de um tubo simultaneamente no mesmo furo de inserção.

● Inserção ou *Relining (Sliplining)*

Consiste em se introduzir livremente, por puxamento ou empurramento, tubos poliolefinicos em linhas e tubulações corroídas e/ou danificadas de água, gás, efluentes industriais, etc., restabelecendo a integridade da linha sem necessitar abrir valas e interromper o tráfego de veículos, o que resulta em maior velocidade de execução do serviço, menor volume de trabalho e economia.

Nesta técnica, o tubo poliolefinico novo deve ter diâmetro externo de no máximo até 80% do diâmetro interno do tubo velho (em casos excepcionais até 90%).

Aplica-se quando os cálculos de vazão da nova tubulação, em função de maior pressão e/ou melhor coeficiente hidráulico dos tubos poliolefinicos em relação à linha velha, mostram-se adequados, mesmo com o diâmetro menor do tubo novo. Em muitos casos, o novo tubo instalado pode apresentar vantagens adicionais desejáveis, como barreira química, isenção de corrosões e incrustações.

Como o tubo é inserido com folga, sem interferência com o tubo velho, deve ser estrutural, isto é, dimensionado para suportar as pressões internas, externas e transientes que ocorrerão na linha, sem contar com suporte lateral, como quando enterrado.

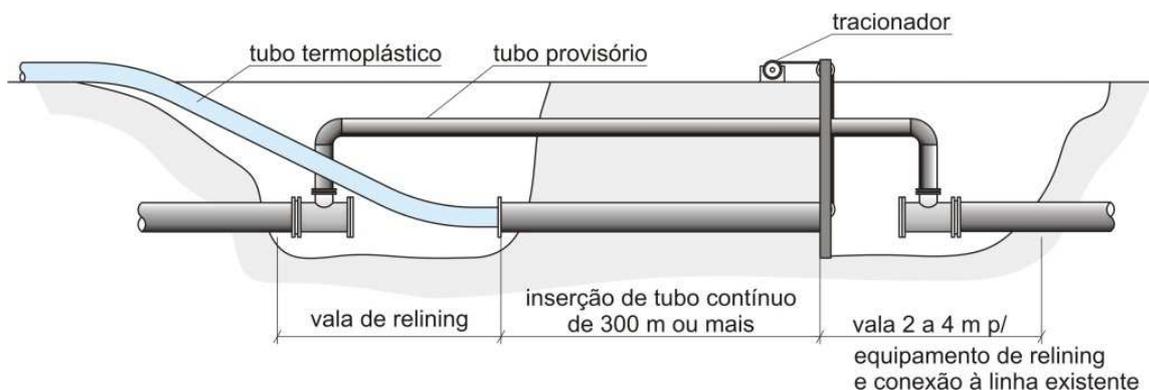


Fig. 4 - Esquema da típico da técnica de *Relining* ou *sliplining*

● PipeBursting ou Torpedo rompedor

Outra técnica com tubos estruturais, que vem ganhando cada vez mais aplicação.

Sua grande vantagem reside na possibilidade de se substituir o tubo velho por outro de maior diâmetro.

Adequa-se para substituir tubos cerâmicos, de concreto, ferro fundido e até mesmo alguns tubos plásticos. Há ferramentas que possibilitam cortar tubos ao invés de rompê-los, como os de aço.

Aplica-se para tubos de diâmetro até 1400 mm e em comprimentos de até 1500 m.

A técnica, ilustrada nas figuras abaixo, consiste de uma ferramenta chamada de cabeçote ou torpedo rompedor, acionada normalmente por ar comprimido, e que é acoplada ao tubo novo. A mangueira de ar comprimido passa por dentro do tubo novo para conectar-se e acionar a ferramenta, enquanto ela é puxada por um guincho do lado de saída do tubo velho, inserindo o tubo novo enquanto quebra o velho, empurrando os fragmentos contra o solo.

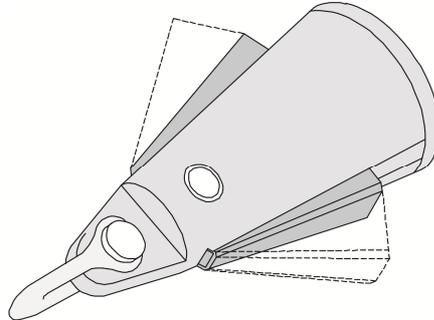


Fig. 5 -Cabeçote ou Torpedo Rompedor

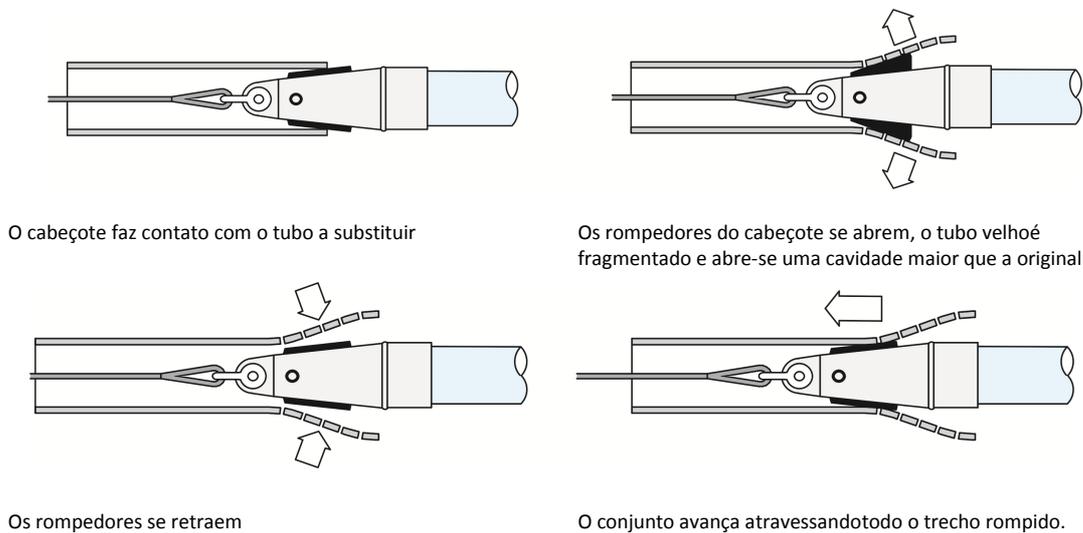


Fig. 6-Esquema da técnica de pipebursting

• Cálculos básicos para instalações tipo MND

• Comprimento de Abertura de Vala para a Inserção

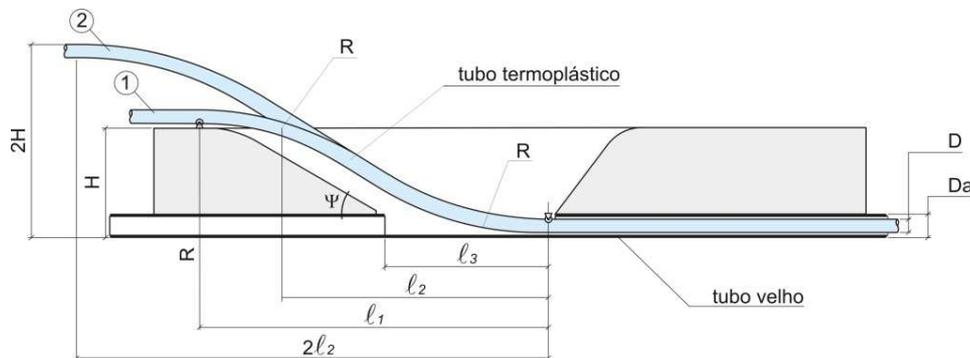


Fig.7 -Esquema e dimensionamento de vala para Inserção

O comprimento de abertura de vala para permitir a inserção do tubo plástico deve ser calculado como segue:

$$\ell_1 = \sqrt{H(4R - H)} \quad (\text{mm})$$

Onde: H = Profundidade do tubo velho (mm)
 R = Raio de curvatura permissível (mm)

Se o tubo plástico for levantado a uma altura H acima do solo, teremos:

$$\ell_2 = \sqrt{H(2R - H)} \quad (\text{mm})$$

$$\ell_3 = \sqrt{Da(2R - Da)} \approx \sqrt{2R \cdot Da} \quad (\text{mm})$$

Onde: Da = Diâmetro externo do tubo velho (mm)

A inclinação da vala de *Inserção* deve ser:

$$\text{tg } \psi = \frac{H}{\ell_1 - \ell_3}$$

• **Comprimento Máximo de Inserção**

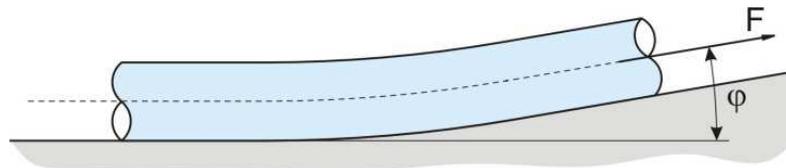


Fig. 8

O comprimento máximo de inserção para puxar um trecho de tubo novo dentro do tubo velho pode ser dado pela equação:

$$\ell_{adm} = \frac{\sigma_{adm} \cdot f_s}{\rho_p (\mu \cdot \cos \varphi \pm \text{sen } \varphi)} \quad (\text{mm})$$

Onde: ρ_p = Peso específico do material
 (para PEAD adotar $0,96 \cdot 10^{-5} \text{ N/mm}^3$, e para PPadotar $0,93 \cdot 10^{-5} \text{ N/mm}^3$)
 σ_{adm} = Tensão admissível do material (gráficos tensão x alongamento de 2%)
 Valores sugeridos para PEAD e PP: - Para 20°C: $\sigma_{adm} = 8 \text{ N/mm}^2$
 Para 40°C: $\sigma_{adm} = 5 \text{ N/mm}^2$
 f_s = Fator de solda. Se o trecho tiver solda adotar 0,8, senão 1,0
 μ = Coeficiente de atrito (até 0,8 dependendo da superfície do tubo velho)
 φ = Ângulo de inclinação (°)

Assim, para tubos de PEAD e PP, obtemos, para instalações onde a inclinação (φ) é de até 10°, um comprimento máximo por trecho de *Inserção* da ordem de 680 m a 20°C e 425 m a 40°C.

Valores menos conservadores podem ser utilizados baseados nos gráficos de tensão x alongamento admissíveis para o material específico do tubo.

Em linhas com curvas deve-se observar que os raios de curvatura não sejam menores que os permitidos:

SDR	RAIO DE CURVATURA ADMISSÍVEL
	R
41	50.d
32 - 26	40.d
21 - 11	30.d

E o máximo comprimento de inserção nos trechos com curvas deve ser: $\ell_B = \frac{\ell_{adm}}{e^{\mu\beta}}$ (mm)

Onde: β = Ângulo da curva (radianos)

μ = Coeficiente de atrito

e = número de nepper

• **Força Máxima de Tração**

A máxima força de tração desenvolvida na Inserção é limitada não só pela máxima tensão de tração do tubo, como também pelas tensões originadas na região da cabeça ou torpedo de puxamento do tubo.

Há vários tipos de dispositivos de puxamento, existindo inclusive algumas patentes de dispositivos.

Normalmente, a força de tração é transmitida para o tubo via uma solda de topo (um colarinho soldado, por exemplo) ou através de parafusos que fixam um torpedo de aço ao tubo plástico.

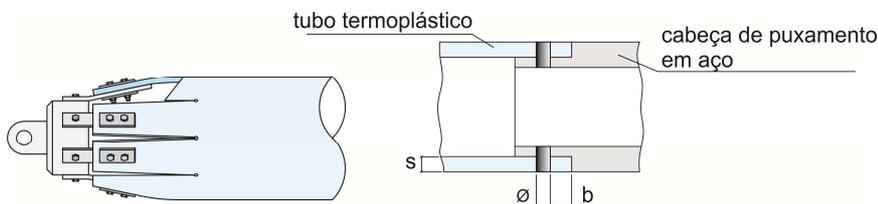


Fig 9- Cabeças de puxamento

Nestes casos, ao se calcular o comprimento máximo de inserção e a força de puxamento, deve-se levar em consideração a redução na secção transversal do tubo provocada pelos furos dos parafusos.

Para cabeças de puxamento executadas por colarinho e flange, ou por um cone soldado ao tubo, pode-se adotar as máximas forças de tração especificadas na Tabela abaixo:

Aa tabela baseada em tubos PE 80, adotando-se uma tensão máxima de tração de 75 kgf/cm² (7,5 MPa), o que equivale aproximadamente à tensão circunferencial mínima admitida de 6,3 MPa multiplicada por 1,5 para um esforço contínuo de 1h, com fator de solda de 0,8.

$$F = \sigma_t \cdot A = \sigma_c \cdot 1,5 \cdot f \cdot A = 63 \cdot 1,5 \cdot 0,8 \cdot A$$

$$F = 75 \cdot A \text{ (sendo A, seção transversal do tubo)}$$

Não havendo soldas no trecho puxado, a força pode se multiplicada por 1,25.

Para tubos de PE 100 e PP a força também pode ser multiplicada por 1,25.

Máxima força de puxamento de tubos (kgf)

DE	SDR 32,25	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,25
20						96	96	114
25						123	147	177
32				161	167	205	241	292
40			204	212	261	316	376	454
50		258	269	332	404	492	586	701
63		356	424	530	645	782	924	1.113
75		493	606	748	916	1.108	1.319	1.584
90		713	868	1.076	1.315	1.580	1.885	2.283
110		1.070	1.307	1.608	1.967	2.356	2.832	3.395
125		1.386	1.682	2.076	2.353	3.051	3.638	4.390
140		1.714	2.106	2.578	3.179	3.840	4.577	5.518
160		2.246	2.763	3.369	4.153	5.002	5.964	7.181
180		2.853	3.473	4.268	5.260	6.322	7.540	9.100
200		3.488	4.306	5.274	6.498	7.796	9.337	11.211
225		4.434	5.450	6.681	8.196	9.878	11.781	14.209
250	4.451	5.492	6.676	8.254	10.141	12.206	14.555	17.518
280	5.561	6.850	8.417	10.302	12.703	15.291	18.290	22.003
315	7.047	8.704	10.603	13.055	16.077	19.360	23.091	27.827
355	8.994	11.017	13.463	16.600	20.369	24.559	29.364	35.329
400	11.324	13.955	17.142	21.096	25.913	31.184	37.274	44.845
450	14.382	17.736	21.707	26.630	32.785	39.511	47.124	
500	17.694	21.860	26.811	32.911	40.464	48.726	58.218	
560	22.245	27.401	33.550	41.209	50.700	61.165		
630	28.189	34.680	42.412	52.221	64.183	77.320		
710	35.820	44.069	54.004	66.253	81.475			
800	45.475	55.822	68.397	84.219	103.49			
900	57.529	70.747	86.636	106.52				
1000	70.999	87.221	107.03	131.43				
1200	102.19	125.60	154.02					
1400	139.03	170.95						
1600	181.55	223.29						

Para temperaturas maiores que 25°C, multiplicar a força de puxamento pelo fator de redução apresentado na tabela abaixo.

Fator de redução da força de puxamento

Temp °C	25	27,5	30	35	40
fator	1.00	0.86	0.81	0.72	0.62

• **Preenchimento da Cavidade Anular entre o Tubo Velho e o Tubo Inserido (Sliplining)**

Quando utilizado o método de sliplining (relining), a cavidade anular entre os tubos deve ser preenchida quando:

- o tubo velho não possuir capacidade adequada de suporte de cargas externas;
- o tubo novo não possuir capacidade de absorver subpressões internas por si mesmo, necessitando de suporte lateral.
- existirem muitas derivações (se poucas derivações, basta preencher só a região das mesmas);
- o tubo transportar gás, para evitar formação de misturas perigosas de gás/ar na cavidade;

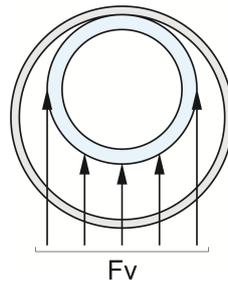


Fig. 10

Neste caso, deve-se analisar a flutuação do tubo plástico, quando o peso específico do material de preenchimento for maior que o do tubo plástico. Para prevenir que o tubo plástico flutue, pode-se colocar espaçadores.

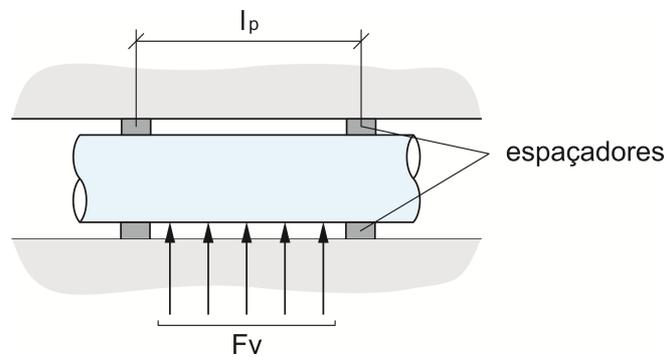


Fig. 11

É importante, também, verificar que a pressão exercida externamente ao tubo plástico, pelo material de preenchimento, não ultrapasse a pressão de colapso do tubo. (vide Módulo 4.9).

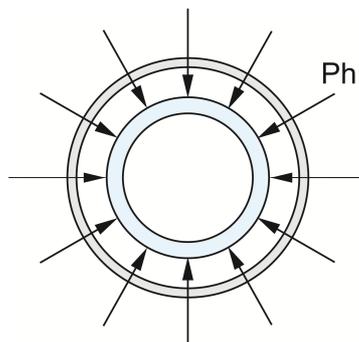


Fig. 12

Caso se faça necessária uma pressão de preenchimento maior do que o tubo pode suportar, deve-se pressurizar o tubo plástico com água a uma pressão ligeiramente maior que a de preenchimento.

• Derivações

Normalmente as derivações podem ser executadas após o preenchimento da cavidade, abrindo uma janela no tubo velho, retirando cuidadosamente o material de preenchimento.

● Técnicas de *Close fit*

As técnicas ditas *close-fits* são aquelas em que o tubo *liner* encosta ou se expande contra a parede interna do tubo velho, tal que esse exerça de forma total ou parcial a função estrutural da linha. Assim o tubo *liner* tem mais a função de barreira química, e/ou melhorar as características hidráulicas, ou mesmo vedar pequenas perfurações.

A vantagem destas técnicas reside em poder se aplicada em linhas com alta pressão, onde o tubo velho mantenha suas características estruturais.

Um dos principais fatores a se considerar nessas técnicas é a possibilidade de pressões internas negativas que levem o *liner* ao colapso. O projetista deve levar em consideração os cálculos específicos para cada técnica, conforme definido provedor da tecnologia.

● Swagelining

A Técnica chamada de *Swagelining* foi desenvolvida e patenteada pela British Gás e é comercializada por empresas licenciadas.

Também é uma técnica de recuperação de linhas velhas através de um *tubo-liner* de PE.

A diferença para o *Relining* convencional ou o *PipeBursting* está em que o tubo de PE, com um diâmetro ligeiramente maior que o diâmetro interno do tubo velho, é tracionado por um equipamento, provocando a diminuição do diâmetro do tubo de PE para inseri-lo no tubo velho. Após a inserção o tubo de PE, em função de sua memória molecular, recupera naturalmente seu diâmetro original (ou pressurizando-se internamente com água), vindo a se expandir, ajustando-se contra a parede do tubo velho.

Desta forma obtém-se, em comparação ao *Relining* convencional, uma menor perda no diâmetro hidráulico, nenhuma ou pequena cavidade anular entre os tubos novo e velho e o aproveitamento da resistência estrutural do tubo velho.

O tubo de PE, neste caso, tem apenas a função de *liner*, ou barreira química, pois a resistência estrutural é dada pelo tubo velho, permitindo a recuperação de linhas de grande pressão, como linhas de petróleo ou gás.

Como desvantagens estão a maior complexidade da operação, equipamento mais caro, e tubos de diâmetros especiais para ajustarem-se ao tubo velho, e ainda a preocupação com linhas sujeitas a subpressão ou pressão externa, pois o tubo velho provê suporte parcial, sendo necessária a avaliação da resistência do *liner* ao colapso, bem como sua capacidade de suportar regiões do tubo velho com furos.

O *Swagelining* é possível devido à capacidade do PE de resistir a grandes esforços de tração por um curto período e à sua grande memória molecular.

Basicamente, o processo consiste de um equipamento com uma matriz com diâmetro menor que o tubo de PE pela qual o tubo é forçado a passar, enquanto o tubo é puxado, por guincho, através de cabo de aço que passa por dentro do tubo velho, de tal forma que o tubo de PE é tracionado, diminuindo seu diâmetro, porém sem incorrer em diminuição significativa da espessura. Após a passagem total pelo tubo velho, interrompe-se a tração, resultando no

retorno do tubo a praticamente seu diâmetro original, forçando-o contra a parede interna do tubo velho.

É utilizado tanto no método de tração a quente, quanto à temperatura ambiente.

Permite a inserção de comprimentos da ordem de 1500 metros e tubos com diâmetro entre 100 e 500 mm. Utilizam-se tubos de polietileno de SDR entre 33 e 11.

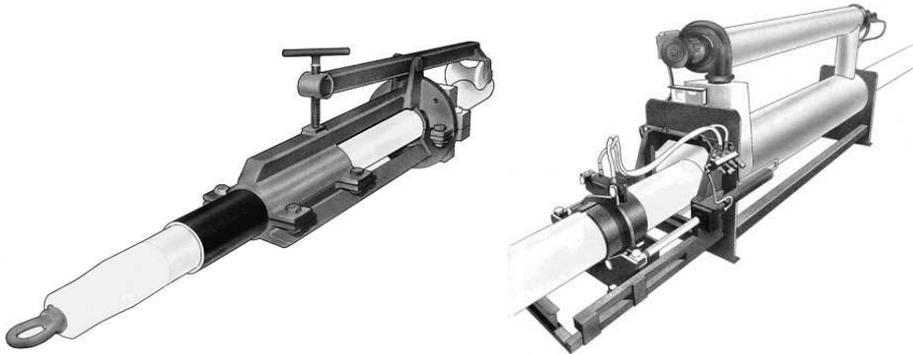


Fig. 13 - Swagelining

● Rolldown

O mesmo objetivo e princípio do *Swagelining*, porém ao invés de tracionado o tubo é comprimido.

O tubo é empurrado por um equipamento através de uma série de roletes, ao longo da circunferência, comprimindo o diâmetro do tubo, de forma a rearranjar a estrutura molecular e diminuir o diâmetro do tubo, aumentando a espessura de parede com uma elongação mínima.

Após, a passagem total é aplicada pressão interna para recuperar a memória do plástico fazendo-o recuperar praticamente seu diâmetro original e comprimindo-se (acomodando-se) ao tubo velho.

Tem as mesmas vantagens e desvantagens do *Swagelining*.

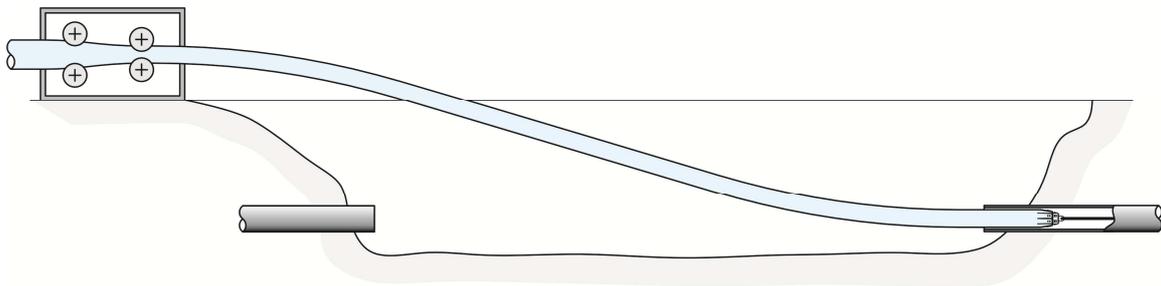


Fig.14 -Rolldown

Nas derivações, a British Gas desenvolveu um dispositivo hidráulico de corte, que retira uma janela do tubo velho sem afetar o *liner* de PE, permitindo a solda por eletrofusão de Tês de Sela ou de Serviço para o Ramal.

- **U-Lining**

A técnica de U-Lining consiste em produzir-se tubos de diâmetros especiais que são conformados, na saída da extrusora ou na obra, através de roletes, como a letra U, ou seja, curvando a geratriz externa para dentro.

Os tubos são amarrados nessa forma, diminuindo seu diâmetro e introduzidos no tubo velho.

Após a instalação dentro do tubo velho, aplica-se pressão fazendo com que as amarras se rompam e o tubo readquira a forma original, comprimindo-se contra a parede interna do tubo velho.

Adequa-se a diâmetros de 75 a 1200 mm e sua principal limitação reside na fabricação de diâmetros e SDRs especiais (SDR 26 a 80) para adequar-se ao tubo.

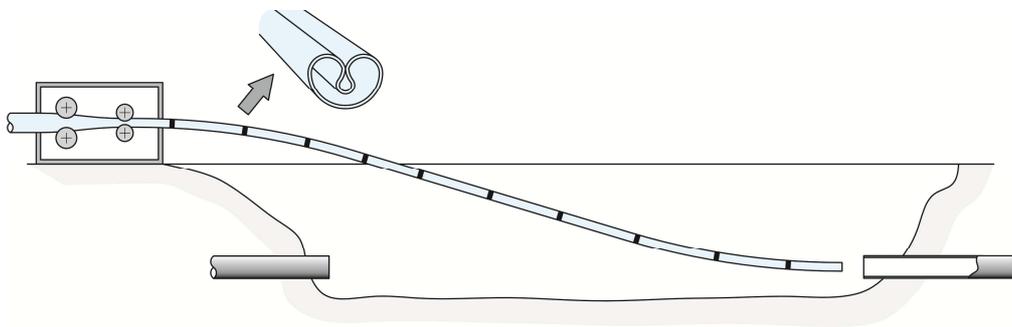


Fig. 14 - U-lining

Maiores detalhes sobre esse módulo, vide Danieletto, José Roberto B.- Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno: Características, Dimensionamento e Instalação: 2007

MÓDULO 4

4.4 - PROCEDIMENTOS E DIMENSIONAMENTO DE INSTALAÇÃO AÉREA

Nas instalações aéreas devem ser considerados os seguintes aspectos:

- Resistência à raios UV e intempéries;
- O tipo de suportação da tubulação;
- Os esforços sobre os suportes devido à flexão, pressão interna e dilatação;
- A estética e a flexão admissíveis da tubulação;
- Necessidade de Isolamento térmico para evitar perda de calor ou condensação;

● Resistência à Raios UV e Intempéries

Quando em **instalações aparentes e expostas ao sol**, os tubos devem ter proteção adequada aos raios ultravioleta (UV), que podem levar à sua degradação precoce com rupturas frágeis.

Os **tubos de polietileno preto** (PE 80 ou PE 100 ou PERT ou PEX), produzidos com compostos adequadamente aditivados com 2 a 3% em massa de negro de fumo finamente disperso, conforme as normas específicas, como a NBR 15.561, ISO 4427, EN 12.201, entre outras, apresentam excelente resistência aos raios UV, com baixa perda de propriedades ao longo de sua vida útil, estimadamente superior a 50 anos, respeitadas as especificações de projeto.

Como ponto negativo, absorvem mais calor, com temperaturas superficiais podendo atingir 70°C, o que pode elevar a temperatura do fluido interno e portanto a temperatura média do conjunto tubo-fluido. Nesse caso, o projetista deve avaliar o SDR do tubo, aplicando o fator de correção de pressão em função da temperatura média do conjunto tubo-fluido (f_T).

Grosso modo, pode-se fazer uma interpolação entre a temperatura externa do tubo e a interna do fluido para determinar a temperatura média do conjunto tubo-fluido. Exemplo, temperatura externa do tubo de 70°C e do fluido 25°C, resultando em 47,5°C, adotando 50°C para fins de projeto.

$$MPO = PN \cdot f_T$$

MPO = Máxima Pressão de Operação

f_T = fator de redução de pressão em função da temperatura de operação

Fatores de Redução de Pressão (f_T) para temperaturas entre 25°C e 50°C para PE 80 e PE 100

Composto	Temperatura °C						
	25	27,5	30	35	40	45**	50**
Tipo A	1,0	0,90	0,87	0,80	0,74	0,67	0,61
Tipo B	1,0	0,86	0,81	0,72	0,62	0,52	0,43

Nota:** Limitado à vida útil máxima de 15 anos

Em função da temperatura, pode ser adequado o uso de PERT ou PEX.

Fatores de Redução de Pressão para temperaturas entre 30°C e 95°C para PEX e PE-RT

Composto	Temperatura °C						
	30	40	50	60	70	80**	95**
PEX	0,92	0,83	0,73	0,65	0,60	0,52	0,43
PE-RT T1	0,80	0,70	0,66	0,56	0,47	0,36	0,22
PE-RT T2	0,92	0,77	0,71	0,61	0,58	0,49	0,34

Nota: PEX - Valores extraídos da Tabela DIN 16.893, com fator de segurança de 1,5.

PE-RT - Valores extraídos da Tabela ISO 24.033, com fator de segurança de 1,5.

** Limitado à vida útil máxima de 25 anos p/ 80°C e 10 anos p/ 95°C

Os tubos depolipropileno(copolímero em bloco - PPB, homopolímero – PPH, e copolímero randômico – PPR), produzidos conforme normas NBR 15.813, ISO EN 15.874, ISO EN 15.494 e DIN 8077/8078 também são muito utilizados em instalações industriais, dada sua excelente resistência química e à temperatura, além de instalações para ar comprimido, sistemas de aspersores anti-incêndio e fluidos aquecidos em geral. Também podem ser aditivados com negro de fumo para proteção ao UV, todavia nesses casos ainda necessitam de outros estabilizantes. Daí, normalmente serem empregados não pretos, mas cinzas, azuis ou verdes.

Fatores de Redução de Pressão para temperaturas entre 30°C e 95°C para PPB, PPR, PPH

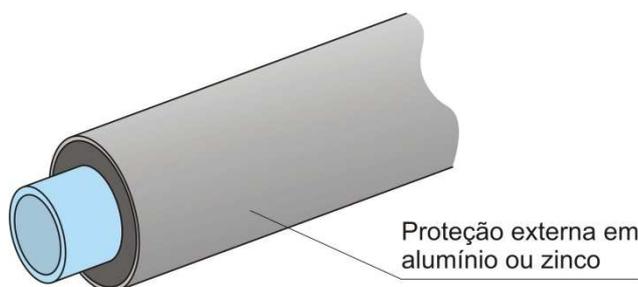
Composto	Temperatura °C						
	30	40	50	60	70	80**	95**
PPB 80	0,77	0,62	0,41	0,28	0,19	0,16	0,13
PPR 80	0,87	0,74	0,62	0,51	0,34	0,26	0,17
PPH 100	0,90	0,74	0,62	0,50	0,32	0,25	0,17

Nota: PP - Valores extraídos da tabela DIN 8077, com fator de segurança de 1,5, como adotado pela EN 15784

** Limitado à vida útil máxima de 25 anos p/ 80°C e 10 anos p/ 95°C

Os fatores de redução de pressão em função da temperatura apresentados são os padronizados nas normas específicas. No mercado, são encontrados materiais específicos, tanto de PE, quanto PP, PERT e PEX que podem apresentar desempenhos muito superiores, com fatores de redução à pressão melhores aos apresentados nas tabelas acima, que podem ser aplicados a critério do projetista.

Os tubos não pretos, se expostos ao sol, devem ser aditivados com protetores anti-UV, que podem assegurar suas propriedades mesmo em exposições da ordem de 5 anos. Para vida útil maior do que 5 anos, são necessárias proteções adicionais, como coberturas, ou capas metálicas ou fitas plásticas refletivas, como as usadas para isolamento térmico.



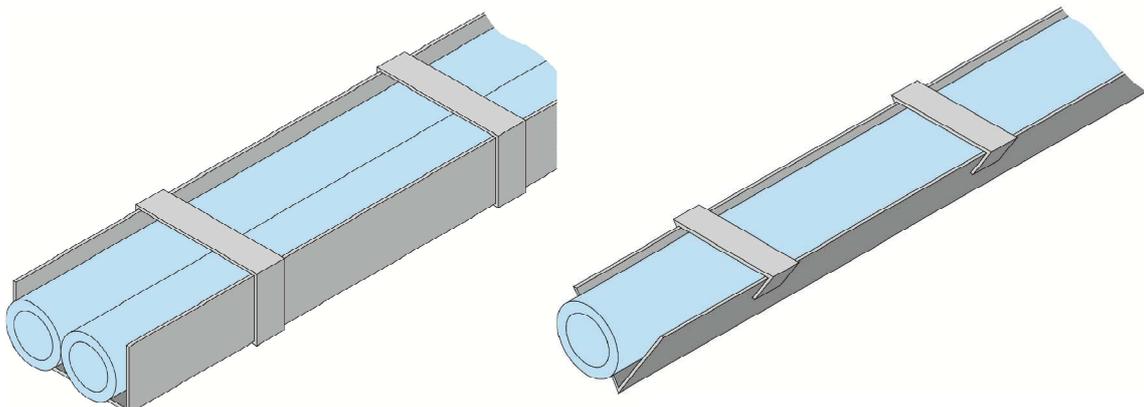
Para os **tubos não pretos**, o fabricante deve apresentar certificados de matéria prima que assegurem a vida útil desejada em relação à instalação exposta ao sol, normalmente atestadas através de ensaios designados por UV-6, UV-8, etc.

● Tipos de Suportação da Tubulação

Idealmente, a tubulação deve ser instalada tal que não sofra esforços adicionais à pressão interna, permitindo que dilate ou contraia livremente, curvando-se ou fletindo-se sem que provoque esforços sobre seus suportes, nem sofra os consequentes esforços, como momentos fletores, de flambagem, tração, etc, que poderiam comprometer sua vida útil.

Assim, as calhas, como as usadas em instalações elétricas, são desejáveis, pois a tubulação poderia ser instalada de maneira a poder mover-se, sem necessidade de suportes mais avantajados e resistentes a esforços de dilatação. Utilizam-se apenas suportes-guia para que a tubulação não saia da calha ao mover-se.

Para tubos de pequeno diâmetro (< 110 mm) a instalação continuamente suportada tende a ser preferida, evitando suportes instalados a muito curta distância um do outro.



Entretanto, nem sempre essa instalação é possível ou mais adequada, sendo também utilizadas as instalações fixadas em suportes espaçados. Nesses casos é fundamental que os esforços sobre os suportes e a tubulação sejam avaliados para que não ocorram flechas indesejáveis da tubulação, rupturas de conexões ou soldas, a quebra dos suportes ou mesmo vazamentos em juntas.

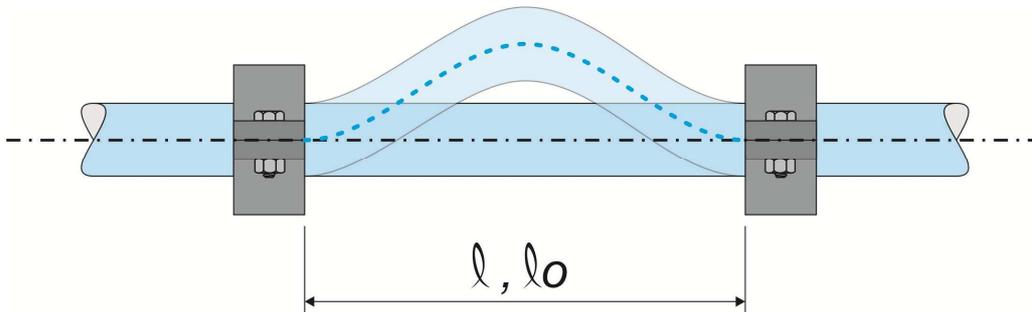
● Os Esforços Sobre a Tubulação e seus Suportes de Fixação

Os esforços são decorrentes de:

- Dilatação da tubulação;
- Pressão interna da tubulação;
- Flexão da tubulação

Assim, os esforços devem ser avaliados para o adequado dimensionamento dos suportes, e para se determinar **amáxima e a mínima distância entre os suportes** para que os esforços sejam minimizados e consequentemente mantendo-os dentro dos limites aceitáveis para a tubulação.

• 1 - Dilatação Térmica e os Esforços sobre os Suportes



A dilatação térmica numa tubulação é determinada por:

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Onde: l_0 = Comprimento inicial da tubulação (m)

$\Delta l = l - l_0$ (sendo l comprimento final após dilatação)

$\Delta T = 0,9 \cdot T_{\text{operação}} - T_{\text{instalação}}$

α = Coeficiente de dilatação linear (valores típicos): $0,8 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ para PVC
 $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ para PP
 $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ K}^{-1}$ para PE

A deformação relativa (ε) é igual a: $\varepsilon = \Delta l / l_0 = \alpha \cdot \Delta T$

Logo, se a tubulação for impedida de dilatar-se, surgirá uma tensão axial de contração de:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

E, por conseguinte, a ação de uma Força sobre os Suportes e apoios da tubulação de intensidade:

$$F = \sigma \cdot A$$

Onde: A = Área de secção transversal do tubo (cm^2)

Devido ao fenômeno do relaxamento, as forças de dilatação tendem a diminuir com o tempo, porém podem atingir valores elevados inicialmente, o que requer atenção especial no dimensionamento dos suportes e apoios da tubulação.

EXEMPLO:

Tubo de PE 80 diâmetro 110 SDR 11 (PN 12,5), com comprimento entre suportes de 10 m, instalado a 20°C e conduzindo um fluido a 60°C .

Temos a diferença de temperatura:

$$\Delta T = 0,9 \cdot 60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 34^\circ\text{C}$$

Portanto:

$$\Delta \ell = \ell_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T = 10.2 \cdot 10^{-4} \cdot 34 = 0,068 \text{ m} = 6,8 \text{ cm}$$

Como esta dilatação está sendo bloqueada pelos suportes, surgirá então uma tensão axial de:

$$\sigma = \varepsilon \cdot E = \alpha \cdot \Delta T \cdot E$$

Sendo:

$$\varepsilon = \alpha \Delta T = 0,0068 \text{ (ou seja, 0,68\%)}$$

O valor de E a ser utilizado na fórmula é o de curta duração, que pode ser determinado através de um gráfico de tração universal, em função de ε , levantado à temperatura especificada (no nosso exemplo, E seria determinado para a deformação $\varepsilon = 0,68\%$ a 60°C).

Como valores típicos de E (kgf/cm^2) de curta duração, podemos adotar os da Tabela abaixo:

Material	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
PE 80	7000	5000	3000	2000	-	-
PE 100	9000	7000	5000	3000	-	-
PPH	12000	8000	7000	5500	4000	3000
PPB	9000	7000	5000	4000	3000	2500
PPR	7000	5000	3500	3000	2500	2000

Nesse exemplo, vamos considerar um valor de E de 2000 kgf/cm^2 .

Assim:
$$\sigma = 0,0068 \cdot 2000 = 13,6 \text{ kgf/cm}^2$$

Para a área da secção transversal do tubo, temos:

$$A = \pi (D^2 - d^2)/4$$

Onde: D = diâmetro externo do tubo = 11 cm

d = diâmetro interno = 9 cm .

Logo:
$$A = \pi (11^2 - 9^2)/4 = 31,42 \text{ cm}^2$$

Portanto:
$$F = \sigma \cdot A = 13,6 \text{ kgf/cm}^2 \cdot 31,42 \text{ cm}^2 = 427,3 \text{ kgf}$$

Assim, cada suporte deverá resistir a uma força de:

$$F/2 = 213,65 \text{ kgf}$$

● 2 – Esforços de Tração em Suportes e Juntas Devido à Pressão Interna

Tal qual a dilatação térmica, a pressão interna, positiva ou negativa, provoca expansão ou contração na tubulação que resulta em esforços de tração ou compressão, respectivamente, sobre os suportes, e à própria tubulação.

Quando um tubo é submetido a uma pressão interna, ao mesmo tempo em que se origina uma expansão diametral, o tubo sofre uma contração longitudinal de magnitude proporcional à primeira, relacionada pelo fator de *Poisson* (ν).

● 3 - Esforços e Espaçamento Máximo entre Suportes devido à Flexão

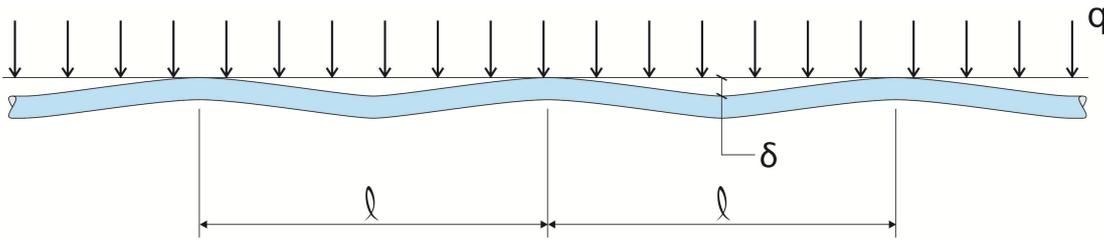


Fig.– Espaçamento entre suportes

Nas instalações aéreas, a flecha da tubulação (δ) é resultante da carga (q) e da distância entre os suportes de fixação (ℓ), podendo ser relacionadas pela seguinte equação:

$$\ell = \sqrt[3]{\frac{\delta}{\ell} \cdot \frac{6\pi E \cdot (D^4 - d^4)}{q}}$$

Verifica-se que a relação (δ/ℓ) entre 1/200 e 1/300 resulta em flechas pouco perceptíveis a olho nú. O valor do módulo de elasticidade do tubo deve ser o de longa duração. Como referência, podemos adotar os valores da Tabela abaixo:

Material	30°C	40°C	50°C	60°C	80°C	100°C
PE 80	1500	1200	900	750	-	-
PE 100	2000	1600	1200	1000	-	-
PPH	3000	2600	2400	2100	1600	1000
PPB	2400	2100	1900	1700	1300	800
PPR	2400	2100	1900	1700	1300	800

E a fórmula pode ser simplificada por:

$$\ell = (0,4 \text{ a } 0,5) \cdot \sqrt[3]{\frac{E \cdot (D^4 - d^4)}{q}}$$

A carga (q) é a resultante da soma do peso do tubo com o do fluido interno, assim: $q = q_T + q_f$

Carga devido ao tubo (também extraível dos catálogos dos fabricantes):

$$q_T = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot \rho_T \text{ (kgf/cm)}$$

Onde: ρ_T = Peso específico do tubo (kgf/cm³): PEAD: $0,96 \cdot 10^{-3}$ e PP: $0,92 \cdot 10^{-3}$

Carga devido ao fluido:

$$q_f = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho_f \text{ (kgf/cm)}$$

Onde: ρ_f = Peso específico do fluido ($1,0 \cdot 10^{-3}$ kgf/cm³ para água)

A carga (q) deve ser suportada pelos suportes:

Exemplo: Tubo PE 80 DE 110 SDR 11: $D = 11 \text{ cm}$; $d = 9 \text{ cm}$.

$$q = q_T + q_f = \frac{\pi \cdot (11^2 - 9^2) \cdot 0,96 \cdot 10^{-3}}{4} + \frac{\pi \cdot 9^2 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{4}$$

Logo, os suportes devem suportar o peso de $q = 0,093 \text{ kgf/cm}$ ou $9,3 \text{ kgf/m}$

DISTÂNCIA ENTRE APOIOS PARA TUBOS CHEIOS DE ÁGUA
Gráfico Orientativo Simplificado, em função da temperatura

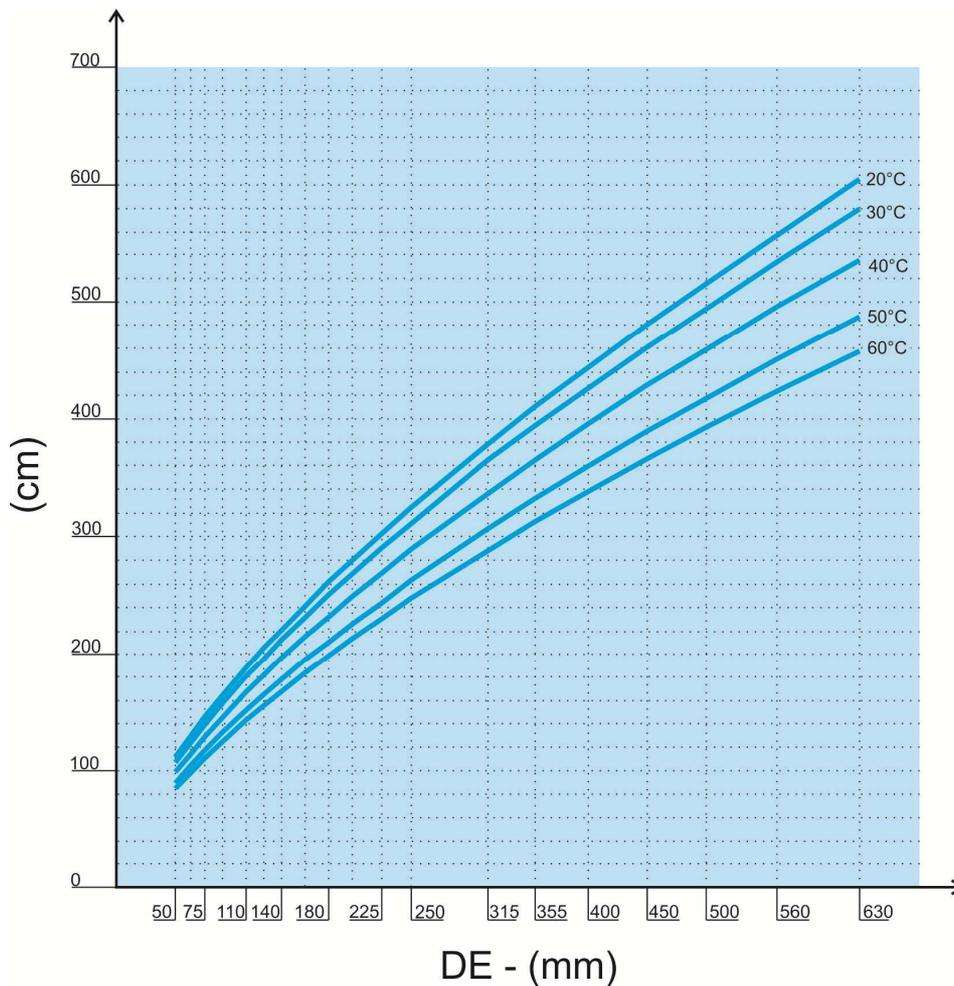


Fig.- Distância entre apoios para tubos cheios de água

Notas: Estas distâncias entre suportes se aplicam para:

- PE 80: SDR ≤ 17
- PE 80: SDR >17 com $L \times 0,8$
- PE 100 = PE 80 x 1,1
- PP = PE 80 x 1,4

• **3.1 – Espaçamento Máximo entre Suportes devido à Dilatação Térmica**

Deve-se verificar também o espaçamento máximo admitido entre suportes de fixação para evitar-se a flambagem devido à dilatação da tubulação, que pode ser determinado simplificada por:

$$\ell \leq 0,357 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{D^2 + d^2}{\alpha \cdot \Delta T}}$$

• 4 – Distância Mínima de Suportes de Fixação de Curvas e Tês devido à Dilatação

Em fixações de ramais e derivações (Tês) e mudanças de direção (curvas e cotovelos), deve-se atentar para que as dilatações dos tubos não incorram em tensões de flexão excessivas que levem à ruptura nesses pontos. Para tanto, é necessário assegurar-se de que as distâncias de fixação dos suportes nas extremidades dos Tês e Curvas tenham um valor acima de um mínimo que permita certa flexibilidade da tubulação, absorvendo a dilatação do trecho.

De acordo com Menges e Roberg, este valor mínimo (L) deve ser:

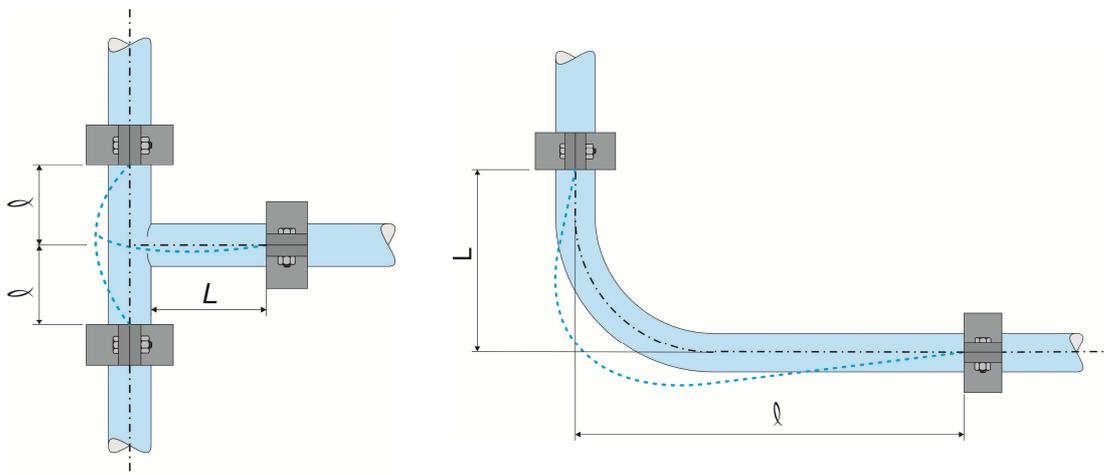
$$L \geq k \cdot \sqrt{\Delta \ell \cdot D} \quad (cm)$$

Onde: D = Diâmetro externo do tubo

$\Delta \ell$ = Dilatação térmica = $\alpha \cdot \Delta T \cdot \ell$

ℓ = Distância entre o suporte de fixação e a derivação, ou mudança de direção

k	$\frac{\Delta T}{k}$	10°C	20°C
		23	28



Fig– Dilatação em Tês e curvas

• 5– Compensadores de Dilatação - Efeito Lira

Para minimizar as tensões e deformações de dilatação térmica e na impossibilidade de permitir-se o livre movimento da tubulação, podem ser adotados compensadores tipo telescópicos ou sanfonados. Todavia, além de caros, os compensadores normalmente encontrados no mercado exibem o inconveniente de absorverem dilatações e contrações muito pequenas, se comparadas às encontradas nos tubos plásticos - a dilatação do PVC é da ordem de 7 vezes maior que a do aço, a do PEAD cerca de 18 vezes e a do PP é de 16 vezes,

além de exigirem uma força mínima de dilatação por vezes maior que as desenvolvidas pelos tubos plásticos.

Desta forma, a utilização de recursos como curvas e liras de compensação são normalmente preferidos.

O dimensionamento do comprimento das pernas da lira de compensação pode ser feito pela fórmula anterior:

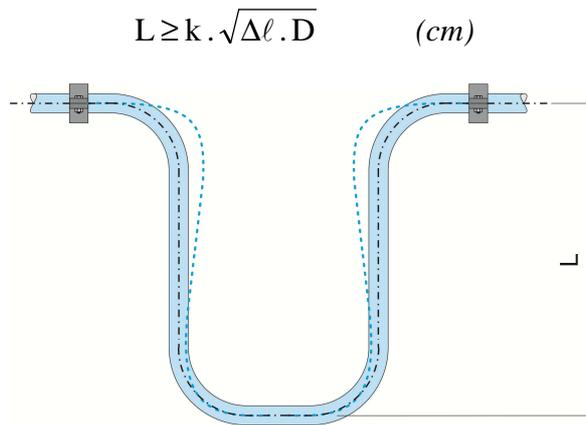


Fig.- Instalação com Efeito Lira.

Ábaco de Expansão Térmica para tubos de PEAD e PP

Valores aproximados, sendo α médio = $1,8 \cdot 10^{-4} \text{C}^{-1}$

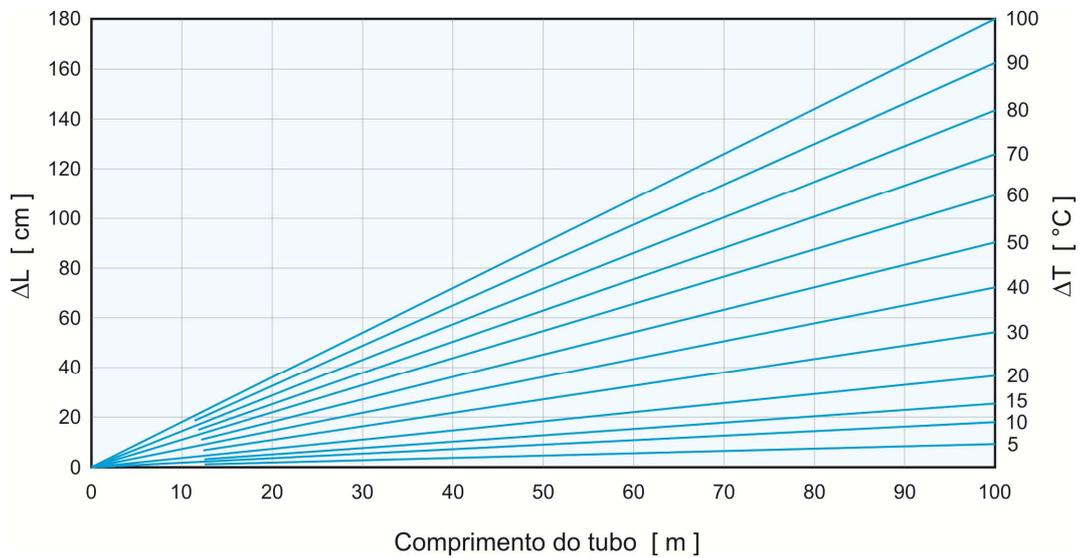


Fig.- Expansão térmica linear para tubos de PE e PP

MÓDULO 4

4.5 - PROCEDIMENTOS DE REPARO

● Normas Aplicáveis

- NBR 15.979 – Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Procedimentos de Reparo
 - NBR 14.461– Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Procedimentos de Instalação
- Vide normas dos módulo 1.2 e 1.3 para tubos e conexões

● REPAROS EM LINHA SEM CARGA

O reparo de linhas sem carga é certamente a maneira mais simples para se fazer reparos. A dificuldade está em tubos enterrados, quando sua possibilidade de movimentação é mínima ou inviável.

Por conta disso, certos tipos de conexão são mais práticos para o reparo que outros.

As luvas de eletrofusão e as uniões mecânicas de compressão, ambas sem o batente interno, ou do tipo removível, facilitam o reparo, permitindo que funcionem como uma luva de correr, não necessitando movimentar os tubos para serem instaladas.



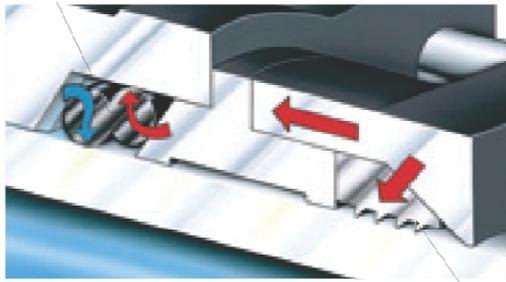
União Mecânica de Compressão: DE 20 a DE 160
Ideal quando há água na linha



Luva de Eletrofusão: DE 20 a DE 1000
Ideal para linhas sem carga ou com estrangulamento

Existem alguns fabricantes de peças metálicas (normalmente ferro dúctil) específicas para tubos de PE ou PVC, para pressões de PN 10 e PN 16, com sistemas de travas similar às conexões de compressão, impedindo que a conexão se solte do tubo (*tensileresistant*), para diâmetros de até DE 1600, cujo fator limitante, por vezes, é seu preço elevado. Geralmente essas peças possuem revestimentos anticorrosivos especiais, como tintas à base de poliuretano e epóxi ou poliamida. Tais quais as conexões de compressão, não necessitam de ancoragem.

Vedação



Junta Mecânica Metálica:
DE 32 a DE 1600

Trava

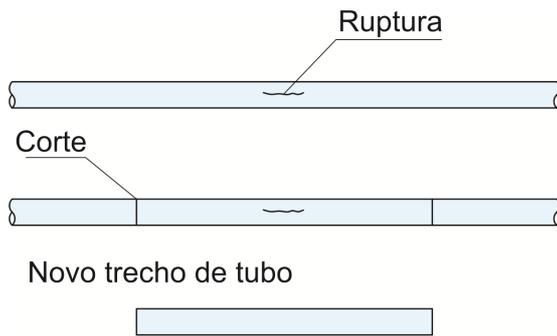


A utilização de um ou outro tipo depende da aplicação, ou se há água na vala, por exemplo, ou até da disponibilidade.

Ainda se pode lançar mão de colarinhos e flanges, ou mesmo um misto de soluções, como mostrado na seqüência abaixo:

- Cortar e substituir o trecho danificado por outro de mesmo DE e PN;
- Se o tubo não puder ser movimentado para se fazer soldas de termofusão, utilizar luva de correr tipo eletrofusão, ou união mecânica de compressão, ou ainda utilizar um carretel com colarinhos/flanges nas extremidades. Pode-se ainda utilizar a solda de termofusão em uma das extremidades e a outra ser unida por luva de eletrofusão ou união de compressão mecânica ou mesmo colarinho/flange;

- Se o reparo não puder ser efetuado imediatamente após o corte da região danificada, as extremidades dos tubos devem ser tamponadas.



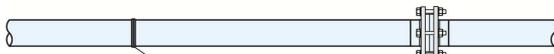
Luva Eletrofusão (Ø20 a 630 mm)



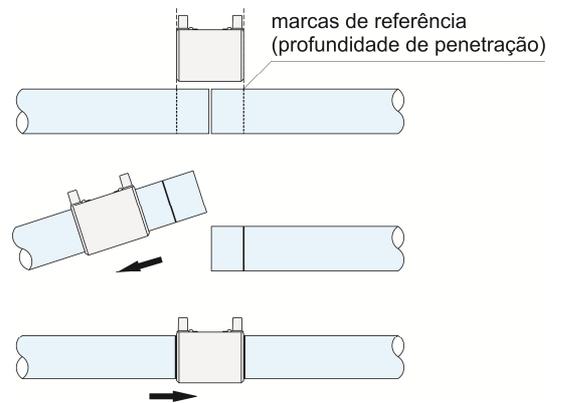
União de Compressão (Ø20 a 160 mm)



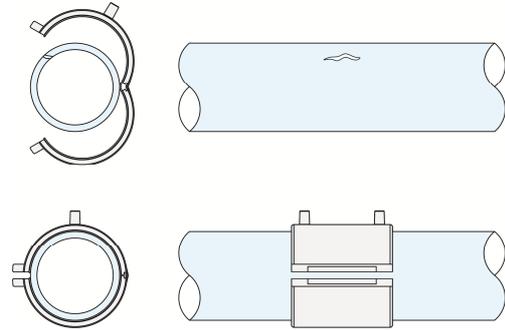
Colarinho e Flange (Ø63 a 1600 mm)



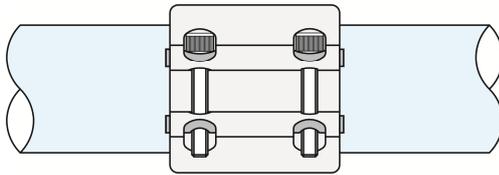
Solda de topo



No caso de furos, há ainda a possibilidade do uso de Selas de Reparo de Eletro fusão, bastante práticas.



- As abraçadeiras de reparo de aço (normalmente inox) também chamadas de torniquetes, se prestam a reparos emergenciais, mas devem ser substituídas por peças eletrosoldáveis ou ter o trecho danificado substituído em curto prazo, quando se possa programar o reparo definitivo. Esse tipo de conexão não pode ser utilizado definitivamente por não possuir adequada resistência à tração axial da tubulação e também porque esse tipo de dano em tubos poliolefinicos (rasgo ou furo) tende a propagar-se, acabando por extrapolar a área da conexão.



● REPAROS DE LINHAS EM CARGA

O grande complicador do reparo de linhas em carga é a impossibilidade de se fazer soldagens com líquidos vazando. Em linhas de gás, há ainda o risco de incêndio durante a soldagem.

Portanto, o seguinte procedimento é recomendado:

- Fechar as válvulas necessárias a estancar o fluxo e executar o reparo conforme 1;
- Se as válvulas existentes na linha não estancarem adequadamente o fluxo, ou não puderem ser acionadas, deve-se utilizar o método do estrangulador de vazão para tubos de até DE 315;
- Não havendo a possibilidade de se estancar o fluxo, deve-se utilizar conexões de compressão, ou usar juntas mecânicas autotravadas especiais, como as mostradas no início. No caso das juntas mecânicas especiais as características de resistência à pressão, à tração e vida útil devem ser definidas e asseguradas pelo fabricante da peça;

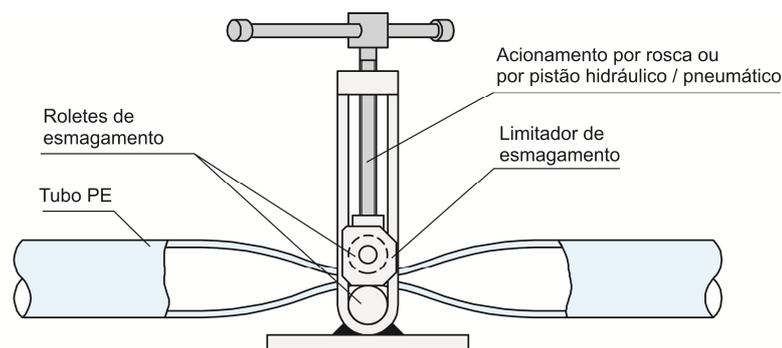
● MÉTODO DO ESTRANGULADOR DE VAZÃO (PINÇADOR)

A flexibilidade dos tubos de polietileno (tanto PE 80 quanto PE 100) propicia o uso de ferramentas estranguladoras para estancar o fluxo, entretanto essas ferramentas devem atender a alguns requisitos mínimos para assegurar que não haja danos permanentes ao tubo, levando à ruptura precoce.

É comum o uso de ferramentas improvisadas, que invariavelmente provocam dano ao tubo, gerando novo vazamento no local estrangulado.

Conforme normas internacionais, como a BGC PS PL2 – part7, a brasileira NBR 14473 (em revisão) e a ABPE E006 (em revisão) o estrangulador de vazão deve cumprir com os seguintes requisitos:

- Ser capaz de estrangular tubo de polietileno PE de maior diâmetro e classe de pressão especificada pelo equipamento, até que a distância entre os cilindros de esmagamento atinja a 80% do dobro da espessura nominal do tubo, com fator de segurança de ao menos 1,5 a máxima força necessária;
- O estrangulador deve possuir limitadores de esmagamento ajustáveis em função do diâmetro e espessura do tubo (SDR) para que o esmagamento não ultrapasse a 20% do dobro da espessura do tubo, ou seja, o esmagamento deve ser interrompido quando a distância entre os roletes de esmagamento atingir a 80% do dobro da espessura. Por exemplo, se o tubo tem espessura de 10 mm, a distância entre os roletes de esmagamento não deve ser menor que 16 mm (80% de 20 mm);
- Se for de acionamento hidráulico deve possuir uma trava mecânica, que impeça o retorno do pistão hidráulico em caso de falha durante a operação;
- Os roletes de esmagamento devem ter os diâmetros mínimos apresentados na Tabela abaixo;
- Os roletes de esmagamento não devem deformar-se sob a ação da força de esmagamento;
- O estrangulador de vazão deve poder ser facilmente operado dentro de vala por não mais do que duas pessoas.

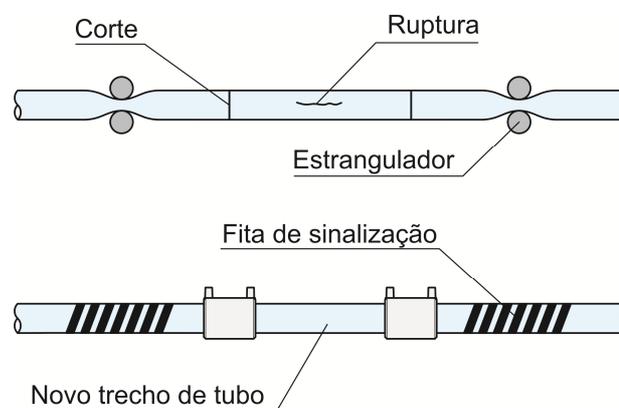


DIÂMETROS MÍNIMOS DOS ROLETES DE ESMAGAMENTO

DE	Diâmetros mínimos dos roletes (mm)
20	25
25	25
32	32
40	32
50	32
63	32
75	38
90	38
110	38
125	38
140	38
160	38
180	38
200	38
225	38
250	38
280	38
315	50
355	50
400	50

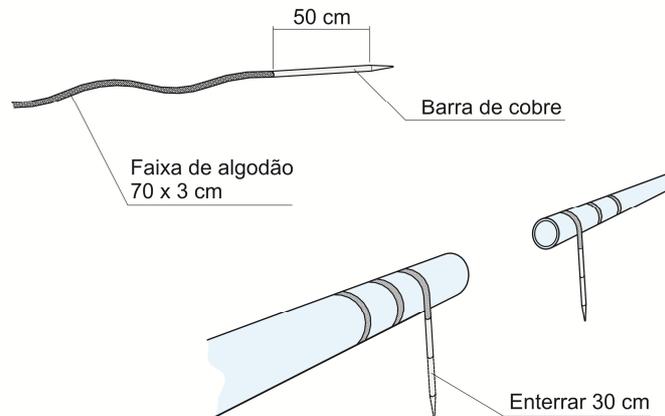
● Procedimento de uso do Estrangulador de Vazão

- O estrangulamento deve ser feito a uma distância não inferior a 500 mm ou 4.DE, o que for maior, de qualquer união, derivação, ou estrangulamento feito anteriormente;
- Se necessário, usar dois ou mais estranguladores consecutivos a montante do trecho a ser cortado, respeitando-se a distância de 500 mm entre eles ou 4.DE, o que for maior. Se necessário, manter a pressão da linha tanto a montante, quanto a jusante do trecho a ser substituído usar estranguladores nos dois lados do trecho;
- Uma vez estancado o fluxo, cortar fora o trecho danificado e proceder ao reparo;
- Após o término da operação, o local estrangulado deve ser marcado com fita adesiva indelével, para não se repetir o estrangulamento no mesmo lugar.

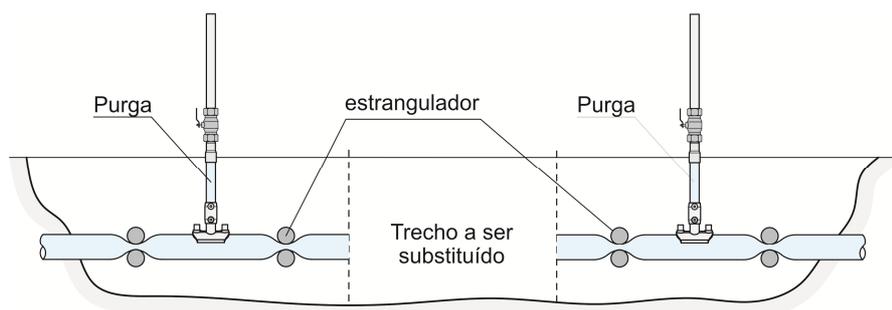


- **PARA LINHAS DE GÁS:** define-se que para tubos maiores que DE 63 deve-se utilizar 2 estranguladores de cada lado do trecho a ser cortado, e deve-se soldar um Tê de serviço ou um Tê de serviço com válvula incorporada na seção a ser substituída para purgar o gás contido neste trecho. Deve ser assegurado que não esteja havendo vazamento de gás, antes de se fazer os cortes.
- **ANTES DE SE CORTAR O TUBO,** deve-se aterrar o trecho a ser cortado, para evitar cargas elétricas estáticas que possam haver como decorrência do atrito do gás natural (que é seco), no tubo, eliminando a possibilidade de ocorrer uma faísca que levaria à explosão.

O aterramento pode ser feito usando-se uma haste de cobre com uma fita de algodão, para ser enrolada no trecho a ser cortado. Finca-se a haste no solo para prover o aterramento e molha-se com água a região envolvida com a fita. Para melhorar a condução elétrica recomenda-se usar água misturada com sal grosso. Existe a possibilidade de uso de tintas condutivas em spray no local do corte, enrolando-se então um fio de cobre conectado à haste de aterramento.



Aterramento da tubulação de polietileno



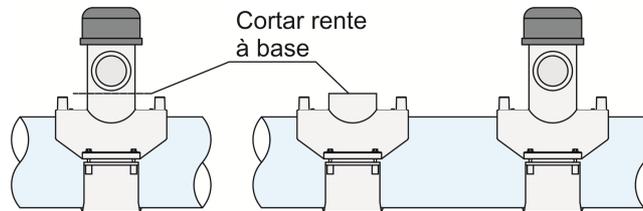
Purga e estrangulamento de linhas de gás

O procedimento de estrangulamento é limitado na prática ao diâmetro de DE 400. Mesmo para tubos maiores que 180 mm os equipamentos já são muito caros e de difícil manuseio.

Outra limitação é a dificuldade de se estancar o fluxo quanto maior o diâmetro do tubo, daí utilizar-se 2 ou até mais estranguladores em série.

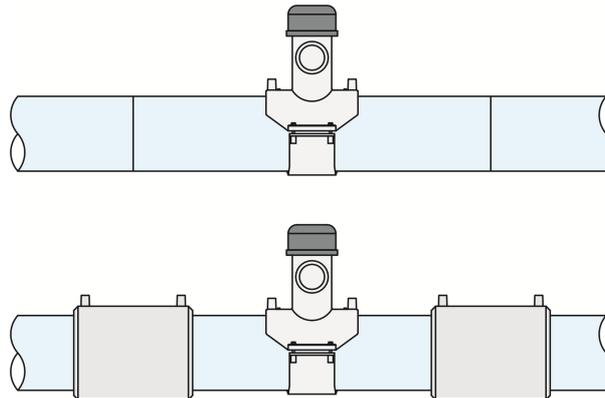
● REPAROS EM TÊ DE SELA E TÊ DE SERVIÇO SOLDADOS

- a) Se a falha ocorrer na solda do tubo do ramal à peça de derivação, e o tubo da rede ainda não tiver sido furado, corte a peça rente à sua base, sem danificar o tubo da rede, e faça a soldagem de uma nova peça ao lado;



Substituição de Tê de Sela ou serviço antes de furar rede

- b) Se a falha ocorrer na solda da sela da peça ao tubo da rede, corte e retire o trecho do tubo da rede com a solda defeituosa e substitua por um trecho novo, de comprimento adequado para proceder à nova solda;



Substituição de Tê de Sela ou Serviço após furar rede ou defeito na solda

- c) Se a falha ocorrer na solda da sela da peça ao tubo da rede e a linha estiver em carga, antes de efetuar a substituição do trecho e instalar nova peça, estancar a linha.

● REPAROS EM COLAR DE TOMADA E TÊ DE SERVIÇO MECÂNICO

- a) Retire o colar de tomada ou tê de serviço defeituoso, limpe bem o local com pano embebido em álcool ou acetona. Certifique-se de que o local de assentamento da peça velha no tubo da rede não esteja danificado com rasgos ou ranhuras que não permitirão a vedação da peça. Substitua por outra peça, de maneira a aproveitar a furação anterior da rede;
- b) Caso o local de assentamento da peça na rede não esteja em condições ou o furo anterior não possa ser aproveitado, substitua esse trecho de tubo da rede conforme 1, a seguir proceda à instalação da nova peça;
- c) Se a rede estiver em carga, antes de instalar nova peça, proceda ao estancamento do fluxo de água.

MÓDULO 4

4.6 - PROCEDIMENTOS DE SOLDA DE TOPO

É a forma mais tradicional e utilizada de soldagem de tubos de polietileno e polipropileno, sendo aplicada, mais comumente, em tubos de DE \geq 63. É chamada de topo, pois os tubos são soldados face a face (de topo).

Somente são soldáveis materiais de mesma família, como PE x PE ou PP x PP, porém admite a soldagem de materiais diferentes, tipo PE80 x PE100, p. ex, desde que compatíveis, (normalmente materiais com MFI₅ entre 0,3 e 1,4 g/10 min são compatíveis), mas os tubos e conexões devem ter a mesma espessura (mesmo SDR).

Oferece grande segurança, confiabilidade e um fator de solda a tração entre 0,8 e 1,0, onde fator de solda a tração (f_s) é a relação entre a resistência a tração da solda e a do tubo. Verifica-se, na prática, que o fator de solda de topo, em função da pressão interna no tubo, é maior que 1,0.

● Normas Aplicáveis

- NBR 14.464 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Execução de Solda de Topo (EM REVISÃO – aguardar versão 2013);
- NBR 14.472 – Tubo de Polietileno PE 80 e PE 100 – Qualificação do Soldador (Módulo 3);
- NTS 060 - Tubos de Polietileno PE 80 e PE 100 para redes de água e adutoras – procedimento de solda de topo;
- DVS 2207-1 - Soldagem de Materiais Termoplásticos – Soldagem de Tubos, Conexões e Placas –Parte 1 – Procedimentos;
- DVS 2202-1 - Teste de Produtos Semi-Acabados de Polietileno -Avaliação de Solda;
- ISO 21307 - Tubos e Conexões Plásticas – Procedimentos de Solda de Topo para Tubos e Conexões de Polietileno (PE) para Distribuição de Água e Gás Combustível;
- DS/INF 70-2 - Tubulações plásticas – Procedimento de Solda de Termofusão de Topo;
- DS/INF 70-3 - Tubulações Plásticas – Solda de termofusão de Topo – Inspeção Visual.

A DVS 2207 é a mais largamente utilizada e aceita.

● Equipamento

Este método exige um equipamento de soldagem constituído, basicamente, de:

Estrutura Básica, onde os tubos a serem soldados são presos horizontalmente por abraçadeiras (4), e que através de uma unidade de força (mecânica, hidráulica ou pneumática) movimentam as abraçadeiras no sentido de afastar os tubos ou pressioná-los topo a topo. Geralmente um jogo de abraçadeiras é fixo e o outro móvel (duas de cada lado). Seu funcionamento é semelhante a uma prensa horizontal;

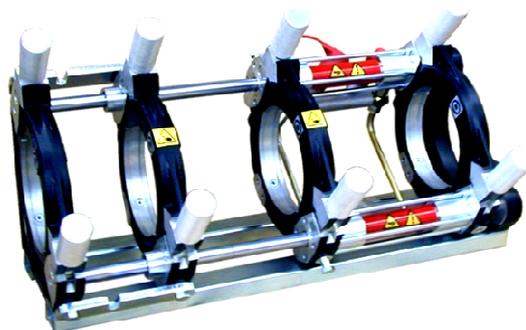


Fig.– Estrutura básica

Unidade de Força ou Unidade de Comando, no caso do dispositivo ser de acionamento mecânico será uma alavanca equipada com torquímetro ou dinamômetro para a medida da força ou pressão aplicada. Se for de acionamento hidráulico ou pneumático consistirá de bomba hidráulica (manual ou elétrica) ou compressor para acionamento dos pistões que movimentam as abraçadeiras:



Fig.– Unidade de Comando

Faceador é basicamente uma plaina rotativa de acionamento manual tipo catraca, ou elétrica, cuja função é facear (aplainar) as extremidades dos tubos a serem soldadas, tornando-as perfeitamente paralelas para garantir o pleno contato de toda a superfície e a distribuição igual da força de solda;



Fig.– Faceador

Placa de Solda ou de Aquecimento é o elemento térmico que leva os materiais a fusão. Deve ter as superfícies em contato com os tubos revestida com material anti-aderente, normalmente PTFE. O revestimento pode ser por filme substituível ou por camada de PTFE; Deve ter controle de temperatura e termômetro incorporado.



Fig.– Placa de solda

Casquilhos de Redução (adaptadores) são peças alojáveis nas abraçadeiras para reduzir seu diâmetro interno, permitindo fixar tubos e conexões de vários diâmetros na máquina. As máquinas de solda são dimensionadas para atender a soldagem de uma gama de diâmetros, por exemplo DE 90 a 250, DE 63 a 180, etc. Por isso suas abraçadeiras têm a dimensão adequada ao maior diâmetro comportado pelo equipamento e quando se vai soldar diâmetros menores utilizam-se os casquilhos de redução. Para soldagem de conexões curtas admite-se usar apenas uma abraçadeira para prender a peça.



Fig.– Casquilhos de redução

● O Princípio da Solda de topo por Termofusão

A solda de topo por termofusão inclui 4 etapas: preparação, aquecimento (fusão), solda e resfriamento.

A **preparação** é de extrema importância para uma boa soldagem. Essa etapa compreende:

- Alinhamento dos tubos e/ou conexões;
- Limpeza das superfícies de solda;
- Faceamento das extremidades de solda, assegurando o perfeito paralelismo das partes e a remoção de possível camada oxidada;
- Medição da pressão de arraste.

O **aquecimento** subdivide-se em 2 fases: pré-aquecimento e aquecimento propriamente dito.

- O pré-aquecimento objetiva, primordialmente, assegurar que as superfícies de solda estejam totalmente em contato com a placa de aquecimento, é de curta duração com pressão elevada.

- O aquecimento se processa a baixas pressões, praticamente zero, e por tempo correlacionado com a superfície de solda, para que o material atinja a temperatura de fusão apropriada.

A **solda** consiste na compressão das superfícies de solda fundidas, para que ocorra a penetração e a interligação molecular das duas partes. A pressão de solda deve ser mantida até que a temperatura caia abaixo da temperatura de fusão do material.

O **resfriamento** pode ser subdividido em 3 fases:

- Resfriamento durante a solda, com pressão elevada;
- Resfriamento após a solda. Alguns procedimentos, como a DVS 2207, recomendam manter a pressão de solda ainda nesta fase, outros recomendam zerar a pressão, mas sempre mantendo o conjunto imóvel até o fim do ciclo de cristalização do material (<110°C para PE e <150°C para PP);
- Resfriamento para aplicar carga e pressão. Pode ser executado já com as partes soldadas fora da máquina de solda, e já podem ser movimentadas, entretanto, somente deve ser aplicada pressão após a superfície de solda atingir a temperatura ambiente.

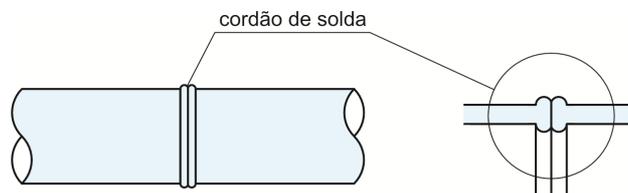
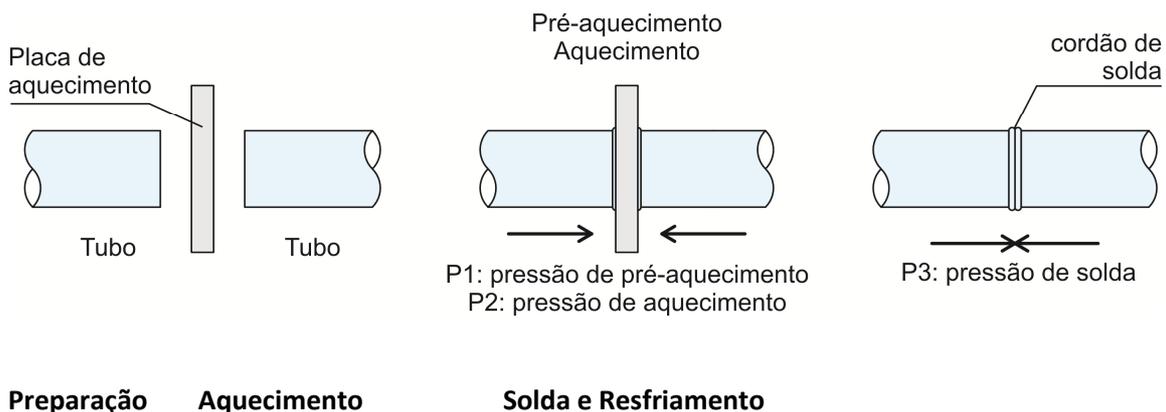


Fig.– Princípio da solda de topo por termofusão

● Procedimento de Soldagem de Topo

CUIDADOS INICIAIS ANTES DA SOLDAGEM	OK ?
1. Procure assentar o equipamento sobre uma base regular ou terreno plano e consistente. Se preciso, forre o piso com plástico, madeira, etc	✓
2. Coloque o equipamento preferencialmente em um local abrigado, de forma a evitar ventos, que trazem sujeira e criam diferenças de temperatura nas superfícies da placa de solda.	✓
3. Providencie roletes ou similares para o alinhamento dos tubos.	✓
4. Certifique-se que a fonte de energia (gerador ou rede elétrica) tenha potência e voltagem adequada ao equipamento. Se usar gerador, verifique se há combustível suficiente.	✓
5. Ligue o gerador e estabilize-o na voltagem e frequência determinadas. Deixe-o aquecer e estabilizar por pelo menos 5 minutos. Nunca conecte equipamentos ao gerador antes de estabilizar, ou pode danificá-los.	✓
6. Verifique o nível de óleo do comando hidráulico.	✓
7. Conecte as mangueiras ao comando hidráulico, tomando o cuidado de limpar e posicionar os conectores e engates adequadamente.	✓
8. Certifique-se de possuir os parâmetros de soldagem adequados ao equipamento e dimensão dos tubos.	
9. Limpe o equipamento com pano limpo, prestando atenção no estado dos eixos (riscos, depressões). Tire poeiras e incrustações que possam provocar danos nos eixos quando a máquina for acionada.	
10. Limpe a placa de solda com pano embebido em álcool ou acetona.	
11. Mantenha o faceador e a placa de solda em seus respectivos suportes.	
12. Ligue o equipamento (bomba hidráulica, faceador e placa de solda ajustada para a temperatura de soldagem) e comande a abertura e o fechamento da máquina várias vezes (no mínimo 10 vezes), ajuste as pressões, para garantir que todos os comandos estejam funcionando plenamente e que possível ar na linha hidráulica seja purgado.	
13. Verifique o revestimento anti-aderente da placa de solda. Se necessário substitua-o. Se a placa tiver alguma contaminação, faça simulações de solda com o tubo, limpando a seguir com pano ou papel embebido em álcool ou acetona. Isto deve tirar os resíduos grudados na placa	
14. Verifique se a placa de solda atingiu a temperatura de trabalho e se estabilizou. Verifique sua temperatura com lápis térmico ou termômetro	
15. Verifique as lâminas do faceador. Se necessário ajuste ou substitua-as. O ajuste deve ser feito de forma a garantir cavacos contínuos e de pequena espessura (0,2 a 0,5 mm).	
16. Certifique-se que os materiais dos tubos e conexões a serem soldados são compatíveis, de mesmo SDR e estão em bom estado.	
17. Faça uma limpeza preliminar dos tubos, eliminando lama, graxa, pó, areia, etc	
18. Faça o correto preenchimento inicial do Relatório de Soldagem.	

1 Preparação da solda

1.1. Ajustar equipamento de solda colocando os casquilhos adequados ao diâmetro dos tubos. Limpe o faceador, tubos e placa de solda. Estabilizar temperatura da placa de solda conforme a Tabela de Solda (da ordem de 210 a 220°C para PEAD e PP).

1.2. Fixar e alinhar os tubos e/ou conexões nas abraçadeiras. Assegurar-se que as extremidades dos tubos tenham comprimento suficiente para realizar a soldagem. Use todos os recursos para facilitar o alinhamento e diminuir o atrito para o arraste dos tubos, tais como:

- colocar roletes ou calços de madeira sob os tubos;
- girar os tubos até encontrar o melhor alinhamento. Lembre-se que os tubos são normalmente ovalizados. O alinhamento é facilitado se for usada como referência a linha de marcação dos tubos;
- deslocar os tubos lateralmente para compensar curvaturas.

1.3. Tampar as extremidades externas dos tubos para evitar que o vento entre pelos próprios tubos prejudicando a soldagem;

1.4. Alojjar o faceador na máquina e facear as extremidades dos tubos. Para tanto, regular a pressão de faceamento tal que seja suficiente para que o faceador tire cavacos finos e contínuos dos tubos. Pressões muito altas danificam o faceador e resultam em mau faceamento;

LEMBRE-SE: O faceador deve ser ligado antes de aproximar os tubos contra si e deve ser desligado somente após a reabertura da máquina. Isto evita sobrecarregar o motor do faceador e dá um bom acabamento às superfícies de solda, eliminando ressaltos, degraus e ranhuras.

Se não estiver conseguindo bom faceamento, regular ou trocar as lâminas do faceador.

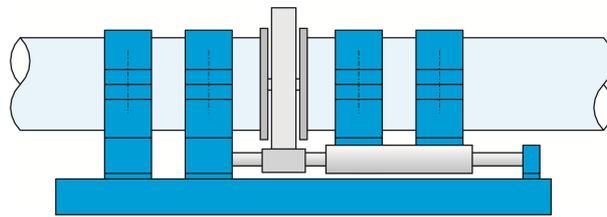
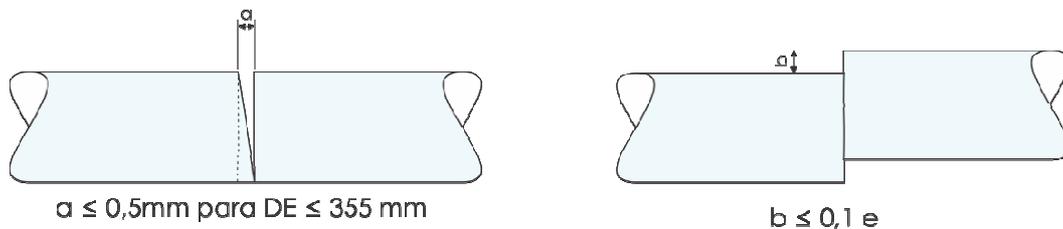


Fig.- Posicionamento das peças adjacentes ao dispositivo de faceamento

1.5. Verificar o paralelismo das superfícies a serem soldadas, encostando-as sem pressão. Abertura máxima admissível (**a**) de 0,5 mm para $DE \leq 355$; 1,0 mm para $400 < DE \leq 630$; 1,3 mm para $630 < DE \leq 800$; 1,5 mm para $800 < DE \leq 1000$ e 2,0 mm $> DE 1000$ mm;

1.6. Verificar alinhamento com paquímetro. Máximo desvio(**b**) de 10% da espessura tubo;



Não paralelismo e desalinhamento admitidos - VERIFICAR

Fig.– alinhamento e faceamento

1.7. Determinar a **Pressão de Arraste – pressão de atrito**, decorrente do próprio atrito dos cilindros da máquina e da força para puxar/arrastar os tubos.: Para tanto, abrir a máquina, zerar a pressão e acionar a alavanca para fechar a máquina. Aumentar gradativamente a pressão até que a máquina inicie o movimento. Aguardar que os tubos se encostem e ler o valor da pressão no manômetro.

Esta será a **Pressão de Arraste**. Caso esta pressão seja excessiva, verificar se o tubo está preso (sendo impedido de mover-se) ou muito comprido. Se necessário minimizar o atrito usando mais roletes sob o tubo a ser movido. Deve ser somada às Pressões da Tabela de Solda.

2 Aquecimento

2.1. Ajustar a **Pressão de Pré-Aquecimento** (igual à **Pressão de Solda**). Esta pressão é a soma do valor da pressão determinada na Tabela de Soldagem com a Pressão de Arraste. A maioria dos equipamentos de solda permite o pré-ajuste das pressões. Para isso, fechar a máquina, comprimindo um tubo contra o outro e ajustar a pressão desejada. Assim, a máquina irá comprimir e estabilizar na pressão pré-ajustada;

2.2. Limpar as superfícies a serem soldadas e a placa de solda com papel adequado embebido em álcool isopropílico ou etílico, ou acetona. Nunca usar objetos que danifiquem a placa, nem tecidos que soltem fiapos. É importante que o álcool tenha baixo teor de água e seja de rápida evaporação, (pureza igual ou melhor que 96°GL). A acetona deve ser de alta pureza. Outros líquidos de limpeza de rápida evaporação também podem ser usados, como tricloroetano ou cloroetileno;

2.3. Verificar a temperatura da placa com termômetro digital ou lápis térmico;

2.4. Posicionar a placa de solda na máquina de solda. Ao manusear a placa de solda, tomar cuidado para não se queimar nem bater a placa contra objetos que possam danificá-la ou ao seu revestimento anti-aderente. Recomenda-se o uso de luvas adequadas;

2.5. Pressionar as superfícies dos tubos contra a placa (**Pressão de Pré-Aquecimento + Arraste**) até a formação do cordão inicial (bulbo) em toda a circunferência dos tubos;

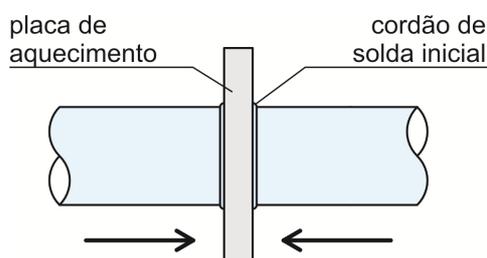


Fig.- Formação do cordão inicial de solda

2.6. Reduzir para a **Pressão de Aquecimento** (0 a 0,2 kgf/cm²) e aguardar o **Tempo de Aquecimento** (definido na tabela de soldagem). Algumas máquinas possuem uma chave para comutar entre as pressões pré-ajustadas de pré-aquecimento e aquecimento, em outras se leva a alavanca à posição de descarga de pressão (*venting*). Lembrar que para efeito de solda a pressão de arraste é equivalente a zero, pois tem apenas a função de vencer os atritos estáticos. No caso de se fazer solda em acíves, puxando a barra do tubo para cima, a pressão de aquecimento deve ser no mínimo a pressão de arraste, senão o próprio peso do tubo tende a abrir a máquina, desencostando o tubo da placa de solda, prejudicando a solda;

2.7. Após o **Tempo de Aquecimento**, abrir a máquina e retirar a placa de solda. Verificar rapidamente se ficou material fundido grudado na placa (arrancamento de material) ou houve deformação da superfície de solda. Caso afirmativo, interromper o processo, limpar a placa e reiniciar a etapa 1. Antes, verificar se há necessidade de substituir o revestimento anti-aderente da placa;

3 Solda

3.1. Fechar a máquina novamente, comprimindo as superfícies dos tubos, uma contra a outra, com a **Pressão de Solda** (Pressão da Tabela mais a Pressão de Arraste). O tempo entre a abertura, retirada da placa de solda, e fechamento da máquina deve ser no máximo o valor estipulado na Tabela de Soldagem.

Nas máquinas mais modernas a Pressão de Solda já estará pré-ajustada, pois é igual à Pressão de Pré-Aquecimento, precisando somente colocar a alavanca na posição FECHAR; que a máquina subirá até a pressão de solda e estabilizará;

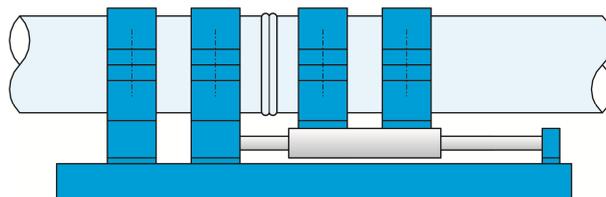


Fig.- Solda e Resfriamento

4 Resfriamento

4.1. Aguardar o **Tempo de Resfriamento** (definido na Tabela de soldagem). Alguns procedimentos dividem o resfriamento em 2 fases. A primeira com Pressão de Solda, de curta duração (aprox. 10 min). A segunda, mais longa, com pressão zero.

Anotar com caneta apropriada, do lado da solda, a hora de término do resfriamento. Após o resfriamento, retornar a pressão a zero e tirar o tubo da máquina. Não comandar a abertura da máquina antes do tempo estipulado, pois isto resultará na perda da solda. O resfriamento deve ser natural, não podendo ser forçado com água ou ventiladores, pois incorreria em tensões adicionais de resfriamento.

Nota: uma boa prática é marcar com um sinete (punção) o cordão de solda, antes de seu total resfriamento, com o código do soldador.

4.2 **Não pressurizar** os tubos antes do total resfriamento (temperatura ambiente).

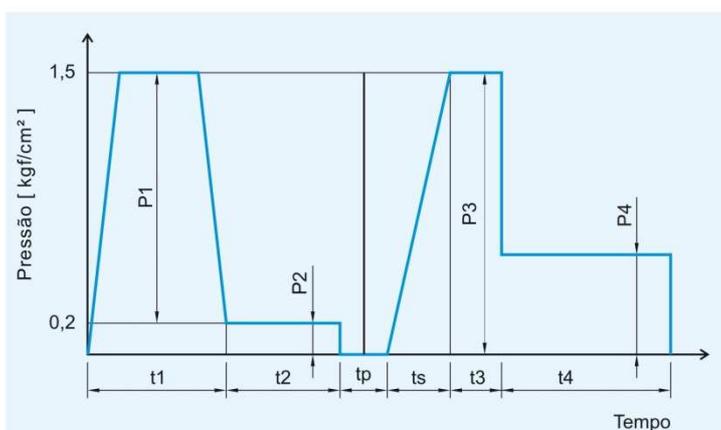
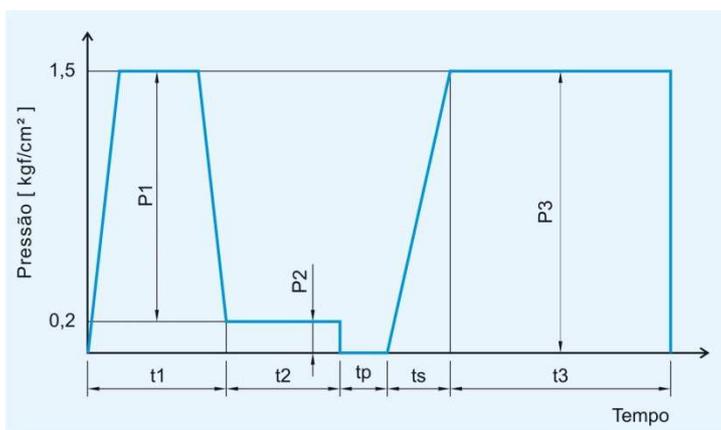
Os tempos de resfriamento são definidos visando que a temperatura da solda caia abaixo da temperatura de cristalização dos materiais. Via de regra, após o tempo de resfriamento a região da solda estará com uma temperatura entre 70 e 110 °C, o que não permite que os tubos sejam submetidos à pressão ou grandes esforços.

Assim, após o tempo de resfriamento, deve-se aguardar um tempo adicional para aplicar pressões, para que a solda atinja a faixa da temperatura ambiente.

Como referência, esse tempo adicional é da ordem de $2 \times e$ (mm) dado em minutos.

Por exemplo, para um tubo de espessura (e) de 10 mm, aguardar no mínimo 20 min além do tempo de resfriamento para aplicar pressão. Todavia, é importante assegurar-se que a solda esteja à temperatura ambiente.

CICLO DE EXECUÇÃO DE SOLDA DE TOPO



Ciclo alternativo

- P_1 = Pressão de Pré-Aquecimento para formar o cordão inicial
- t_1 = Tempo de Pré-Aquecimento para formar o cordão inicial
- P_2 = Pressão de Aquecimento
- t_2 = Tempo de Aquecimento
- t_p = Tempo de retirada da Placa de Solda
- t_s = Tempo para elevar a pressão à Pressão de Solda
- P_3 = Pressão de Solda / Resfriamento
- t_3 = Tempo de Solda / Resfriamento
- P_4 = Pressão de Resfriamento (somente em alguns procedimentos)
- t_4 = Tempo de Resfriamento (somente em alguns procedimentos)

A Pressão de Arraste deve ser somada às pressões definidas na Tabela de Solda

PARÂMETROS PARA SOLDA DE TOPO

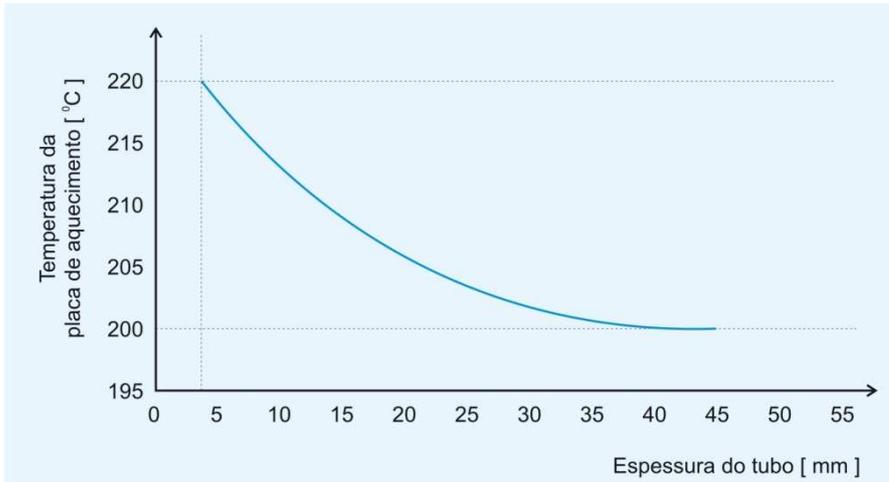


Fig.– Temperatura de solda de PE80 ± 10 °C. Para PE 100 usar 220°C ,conforme DVS 2207

Para soldar PE 80 com PE 100 recomenda-se usar a temperatura de 220°C

TABELA - SOLDA DE TOPO DE PEAD, CONF. DVS 2207, PARTE 1 (2007)

MFI₅ de 0,3 a 1,4 g/10 min

Espessura do Tubo	P ₁ , t ₁ Pré-Aquec. (1,5± 0,1) bar	P ₂ , t ₂ Aquec. 0 a 0,2 bar	t _p Retirada da Placa aquec	t _s Elevar a pressão	P ₃ , t ₃ Resfriam. (1,5±0,1) bar
mm	Larg. Inicial Cordão (B) mm	Tempo* s	Tempo Max s	Tempo S	Tempo min
até 4,5	0,5	Até 45	5	5	6
4,5 – 7	1,0	45 – 70	5 – 6	5 – 6	6 - 10
7 – 12	1,5	70 – 120	6 – 8	6 – 8	10 - 16
12 – 19	2,0	120 – 190	8 – 10	8 – 11	16 - 24
19 -26	2,5	190 – 260	10 – 12	11 – 14	24 - 32
26 - 37	3,0	260 – 370	12 – 16	14 – 19	32 – 45
37 -50	3,5	370 – 500	16 – 20	19 – 25	45 – 60
50 - 70	4,0	500 - 700	20 – 25	25 - 35	60 – 70

* tempo de aquecimento (t₂)= 10 x espessura do tubo (mm), em segundos.
Acrescer pressão de arraste às pressões P₁ e P₃. Não é obrigatório somar a pressão de arraste à de aquecimento P₂, aplicando aprox. zero, exceto em planos inclinados (aclives/declives)

As normas costumam estabelecer o tempo de resfriamento de maneira conservativa, considerando-se a temperatura ambiente da ordem de 40°C.

Visando diminuir o tempo de solda, para torná-las mais econômicas e a obra mais produtiva, alguns fabricantes de equipamentos de solda oferecem máquinas com controles automáticos, que incluem em seu software um algoritmo que corrige o tempo de resfriamento em função da temperatura ambiente (Controle de Tempo de Resfriamento ou *Cooling Time Control*).

Com esse algoritmo, o tempo de resfriamento para a temperatura ambiente de 20°C é reduzido em aproximadamente 40%, e a 5°C em torno de 60%, significando uma redução do tempo total de solda da ordem de 33 a 54%, respectivamente.

TABELA - SOLDA DE TOPO DE PP, CONF. DVS 2207 – PARTE 11 (1999)
MFI₅ de 0,4 a 1,0 g/10 min

Temperatura da Placa de Solda: $210 \pm 10^{\circ}\text{C}$

Espessura do Tubo	P ₁ , t ₁ Pré-Aquec. (1,0±0,1) bar	P ₂ , t ₂ Aquec. 0 a 0,1 bar	t _p Retirada da Placa de Solda	t _s Elevar a pressão	P ₃ , t ₃ Resfriam. (1,0±0,1) bar
mm	Larg. Inicial Cordão (B) mm	Tempo S	Tempo max s	Tempo s	Tempo min
até 4,5	0,5	135	5	6	6
4,3 – 7	0,5	135 – 175	5 – 6	6 – 7	6 – 12
7 – 12	1,0	175 – 245	6 – 7	7 – 11	12 – 20
12 – 19	1,0	245 – 330	7 – 9	11 – 17	20 – 30
19 -26	1,5	330 – 400	9 – 11	17 – 22	30 – 40
26 - 37	2,0	400 – 485	11 – 14	22 – 32	40 – 55
37 -50	2,5	485 – 560	14 – 17	32 – 43	55 – 70

Acrescer pressão de arraste às pressões P₁ e P₃. Não é obrigatório somar a pressão de arraste à de aquecimento P₂, aplicando aprox. zero, exceto em planos inclinados (aclives/declives)

● Controle de Solda de Topo por Termofusão

O controle de Soldas de Topo por Termofusão baseia-se no rigoroso controle da obediência dos procedimentos determinados e do respeito aos parâmetros de soldagem.

Os parâmetros de soldagem, se ainda não comprovados, devem ser avaliados através de ensaios de pressão hidrostática e tração (Módulo 3). Uma vez determinados, estes parâmetros devem ser rigorosamente seguidos.

Procedimentos aplicados em tubos metálicos como Raio X, gamagrafia ou ultrassom não se aplicam a tubos poliolefinicos, pois são materiais de baixa propagação de ondas sonoras e magnéticas, o que exigiria aparelhos emissores de ondas de baixa frequência, que sofrem menos atenuação, entretanto, ondas de baixa frequência têm longo comprimento de onda, detectando apenas defeitos grosseiros, que são praticamente inexistentes nesses tipos de solda. Portanto esses métodos não têm encontrado função prática na análise de soldas, restringindo-se a medições de espessuras.

Várias experiências têm sido feitas com aparelhos de ultrassom, mas até o momento mostraram-se pouco práticas, de difícil avaliação e custosas.

No campo, a formação do cordão de solda tem se mostrado um prático indicador da qualidade da mesma.

Uma solda bem feita apresenta o cordão de solda simétrico e uniforme em largura e altura em toda periferia do tubo, rolado e sem incidência de bolhas e contaminações e com as dimensões e tolerâncias específicas.

A largura do cordão de solda depende da matéria prima (MFI e DPM) dos tubos e/ou conexões e dos parâmetros adotados.

Uma vez definidos e qualificados os parâmetros de soldagem, define-se a largura média do cordão de solda resultante (B), que deve balizar a avaliação da soldas.

Onde $B = (B_{max} + B_{min})/2$; e a diferença entre a máxima largura do cordão (B_{max}) e a mínima (B_{min}) não deve ser maior que 10% de B . A diferença entre os sub-cordões (b_1 e b_2) de cada lado da solda também deve ser medida.

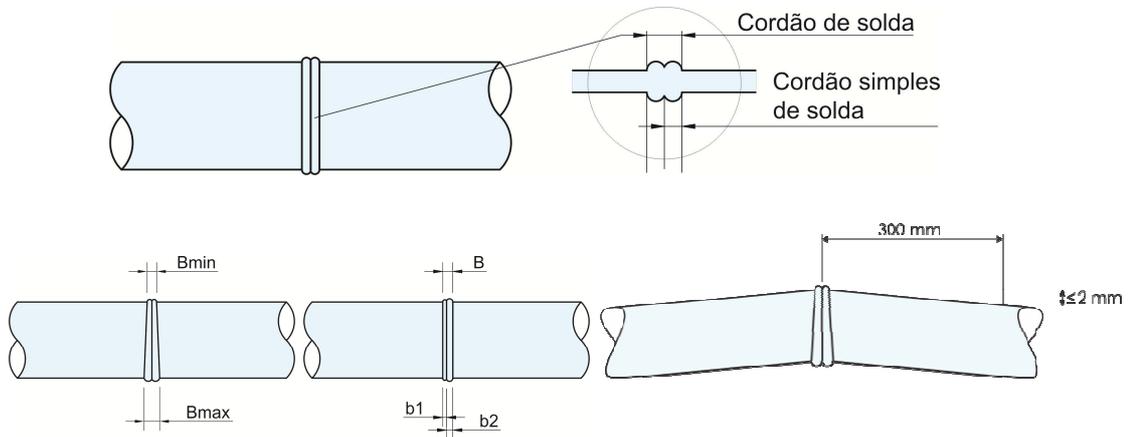
A soldagem de tubos de materiais de procedências diferentes, ou mesmo PE 100 x PE 80, bem como de tubo com conexão, pode apresentar diferenças maiores de cada lado do cordão de solda. As normas têm definido os seguintes critérios para avaliar o cordão de solda total (B) e de cada lado da solda (b_1 e b_2 , definidos por cordões simples ou sub-cordões de solda):

Tabela– Diferenças ADMITIDAS no cordão de solda (B , b_1 e b_2)

$B=(B_{max} + B_{min})/2$	Tubo/Tubo	Tubo/Conexão e Conexão/Conexão	Tubos de Materiais Diferentes
$B_{min} \geq 0,9 . B$ $B_{max} \leq 1,1 . B$	$b_1 \geq 0,7 . b_2$	$b_1 \geq 0,6 . b_2$	$b_1 \geq 0,6 . b_2$

Nota: B = largura média do cordão de solda

FORMAÇÃO TÍPICAS DOS CORDÕES DE SOLDA DE TOPO POR TERMOFUSÃO



<p>> 0</p>	
<p>Solda boa cordão uniforme e rolado</p>	<p>Solda ruim desalinhamento dos tubos</p>
<p>Solda ruim excesso de temperatura ou tempo</p>	<p>Solda ruim materiais com temperatura diferentes</p>
<p>Solda ruim pouca força de solda</p>	<p>Solda ruim baixa temperatura ou pouco aquecimento</p>

Algumas companhias de distribuição de gás demandam a remoção do cordão (bulbo) de solda interno ou externo, através de ferramentas adequadas, para melhor avaliar-se o mesmo, bem como arquivá-lo junto com o Relatório de Solda servindo como amostra testemunha da solda.

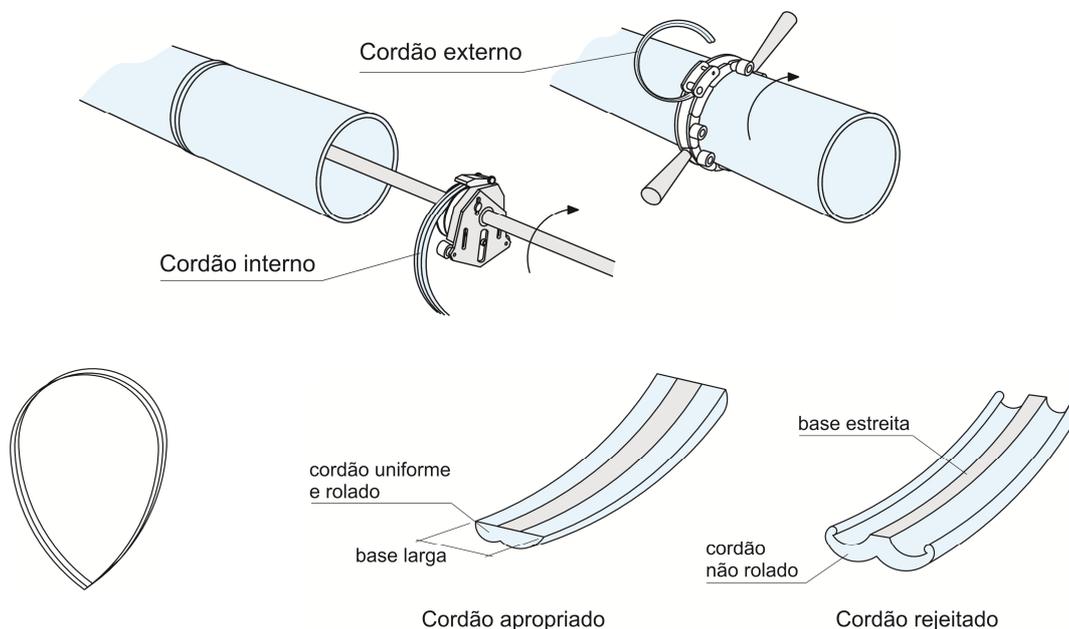


Fig. - Aparência do cordão final de solda quando retirado

O cordão de solda retirado, além de analisado quanto a sua formação e dimensões, deve ser dobrado manualmente, contra sua curvatura, para verificar a ocorrência de contaminações, bolhas ou se a solda rompe (solda fria).

A retirada do cordão não é uma prática usual, sendo mais empregada por companhias distribuidoras de gás, objetivando um controle de qualidade melhor documentado, e, mesmo assim, restringindo-se à retirada do cordão externo.

A retirada do cordão interno exige equipamentos relativamente caros e sua prática é restrita a tubulações para condução de alimentos (para evitar incrustação e deterioração de alimentos nos cordões) ou na inserção de cabos telefônicos ou de energia, evitando um possível dano em seu revestimento isolante.

Recomenda-se que, além da avaliação visual de 100% das soldas e de seu relatório, retirar amostras para ensaios de tração e/ou pressão, conforme Módulo 3 – Qualificação do Instalador, Soldador, Soldas e Equipamentos. A frequência para retirada de amostras deve ser definida entre o cliente e o inspetor.

● Relatório de Soldagem

O Relatório de Soldagem de Topo deve apresentar, no mínimo, os seguintes dados:

- Identificação dos tubos e conexões, incluindo o DE, SDR, tipo de material, nomes dos fabricantes do tubo e conexão e códigos do lote de fabricação, que permitam rastrear as produções dos mesmos nos programas de qualidade dos fabricantes;
- Controle visual do bulbo final de solda, informando sua aparência, uniformidade, contaminações, etc.;
- Medidas dos cordões de solda e sub-cordões e do alinhamento.
- Parâmetros de Solda Padrões e o Real Medido;
- Nome, assinatura; código do Soldador e do Inspetor responsável;
- Data de execução da solda.

MODELO DE RELATÓRIO DE SOLDADA

(papel timbrado do executor da soldagem)

Obra: Nº 012/97 - Cia de Abastecimento de Santa Bocaina

Data da solda: 25 / 01 / 97 Nº da solda: 04

Condições climáticas (Temperatura/chuva, etc.): Nublado, sem chuva - 28°C

Medidas Preventivas: Nenhuma/Tenda/Aquecimento/Guarda Sol-Chuva:

Descrição do trecho: Av. 13 de maio, altura nº 162, a 48m da esquina

Solda: Tubo/Tubo () Tubo/Conexão (X) Conexão/Conexão ()

Descrição dos materiais:

PEÇA 1: TUBO :

DE: 250 Tipo (PEXX): PE 80 PN/SDR: PN 8/SDR 17 Comp.: barras 12 m

Fabricante: XXXX Data fab: 20/11/96 Nº Lote: 961120PE80

PEÇA 2: CONEXÃO: Curva 90° gomada

DE: 250 Tipo (PEXX): PE 80 PN/SDR: PN 8/SDR 17

Fabricante: XXXX Data fab: 20/11/96 Nº Lote: 9611C5PE80

Descrição do equipamento de soldagem: GF250- 220V - 4 KVA

PARÂMETROS DE SOLDAGEM: NORMA: DVS 2207

Hora de início da soldagem	10:22	padrão	real
Temperatura da Placa de Solda	°C	210	212
Desalinhamento Máximo Permitido	mm	1,4	0,8
Pressão/Força de Arraste	bar/kgf	-	5
Pressão/Força de Pré-Aquecimento	bar/kgf	35	35
Pressão/Força de Pré-Aquecim. + Arraste	bar/kgf	-	40
Pressão / Força de Aquecimento	bar/kgf	0 - 4	2
Pressão / Força de Aquecimento + Arraste	bar/kgf	-	7
Tempo de Aquecimento	segundos	149	149
Pressão / Força de Solda	bar/kgf	35	35
Pressão / Força de Solda + Arraste	bar/kgf	-	40
Tempo de Resfriamento	minutos	20	20
Largura final do cordão de solda (B) e (Bmax/Bmin)	mm	-	(15) e (16/14)
Diferença máxima entre cordões (b1/b2)	mm	b1 ≥ 0,6 b2	6/9
Hora de término da soldagem		-	10:58

Avaliação	Condição	Observações
Equipamentos	boa	
Procedimentos	boa	
Avaliação Cordão Solda	boa	

Aprovada ()

Reprovada ()

Soldador: _____ Inspetor: _____

MÓDULO 4

4.7 - PROCEDIMENTOS DE SOLDA DE ELETROFUSÃO

Vem se tornando cada vez mais competitiva em custo, e nas instalações de distribuição de água e gás substituíram, praticamente em todo o mundo, as soldas soquete e sela por termofusão, por sua grande praticidade e confiabilidade.

Com fator de solda tão bom quanto a solda de topo por termofusão, é mais prática para reparos e locais de difícil acesso e ainda permite a soldagem de materiais com grandes diferenças de MFI e de tubos e conexões com SDRs (espessuras) diferentes.

● Normas Aplicáveis

- NBR 14.472 – Tubo de Polietileno PE 80 e PE 100 – Qualificação do Soldador (vide Mód3);
- NBR 14.465 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Execução de Solda por Eletrofusão;
- DVS 2207 - Soldagem de Materiais Termoplásticos – Soldagem de Tubos, Conexões e Placas –Procedimentos
- DVS 2202 -1 - Teste de Produtos Semi-Acabados de Polietileno -Avaliação de Solda.

● Equipamento

Este método exige um equipamento de soldagem constituído, basicamente, de uma fonte regulada de tensão (normalmente de corrente alternada), com regulagem e controle de intensidade e do tempo de aplicação da tensão.

Os equipamentos, inicialmente bem simples, constituídos de um transformador de tensão e um *timer* (controlador de tempo), hoje estão bastante sofisticados, com fontes chaveadas de alta frequência e totalmente controlados por processadores eletrônicos, controlando e registrando todo o ciclo de soldagem. (vide módulo 3 – Ferramentas de Instalação).

No início de sua aplicação havia grandes diferenças entre os fabricantes das conexões, com tensões de soldagem variando de 10 a 220 V e diversos tipos de plugs/conectores das conexões, exigindo equipamentos de soldagem exclusivos para cada fabricante, dificultando para o usuário.

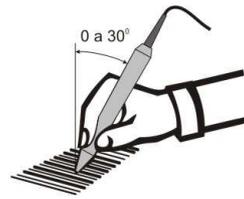
Com o acordo da especificação do ISO/TC 138/SC 4/WG, definiu-se:

- tensão de soldagem máxima de 48 V, buscando a segurança do soldador, pois abaixo de 50 V não há risco à saúde do ser humano. Normalmente as conexões são para tensões de 10, 24 V, 39,5/40 V, 42 V ou 48 V. Algumas conexões especiais podem ter tensão de soldagem de até 250 V, porém com conectores especiais;
- conectores padronizados de diâmetro 4,0e 4,7 mm;
- padrão de código de barras de 24 ou 32 dígitos;

O código de barras é definido pela ISO/TR 13950, sendo do tipo 2/5 *interleaved* (intercalado)



dígitos 1 a 8	dígitos 9 a 11	dígitos 12 a 14	dígitos 15 a 18	dígitos 19 a 21	dígitos 22 e 23	dígito 24
tipo de conexão	diâmetro	tensão	resistência	tempo de solda	fatores	dígito de controle



Código de barras de conexões – 24 dígitos

Essas padronizações tornaram as conexões de eletrofusão mais interessantes, pois se tornaram intercambiáveis e permitiram o surgimento de máquinas de solda universais (que soldam conexões de todos os fabricantes e tipos) e facilitando enormemente ao usuário usar conexões de vários fabricantes sem problemas de estoque e compatibilidade de sistemas.



Máquina de Solda Universal com leitor de Código de Barras



Alinhadores



Raspadores (tipo espátula e rotativos)



Corta-tubos (Rotativo e Alicates)



Desovalizadores e Endireitador

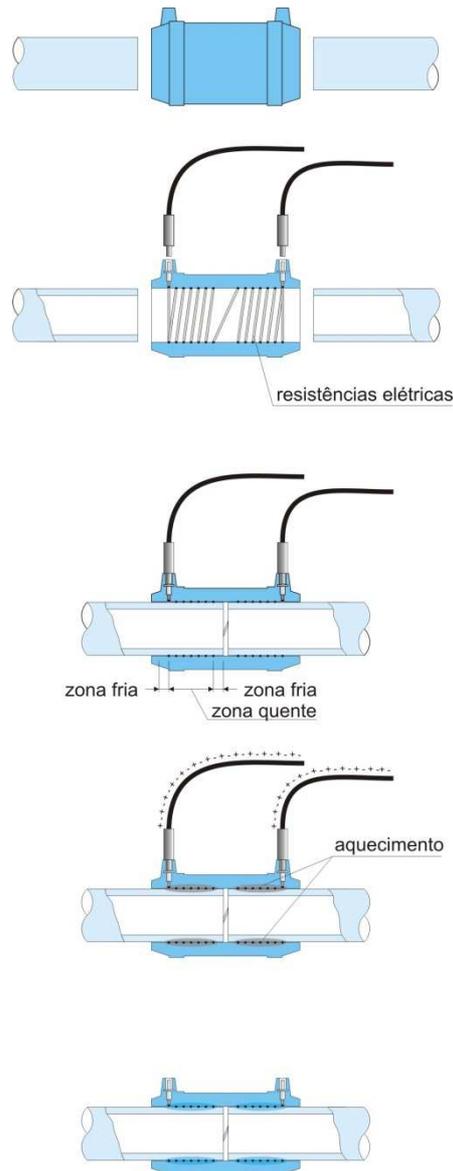
● Princípio da Soldagem por Eletrofusão

O procedimento de soldagem por eletrofusão é especificado nas normas DVS 2207, NBR 14465 entre outras e tem o seguinte princípio:

Quando se aplica uma tensão elétrica nos terminais (conectores) da conexão, surge uma corrente elétrica na resistência inserida no corpo, gerando calor, por efeito Joule, que leva à fusão a superfície interna da conexão e a superfície externa do tubo.

O material da conexão, quando se funde, expande-se para dentro, em direção ao tubo. Da mesma forma, o material em fusão do tubo expande-se para fora, em direção à conexão. Dessa forma os dois materiais são empurrados, um contra o outro, formando uma pressão de solda, fazendo com que se misturem.

Quando a corrente elétrica cessa, os materiais começam a resfriar lentamente, até a temperatura ambiente, formando novos cristaltos com a mistura dos dois materiais, soldando-se, tal como na solda de termofusão.



O Princípio da Soldagem por eletro fusão

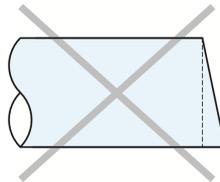
Para que esse processo realmente funcione, as seguintes condições são obrigatoriamente necessárias:

- A superfície externa do tubo deve estar adequadamente raspada, assegurando a total retirada da camada oxidada (retirar camada mínima de 0,2 mm de espessura). No processo de produção dos tubos e conexões, os materiais são submetidos a altas temperaturas para sua fusão (da ordem de 200°C), levando as suas superfícies externas à oxidação, gerando um material reticulado, termofixo, que não se funde sob calor. Essa fina camada oxidada é invisível a olho nu, lembrando a pele humana, ou um verniz transparente. Se não retirada, se comporta como um isolante entre os materiais da conexão e do tubo, impedindo sua interação e a soldagem. Por mais calor que se aplique, chegando mesmo a derreter as peças, não ocorre a soldagem. Gerando o que se chama de solda fria, pois qualquer esforço é suficiente para soltar as peças, mostrando uma superfície de solda lisa, semi espelhada. Lembre que na soldagem de topo por termofusão, a retirada dessa camada é feita quando do faceamento dos tubos.

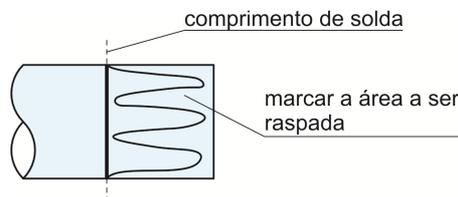
- b) Como as conexões não podem ser raspadas, como os tubos, para eliminação da camada oxidada da superfície de solda, somente devem ser retiradas de suas embalagens no momento de sua soldagem, para evitar o contato prolongado com o ar (oxigênio) que as levariam à oxidação.
- c) As chamadas zonas frias das conexões, nas extremidades, devem ser adequadamente dimensionadas para que não se fundam, funcionando como uma barreira ou tampão, impedindo o escape do material fundido entre a conexão e o tubo, obrigando que realmente expandam um contra o outro, gerando a pressão de solda necessária à interação (mistura das massas).
- d) O corte dos tubos, seu alinhamento com a conexão, e seu diâmetro e ovalização também devem ser adequados para assegurar o princípio das zonas frias. Daí a obrigatoriedade de corta-tubos, alinhadores e desovalizadores.
- e) Durante a soldagem, até o fim do tempo de resfriamento, as peças em solda devem ser mantidas alinhadas e imóveis, com o auxílio de ferramentas alinhadoras, pois quando se inicia a fusão a resistência elétrica interna flutua na massa fundida, e se não houver nada que impeça o movimento das peças, a resistência irá deslocar-se, provocando curto-circuitos entre suas espiras, alterando a corrente, sobreaquecendo, por vezes até furando ou derretendo as peças. Essa questão é particularmente grave em tubos bobinados e/ou desalinhados.

● Procedimento de Soldagem por Eletrofusão

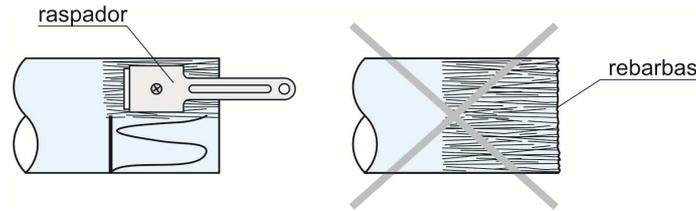
1. Verificar se os cortes das extremidades dos tubos estão perpendiculares, se não, cortar usando ferramenta adequada - preferencialmente corta-tubos. O corte do tubo deve ser executado de forma a não acarretar ovalização e outros danos ao mesmo;



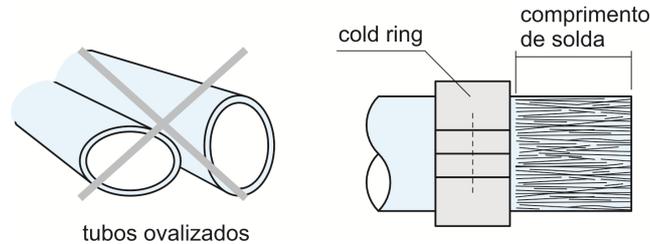
2. Medir a área de soldagem e marcar o tubo com caneta apropriada, para definir a profundidade de penetração e a área a ser raspada e limpa;



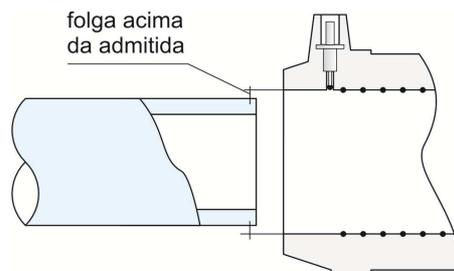
3. ELIMINAR A CAMADA OXIDADA DOS TUBOS, através de raspador específico, tomando o cuidado para não provocar sulcos no tubo (espessura da camada aprox. 0,2 mm). Orientar-se pela marcação feita com o giz ou caneta para certificar-se de que toda a área de solda foi raspada. Nunca usar grossa ou esmeril para fazer esta operação. Para tubos de PP, basta lixar com lixa de areia. Retire as rebarbas internas e externas que restarem da operação. Nunca raspar a superfície interna das conexões;



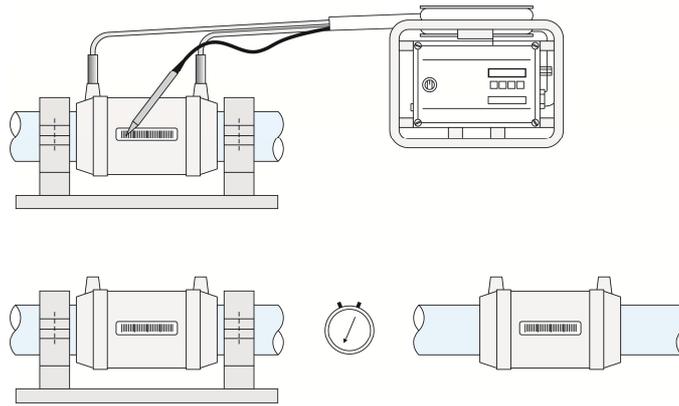
4. Verificar a ovalização dos tubos. Caso a ovalização seja superior a 1,5% do diâmetro, com o máximo de 3mm, utilize dispositivo arredondador para eliminar o problema.



5. Verificar a folga entre a conexão e o tubo. O fabricante da conexão deve definir qual a máxima folga admitida (na falta dessa informação, pode-se orientar pelo gráfico apresentado mais adiante). Se houver folga excessiva, definir se a causa é a conexão, o tubo, ou raspagem excessiva. Eliminar a causa e repetir a operação 3;

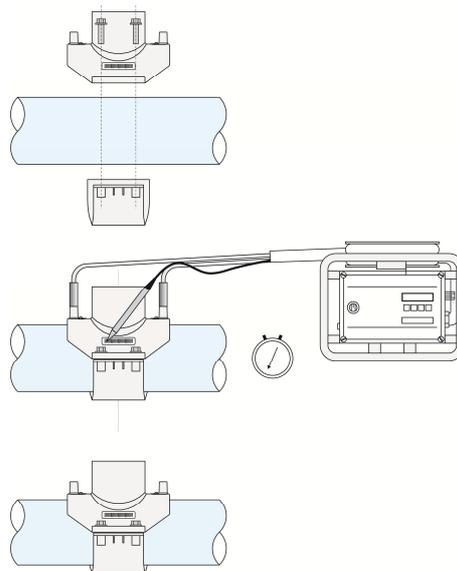


6. Verificar o alinhamento dos tubos e conexão - a conexão deve poder ser movimentada/girada livremente. Deve-se utilizar sempre dispositivos alinhadores/posicionadores. Tubos bobinados, geralmente, necessitam de dispositivos alinhadores específicos para eliminar a curvatura e facilitar a operação;
7. Limpar as superfícies externas dos tubos e interna da conexão com pano ou papel tipo toalha embebido em solução limpadora própria (álcool isopropílico ou etílico $\geq 96^\circ$ GL, ou acetona de boa pureza). Após a limpeza não tornar a tocar nas superfícies;
8. Remarcar a profundidade de penetração nas extremidades dos tubos;
9. Montar a conexão e os tubos. A montagem não pode ser movida enquanto se solda. Certificar-se da correta profundidade de penetração, alinhamento, ovalização, e da ausência de esforços na montagem (tubo-conexão), pois são aspectos fundamentais para obter-se uma boa solda. Obrigatório o uso de alinhadores. Se usado gerador elétrico, assegurar que disponha de circuitos de estabilização de tensão apropriados;
10. Conectar os terminais do equipamento de solda na conexão. Programar a máquina conforme instruções do fabricante do equipamento de solda. Se o equipamento for do tipo manual, entrar o tempo de descarga (soldagem) e a voltagem da conexão (conforme dados impressos ou que acompanham a conexão); ou ler o seu código de barras com o leitor óptico do equipamento. Durante a soldagem, a montagem não pode ser movimentada. A Solda não deve ser feita na presença de líquidos internos e sob chuva;



solda por eletrofusão de peças tipo bolsa

- 11 No caso de conexões tipo sela, como Tês de Sela ou Tês de Serviço, a diferença do procedimento reside na montagem da conexão no tubo. Algumas conexões são auto-fixáveis ao tubo (com abraçadeiras ou cintas, etc), outras necessitam de dispositivos especiais para serem afixadas ao tubo, e que são removidos após a soldagem. De qualquer maneira, a sela da conexão deve moldar-se perfeitamente à circunferência do tubo. A montagem não pode ser movida enquanto se solda. Certificar-se da correta conformação da conexão ao tubo (sem folgas), alinhamento, ovalização, e da ausência de esforços na montagem (tubo-conexão), pois são aspectos fundamentais para se obter uma boa solda;



solda por eletrofusão de peças tipo sela

12. Findo o tempo de descarga (soldagem), pode-se desconectar os terminais da conexão, porém os dispositivos alinhadores/posicionadores devem permanecer até que termine o tempo de resfriamento especificado. Verificar se os sinalizadores de fusão da conexão foram ativados (tipo de pino, no corpo da conexão, que salta para fora quando a fusão é apropriada). Marcar a hora de término do tempo de resfriamento com caneta apropriada, ao lado da solda. Aguardar tempo para aplicar pressão de teste ou trabalho ou para furar o tubo (vide tabela do fabricante da conexão).

NO CASO DE INTERRUÇÃO DA SOLDAGEM POR QUEDA DE ENERGIA ELÉTRICA, POR EXEMPLO, PODE-SE AGUARDAR QUE O CONJUNTO (CONEXÃO/TUBO) RETORNE À TEMPERATURA AMBIENTE (como referência, deve-se aguardar no mínimo o tempo para se aplicar pressão definido pelo fabricante) E REINICIAR O CICLO DE SOLDA.

● **Parâmetros de Solda por Eletro fusão**

A título de referência, apresentamos alguns parâmetros médios da soldagem por eletro fusão, ressaltando que essas informações devem ser fornecidas sempre pelo fabricante das peças.

Desvio máximo de perpendicularidade de extremidade do tubo - mm

Diâmetro do Tubo (DE)									
20	32	40	63	90	125	160	180	225	250
1	1	1	2	2	3	3	4	4	5

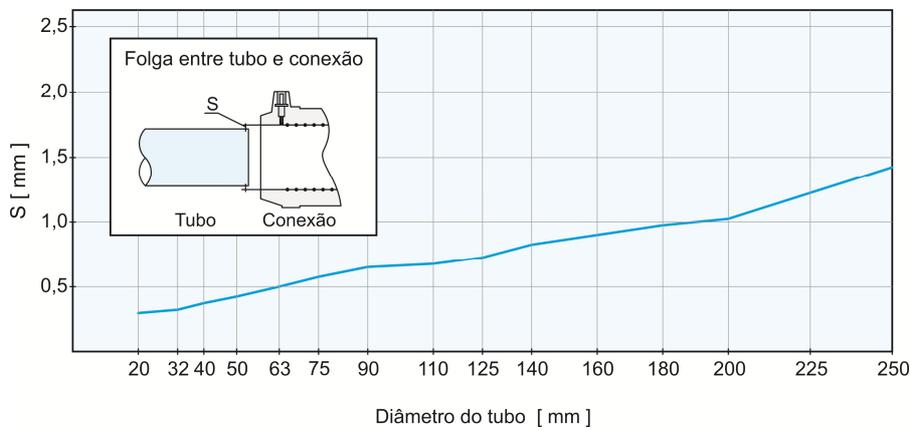


Gráfico de Folga Máxima admitida entre a Conexão e o Tubo

Tempo de resfriamento mínimo para Luvas e Selas eletrosoldáveis (tempo meramente indicativo, deve ser dado pelo fabricante)

DE mm	Tempo para mover min	Tempo p/ aplicar pressão LUVAS min	Tempo p/ aplicar pressão e furar SELAS min
20	5	10	-
25	5	10	-
32	5	10	-
40	6	20	20
50	6	20	20
63	7	30	20
75	8	30	20
90	9	40	20
110	10	45	25
125	11	60	30
140	13	60	45
160	15	80	45
180	18	80	60
200	20	80	60
225	22	80	60
250	25	90	60
315	25	90	60

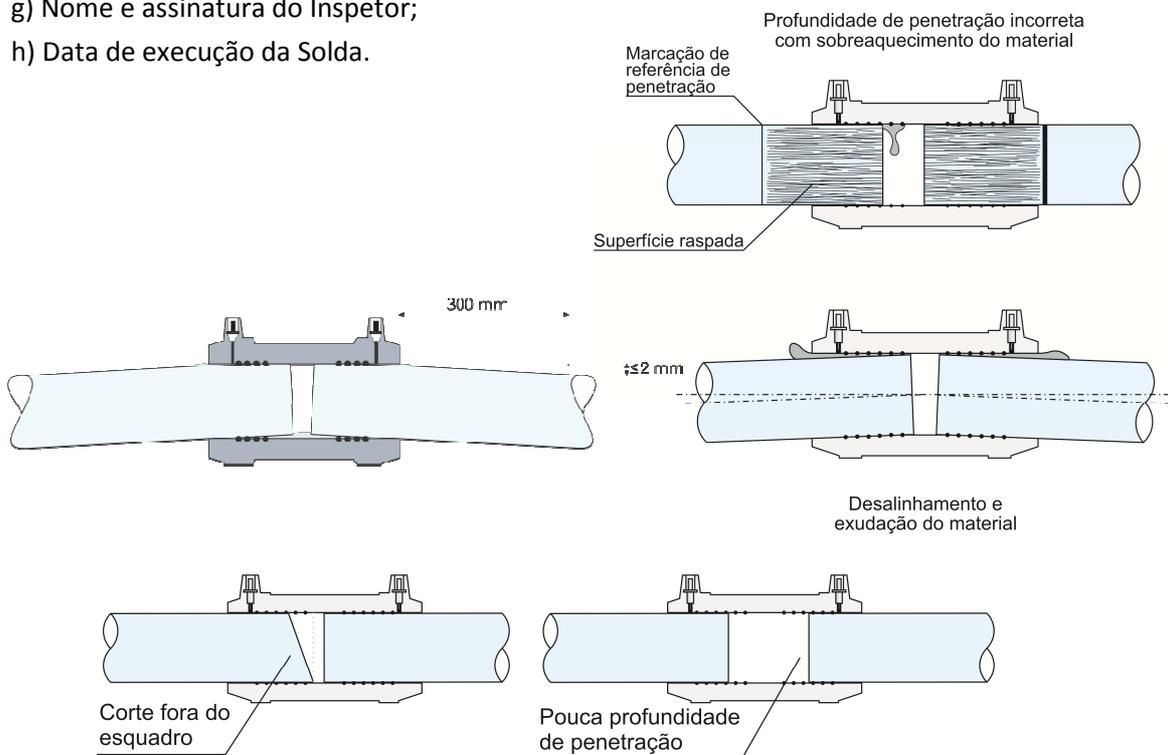
● Controle de Solda de Eletrofusão

A soldagem com máquinas automáticas, com leitura de código de barras e controle da soldagem dão grande confiabilidade a esse tipo de soldagem. Por outro lado, na soldagem por eletrofusão, a solda resulta dentro da conexão, o que dificulta muito o controle visual.

Assim, o inspetor deve ser mais perspicaz na avaliação visual e dimensional, buscando sinais que possam denotar que os procedimentos de raspagem, alinhamento e profundidade de penetração tenham sido executados corretamente, se não resultariam em falhas de solda, mesmo que o equipamento de soldagem tenha registrado solda OK.

O Relatório de Solda de Eletrofusão deve apresentar, no mínimo, os seguintes dados:

- a) Identificação dos tubos e conexões, incluindo o DE, o PN/SDR, tipo de material, nomes dos fabricantes do tubo e conexão e códigos dos lotes de fabricação, que permitam rastrear as produções dos mesmos nos programas de qualidade dos fabricantes;
- b) Controle visual e dimensional da solda, considerando os seguintes aspectos:
 - Verificar se a região envolta da solda está bem raspada;
 - Verificar marcação da profundidade de inserção;
 - Verificar alinhamento;
 - Verificar sinalizadores (indicadores) de fusão (quando houver);
 - Verificar se há extravasamento de material fundido na interface conexão/tubo;
- c) Tempo de soldagem;
- d) Tensão elétrica de soldagem;
- e) Tempo de Resfriamento;
- f) Nome, Assinatura e Código do Soldador;
- g) Nome e assinatura do Inspetor;
- h) Data de execução da Solda.



Erros comuns de preparação da solda de eletrofusão

MÓDULO 4

4.8.1 - PROCEDIMENTOS DE TESTES DE ESTANQUEIDADE PARA LINHAS DE ÁGUA, ESGOTO E OUTROS LÍQUIDOS

● Normas Aplicáveis

- NBR 15.950 – Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Procedimentos de Instalação
- NBR 15952 - Sistemas para Distribuição de Água e Esgoto sob pressão – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Procedimentos de Ensaio de Estanqueidade
- EN 805 - Sistema de Abastecimento de Água – Requisitos para Sistemas e Componentes Externos às Construções
- NP EN 1671 - Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais sob Pressão
- NP EN 1610 - Construção e Ensaio de Ramais de Ligação e Coletores de Águas Residuais

● O que exigir

- Equipamentos e instrumentos de medição calibrados e na precisão requerida;
- Equipamentos de sinalização de segurança e EPI's adequados;
- Equipe habilitada à realização de ensaios de pressão com supervisão e inspeção;
- Equipamentos de registro de pressão e relatórios adequados

● Ensaio de Estanqueidade de Tubulações Plásticas

Os procedimentos utilizados para tubos não plásticos, como aço, concreto e ferro fundido não se adequam a tubos plásticos, em especial tubos de polietileno e polipropileno, devido às suas propriedades viscoelásticas.

Sob uma carga constante o módulo de elasticidade dos plásticos vai caindo, em função do *creep*, assim o diâmetro do tubo aumenta com o passar do tempo, com isso a pressão cai concomitantemente, dificultando a avaliação do teste, pois sugerindo um vazamento.

Quanto maior o tempo de estabilização ou condicionamento, menor será a queda de pressão durante o ensaio, pois as variações (*creep*) são maiores nas primeiras horas, tendendo a estabilizar-se em longo prazo, assintoticamente.

Portanto, os ensaios devem considerar um grande tempo de estabilização, normalmente acima de 3 h, minimizando a queda da pressão durante a avaliação.

É muito difícil definir exatamente as relações entre diâmetro, volume e pressão da tubulação, dado às diversas variáveis, porém os métodos de ensaios de estanqueidade procuram estabelecer tabelas, gráficos, ou fórmulas com valores práticos satisfatórios.

Outros fatores ainda, como variação de temperatura, presença de ar, movimento relativo de juntas mecânicas e eficiência da compactação podem afetar ou confundir o resultado de ensaio de estanqueidade.

Nos tubos enterrados e com menores níveis de pressão de ensaio em relação à pressão nominal do tubo, certamente as variações são menores, por vezes desprezíveis.

Algumas companhias de água possuem procedimentos próprios, que consideram os princípios apresentados a seguir.

● Ensaio de Estanqueidade de Ramais Prediais de Água

Em ligações soldadas, não se deve fazer o ensaio antes do tempo mínimo de resfriamento para aplicar pressão definido nos procedimentos de soldagem.

Devido ao pequeno comprimento da linha, permitindo fácil avaliação visual, estes ensaios são realizados em curtíssimo tempo, tornando desprezíveis as variações dimensionais, e não demandando tempo de estabilização longo.

Antes de furar a rede, conectar uma bomba de água através do adaptador (peça de transição) que conecta o tubo do ramal ao medidor de água (cavalete ou ULMC) e pressurizar o ramal com 1,5 vezes a pressão nominal da tubulação. Manter a pressão por pelo menos 5 minutos e verificar se há vazamentos.

Desacoplar a bomba de água. Conectar o ramal ao medidor de água. Furar a rede e verificar se há vazamentos na ligação ao conjunto medidor e na ligação do Tê de Serviço com a rede.

● Ensaio de Estanqueidade Hidrostático em Linhas de Água e Outros Líquidos

Em redes unidas por soldagem, o ensaio de estanqueidade **não** deve ser iniciado antes do tempo mínimo para aplicar pressão, estabelecido no procedimento de soldagem.

No caso de linhas enterradas, as uniões mecânicas devem preferencialmente estar expostas, para melhor visualização de vazamentos e mais simples correção.

A linha pode ser testada por inteiro ou em seções.

A área de teste deve ser isolada e sinalizada para evitar riscos e danos materiais e pessoais.

● Avaliação pela Variação da Pressão

O procedimento a seguir vem sendo utilizado com sucesso na avaliação de tubos de polietileno e polipropileno nas linhas de líquidos em geral.

- O trecho a ser testado deve ser isolado com flanges cegos e colarinhos soldados ao tubo, ou outros tipos de dispositivos de fechamento mecânicos específicos, adequadamente dimensionados e ancorados para suportar as pressões de ensaio. As extremidades do tubo deverão possuir dispositivos para purga de ar, enchimento de água e medição de pressão. Se possível, registradores de pressão são aconselháveis.
- Sempre que possível, a pressurização deve ser no ponto mais baixo da linha para facilitar a expulsão de ar durante o enchimento da mesma. Esta posição também registra a máxima pressão e facilita o controle se necessária alguma liberação de água. Quando não for possível aplicar a pressão pelo ponto mais baixo, descontar da pressão de ensaio a altura manométrica entre o ponto mais baixo da linha e o de entrada de pressão.
- A linha deverá estar enterrada e com o aterro adequadamente compactado. As juntas mecânicas deverão estar expostas. Recomenda-se que, se possível, as juntas soldadas também fiquem expostas durante o ensaio.
- Se o trecho possuir ventosas ou outros dispositivos de ventilação/proteção, durante o enchimento da linha esses dispositivos devem estar abertos para permitir a purga de ar. Recomenda-se que inclusive ventosas automáticas sejam checadas e tenham as bolas de vedação temporariamente retiradas para assegurar-se a expulsão de ar.
- Proceder ao enchimento da linha lentamente.
- Deve-se cuidar para expulsar todo ar da linha.

- Quando a linha estiver completamente cheia, fechar as ventosas e dispositivos de purga de ar. Checar inclusive as ventosas automáticas.
- A seguir, **eleva a pressão à pressão nominal da tubulação (PN)**.
- Deixar a tubulação estabilizar por no mínimo 3 horas.
- Se possível, é preferível que o ensaio recomece no dia seguinte ao enchimento da linha.
- Iniciar a pressurização da linha, elevando a pressão com uma razão de aumento o mais constante possível, até **1,5 vezes a pressão nominal** da tubulação. Feche a válvula de entrada de água. Anote o tempo decorrido do instante inicial da pressurização até atingir a pressão de ensaio (**TL**). Se TL for menor que 10 minutos, considere TL igual a 10 minutos.
- Iniciar a contagem contínua de tempo. Registrar a pressão de ensaio (**P1**) depois de decorrido tempo (**T1**), onde $T1 = TL$.
- Fazer um segundo registro de pressão (**P2**) após decorrido tempo (**T2**), desde o início da contagem, onde $T2 = 5.TL$.
- Fazer um terceiro registro de pressão (**P3**) após decorrido tempo (**T3**), desde o início da contagem, onde $T3 = 15.TL$
- Proceder aos seguintes cálculos:

$$N1 = \frac{\log_e P1 - \log_e P2}{\log_e T2 - \log_e T1}$$

a) Se $N1 < 0,04$ → PROVAVELMENTE HÁ MUITO AR NA LINHA
O ENSAIO DEVE SER REFEITO

b) Se $N1 > 0,25$ → A LINHA ESTÁ REPROVADA
CORRIGIR OS PONTOS DE VAZAMENTOS.

- Proceder aos próximos cálculos:

$$N2 = \frac{\log_e P2 - \log_e P3}{\log_e T3 - \log_e T2}$$

a) Se $N2 > 0,25$ → A LINHA ESTÁ REPROVADA,

b) Se $N1/N2 < 0,75$ → A LINHA ESTÁ REPROVADA.
CORRIGIR OS VAZAMENTOS.

c) Se $N1/N2 \geq 0,75$ → A LINHA ESTÁ APROVADA.

- Se o ensaio apontar evidências de vazamentos na linha, iniciar verificando as juntas mecânicas, depois as soldadas. Se não for encontrado vazamento em juntas, então pode haver ruptura em tubos, ou em válvulas.
- Após os reparos, refazer o ensaio de estanqueidade.
- Se necessário novo ensaio de estanqueidade, este deverá ser executado depois de decorrido intervalo de tempo $\geq 5 \times T3$.

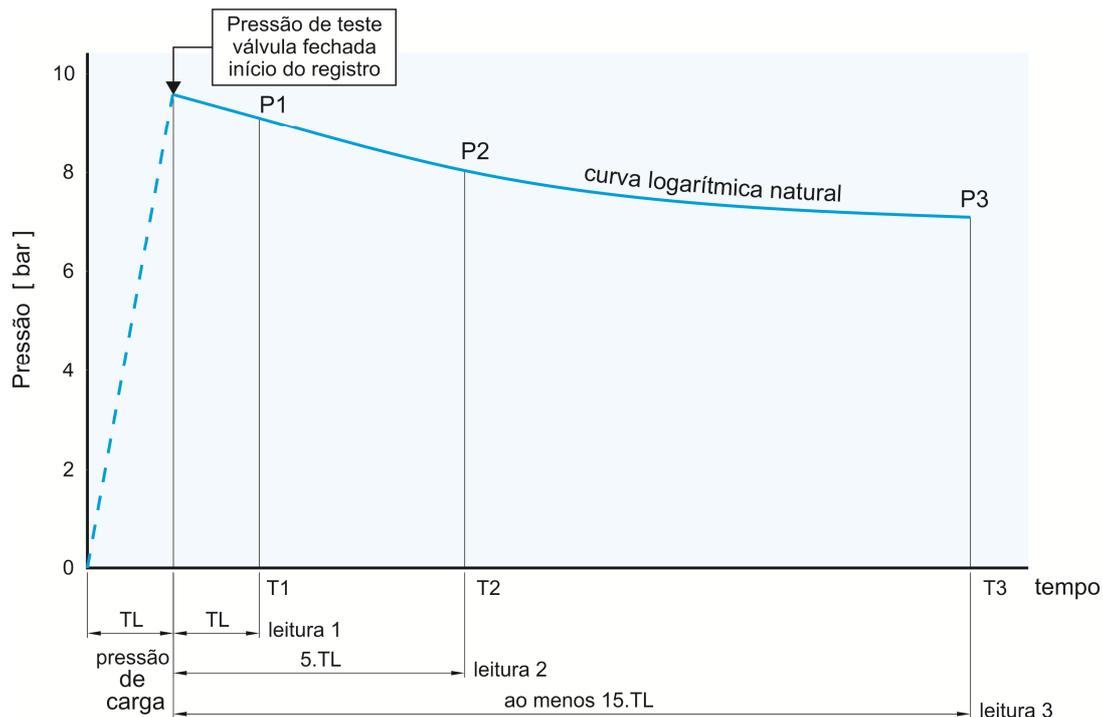


Fig. 8.16 - Gráfico típico de ensaio de estanqueidade

• Avaliação pela Variação Volumétrica

Esse método é mais utilizado na América do Norte, e consiste na avaliação do aumento de volume interno da tubulação após um período determinado e ensaio.

Os procedimentos de preparação da tubulação e dos instrumentos de ensaio são os mesmos do método anterior.

A primeira fase de ensaio, a de estabilização ou condicionamento, é de 3 horas. Eleva-se a pressão a $1,5 \times PN$ e se compensa a expansão do tubo a cada 1h, retornando à pressão inicial de teste.

A seguir, aguarda-se um período de 1 a 3 h, após o quê, mede-se a quantidade de água necessária para retornar à pressão de ensaio. A quantidade de água não deve superar aquela dada numa tabela, como por exemplo a **Tabela abaixo**, que foi construída para tubo PE 80 SDR 11, considerando variação da deformação (ϵ) de 0,1% para 1h, 0,2% para 2h e 0,28% para 3 h, após a estabilização inicial de 3 h.

A norma EN 805 propõe dois métodos:

- a) medição de água retirada; ou
- b) medição de água bombeada

No primeiro método, mantém-se a pressão de ensaio por ao menos 1 hora, a seguir para-se o bombeamento e mede-se a pressão resultante após 1 hora (**P1**). Reinicia-se o bombeamento até atingir a pressão de ensaio novamente. Daí, começa-se a retirar água até que a pressão volte a (**P1**). Mede-se o volume de água retirado.

No segundo método, mantém-se pressão de ensaio por ao menos 1 hora e, por meio de algum instrumento de medida volumétrica, registra-se a quantidade de água bombeada para se manter a pressão de ensaio no período. Esse método não permite o uso da fórmula seguinte para tubos poliolefinicos, sendo então recomendado o método a) da medida da água retirada.

O volume de água medido após 1 hora de ensaio deve ser menor que o valor calculado usando-se a fórmula:

$$\Delta V_{max} = 1,2V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_p} \right)$$

Onde: ΔV_{max} : Volume de água medido em litros (l)

V: Volume interno da Tubulação ensaiada em litros (l)

Δp : Perda de Pressão (*Pressão de Ensaio – P1*) (KPa)

E_w : Módulo de elasticidade da água em KPa ($2,05 \times 10^6$)

D: Diâmetro interno da tubulação em metros (m)

e: Espessura do tubo em metros (m)

E_p : Módulo de Elasticidade do tubo em KPa para o tempo de ensaio de 1 a 10h
(PE 80 = 2 a 4×10^5 ; PE 100 e PP = 3 a 5×10^5)

1,2: Fator de tolerância, devido ar na linha, por exemplo.

Tabela exemplo de expansão admitida em teste de estanqueidade para Tubo PE 80 SDR 11

DE	PE 80		1ª hora	2ª hora	3ª hora
mm	e	DI	l/m	l/m	l/m
63	5,80	51,40	0,004	0,008	0,012
75	6,90	61,20	0,006	0,012	0,016
90	8,20	73,60	0,009	0,017	0,024
110	10,00	90,00	0,013	0,025	0,036
125	11,40	102,20	0,016	0,033	0,046
140	12,80	114,40	0,021	0,041	0,058
160	14,60	130,80	0,027	0,054	0,075
180	16,40	147,20	0,034	0,068	0,095
200	18,20	163,60	0,042	0,084	0,118
225	20,50	184,00	0,053	0,106	0,149
250	22,80	204,40	0,066	0,131	0,184
280	25,50	229,00	0,082	0,165	0,231
315	28,70	257,60	0,104	0,209	0,292

• Ensaio Alternativo

Apesar de se demonstrarem métodos bastante bons de avaliação, os ensaios hidrostáticos de estanqueidade expostos acima são um tanto complexos.

Algumas instalações menos críticas podem justificar uma forma mais simplificada para avaliar-se a estanqueidade.

Uma maneira de se contornar o efeito do *creep* é aplicar um tempo de estabilização relativamente grande, a seguir diminuir a pressão, ocorrendo a “recuperação” gradual do módulo de plastodeformação (*creep modulus*), provocando a diminuição da deformação (diminuição do diâmetro) e o volume interno do tubo durante um período curto, dentro do qual se faz a avaliação.

O procedimento é apresentado a seguir:

- Pressurizar a tubulação com **1,5 vezes a pressão nominal por 4 horas**, sempre compensando eventuais quedas de pressão;
- Abaixar a pressão para **0,5 bar e aguardar de 1 a 2 horas**, não devendo haver queda de pressão nesse período.

**MODELO DE RELATÓRIO DE ENSAIO DE
ESTANQUEIDADE HIDROSTÁTICO**

papel timbrado do executor

Obra: _____

Data do Ensaio: ___/___/___

Descrição do trecho: _____

Pressão Nominal da linha: _____

Pressão de Ensaio: _____

Fonte de Pressão: _____

Data Início de ensaio: ___/___/___ Hora Início de ensaio: __:__

Hora Término de operação de purga e enchimento da linha: __:__

Tempo de estabilização da linha _____:____

Data Início pressurização: ___/___/___ Hora Início pressão: __:__

Tempo para pressurização (TL): _____ min

Tempo T1: _____ min Pressão P1: _____

Tempo T2: _____ min Pressão P2: _____

Tempo T3: _____ min Pressão P3: _____

$$N1 = \frac{\log_e P1 - \log_e P2}{\log_e T2 - \log_e T1} =$$

$$N2 = \frac{\log_e P2 - \log_e P3}{\log_e T3 - \log_e T2} =$$

$N1/N2 =$

Conclusão: _____

Responsável pelo ensaio:

Nome Assinatura

Inspetor:

Nome Assinatura

MÓDULO 4

4.8.2 - PROCEDIMENTOS DE TESTES DE ESTANQUEIDADE PARA LINHAS DE POLIETILENO PARAGASES E AR COMPRIMIDO

● Normas Aplicáveis

- NBR 14.462 – Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Requisitos
- NBR 14.461 - Sistemas para Distribuição de Gás Combustível para Redes Enterradas – Tubos de polietileno PE 80 e PE 100 – Instalação em Obra
- EN 12.327 - Sistemas de Abastecimento de Gás – Procedimentos de Comissionamento, Descomissionamento e Ensaios de Pressão – Requisitos Operacionais
- BGC DIS 5.5 - Construção de Tubulações – Ensaio de Pressão de Linhas de Serviço e Distribuição

● O que exigir

- Equipamentos e instrumentos de medição calibrados e na precisão requerida;
- Equipamentos de sinalização de segurança e EPI's adequados;
- Equipe habilitada à realização de ensaios de pressão com supervisão e inspeção;
- Equipamentos de registro de pressão e relatórios adequados

● Ensaios de Estanqueidade de Tubulações Plásticas

Os procedimentos utilizados para tubos não plásticos, como aço, concreto e ferro fundido não se adequam a tubos plásticos, em especial tubos de polietileno e polipropileno, devido às suas propriedades viscoelásticas.

Sob uma carga constante o módulo de elasticidade dos plásticos vai caindo, em função do *creep*, assim o diâmetro do tubo aumenta com o passar do tempo, com isso a pressão cai concomitantemente, dificultando a avaliação do teste, pois sugerindo um vazamento.

Quanto maior o tempo de estabilização ou condicionamento, menor será a queda de pressão durante o ensaio, pois as variações (*creep*) são maiores nas primeiras horas, tendendo a estabilizar-se em longo prazo, assintoticamente.

Portanto, os ensaios devem considerar um grande tempo de estabilização, normalmente acima de 3 h, minimizando a queda da pressão durante a avaliação.

É muito difícil definir exatamente as relações entre diâmetro, volume e pressão da tubulação, dado às diversas variáveis, porém os métodos de ensaios de estanqueidade procuram estabelecer tabelas, gráficos, ou fórmulas com valores práticos satisfatórios.

Outros fatores ainda, como variação de temperatura, presença de ar, movimento relativo de juntas mecânicas e eficiência da compactação podem afetar ou confundir o resultado de ensaio de estanqueidade.

Nos tubos enterrados e com menores níveis de pressão de ensaio em relação à pressão nominal do tubo, certamente as variações são menores, por vezes desprezíveis.

Algumas companhias de gás possuem procedimentos próprios, que consideram os princípios apresentados a seguir.

● Ensaio de Estanqueidade de Ramais Prediais de Gás

Em ligações soldadas, não se deve fazer o ensaio antes do tempo mínimo de resfriamento para aplicar pressão definido nos procedimentos de soldagem.

Devido ao pequeno comprimento da linha, permitindo fácil avaliação visual, estes ensaios são realizados em curtíssimo tempo, tornando desprezíveis as variações dimensionais, e não demandando tempo de estabilização longo.

Antes de furar a rede, conectar um compressor de ar, ou cilindro de nitrogênio, na junta de transição que ligará o tubo do ramal ao medidor de gás e pressurizar o ramal com 1,5 vezes a pressão nominal da tubulação. Mantenha a pressão por pelo menos 5 minutos e verificar se há vazamentos. Os Tês de Serviço de eletrofusão atuais vêm com a faca (punção) de corte furada, permitindo tirar sua tampa, acoplar um adaptador com bico de ar no lugar da tampa, permitindo a pressurização do ramal através do Tê de Serviço, antes da furação da rede. Nesse caso, ramal pode estar conectado ao medidor de gás.

Desacoplar o compressor (ou nitrogênio). Conectar o ramal ao medidor de gás. Furar a rede e verificar se há vazamentos no conjunto de medição ou na ligação do Tê de Serviço à rede.

● Ensaio de Estanqueidade Pneumático em Redes de Gás Natural e Ar Comprimido

Nos ensaios típicos de tubulações para distribuição de gás, as pressões de operação e consequentemente de teste são bem menores que as utilizadas para as tubulações de água para o mesmo tubo (material e SDR), pois, devido aos diferentes fatores de segurança (dimensionamento) utilizados nessas aplicações, um mesmo tubo, por exemplo de PE 80 SDR 11, será aplicado em água para 12,5 bar e em gás para 4 bar. Com pressão de teste de 1,5 x PN resultam pressões de ensaio respectivas de 18,75 bar e 6 bar. Ou seja, tensões circunferenciais de 9,375 MPa e 3 MPa. Dessa forma, as variações de pressão ao longo do teste em tubulações de gás são bem menores que as observadas nos tubos de água.

Os testes **não** devem ser realizados em tubulações com temperatura acima de 40°C.

Os testes devem ser realizados de forma a garantir a segurança dos funcionários e público em geral. Durante o período de pressurização, **nenhuma** pessoa que não participe dos trabalhos deve permanecer próxima à vala. O local deve estar bem sinalizado e isolado.

O ensaio **não** deve ser iniciado antes do tempo mínimo para aplicar pressão, estabelecido no procedimento de soldagem.

Em alguns casos a pressão de trabalho ou operação da linha é muito menor que a pressão nominal da tubulação, por isso se recomenda o ensaio baseado na pressão nominal, permitindo o aumento futuro da pressão de trabalho com segurança.

A pressão de ensaio deve ser de 1,5 vezes a máxima pressão da tubulação, desde que não ultrapasse o limite de pressão pneumática para o material, em função da resistência do material à propagação rápida de ruptura (normalmente SDR11: PE 80 ≤ 16 bar e PE ≤ 24 bar).

Para pressões acima do limite de pressão pneumática admitida deve-se executar o ensaio hidrostático. A British Gas limita seus ensaios pneumáticos a 7 bar.

O fluido de teste pneumático deve ser ar ou nitrogênio.

A temperatura ambiente, e se possível a do solo ao redor da tubulação, devem ser registradas durante todo o período do ensaio.

PROCEDIMENTO:

- O trecho a ser testado deve ser isolado com dispositivos de fechamento específicos ou conexões, tais como caps, flanges cegos e colarinhos soldados ao tubo, adequadamente dimensionados e ancorados para suportar as pressões. Se possível, registradores de pressão são aconselháveis.
- A linha deve estar enterrada e preferencialmente com as juntas expostas.
- Pressurizar a tubulação com ar comprimido ou nitrogênio entre 100 mbar a 350 mbar.
- Verificar todas as juntas, válvulas e acessórios com solução de água e sabão, quanto à existência de vazamentos. O sabão utilizado não deve ser agressivo ao polietileno. Reparar os vazamentos detectados, limpar as superfícies em que se utilizou água e sabão e reiniciar o ensaio.
- Aumentar a pressão até atingir a pressão final de teste (1,5 x PN). Aguardar a estabilização da pressão por um período entre 2 e 24 horas. Quanto maior a extensão da linha e o período de teste, maior deve ser o tempo de estabilização.
- Normalmente, o período de teste é estabelecido em função do volume da tubulação (**V**) e da pressão de ensaio. A British Gas, em sua especificação para teste de estanqueidade de tubulações - DIS 5.5 – Section 5 – Module 5.5 define as relações para o tempo de ensaio (**t**) apresentadas na Tabela abaixo, com o mínimo de 0,25 h (15 minutos). Na mesma especificação também encontram-se tabelas com as perdas de pressão previstas em função do tempo de condicionamento e pressão de ensaio, que são da ordem de 8 mbar, para 2-3 horas de estabilização e de 1 mbar para períodos de até 24 horas.

Tempo de Ensaio de Pressão Pneumático

Pressão de Operação	Pressão de Ensaio	Tempo de Ensaio (h)
75 mbar (SDR17,6)	350 mbar	$t = 1,0158 \cdot V$
2 bar (SDR 17,6)	3 bar	$t = 0,877 \cdot V$
4 bar (SDR 11)	6 bar	$t = 0,837 \cdot V$
5,5 bar (SDR 11)	7 bar	$t = 1,121 \cdot V$

- Os instrumentos de medição devem ser de classe de erro adequada à leitura, normalmente de classe 1% ou melhor. À perda de pressão devido ao creep deve ser somada a perda de pressão admissível nos instrumentos e em todo o conjunto de ensaio, geralmente da ordem de 3 a 10 mbar. Assim, a pressão de ensaio deve ser acrescida das perdas de pressão devidas ao creep (expansão do tubo) e fugas nos acoplamentos dos instrumentos, aumentando a pressão de ensaio em 4 a 20 mbar.
- O teste é considerado aprovado se a pressão não cair abaixo da estabelecida durante o período de ensaio. Em função da classe de precisão e resolução dos instrumentos de medição, as variações devido ao creep são praticamente imperceptíveis nos ensaios padrões de linha de gás, com pressões até 7 bar, desde que mantido um período de estabilização adequado.

● Ensaio de Estanqueidade Hidrostático em Redes de Gás Natural e Ar Comprimido**PROCEDIMENTO:**

- O trecho a ser testado deve ser isolado com flanges cegos e colarinhos soldados ao tubo, ou outros tipos de dispositivos de fechamento mecânicos específicos, adequadamente dimensionados e ancorados para suportar as pressões de ensaio. As extremidades do tubo deverão possuir dispositivos para purga de ar, enchimento de água e medição de pressão. Se possível, registradores de pressão são aconselháveis.
- A linha deverá estar enterrada e com o aterro adequadamente compactado. As juntas mecânicas deverão estar expostas. Recomenda-se que, se possível, as juntas soldadas também fiquem expostas durante o ensaio.
- Pressurizar a tubulação com ar comprimido ou nitrogênio a 350 mbar.
- Verificar todas as juntas, válvulas e acessórios com solução de água e sabão, quanto à existência de vazamentos. O sabão utilizado não deve ser agressivo ao polietileno. Reparar os vazamentos detectados, limpar as superfícies em que se utilizou água e sabão e repetir o ensaio. Não observando mais vazamentos, esvaziar a linha.
- Iniciar o ensaio Hidrostático.
- Sempre que possível, a pressurização deve ser no ponto mais baixo da linha para facilitar a expulsão de ar durante o enchimento da mesma. Esta posição também registra a máxima pressão e facilita o controle se necessária alguma liberação de água. Quando não for possível aplicar a pressão pelo ponto mais baixo, descontar da pressão de ensaio a altura manométrica entre o ponto mais baixo da linha e o de entrada de pressão.
- Se o trecho possuir *venting*/purgas ou outros dispositivos de ventilação/proteção, durante o enchimento da linha esses dispositivos devem estar abertos para permitir a purga de ar.
- Proceder ao enchimento da linha lentamente. Deve-se cuidar para expulsar todo ar da linha.
- Quando a linha estiver completamente cheia, fechar os dispositivos de purga de ar.
- A seguir, **eleva a pressão à pressão de ensaio da tubulação (1,5 xPN)** e iniciar o procedimento de estabilização da linha, para minimizar o efeito do *creep* da tubulação.
- Esse período pode chegar a 48 h. Repressurizar a linha sempre que a pressão cair a aproximadamente 80% a pressão de ensaio. Anotar o tempo entre repressurizações até que a taxa de queda de pressão se mantenha constante ou venha diminuindo, sendo menor que 5% da pressão de ensaio.
- Quando atingir essa condição iniciar o ensaio de pressão com 2 horas de duração.
- Anotar pressão e temperatura a intervalos regulares, aprox. 15 min, durante as duas horas.
- **A linha é considerada aprovada se:**
 - a) Não há perda de pressão, ou
 - b) A taxa de queda de pressão vem diminuindo com o passar do tempo e é menor que 5% da pressão de ensaio por hora de ensaio;
- Se a taxa de queda de pressão for menor que 5% da pressão de ensaio, mas se mantém constante nos intervalos regulares de tempo, a **Linha é Duvidosa** e deve ser melhor investigada, aumentando-se, por exemplo, o tempo de ensaio.
- Alternativamente pode-se fazer o ensaio hidrostático para linhas de água, descrito no módulo 4.8.1.

**MODELO DE RELATÓRIO DE ENSAIO DE
ESTANQUEIDADE PNEUMÁTICO**

papel timbrado do executor

Obra: _____

Data do Ensaio: __/__/__

Descrição do trecho: _____

Material: _____ DE: _____ SDR: _____

Pressão Nominal da linha: _____

Pressão de Ensaio: _____

Fonte de Pressão: _____

Data Início de ensaio: __/__/__ Hora Início de ensaio: __:__

Hora Término de operação de purga e enchimento da linha: __:__

Tempo de estabilização da linha: __:__

Comprimento da Linha: _____ m Volume Interno da Linha (V): _____ m³

Tempo de Ensaio (t): _____ h

Data Início pressurização: __/__/__ Hora Início pressão: __:__

Hora	Pressão (bar)	Temperatura (°C)

Conclusão: _____

Responsável pelo ensaio:

Nome

Assinatura

Inspetor:

Nome

Assinatura

MÓDULO 4

4.9 - PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO SUBAQUÁTICA
OU SOB LENÇOL FREÁTICO● **Forças Atuantes em Tubos Submersos**

Quando submersos, como sob lençol freático ou em instalações subaquáticas (emissários submarinos, travessias de lagos e rios, etc) os tubos são submetidos ao empuxo e às forças de levantamento e arraste decorrentes das correntes e ondas de fundo.

Portanto, ao se dimensionar a ancoragem (blocos ou poitas) dessas tubulações essas três forças devem ser consideradas, sob risco da tubulação vir a movimentar-se ou mesmo flutuar, podendo ser levada a colapso ou ruptura em pontos de soldas e juntas mecânicas. Além disso, torna-se particularmente importante a análise da pressão externa e/ou a subpressão interna à tubulação, decorrentes da coluna d'água sobre a tubulação e/ou de ondas de pressão negativa advindas de transientes hidráulicos, que também podem conduzir ao seu colapso.

● **Empuxo (forças de flutuação)**

Uma tubulação flutuará quando o empuxo sobre ela for maior que as forças que a ancoram (que a puxam para baixo).

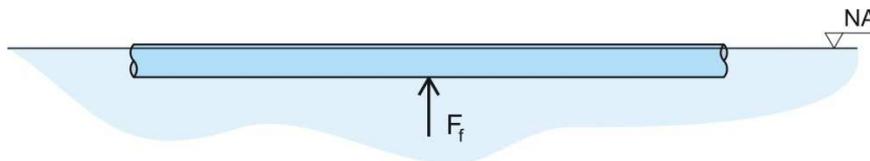


Fig.1- Empuxo em tubo submerso

O empuxo (F_F) corresponde ao peso de água deslocado, ou seja:

$$F_F = \rho_w \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \text{ (kgf/m)}$$

Onde: ρ_w = peso específico da água (1×10^6 kgf/m³)
 D = diâmetro externo do tubo (m)

As forças de ancoragem são: O peso do tubo e o peso do fluido no seu interior.

O peso próprio do tubo (W_T) normalmente é fornecido nas tabelas dos fabricantes, entretanto é facilmente determinado por:

$$W_T = \rho_T \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \text{ ou } W_T = \rho_T \cdot \pi \cdot e \cdot (D - e) \text{ (kgf/m)}$$

Onde: ρ_T = peso específico do tubo (PEAD = $9,5 \times 10^5$ e PP = $9,2 \times 10^5$ kgf/m³)
 d = diâmetro interno do tubo (m)
 e = espessura do tubo (m)

O peso do fluido interno ao tubo é determinado por:

$$W_i = \rho_i \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \text{ (kgf/m)}$$

Onde: ρ_l = peso específico do fluido interno (kgf/m^3). Se vazio igual a zero

Deve-se atentar que em casos como os de emissários de esgoto pode ocorrer a formação de gases decorrentes da decomposição orgânica.

Nas situações de tubulações enterradas sob lençol freático, ou mesmo em instalações subaquáticas enterradas, surge uma outra força de ancoragem proveniente do peso do solo.

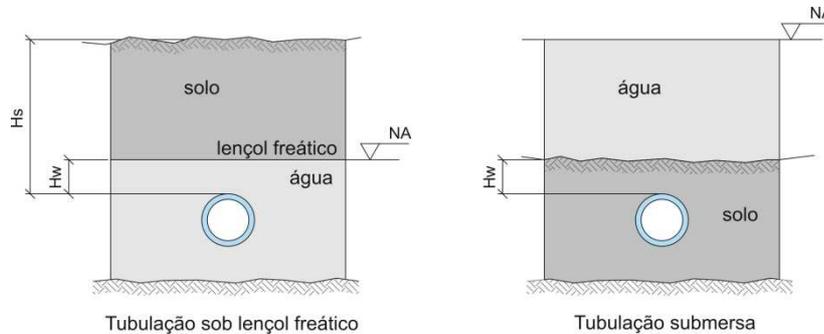


Fig.2- Tubulação submersa e enterrada

Quando sob lençol freático, temos o peso do solo seco (W_{SS}) e o peso do solo molhado (W_{SL}). Já em instalações subaquáticas enterradas não há a componente do solo seco ($W_{SS} = 0$).

$$W_{SS} = \rho_s \cdot (H_s - H_w) \cdot D \text{ (kgf/m)}$$

$$W_{SL} = (\rho_s - \rho_w) \cdot \left[D^2 \frac{(4 - \pi)}{8} + D \cdot H_w \right] \text{ (kgf/m)}$$

Onde: ρ_s = peso específico do solo seco (kgf/m^3)

H_s = altura do solo seco (m)

H_w = altura do solo molhado (m)

A somatória das forças contrárias à flutuação podemos chamar de empuxo negativo (E_N), pois se opõe ao empuxo (F_f):

$$E_N = W_T + W_l + W_{SS} + W_{SL}$$

Assim, para que a tubulação não flutue, a seguinte condição deve ser mantida:

$$F_f < E_N$$

• **Forças devido às correntes de fundo**

Nas instalações não enterradas, as correntes aquáticas de fundo são extremamente importantes, incorrendo em uma componente de arraste tendendo a deslocar a tubulação (F_a), e outra de levantamento (F_l), somando-se ao empuxo.

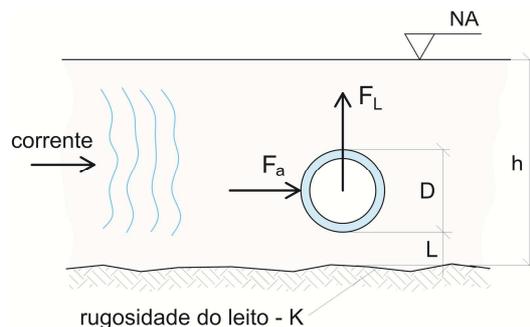


Fig.3 - Correntes de fundo

As forças de arraste e levantamento dependem da rugosidade do leito subaquático, do ângulo de incidência da corrente sobre a tubulação e até da lâmina d'água.

A condição mais crítica ocorre com a tubulação assentada sobre o leito ($\lambda=0$), quando a força de levantamento é da ordem de 8 vezes a força de arraste ($F_l = 8 F_a$), enquanto que para a tubulação afastada do leito mais do que $\frac{1}{4}$ de seu diâmetro ($\lambda > 1/4.D$) as forças resultantes são menores.

• Forças devido às ondas de fundo

Em mar, em especial na chamada zona de arrebentação, as forças resultantes do movimento das ondas são de crucial importância na determinação dos blocos de ancoragem, pois muitas vezes são de magnitude bem maior que as derivadas do empuxo e das correntes.

As ondas resultam em 3 componentes: Força de arraste (F_a), Força de levantamento (F_l) e Força inercial (F_i).

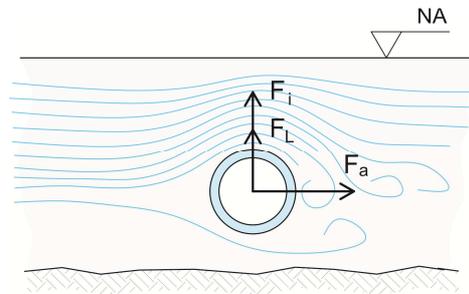


Fig.4- Ondas de fundo

As forças de arraste e levantamento são da mesma natureza das geradas pelas correntes, enquanto que a força inercial é decorrente das oscilações de pressão na passagem das ondas e que mantêm o próprio movimento da água.

A força inercial, por vezes de magnitude superior às outras duas, ocorre defasadamente àquelas, ou seja, é máxima quando as outras são mínimas e vice-versa.

São dependentes também do ângulo de incidência da onda na tubulação, da profundidade da lâmina d'água, e da altura da onda

A determinação das características das ondas é complexa e exige grande especialidade e pesquisa de campo. Os projetistas procuram definir os dados das ondas centenárias (a maior a cada 100 anos) para um projeto seguro das ancoragens.

Maiores informações podem ser obtidas em JANSOON, Lars Eric – *Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal*, Borealis, 1995.

• Blocos de Ancoragem

Quando as forças de deslocamento da tubulação são superiores àquelas que tendem a mantê-la estável é preciso aplicar cargas de ancoragem, os chamados blocos de ancoragem.

A determinação do tamanho, peso e posicionamento dos blocos tem de considerar o empuxo e as forças de arraste, levantamento e inercial decorrentes das correntes e ondas de fundo, dessa forma é importante que esses cálculos sejam feitos por especialistas.

Como regra prática, para efeito de avaliação das condições de ancoragem, algumas literaturas recomendam que o peso dos blocos de ancoragem (B_L , peso molhado) seja de 30 a 50% do empuxo.

Assim, podemos sugerir a relação:

$$B_L > F - E_N, \text{ onde } F = K \cdot F_F$$

Sendo: $K = 1,0 \rightarrow$ sem movimento de água (neutro)

$K = 1,3 \rightarrow$ lagos, rios de corrente baixa ou mar calmo

$K = 1,5 \rightarrow$ rios de corrente alta ou mar agitado

$B_L = 0$ peso molhado considera o peso dentro da água. Para a determinação do peso do bloco no seco (B_S) deve-se aplicar a relação: $B_S = B_L \rho_B / (\rho_B - \rho_W)$, sendo $\rho_B =$ peso específico do material do bloco

O espaçamento entre blocos de ancoragem deve levar em consideração a resistência à flambagem, bem como ao colapso por pressão externa ou subpressão, abordados à frente.

Características preferenciais dos blocos de ancoragem:

- ser assimétricos, tal que o centro de gravidade esteja na parte inferior;
- ter sapatas que aumentem o atrito com o leito subaquático;
- ter altura que garanta que a distância do tubo ao leito seja superior a $D/4$;
- ter elementos de fixação (prisioneiros) que mantenham a compressão sobre o tubo constante (como molas);
- ter elementos metálicos protegidos contra corrosão

EXEMPLO

Travessia de um rio de baixa correnteza, de uma adutora de água de Tubo PE 80, DE 630 mm SDR 17 (espessura $e = 37,4$ mm), assentada sobre o leito subaquático.

- Empuxo: F_F

$$F_f = \rho_w \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,63^2}{4} = 311,72 \text{ (kgf/m)}$$

- Peso do tubo: W_T : Pode ser obtido da Tabela do fabricante, ou pela fórmula

$$W_T = \rho_T \cdot \pi \cdot e \cdot (D - e)$$

$$W_T = 9,5 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot 0,0374 \cdot (0,63 - 0,0374) = 66,15 \text{ (kgf/m)}$$

- Peso do fluido (água) dentro do tubo: W_l

$$W_l = \rho_l \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,555^2}{4} = 241,92 \text{ (kgf/m)}$$

- Empuxo negativo: E_N

$$E_N = W_T + W_l = 66,15 + 241,92 = 308,07 \text{ (kgf/m)}$$

- Cálculo do bloco molhado: B_L

$$B_L > K \cdot F_F - E_N = 1,3 \cdot 311,72 - 308,07 = 97,17 \text{ (kgf/m)}$$

- Cálculo do bloco seco: (B_S): (concreto armado com $\rho_B = 2,45 \times 10^6 \text{ kgf/m}^3$)

$$B_S > B_L \rho_B / (\rho_B - \rho_W) = 97,17 \cdot 2,45 / (2,45 - 1) = 163,9 \text{ (kgf/m)}$$

Se adotarmos um bloco a cada 3 m, teríamos blocos de 491,72 kgf, e podemos adotar por segurança pesos de 500 kgf, com, por exemplo, a geometria abaixo:

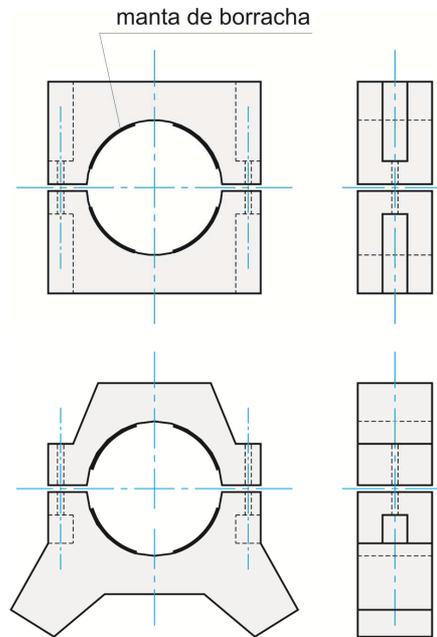


Fig.5- Exemplos de blocos de ancoragem em concreto armado

• **Espaçamento Máximo Entre Blocos de Ancoragem**

O espaço entre os blocos de ancoragem deve levar em consideração dois aspectos:

- Máximo espaçamento entre blocos para evitar flambagem devido à pressão externa;
- Espaçamento entre blocos para aumentar a resistência ao colapso da tubulação.

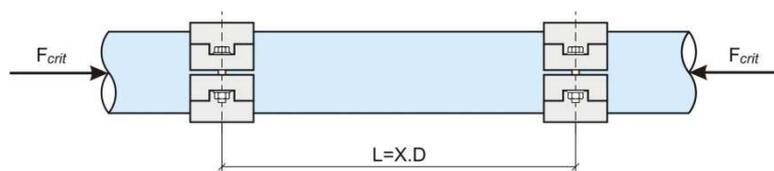


Fig.6-Espaçamento entre blocos de ancoragem

O colapso por flambagem pode ocorrer devido ao impedimento, pelos suportes de fixação, da expansão longitudinal resultante da compressão diametral oriunda de pressão externa ou subpressão interna, semelhante ao que ocorre com a dilatação térmica.

Em termos práticos, para evitar-se o colapso por flambagem, podemos representar o espaçamento $L = X.D$, sendo D o diâmetro externo do tubo e X dado por:

Para $SDR \geq 17$: $X \leq 12$

Para $SDR < 17$: $X \leq 10$

Por outro lado, como abordaremos a frente, os blocos de ancoragem aumentam a rigidez aparente da tubulação, e conseqüentemente sua resistência ao colapso devido à pressões externas ou subpressões internas.

Quanto menor o espaçamento entre os blocos, menor X , maior o aumento da resistência ao colapso. Se esse incremento de resistência for desejado, então o valor de X deverá ser determinado conforme abordado a seguir, mas dentro dos seguintes limites:

$$\frac{1,56}{SDR} \sqrt{(SDR-1)^3} \geq X > \frac{4}{SDR} \sqrt{\left(\frac{SDR-1}{2}\right)}$$

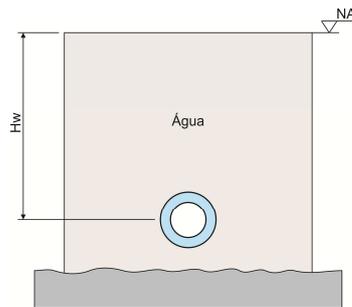
Ou seja, se a resistência ao colapso devido à pressões externas (ou subpressões internas) for preponderante na instalação, o espaçamento entre os blocos de ancoragem será limitado por essa questão e não à flambagem.

• **Pressão de Colapso devido à Pressão Externa e/ou Subpressão interna**

Numa instalação subaquática, a pressão externa decorrente da coluna d'água é de extrema importância, em especial em tubulações sem pressão interna, muito comum em tubulações de esgoto, e naquelas que trabalham com subpressão interna (linhas de sucção).

A tubulação pode estar enterrada, e assim conta com o suporte lateral do solo, ou apenas apoiada no leito subaquático. Pode ocorrer ainda a situação em que uma tubulação com pressão interna maior que a pressão externa, logo não sujeita ao colapso por pressão externa, apresente transientes hidráulicos, com conseqüentes ondas de subpressão, e nesse instante receber a carga momentânea (de curta duração) resultante da soma da coluna d'água externa com a subpressão do transiente.

• **a) Tubulação Não Enterrada (apoiada sobre o leito subaquático)**



A pressão de colapso pode ser expressa por P_{C0} , dada em kgf/cm^2 :

$$P_{C0} = \frac{E}{4(1-\nu^2)} \cdot \frac{e^3}{rm^3} \text{ ou } P_{C0} = 2 \cdot \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot (SDR-1)^3};$$

Ou ainda $P_{C0} = 24 \cdot S_T / (1-\nu^2)$

Onde: S_T = rigidez do tubo: $E.I / Dm^3 = E/12(SDR-1)^3$
 E_L = Módulo de elasticidade de longa duração:

	PE 100	PE 80	PPH	PPB/PPR
--	--------	-------	-----	---------

E_L (kgf/cm ²)	2.200	1.900	3.000	2.400
E_C (kgf/cm ²)	11.000	9.000	12.000	11.000

rm =Raio médio do tubo

ν = Coeficiente de Poisson do material do tubo (0,45 para PEAD; 0,4 para PP)

Para o caso da resistência à pressão externa ou a subpressão interna de longa duração, usar o módulo de elasticidade E_L . Para as cargas de curta duração (transientes hidráulicos) usar E_C .

Deve-se aplicar um fator de segurança mínimo de 2 ao valor admissível para a carga de colapso e ainda o fator de redução de resistência em função da deformação (ovalização) do tubo:

Assim, pela segurança, indicamos a pressão admissível de colapso P_C , por:

$$P_C = fa \cdot 12 \cdot S_T,$$

A pressão de colapso expressa em m.c.a (metros de coluna d'água) é dada por $P_C \times 10$.

Sendo fa , fator devido à deformação vertical do tubo, normalmente deve ser menor que 2%:



Fig. 7 – Gráfico de fa função da deformação vertical do tubo

Logo,

A somatória da coluna d'água (H_w) + a subpressão interna (se houver) deve ser menor que P_C .

• b) Tubulação Enterrada sob o leito subaquático ou sob lençol freático

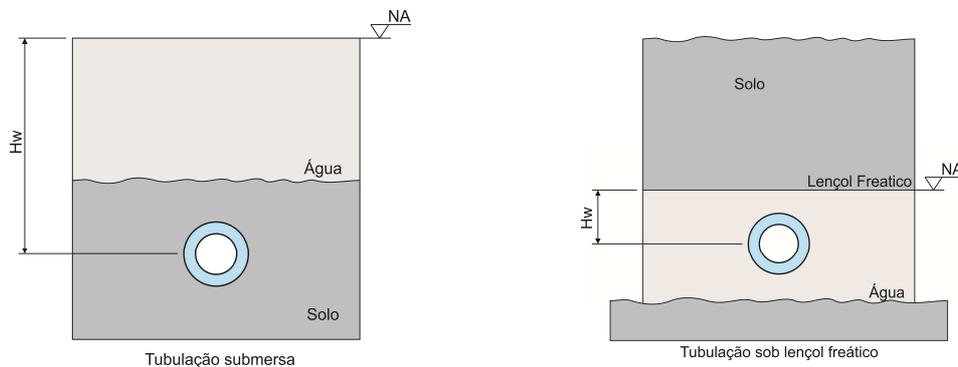


Fig. 8– Tubulação enterrada sob leito subaquático

Nessas situações, o solo exerce uma suporte lateral que aumenta a resistência ao colapso da tubulação, sendo:

$$P_{C1} = fs \cdot P_{C0}$$

$$f_s = 0,235\sqrt{(E_s^t/S_T)} = 1,15\sqrt{E_s^t/P_{C0}}$$

Onde E_s^t = módulo tangente do solo: $\approx(1,5 a2).E_S$.(módulo secante)

Logo: $P_{C1} = 1,15\sqrt{P_{C0}.E_s^t}$;ou ainda $P_{C1} = 5,63\sqrt{E_s^t \cdot S_T}$

Para solos de baixo suporte: $S_T > 0,0275E_s^t$, pode ser simplificada para:

$$P_{C1} = 24 \cdot S_T + \frac{2}{3}E_s^t$$

Na falta de valores mais precisos do módulo tangente do solo (E_s^t), sugerimos abaixo:

Condição de Instalação	Solo	Tipo Aterro	E_s^t (MPa)/ Proctor Modificado (Pr _{MD})
1	Coesivo Misto $\rho = 1,9 \text{ g/cm}^3$	Sem Compactação	0,8 75 %
2	Coesivo Misto $\rho = 1,9 \text{ g/cm}^3$	Baixa Compactação	1,2 80 %
3	Granular/Coesivo $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$	Média Compactação	1,8 85 %
4	Não Coesivo $\rho = 1,7 \text{ g/cm}^3$	Alta Compactação	2,5 90 %

A pressão de colapso admissível P_C deve ser a P_{C1} com fator de segurança de mínimo de 2 (FS) e o fator de redução devido a deformação vertical da tubulação f_a . No caso de tubulações enterradas $f_a = 1 - 3.\delta/Dm$; onde δ é a deformação (deflexão) vertical.

Ou seja: $P_C = P_{C1} \cdot f_a \cdot (1/FS)$

Podemos representar graficamente a pressão admissível de colapso de curta e de longa duração, como segue:

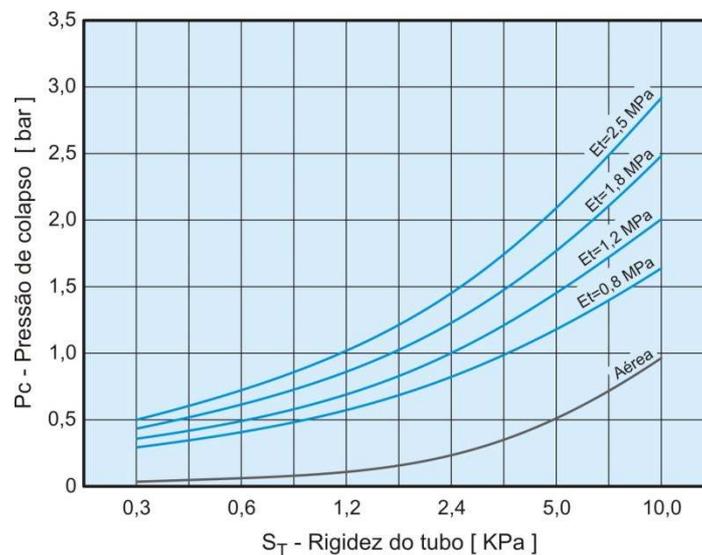


Fig. 8– Gráfico de P_C em função da Rigidez do tubo (S_T)

Considerações:

- Instalação aérea ou enterrada típicas

- Tubos enterrados em solo saturado, nas condições 1, 2, 3 e 4 acima.
- Pressão externa admitida (ou subpressão interna) a 25°C;
- Tubos enterrados com ovalização (deformação vertical) de 6%;
- Fator de Segurança = 2,5

Os valores de Rigidez de Curta (S_{TC}) e de Longa Duração (S_{TL}), são apresentados abaixo:

VALORES DE S_{TC} (KPa) – Curta Duração				
SDR	PE 80	PE 100	PP-H	PP-B
32,25	2,5	3,0	3,3	3,0
26	4,8	5,9	6,4	5,9
21	9,4	11,5	12,5	11,5
17	18,3	22,4	24,4	22,4
13,6	37,5	45,8	50,0	45,8
11	75,0	91,7	100,0	91,7
9	146,5	179,0	195,3	179,0

VALORES DE S_{TL} (KPa) – Longa Duração				
SDR	PE 80	PE 100	PP-H	PP-B
32,25	0,4	0,6	1,0	0,7
26	0,8	1,2	1,9	1,3
21	1,6	2,3	3,6	2,5
17	3,1	4,5	7,1	4,9
13,6	6,2	9,2	14,6	10,0
11	12,5	18,3	29,2	20,0
9	24,4	35,8	57,0	39,1

Como dito, os blocos de ancoragem aumentam a rigidez aparente da tubulação e, por conseguinte, sua Pressão Crítica de Colapso por um fator K, sendo:

$$P_{Cr} = K \cdot P_C$$

Sendo, simplificada, $K = \frac{1,34}{X} \sqrt{SDR - 1}$

E X a relação da distância entre blocos dada por $L = X \cdot D$.

Onde se devem respeitar os limites anteriormente dados para a distância entre blocos.

• Forças de Puxamento Durante Afundamento E Transporte

Em instalações subaquáticas é comum a utilização de grandes rebocadores para transportar a tubulação flutuando até o local da instalação, bem como seu posicionamento. Nesses casos é adequado que a força de puxamento não ultrapasse o limite de resistência à tração do tubo, evitando que ultrapasse seu limite elástico, comprometendo sua estrutura. O controle da força normalmente é feito por fusíveis mecânicos, que rompem antes da força limite. O cálculo da força máxima de tração é feito conforme abaixo, considerando esforços de curta duração.

A força máxima de puxamento para esforços de curta duração pode ser dada por:

$$F_S = 1,2 \cdot MRS \cdot \pi \cdot e \cdot (D - e) \text{kgf}$$

Onde: MRS = Tensão Hidrostática Padrão do Material da tubulação, em kgf/cm^2
 D = Diâmetro externo do Tubo, em cm
 e = espessura do tubo, em cm

Logo:

Para PE 80/PPB-80/PPR-80: $F_S = 94. \pi. e. (D - e)kgf$
 Para PE 100/PPH-100: $F_S = 120. \pi. e. (D - e)kgf$

Ou ainda, pode ser expressa por:

Para PE 80/PPB-80/PPR-80: $F_S = 94. \pi. \left(\frac{D}{SDR}\right)^2 . (SDR - 1)kgf$
 Para PE 100/PPH-100: $F_S = 120. \pi. \left(\frac{D}{SDR}\right)^2 . (SDR - 1)kgf$

Onde: $SDR = (D/e)$ relação padrão e D = diâmetro externo do tubo em cm

No afundamento da tubulação no leito subaquático é importante que a flexão não ultrapasse os raios mínimos de curvatura, evitando seu colapso. Enquanto em águas rasas esse problema é minimizado, em águas profundas é preciso aplicar uma força de puxamento na tubulação para assegurar que a mesma se comporte como uma corrente, não uma estrutura rígida, fazendo com que o momento de flexão seja mantido em níveis mínimos, próximo a zero. Nesses casos, a força de puxamento irá gerar uma tensão axial que se somará à tensão axial de flexão. Mais detalhes vide GRANN-MEYER, Einar – Polyethylene Pipes in Applied Engineering.

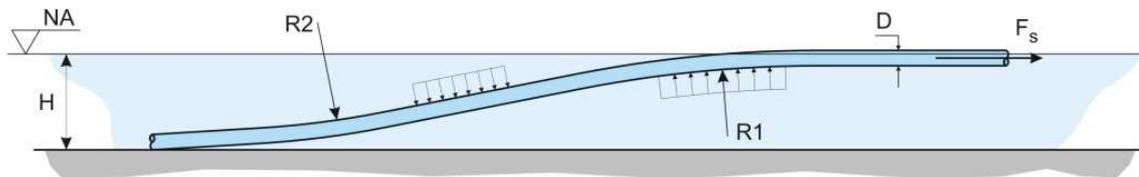


Fig.9- Afundamento de tubulação durante instalação subaquática

Considera-se água profunda quando a relação entre a profundidade (H) e o diâmetro externo do tubo (D) é maior ou igual a 15:

$$\beta = H/D \geq 15$$

Para que a teoria de corrente seja aplicável é preciso que:

$$F_s \cdot H^2 \geq E_c \cdot I_a$$

Onde E_c é o módulo de elasticidade de curta duração (vide Tabela apresentada para cálculo de pressão de colapso) e I_a o momento de inércia axial.

Demonstra-se que a deformação axial causada pela força F_s é:

$$\epsilon_s = \frac{F_s}{A \cdot E_c} = \frac{I_a}{A \cdot H^2} \approx \frac{0,028}{\beta^2}$$

sendo A = área da seção transversal do tubo = $\pi \cdot (D^2 - d^2)/4$

A deformação axial resultante da flexão é dada por $\epsilon_a = 1/2 \alpha$. Onde $\alpha = R/D$

Logo para $\beta = 20$ e razão de curvatura $\alpha = 30$, temos:

$\varepsilon_s=0,07\%$ e $\varepsilon_a= 1,7\%$, ou seja, a Força de puxamento F_s provoca uma deformação axial desprezível diante dos esforços de flexão, mesmo com valores de F_s bem superiores ao mínimo necessário.

Maiores detalhes sobre esse módulo, vide Danieletto, José Roberto B.- Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno: Características, Dimensionamento e Instalação: 2007

MÓDULO 4

4.10 - DIMENSIONAMENTO DE ISOLAMENTO TÉRMICO

- **Isolamento Térmico (Transmissão de Calor)**

A transmissão de calor em tubulações plásticas adquire particular interesse devido às suas características de isolante térmico. Estas características podem incorrer em significativas economias em instalações para transporte de fluidos, onde se deseja baixa perda de calor ao longo da linha, evitando-se ou minimizando-se o uso de isolamentos térmicos adicionais, tão comuns em linhas de tubos metálicos.

O cálculo para transferência de calor em tubos plásticos se faz da mesma maneira que em tubos de outros materiais. Sendo assim, as equações básicas envolvidas em cálculos de transmissão de calor são as que se seguem.

- **Quantidade de Calor**

Necessária para elevar ou diminuir a temperatura de um corpo (substância) de uma temperatura t_1 para t_2 .

$$Q = M \cdot c (t_2 - t_1)$$

Onde: Q = Quantidade de calor (kcal)
 M = Massa da substância (kg)
 t_1 = Temperatura inicial da substância (°C)
 t_2 = Temperatura final da substância (°C)
 c = Calor específico da substância (kcal/kg.°C)

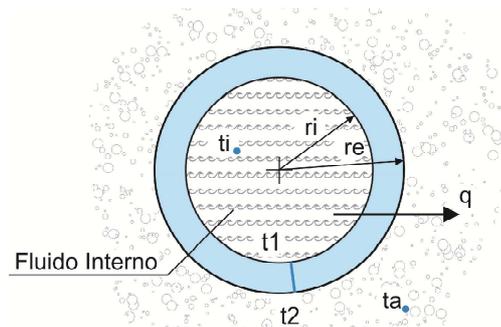
- **Transmissão de Calor em Tubulações**

Em tubulações, a transmissão de calor ocorre através de um fluido com uma temperatura t_i que transmite calor por convecção à superfície interna de um tubo (T_1). O calor é daí propagado por condução à superfície externa (T_2) e novamente, por convecção, é transmitido por uma substância em circulação (como o ar atmosférico) com a temperatura t_a e por radiação. Essa transmissão pode ser analisada, analogamente, pela Lei de *Ohm*, como:

$$q = (t_i - t_a) / R$$

Onde: R = Resistência total a transmissão de calor:
 R = Resistência a (Convecção + Condução + Radiação/Convecção)

$$R = R_{\alpha} + R_{\lambda} + R_{\alpha s}$$



Em tubulações, temos:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_a)}{\frac{1}{\alpha \cdot r_i} + \frac{1}{\lambda} \cdot \ln(re/r_i) + \frac{1}{\alpha_s \cdot re}}$$

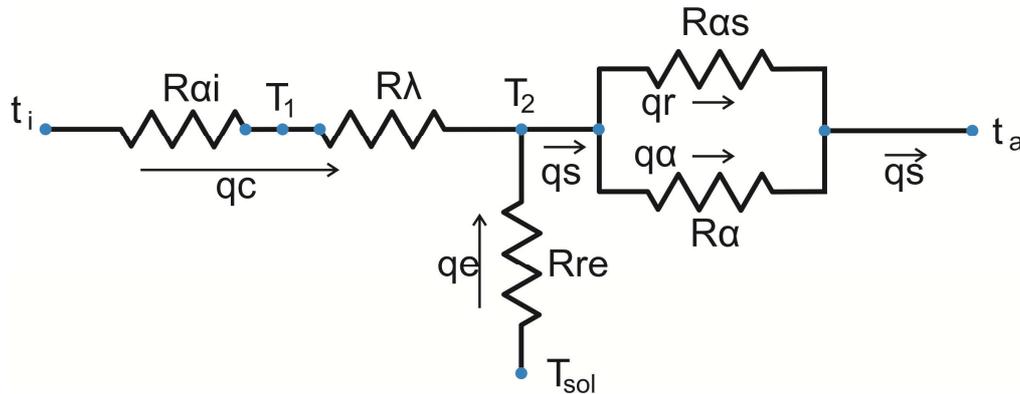
Se fossem colocadas várias camadas de isolantes térmicos, teríamos:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_i - t_a)}{\frac{1}{\alpha \cdot r_i} + \left(\sum \frac{1}{\lambda_i} \cdot \ln(re_i/r_i) \right) + \frac{1}{\alpha_s \cdot re}}$$

- Onde:
- re_i = Raio externo do isolante (tubo)
 - ri_i = Raio interno do isolante(tubo)
 - L = Comprimento do isolante (tubo)
 - α = Coeficiente de Convecção do fluido
 - λ = Condutividade térmica do isolante (tubo)
 - α_s = Coeficiente de radiação à atmosfera

Pelo mesmo raciocínio, poderíamos imaginar camadas intermediárias de fluidos entre tubos concêntricos, ocorrendo transmissões intermediárias por convecções e/ou radiação.

De forma genérica, a transição de calor em tubulações expostas pode ser representada por:



- Onde:
- t_i = Temperatura do fluido interno
 - R_{α} = Resistência a convecção do fluido interno p/ o tubo
 - T_1 = Temperatura da superfície interna do tubo
 - R_{λ} = Σ resistências a condução nas paredes do tubo e isolamentos
 - T_2 = Temperatura na superfície externa do tubo ouisolamento
 - R_{re} = Resistência a radiação do sol sobre o tubo
 - T_{sol} = Temperatura relativa ao sol
 - R_{as} = Resistência a radiação do tubo à atmosfera
 - R_{α} = Resistência a convecção para a atmosfera
 - t_a = Temperatura ambiente
 - q_c = Fluxo de calor estabelecido entre a superfície interna e externa do tubo e isolamentos
 - q_e = Fluxo de calor de radiação solar para o tubo
 - q_r = Fluxo de calor de radiação para a atmosfera
 - q_{α} = Fluxo de calor de convecção para a atmosfera
 - q_s = Fluxo de calor que sai para a atmosfera
 - $q_s = q_r + q_{\alpha} = q_e + q_c$

EXEMPLO:

Uma tubulação enterrada de PEAD transportando álcool a uma temperatura de 0°C. Determinar qual a distância percorrida pelo álcool até que sua temperatura se eleve de 5°C.

Dados:

Tubo diâmetro externo	(D) = 450 mm
diâmetro interno	(d) = 399 mm
Velocidade de escoamento	(v) = 0,32 m/s
Temperatura da superfície externa do tubo devido à temperatura do solo	(t) = 17°C
Calor específico do álcool	(c) = 0,57 kcal/kg.°C
Densidade do álcool	(γ) = 785 kg/m ³
Coefficiente de condutividade térmica do PEAD a 0°C	(λ) = 0,37 kcal/m.h.°C

Quantidade de calor para elevar a temperatura do álcool de 5°C:

$$Q = M \cdot c \cdot (t_2 - t_1)$$

$$M = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \gamma = \frac{\pi \cdot 0,399^2}{4} \cdot 785 = 98,2 \text{ kg/m}$$

Logo: $Q = 98,2 \cdot 0,57 \cdot (5 - 0) = 279,9 \text{ kcal/m}$ (de tubo)

Desprezando-se a convecção do álcool, para um comprimento de tubo (L) igual a 1 m, temos:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot (17 - 0)}{\frac{1}{0,37} \cdot \ln(0,45/0,399)} = 328,6 \text{ kcal/h}$$

Portanto, para aumentar a temperatura do álcool de 5°C será necessário o seguinte tempo:

$$T = \frac{279,9 \text{ kcal}}{328,6 \text{ kcal/h}} = 0,852 \text{ h} = 3066 \text{ s}$$

Para a velocidade de escoamento de 0,32 m/s, a distância percorrida (comprimento da tubulação) será de:

$$3066 \text{ s} \cdot 0,32 \text{ m/s} = 981 \text{ m}$$

- **Condensação em Tubulações**

O fenômeno da condensação é bastante importante em tubulações conduzindo fluidos frios e refrigerantes, como em instalações de ar condicionado.

A condensação ocorre quando a temperatura externa da tubulação fica abaixo da temperatura de orvalho, que por sua vez é função da umidade relativa do ar, temperatura ambiente e pressão atmosférica. Seus valores são extraídos de cartas psicrométricas.

O projetista, então, deve especificar elementos isolantes que envolvam a tubulação para evitar a condensação.

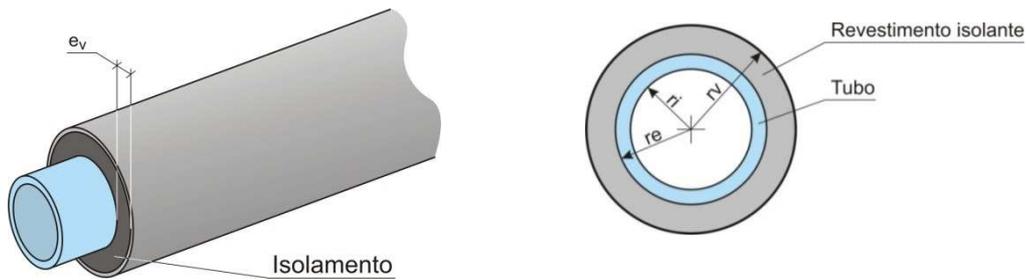


Fig.– Isolamento térmico de tubulações

EXEMPLO:

Verificar se ocorrerá condensação do ar atmosférico na superfície externa de um tubo de PP de diâmetro 250 SDR 11, transportando um fluido a 15°C, sendo a temperatura ambiente de 30°C e a umidade relativa do ar de 70%.

Dados:

$$D = 250 \text{ mm} = 0,25 \text{ m}$$

$$d = 204,4 \text{ mm} = 0,2044 \text{ m}$$

$$\lambda = \text{Coeficiente médio de condutividade térmica do PP entre } 12^\circ\text{C e } 30^\circ\text{C} = 0,18 \text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$$

t = Temperatura interna do tubo

$$\alpha = \text{Coeficiente de convecção livre do ar} = 15 \text{ kcal/m}^2\text{h.}^\circ\text{C}$$

t_o = Temperatura de condensação do ar a 30°C (orvalho) e umidade relativa de 70% = 24°C

t_e = Temperatura na superfície externa do tubo

Para 1 m de tubo, temos Fluxo que atravessa o tubo:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot (t_a - t)}{\frac{1}{\lambda} \cdot \ln(D/d) + \frac{1}{\alpha \cdot D/2}}$$

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot (30 - 15)}{\frac{1}{0,18} \cdot \ln(0,25/0,2044) + \frac{1}{15 \cdot 0,125}} = 57 \text{ kcal/h}$$

O fluxo de calor que atravessa o tubo, neste caso, é igual ao fluxo de condução (fluxo pela parede do tubo). Portanto, o fluxo de condução é:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot (t_e - t)}{\frac{1}{\lambda} \ln(D/d)} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (t_e - 15)}{\frac{1}{0,18} \ln(0,25/0,2044)} = 57 \text{ kcal/h}$$

$$\text{Logo: } 57 \text{ kcal/h} = 5,613 (t_e - 15) \text{ logo; } t_e = \frac{57}{5,613} + 15 = 25,15^\circ\text{C}$$

Portanto, não ocorre condensação, pois a temperatura da superfície do tubo é maior que a temperatura de condensação (24°C).

Repetindo o exemplo, considerando-se porém um tubo de aço de mesmas dimensões e com $\lambda = 40 \text{ kcal/m.h.}^\circ\text{C}$, temos:

- Fluxo que atravessa o tubo:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot (30 - 15)}{\frac{1}{40} \ln(0,25/0,2044) + \frac{1}{15 \cdot 0,125}} = 176,47 \text{ kcal/h}$$

- Fluxo de condução:

$$q = \frac{2 \cdot \pi \cdot (t_e - 15)}{\frac{1}{40} \ln(0,25/0,2044)} = 1248(t_e - 15) = 176,47 \text{ kcal/h}$$

Logo:
$$t_e = \frac{176,47}{1248} + 15 = 15,14^\circ \text{C}$$

Portanto, ocorre condensação, pois a temperatura externa do tubo é menor que a temperatura de condensação (24°C).

Para cálculos rápidos, privilegiando a segurança, podemos sugerir a seguinte expressão:

$$\frac{(t_o - t)}{q/S} \leq r_v \cdot \left(\frac{1}{\lambda_v} \cdot \ln\left(\frac{r_v}{re}\right) + \frac{1}{\lambda_T} \cdot \ln\left(\frac{re}{ri}\right) \right)$$

Onde: t_a = temperatura ambiente

t = temperatura do fluido interno ao tubo

t_o = temperatura de orvalho

r_v = Raio externo do isolante = $e_v + re$

e_v = Espessura do revestimento ($r_v - re$)

re = Raio externo do tubo

ri = Raio interno do tubo

q/S = fluxo de calor por unidade de área externa do revestimento

$$q/S = \alpha(t_a - t_o)$$

α = coef. de convecção livre do ar de 7 -15 kcal/m²h.°C. Tomando o pior caso, ar parado, α = 7 kcal/m²h.°C

λ_v = condutividade térmica do revestimento

λ_T = condutividade térmica do tubo

Valores de ($t_a - t_o$) e da conseqüente temperatura de orvalho em função da umidade relativa podem ser extraídos da Tabela abaixo, com boa aproximação. Atentar que $q/S = \alpha(t_a - t_o)$ e que a temperatura de orvalho pode ser extraída considerando-se que $t_o = t_a - (t_a - t_o)$.

Tabela- Umidade Relativa do Ar e temperatura de orvalho

ϕ_{\max} (%)	$t_a - t_o$ °C	ϕ_{\max} (%)	$t_a - t_o$ °C
95	≈ 0,7	70	≈ 5,2
90	≈ 1,5	65	≈ 6,2
85	≈ 2,3	60	≈ 7,5
80	≈ 3,2	55	≈ 8,5
75	≈ 4,2	50	≈ 9,9

Nota: valores extraídos de carta psicrométrica para $t_a \approx 10^\circ\text{C}$, pois valores de umidade relativa maiores ocorrem a temperaturas mais baixas. Tabela extraída do livro "Refrigeração" de Ênio Cruz da Costa

PROPRIEDADES DE ALGUNS MATERIAIS ISOLANTES

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO (ρ) kgf/m ³	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (λ)W/m.°C
Água	1000	0,57
Alvenaria	1800	0,98
Ar	1,2	0,026
Asfalto	2120	0,76
Concreto	2300	1,4
Concreto celular	300 – 600	0,057 – 0,14
Cortiça	200	0,052
Cortiça aglomerada	200	0,042
Epoxi	900	0,12 – 0,177
Espuma de borracha	80	0,035
Espuma plástico geral	25	0,041
Espuma poliestireno(PS)	15 – 30	0,032 – 0,040
Espuma poliuretano (PU)	30 – 45	0,023
Espuma vidro rígida	145	0,053
Lã Vidro	100 – 200	0,029 – 0,052
Lã Rocha	100 – 200	0,029 – 0,041
Madeira - pinho	550	0,16 – 0,35
Madeira Aglomerada	210	0,032
PEAD	950	0,43
PP	920	0,22
Vermiculite	70	0,046
Vidro	2500	0,76

EXEMPLO:

Determinar a espessura necessária de revestimento de espuma de poliestireno em um tubo de PP de DE 32 SDR6 (e = 5,4 mm) conduzindo fluido a 5°C, com uma temperatura ambiente de 25°C e umidade relativa do ar de 80%.

Dados:

λ_v = condutividade térmica do revestimento: 0,032 kcal/m.h.°C

λ_T = condutividade térmica do tubo: 0,18 kcal/m.h.°C

re = Raio externo do tubo: 0,032 m

ri = Raio interno do tubo: 0,0266 m

$t_a - t_o$ = 3,2°C (da Tabela)

α = coef. de convecção livre do ar de 11 kcal/m²h.°C

$q/S = \alpha(t_a - t_o) = 11 \cdot (3,2) = 35,2$ kcal/m².h

$$t_o = t_a - (t_a - t_o) = 25 - 3,2 = 21,8^\circ C$$

$$\frac{(t_o - t)}{q/S} \leq r_v \cdot \left(\frac{1}{\lambda_v} \cdot \ln\left(\frac{r_v}{re}\right) + \frac{1}{\lambda_T} \cdot \ln\left(\frac{re}{ri}\right) \right)$$

$$\frac{(21,8 - 5)}{35,2} \leq r_v \cdot \left(\frac{1}{0,032} \cdot \ln\left(\frac{r_v}{0,032}\right) + \frac{1}{0,18} \cdot \ln\left(\frac{0,032}{0,0266}\right) \right)$$

Fazendo as interações, isto é, arbitrando valores para r_v até que a desigualdade acima seja atingida, concluímos que $r_v \geq 19,2$ mm

Ou seja: espessura mínima do revestimento $e_v = 19,2 - re = 3,2$ mm

MÓDULO 5

5.1 - REDES E RAMAIS DE ÁGUA

1 – Normas Aplicáveis

- Tubos: NBR 15.561; NBR8417; NTS 048; NTS 194; EN 12.201-2
- Conexões Soldáveis: NBR 15.593;NTS 193; EN 12.201-3
- Diretrizes para Projetos: NBR 15.802;NTS189
- Conexões Mecânicas: NBR 15.803;NTS 192; NTS 175; ISO 14.236; UNI 9561
- Procedimentos de Instalação: NBR 15.950;NTS190
- Procedimentos de Reparo:NBR 15.979;NTS 191
- Procedimento para Solda de Topo: NTS 060
- Procedimento de Solda de Eletrofusão: NBR 14.465
- Requisitos p/qualificação Soldador, Instalador e Fiscal: NBR 14.472; NTS059
- Procedimento de Teste de Estanqueidade: NBR 15.952

2 – Seleção dos tubos:

2.1 – Material da Tubulação

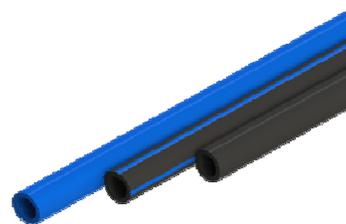
PE 80 (MRS 8) e PE 100 (MRS 10)

PE 80: Mais Flexível. Melhor custo-benefício em ramais

PE 100: Menos flexível, mais resistente a cisalhamento (cortes, danos superficiais), maior resistência a propagação de ruptura. Melhor custo-benefício em redes e adutoras

2.2 – Padronização de Cores:

Preto
Preto com listras Azuis
Azul



2.3 – Dimensões e Forma de Fornecimento

●RAMAIS: NBR 8417; NTS048

DE 20 SDR9 e 32SDR 11 (1 MPa): – BOBINA (PE 80) com 100 m de comprimento

● REDES: NBR 15.561; NTS 194; EN 12.201-2

		BOBINA				BARRA	
		PE 80		PE 100 ^(p)		PE 100 ^(p)	
		SDR13,6	SDR 11	SDR13,6	SDR 11	SDR 13,6	SDR 11
DE	DN	PN	PN	PN	PN	PN	PN
63	50	10	12,5	12,5	16	12,5	16
		PE 80		PE 100 ^(p)		PE 100 ^(p)	
		SDR 17	SDR 11	SDR 17	SDR 11	SDR 17	SDR 11
DE	DN	PN	PN	PN	PN	PN	PN
90	75	8	12,5	10	16	10	16
110	100	8	12,5	10	16	10	16
160	150	-	-	-	-	10	16
200	-	-	-	-	-	10	16
250	-	-	-	-	-	10	16
315	300	-	-	-	-	10	16

(p) = preferencial – PE 100 - Via de regra: DE 63 SDR 13,6 e DE 90 a 315 SDR 17 (PN 12,5)

- **Comprimento de Barras: 12 m**, mas podem ser fornecidas em outros comprimentos.

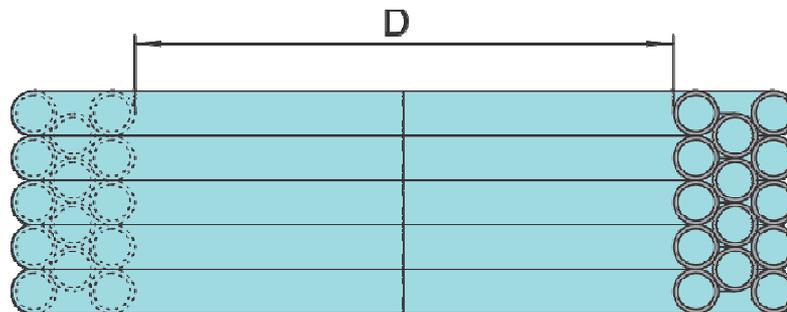
- **Dimensões de Bobinas SDR17 a 11:**

- Comprimento: 50 ou 100 m, mas podem ser fornecidas em outros comprimentos.

- Diâmetro Interno Mínimo (D): DE 63: 1300 mm

DE 90: 1800 mm

DE 110: 2200 mm



3 – Escolha do Método de União, Derivações, Transições e Elementos de Tubulação

3.1 – Métodos de União

- Junta Mecânica de Compressão: Material PP – PN 16: NBR 15.803; NTS192
- Conexões de Eletrofusão: PE 100 – SDR 11 – PN 16: NBR 15.593; NTS193
- Conexões de Topo por Termofusão: PE 100 – SDR 17 ou SDR 11: NBR 15.593; NTS193

DE	DISPONÍVEL			PREFERENCIAL		
	CP	EF	TP	CP	EF	TP
63	X	X	X	X	X	-
90	X	X	X	-	X	-
110	X	X	X	-	X	X
160	-	X	X	-	X	X
200	-	X	X	-	-	X
250	-	X	X	-	-	X
315	-	X	X	-	-	X

CP: Junta Mecânica de Compressão; EF: Eletrofundido; TP: Topo Termofusão



União de Compressão (CP)



Luva de Eletrofundido (EF)



União por Solda de Topo (TP)

Família de Conexões de Compressão para Redes (DE 63 a 110)



Família de Conexões de Eletrofundido para Redes (DE 63 a 315)



Família de Conexões de Ponta Polivalentes para Redes (DE 63 a 315)

Admitidas somente conexões injetadas monolíticas como NBR 15.593; NTS193; EN 12.201-3.

Para colarinhos e reduções podem ser admitidas peças usinadas.

Peças gomadas (segmentadas) não são aplicáveis em redes de água.



3.2 – Ramais – Possibilidades para Ligação

Rede (DE)	Ramal (DE)	EM CARGA		SEM CARGA	
		JM - TS	EF - TS	JM - CT	EF - CT
63	20/32	X	X	X	X
90	20/32	X	X	X	X
110	20/32	X	X	X	X
160	20/32	-	X	X	X
200	20/32	-	X	X	X
250	20/32	-	X	X	X
315	20/32	-	X	X	X

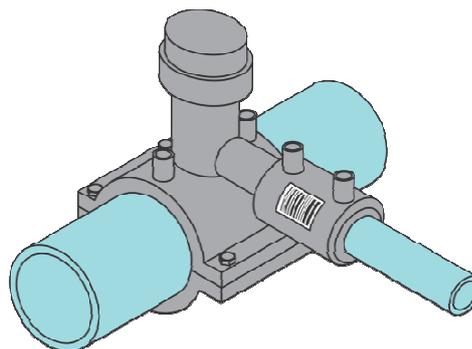
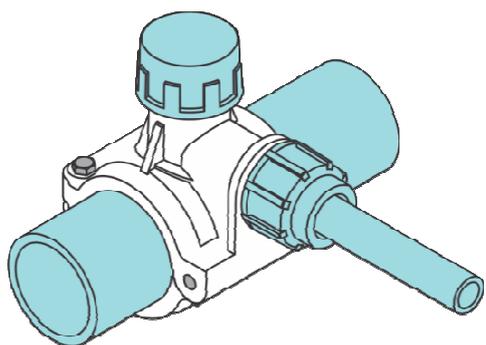
TS:Tê de Serviço/TappingTee;CT: Colar de Tomada/Tê de Sela



Tê de Serviço Mecânico (JM-TS)



Tê de Serviço de Eletrofusão (EF-TS)

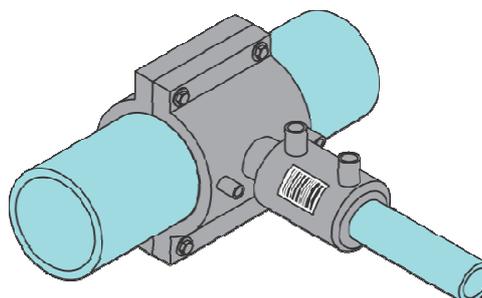
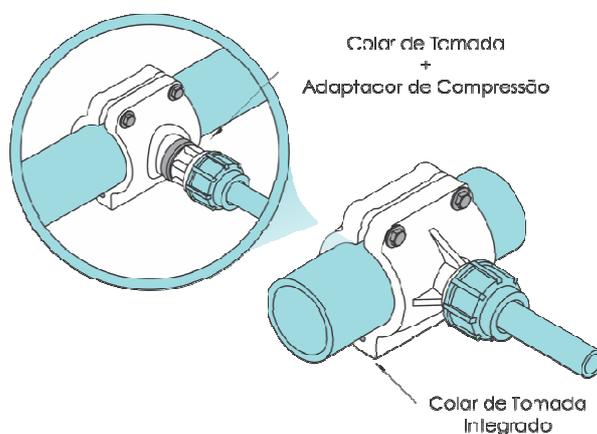




Colar de Tomada Mecânico (JM-CT)
Integrado com junta de compressão

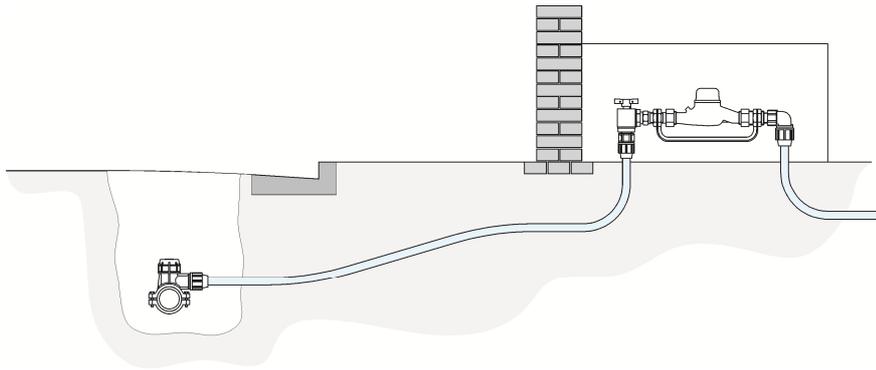


Colar de Tomada Mecânico Saída Rosca (JM-CT)



Colar de Tomada/Tê de Sela (EF-CT) Saída Ponta

Ligações e instalação de Ramais

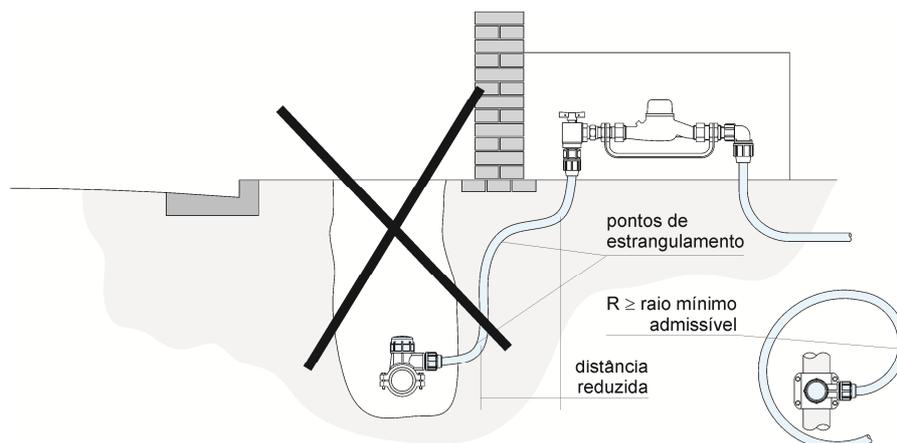


A conexão do ramal à rede pode ser feita por Tê de Serviço Mecânico ou por Eletrofundição. Em ligações novas, em especial em loteamentos e condomínios em construção, quando a rede ainda não está em carga, pode-se optar pelo uso de Colar de Tomada Mecânico ou por Eletrofundição.

A passagem do tubo do ramal pode ser por vala aberta ou por furo direcional.

Ao se assentar o tubo do ramal predial, antes de conectá-lo à entrada predial/medidor, deve-se atentar que o tubo não fique estrangulado ou tracionado.

O estrangulamento da parede do tubo pode ocorrer quando a distância entre a rede e o medidor for muito pequena, exigindo raios de curvatura menores que os admitidos. Nesse caso deve-se promover uma volta do tubo de polietileno em torno da derivação (pescoço de ganso), com raio maior ou igual ao mínimo admitido, de forma a obter seu posicionamento adequado em relação à entrada do medidor, evitando o estrangulamento.



3.3 – Derivações – Possibilidades de Execução de Derivações de Redes

Rede (DE)	Derivação DE	JM		EF		TP T
		T	CT	T	CT	
63	63	X	-	X	X	X
63	32	-	X ou AD	X	X	X
90	90	X	AD	X	X	X
90	63	-	AD	X	X	X ou R
90	32	-	X ou AD	R	X	R
110	110	X	AD	X	-	X
110	90	X	AD	X	X	X
110	63	-	AD	X	X	X
110	32	-	X ou AD	R	X	R
160	160	-	-	X	-	X
160	110	-	AD	X	-	X
160	90	-	AD	X	X	X
160	63	-	AD	X ou R	X	X ou R
160	32	-	AD	R	X	R
200	200	-	-	X	-	X
200	160	-	-	X ou R	-	X ou R
200	110	-	AD	X ou R	-	-
200	90	-	AD	X ou R	X	-
200	63	-	AD	R	X	-
200	32	-	AD	-	X	-
250	250	-	-	X	-	X
250	200	-	-	R	-	X ou R
250	160	-	-	R	-	R
250	110	-	AD	X	-	-
250	90	-	AD	X	X	-
250	63	-	AD	-	X	-
250	32	-	-	-	X	-
315	315	-	-	-	-	X
315	250	-	-	-	-	X ou R
315	200	-	-	-	-	R
315	160	-	-	-	-	X
315	110	-	AD	-	-	X
315	90	-	AD	-	X	-
315	63	-	AD	-	X	-
315	32	-	-	-	X	-

JM: Junta Mecânica; EF: Eletrofusão; TP: Ponta p/ Solda de Topo por Termofusão ou EF

T: Tê igual ou de Redução; CT: Colar de Tomada ou Tê de Sela

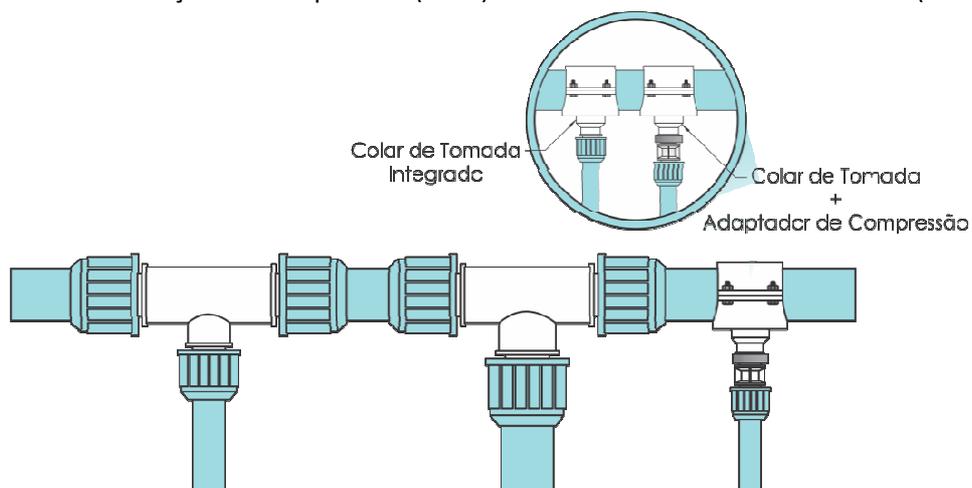
R: Tê mais Redução, AD: Colar Tomada Fêmea mais Adaptador Macho

Derivações com Conexões para Juntas Mecânicas (JM)



Tê Igual e Tê de Redução de Compressão (JM-T)

Colar de Tomada Mecânico (JM-CT)

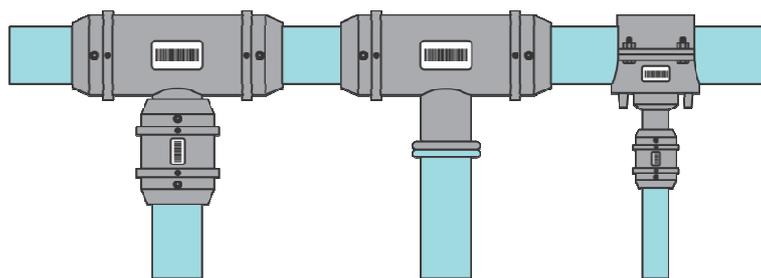


Derivações com Conexões de Eletrofusão (EF)



Tê Igual e Tê de Redução de Eletrofusão (EF-T)

Colar de Tomada de Eletrofusão (EF-CT)
Saída Ponta ou Bolsa

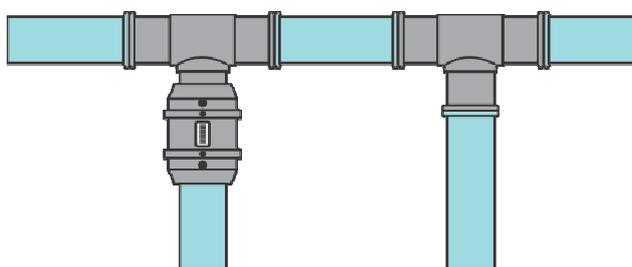


Derivações com Conexões Ponta Polivalentes Injetadas (Solda de Topo ou Eletrofusão)



Tê Igual ou Tê de Redução 90° de Ponta

Tê Igual 45° de Ponta



3.4 – Transições – Possibilidades para transições entre tubos ou elementos de tubulação

TRANSIÇÕES ROSCADAS

Tubo (DE)	Rosca "	JUNTA MECÂNICA			SOLDÁVEL		
		CP-M	CP-F	CT-F	M	F	CT-F
20	1/2	X	X	-	X	X	-
20	3/4	X	X	-	-	-	-
32	3/4	X	X	X	X	X	-
32	1	X	X	X	X	X	-
63	1 1/2	X	X	X	X	X	X
63	2	X	X	X	X	X	-
90	2	X	X	X	-	-	X
90	2 1/2	X	X	-	-	-	-
90	3	X	X	-	X	X	-
110	2	X	X	X	-	-	X
110	3	X	X	X	-	-	-
110	4	X	X	-	X	X	-
160	2	-	-	X	-	-	X
160	3	-	-	X	-	-	-
160	4	-	-	X	-	-	-

CP-M/F: Conexão de Compressão macho/fêmea; CT-F: Colar de Tomada fêmea
 Soldável: M/F: Macho ou Fêmea; Soldável: CT-F: Colar de Tomada fêmea

Transições Roscadas com Conexões Para Juntas Mecânicas (JM)

Conexões de Compressão



Adaptador Macho ou fêmea

Cotovelo Macho ou Fêmea

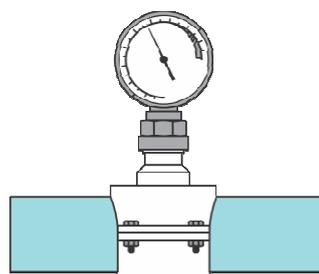
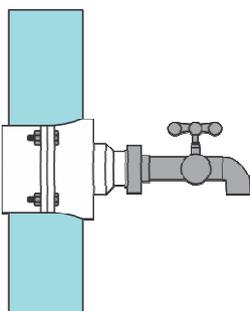
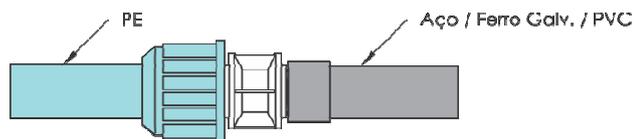
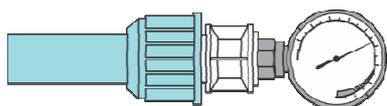
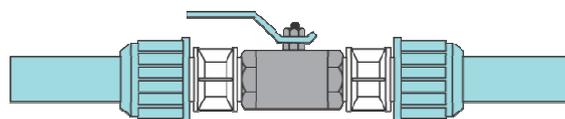
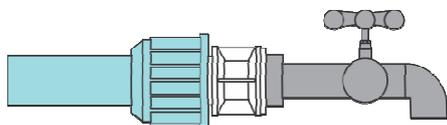
Tê macho ou Fêmea

Colar de Tomada para Junta Mecânica



Fêmea com reforço da rosca em Inox, ou com rosca em inox ou latão

Desenhos Esquemáticos de Aplicações Possíveis para Transições Mecânicas com Rosca



Ligações de torneiras, registros, manômetros e transições p/ tubos de outros materiais até 2". Para ligações com roscas metálicas, a peça de plástico deve ser macho ou ter rosca fêmea metálica ou com reforço externo metálico

Juntas de Transição com Conexões Soldáveis



Adaptador de Transição Macho ou Fêmea de latão ou Inox para solda de topo ou EF



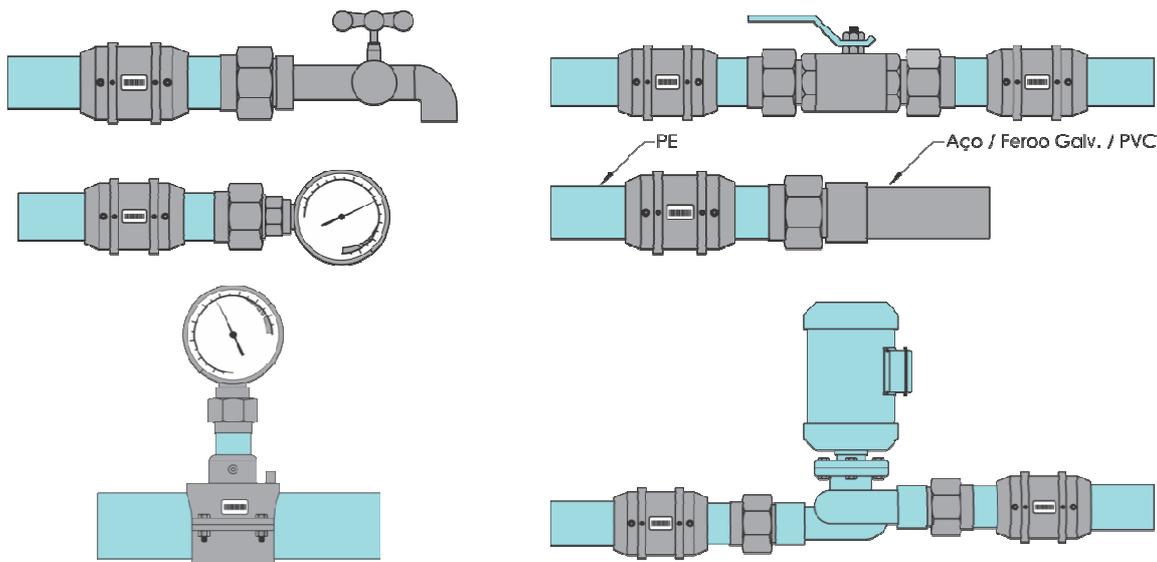
Cotovelos e Tês de Transição Macho ou Fêmea de latão ou Inox para solda de topo ou EF

Colar de Tomada de Eletrofusão



Com saída macho ou fêmea de latão ou inox

Desenhos Esquemáticos de Aplicações Possíveis para Transições Soldáveis com rosca



Ligações de torneiras, registros, manômetros, bombas e transições p/ tubos de outros materiais até 2". Para ligações com roscas metálicas, a peça de plástico deve ser macho ou ter rosca fêmea metálica ou com reforço externo metálico.

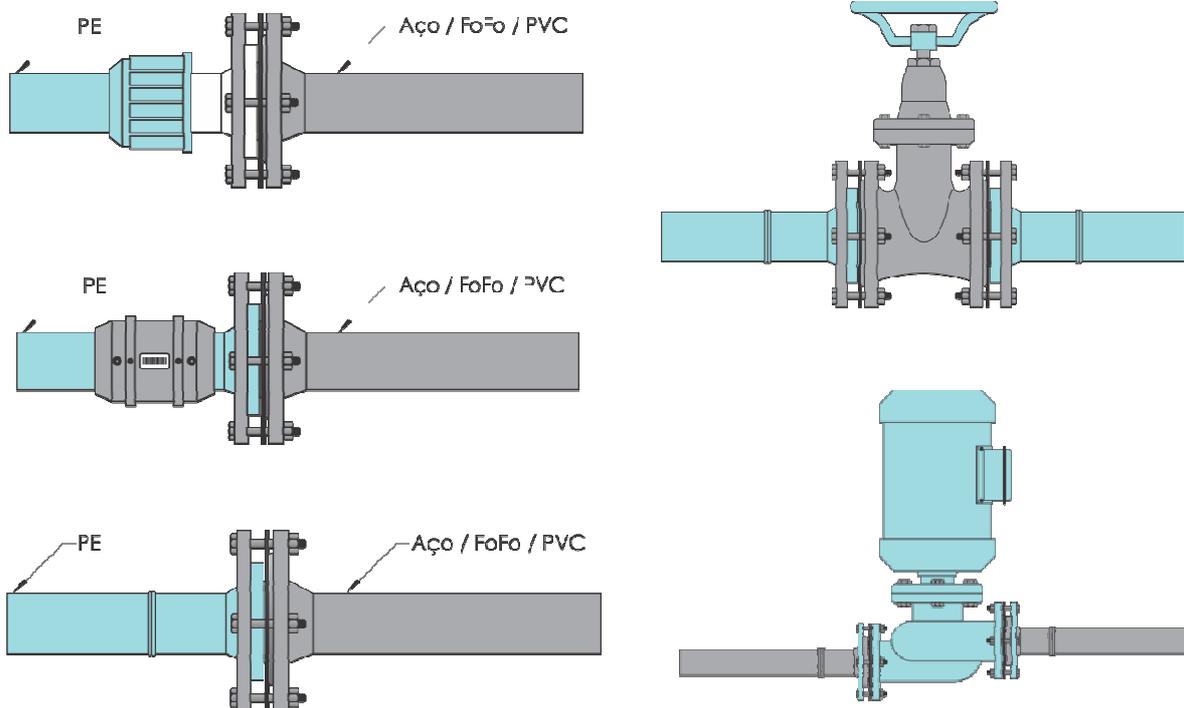
TRANSIÇÕES FLANGEADAS

Rede (DE)	JM PP	JM Fº Dúctil	TP
63	X	X	X
90	X	X	X
110	X	X	X
160	-	X	X
200	-	X	X
250	-	X	X
315	-	X	X

JM: Junta Mecânica; TP: Ponta

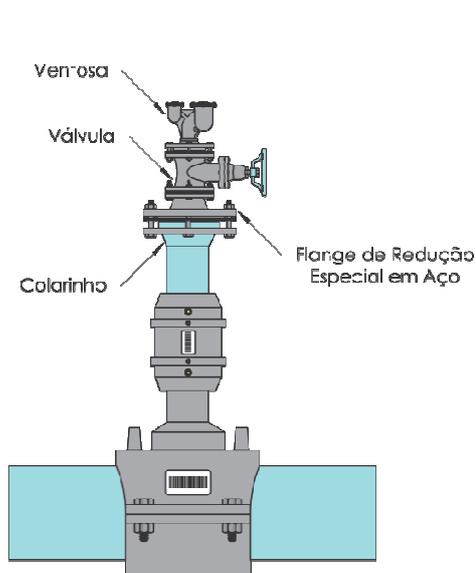


(JM) Adaptador p/ Flange de Compressão PP (TP) Colarinho ou Adaptador p/Flange até 110 mm, ou em Ferro Dúctil até 315 mm Ponta p/ Solda de Topo ou por Eletofusão

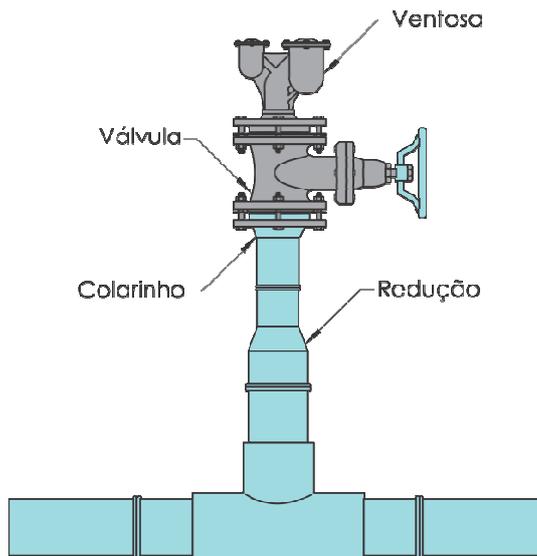


Para transição com outros materiais de tubos, ligações de bombas, válvulas, ventosas, etc.

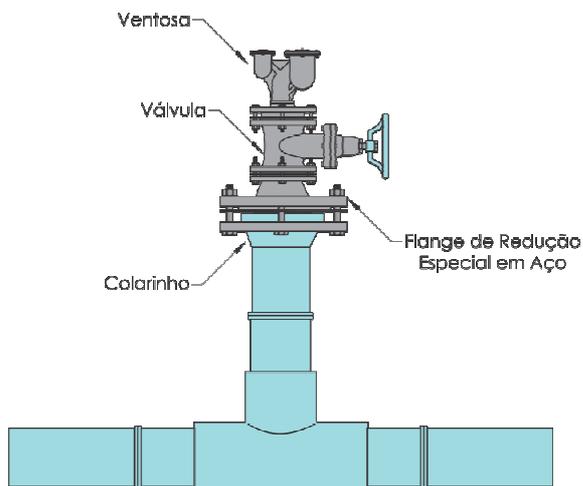
Algumas formas para ligações de Ventosas e Válvulas



CT-EF para ventosas de até 2"



Com Tê ponta ou EF para todas dimensões



Com Tê ponta ou EF para todas dimensões, redução em aço ou F°F°



Válvula de Gaveta com saída em PE

TRANSIÇÕES ESPECIAIS PARA TUBOS DE OUTROS MATERIAIS

Tubos PE x PVC-PBA

63 x DN50; 90 x DN75; 110 x DN100



PE x PVC/F°F°/AÇO/F.Cimento

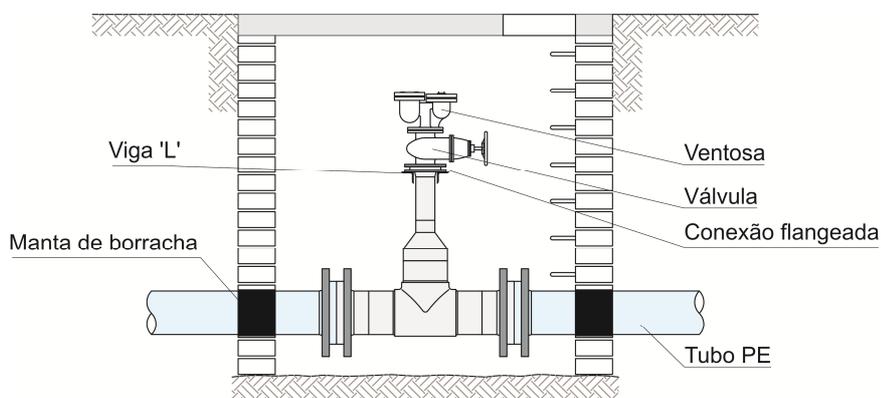
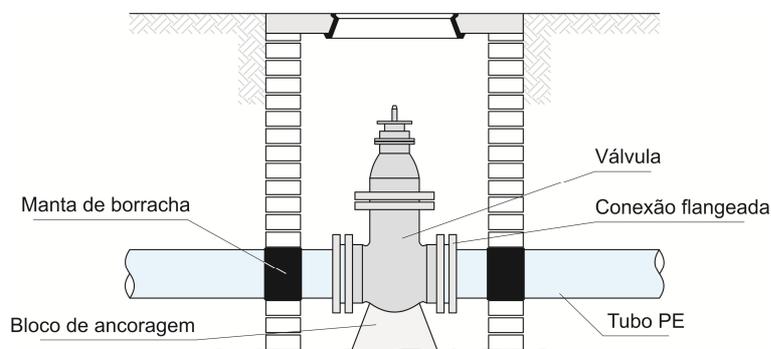
63 (DN 50) a 315 (DN 300)



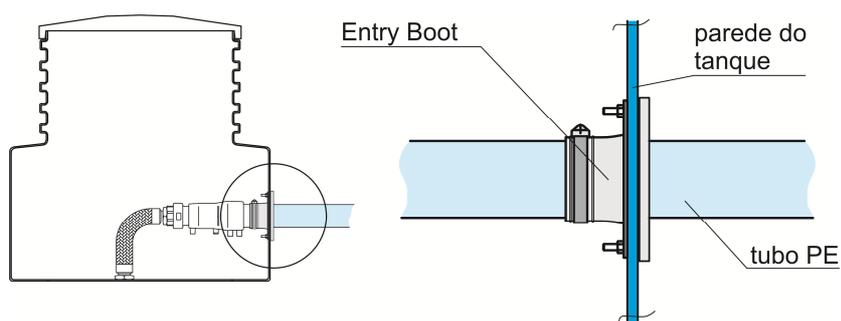
4 – Caixas Estanques para Medição, Válvulas, VRPs e Ventosas

É possível o uso de Caixas em alvenaria ou plásticas.

Caixas em Alvenaria



Caixas Plásticas



As caixas plásticas permitem soluções mais práticas e estanques que as em alvenaria, sendo porém ainda limitadas em dimensões, onde encontram mais alternativas nscixas de calçada para macromedidores e válvulas redutoras de pressão (VRP).

5 – Dimensionamento da Tubulação

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

d = diâmetro interno do tubo (m)

Q = Vazão (m³/s)

v = velocidade média do fluido (m/s)

5.1 – Vazão

Fórmula Universal (rugosidade k) ou por Hazen-Williams (fator C).

Diâmetro Interno (mm)	k (10 ⁻⁶ m)	C
≤ 100 (tubos novos - velhos)	10 - 25	150 - 145
> 100 (tubos novos - velhos)	50 - 100	145 - 140

5.2 – Máxima Pressão de Operação (MPO) ou Pressão de Serviço

$$MPO = PN \cdot f_T$$

f_T = fator devido a temperatura média do fluido/tubo

°C	25	27,5	30	35	40	45*	50*
f_T	1	0,86	0,81	0,72	0,62	0,52	0,43

* limitado a vida útil de 15 anos

5.3 – Transientes Hidráulicos

O cálculo da variação de pressão (ΔH) devido a transientes hidráulicos se faz por:

$$\Delta H = \frac{c \cdot v}{g}$$

ΔH = variação de pressão (+ ou -) (m)

c = celeridade (velocidade de propagação da onda) (m/s)

v = velocidade média do fluido (m/s)

g = aceleração da gravidade (m²/s)

Para água, simplificadamente:

$$\text{Para PE 80: } c = 1035 / \sqrt{SDR - 1}$$

$$\text{Para PE 100: } c = 1280 / \sqrt{SDR - 1}$$

5.3.1 – Sobrepressão Máxima Admissível devido a Transientes Hidráulicos (PSO)

$$PSO = 1,5 \cdot MPO$$

Para PSO até 1,5 .MPO não há necessidade de se aumentar a classe de pressão do tubo.

5.3.2 – Subpressão Máxima Admissível devido a Transientes Hidráulicos

Para tubos $SDR \leq 17$ (SDR 17 e 11) a máxima subpressão admissível para o tubo supera as pressões negativas práticas encontradas em redes. Não se faz necessário cuidados especiais.

5.4 – Profundidades de Instalação

5.4.1 – Profundidade máxima de aterro

Para tubos $SDR \leq 17$ (SDR 17 e 11) a máxima profundidade de aterro admissível supera 6 m, mesmo em condições de aterro sem controle de compactação.

5.4.2 – Profundidade mínima de aterro para tubos $SDR \leq 17$

As profundidades mínimas recomendadas:

Calçada:	0,4 – 0,7 m
Rua Pavimentada:	1,0 m
Rua sem Pavimento:	1,2 m

6 – Métodos de Instalação

O método de instalação a ser escolhido, MND ou Vala Aberta, depende de fatores econômicos e impactos ambientais avaliados. Vide módulo 4 – Métodos de Instalação e Reparo.

7 – Especificações para Compra dos Materiais

Os materiais de tubos e conexões devem ser especificados conforme as normas aplicáveis (item 1), definindo-se e padronizando-se os materiais (PE 80 ou 100), as dimensões, classes de pressão (SDR), o método de união e os tipos de conexões utilizadas em cada situação, confoeme itens 2 e 3, bem como o método de instalação definido (item 6).

Os fabricantes e produtos devem ser pré-qualificados (vide módulo 2 – Controle de Qualidade) e atender aos procedimentos de inspeção aplicáveis para Recebimento de Materiais. Os fabricantes devem fornecer certificados de qualidade por lote de material fornecido acompanhando a Nota Fiscal dos Produtos, para sua rastreabilidade.

8 – Especificações para Contratação do Instalador

A empresa instaladora deve ter instaladores, soldadores e equipamentos de solda/Instalação qualificados conforme Módulo 3 – Qualificação de Soldador e Equipamentos de Instalação.

Devem apresentar os certificados dos profissionais e dos equipamentos dentro da validade antes do início da obra.

A Contratante deve avaliar os certificados de Soldadores e Equipamentos do Instalador e fazer inspeção dos mesmos, se julgar necessário, solicitar demonstração de soldas e de aplicação dos equipamentos para avaliar seu adequado desempenho, ou mesmo solicitar ensaios de ambos conforme normas pertinentes. Vide Módulo 3.

9 – Estocagem e Manuseio de Materiais

Devem se seguir as recomendações no módulo 4.1 – Procedimentos de Estocagem e Manuseio, e os de instalação e Reparo, respectivamente, módulos 4.2, 4.3 e 4.5.

Devem ser levadas em consideração as condições do local, acesso e armazenamento.

10 – Inspeção, Acompanhamento e Recebimento de Obras

A Contratante deve assegurar-se que os materiais nas obras tenham os respectivos certificados de qualidade e aprovação.

A Contratante deve inspecionar a qualidade das soldas e uniões executadas, bem como o correto manuseio dos equipamentos e adequados procedimentos de instalação, conforme Módulo 2–Controle de Qualidade e Módulo 4 – Instalação e Reparo.

A critério da Contratante, podem ser cortadas soldas para ensaios de laboratório, bem como exigir relatórios de todas as soldas executadas com os dados do soldador e equipamento que a realizou.

O recebimento da obra deve ser feito com a execução dos adequados procedimentos de limpeza da rede (higienização), testes de estanqueidade (módulo 4.8), e a entrega de as-built acompanhado dos relatórios de solda.

11 - Reparo

11.1 – Ramais

Usar União mecânica ou, preferencialmente, trocar todo o tubo do ramal.

Se a ligação não utiliza Tê de Serviço, trocar por Tê de Serviço Mecânico.

Se adaptador macho não for PN 16, substituir por PN 16 – NBR15.563

11.2 – Redes

DE 63 – DE 110: União de Compressão

DE 63 – DE 315: Luva de Eletrofusão

Furo na rede: Sela de reparo de Eletrofusão

Vide Módulo 4.5 – Procedimento de Reparo

MÓDULO 5

5.2 - ADUTORAS DE ÁGUA E LINHAS DE ESGOTO SOB PRESSÃO

1 – Normas Aplicáveis

- Tubos: NBR 15.561; NTS 194; EN 12.201-2; Módulo 1.2
- Conexões Soldáveis: NBR 15.593; NTS 193; EN 12.201-3; Módulo 1.3
- Diretrizes para Projetos: NBR 15.802; NTS 189
- Conexões Mecânicas: NBR 15.803; NTS 192; ISO 14.236; UNI 9561; Módulo 1.3
- Procedimentos de Instalação: NBR 15.950; NTS 190; Módulos 4.2 e 4.3
- Procedimentos de Reparo: NBR 15.979; NTS 191; Módulo 4.5
- Procedimento para Solda de Topo: NTS 060, DVS 2207; Módulo 4.6 e 3.1
- Procedimento de Solda de Eletrofusão: NBR 14.465; DVS 2207; Módulo 4.7 e 3.1
- Requisitos p/qualificação Soldador, Instalador e Fiscal: NBR 14.472; NTS 059; Módulo 3.1
- Procedimento de Teste de Estanqueidade: NBR 15.952; Módulo 4.8

2 – Seleção dos tubos:

2.1 – Material da Tubulação

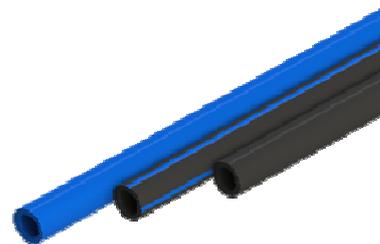
PE 80 (MRS 8) e PE 100 (MRS 10)

PE 80: Mais Flexível. Melhor custo-benefício em ramais.

PE 100: Melhor custo-benefício em adutoras e linhas de esgoto. Menos flexível, mais resistente a cisalhamento (cortes, danos superficiais), maior resistência a propagação de ruptura, maior diâmetro interno e mais leve que tubo PE 80 de PN equivalente.

2.2 – Padronização de Cores:

Água: Preto
Preto com listras Azuis
Azul



Esgoto: Preto
Preto com listras Ocre



2.3 – Dimensões e Forma de Fornecimento

DE 63a DE 125– BOBINA ou BARRAS

DE > 125 – BARRAS

●ADUTORAS E LINHAS DE ESGOTO: NBR 15.561; NTS 194; EN 12.201-2

Ø	SDR 32,25		SDR 26		SDR 21		SDR 17	
	PE80 PE100	PN4 PN5	PE80 PE100	PN5 PN6	PE80 PE100	PN6 PN8	PE80 PE100	PN8 PN 10
DE mm	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m
75							4,5	1,00
90							5,4	1,45
110					5,3	1,76	6,6	2,15
125			4,9	1,86	6,0	2,25	7,5	2,78
140			5,4	2,30	6,7	2,82	8,3	3,45
160	5,0	2,45	6,2	3,02	7,7	3,70	9,5	4,50
180	5,6	3,09	7,0	3,81	8,6	4,64	10,7	5,69
200	6,2	3,81	7,7	4,67	9,6	5,75	11,9	7,02
225	7,0	4,81	8,7	5,93	10,8	7,27	13,4	8,90
250	7,8	5,95	9,7	7,33	11,9	8,90	14,9	10,98
280	8,7	7,44	10,8	9,14	13,4	11,23	16,6	13,71
315	9,8	9,41	12,2	11,63	15,0	14,21	18,7	17,36
355	11,1	12,04	13,7	14,69	16,9	17,91	21,1	22,10
400	12,4	15,13	15,4	18,61	19,1	22,84	23,8	28,03
450	14,0	19,16	17,4	23,64	21,5	28,89	26,7	35,38
500	15,5	23,60	19,3	29,13	23,9	35,64	29,7	43,72
560	17,4	29,66	21,6	36,48	26,7	44,61	33,2	54,77
630	19,6	37,55	24,3	46,18	30,0	56,35	37,4	69,37
710	22,1	47,75	27,4	58,65	33,9	71,75	42,1	88,02
800	24,9	60,51	30,8	74,23	38,1	90,94	47,5	111,82
900	28,0	76,52	34,7	94,07	42,9	115,07	53,4	141,41
1000	31,1	94,54	38,5	115,98	47,7	142,17	59,3	174,48
1200	37,3	135,97	46,2	167,01	57,2	204,62		
1400	43,5	184,91	53,9	227,12				
1600	49,7	241,36	61,6	296,68				

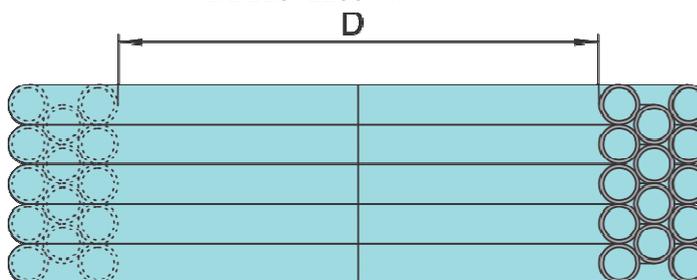
Ø	SDR 13,6		SDR 11		SDR9		SDR 7,25	
	PE80 PE100	PN 10 PN 12,5	PE80 PE100	PN 12,5 PN 16	PE80 PE100	PN 16 PN 20	PE80 PE 100	PN 20 PN 25
DE mm	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m
63	4,7	0,87	5,8	1,04	7,0	1,23	8,7	1,48
75	5,6	1,23	6,9	1,48	8,4	1,76	10,4	2,10
90	6,7	1,76	8,2	2,11	10,0	2,50	12,5	3,03
110	8,2	2,63	10,0	3,13	12,3	3,76	15,2	4,50
125	9,3	3,39	11,4	4,06	13,9	4,83	17,3	5,81
140	10,4	4,24	12,8	5,10	15,6	6,07	19,4	7,30
160	11,9	5,52	14,6	6,65	17,8	7,90	22,1	9,51
180	13,4	7,00	16,4	8,40	20,0	9,99	24,9	12,03
200	14,9	8,64	18,2	10,36	22,3	12,38	27,6	14,82
225	16,7	10,89	20,5	13,11	25,0	15,60	31,1	18,79
250	18,6	13,48	22,8	16,19	27,8	19,27	34,5	23,15
280	20,8	16,87	25,5	20,29	31,2	24,23	38,7	29,07
315	23,4	21,36	28,7	25,67	35,0	30,56	43,5	36,76
355	26,3	27,06	32,3	32,57	39,5	38,87	49,0	46,65
400	29,7	34,39	36,4	41,35	44,5	49,33	55,2	59,24
450	33,4	43,50	41,0	52,34	50,0	62,36	61,7	74,54
500	37,1	53,72	45,5	64,57	55,6	77,03		
560	41,5	67,27	51,0	81,01	-	-		
630	46,7	85,13	57,3	102,45	-	-		
710	52,6	108,05	-	-				
800	59,3	137,27	-	-				
900	-	-	-	-				
1000	-	-	-	-				
1200	-	-	-	-				
1400	-	-	-	-				
1600	-	-	-	-				

- **Comprimento de Barras: 12 m**, mas podem ser fornecidas em outros comprimentos.

- **Dimensões de Bobinas SDR17 a 11:**

- Comprimento: 50 ou 100 m, mas podem ser fornecidas em outros comprimentos.

- Diâmetro Interno Mínimo (D): DE 63: 1300 mm
 DE 90: 1800 mm
 DE 110: 2200 mm



Tubos de SDR > 17 (menor espessura) não devem ser bobinados, causando dobras e sua inutilização. Sua fabricação não é permitida por normas.

3 – Escolha do Método de União, Derivações, Transições e Elementos de Tubulação

3.1 – Métodos de União

- Junta Mecânica de Compressão: Material PP – PN 16: NBR 15.803; NTS192
- Conexões de Eletrofusão: PE 100 – SDR 11 – PN 16: NBR 15.593; NTS193
- Conexões de Ponta por Termofusão: PE 100 – SDR 17 ou SDR 11: NBR 15.593; NTS193

DE	DISPONÍVEL			PREFERENCIAL		
	CP	EF	TP	CP	EF	TP
63	X	X	X	X	X	-
90	X	X	X	-	X	-
110	X	X	X	-	X	X
160	-	X	X	-	X	X
200 - 800	-	X	X	-	-	X
> 800	-	-	X	-	-	X

CP: Junta Mecânica de Compressão; EF: Eletrofusão; TP: Ponta Termofusão



União de Compressão (CP)



Luva de Eletrofusão (EF)



União por Solda de Topo (TP)

Família de Conexões de Compressão (DE 63 a 110)



Família de Conexões de Eletrofusão (DE 63 a 315). Acima DE 315 somente Luva



Família de Conexões de Ponta Polivalentes (DE 63 a 315)

Admitidas somente conexões injetadas monolíticas como NBR 15.593; NTS193; EN 12.201-3. Podem ser unidas por solda de topo por termofusão ou com luva de eletrofusão.

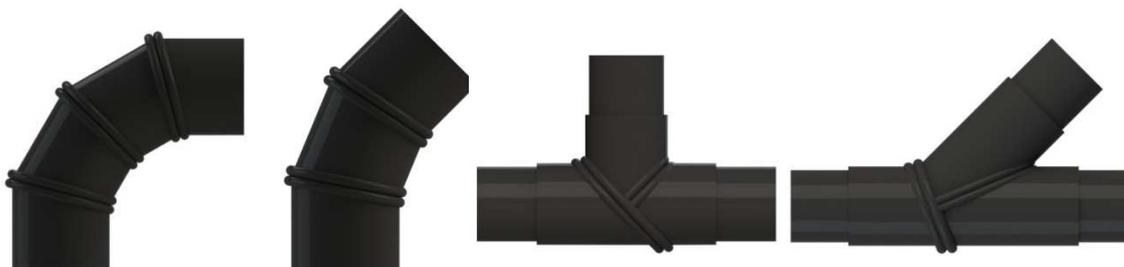
Para colarinhos e reduções podem ser admitidas peças usinadas.



Alguns fabricantes disponibilizam conexões ponta injetadas ou usinadas até DE 630 mm, porém curtas, demandando máquinas de solda de topo com 1 abraçadeira para soldar a barra de tubo, ou um prolongamento de tubo para permitir a solda por eletro fusão de uma luva. Vide Módulo 1.3.

Família de Conexões de Ponta Gomadas/Segmentadas (DE ≥ 315)

Conforme NBR 15.593; NTS193; EN 12.201-3. Vide Módulo 1.3.



Curvas e Tês de 90°, 60°, 45°, e 30°, casos especiais de 22,5 e 11,5°.

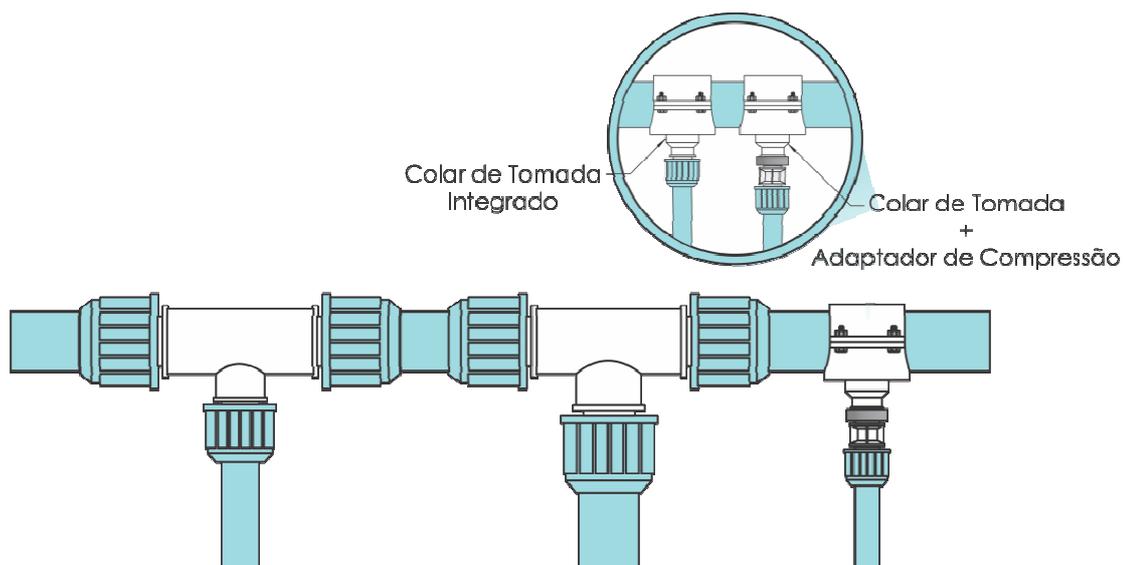
3.2 – Derivações – Possibilidades de Execução de Derivações de Redes

Derivações com Conexões para Juntas Mecânicas (JM)



Tê Igual e Tê de Redução de Compressão (JM-T)
Até DE 110

Colar de Tomada Mecânico (JM-CT)
Até DE 315 com derivação até 110



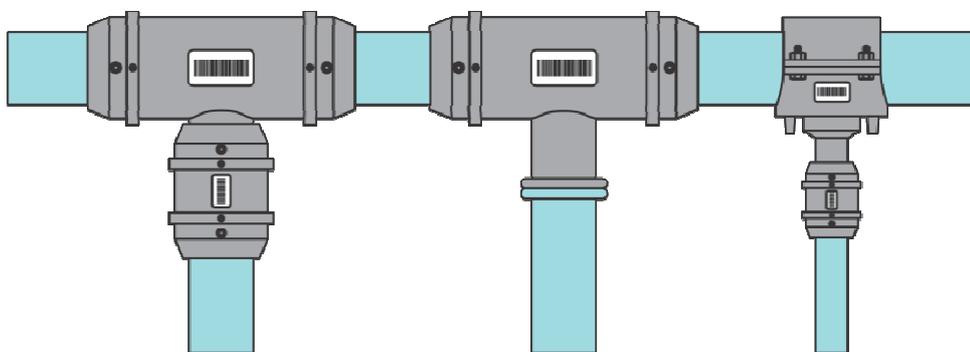
Derivações com Conexões de Eletrofusão (EF)



Tê Igual e Tê de Redução de Eletrofusão (EF-T)
Até DE 315



Colar de Tomada de Eletrofusão (EF-CT)
Saída Ponta ou Bolsa – Até DE 315 x 110
Há peças especiais de até DE 800 x 315

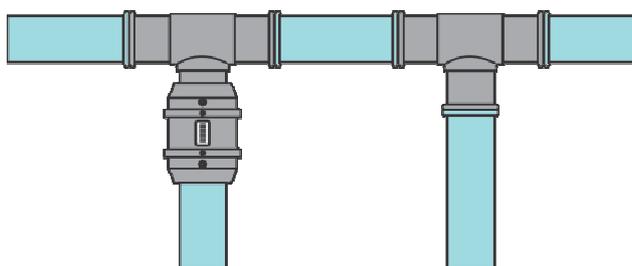


Derivações com Conexões Ponta Polivalentes Injetadas (para Solda de Topo ou Eletrofusão)



Tê Igual ou Tê de Redução 90° de Ponta

Tê Igual 45° de Ponta



Derivações com Conexões Ponta Gomadas DE ≥ 315 (para Solda de Topo ou Eletrofusão)



Tês de 90°, 60°, 45° e 30°

3.3 – Transições para outros elementos de tubulação ou de materiais de tubos

Transições Flangeadas

Rede (DE)	JM PP	JM Fº Dúctil	TP
63	X	X	X
90	X	X	X
110	X	X	X
160	-	X	X
200	-	X	X
250	-	X	X
315	-	X	X
> 315	-	X	X

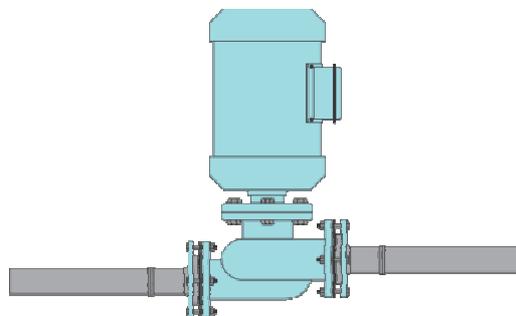
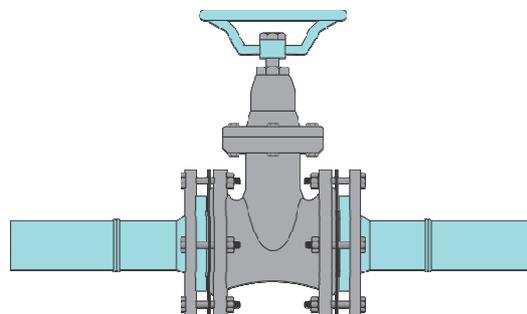
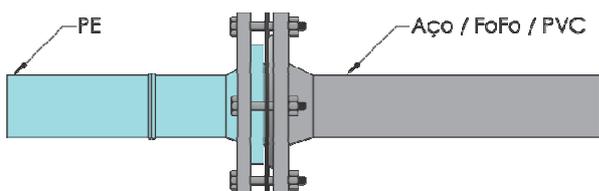
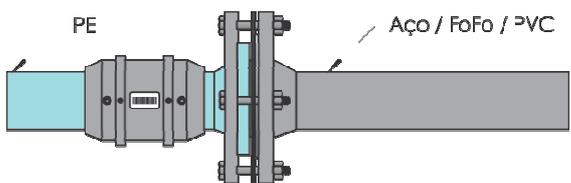
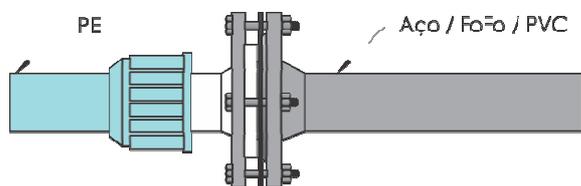
JM: Junta Mecânica; TP: Ponta



(JM) Adaptador p/ Flange de Compressão PP até 110 mm, ou em Ferro Dúctil, até 1200mm

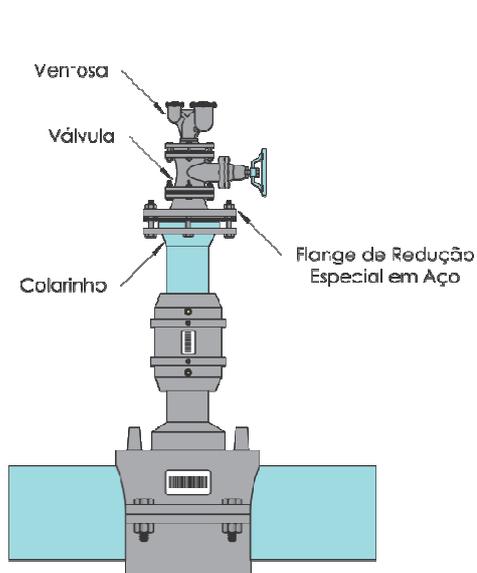


(TP) Colarinho ou Adaptador p/ Flange Ponta p/ Solda de Topo ou Eletro fusão, até 1600 mm

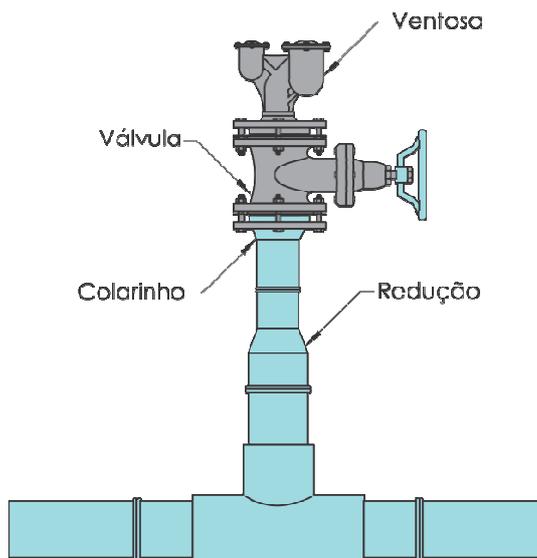


Para transição com outros materiais de tubos, ligações de bombas, válvulas, ventosas, etc.

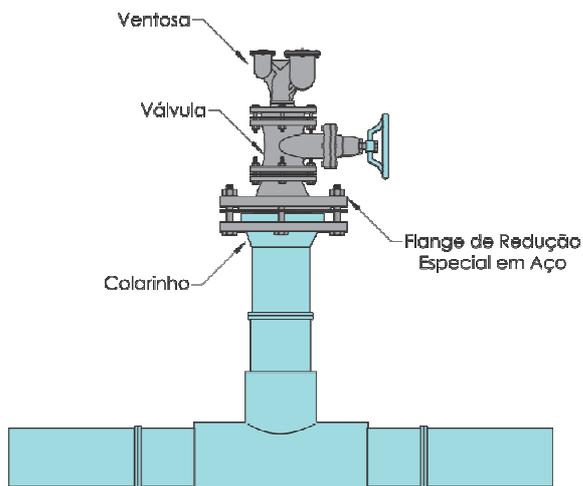
Algumas formas para ligações de Ventosas e Válvulas



CT-EF para ventosas de até 2"



Com Tê ponta ou EF para todas dimensões



Com Tê ponta ou EF para todas dimensões, com redução em aço ou F°F°



Válvula de Gaveta com saída em PE

TRANSIÇÕES ESPECIAIS PARA TUBOS DE OUTROS MATERIAIS

Tubos PE x PVC-PBA

63 x DN50; 90 x DN75; 110 x DN100



PE x PVC/F°F°/AÇO/F.Cimento

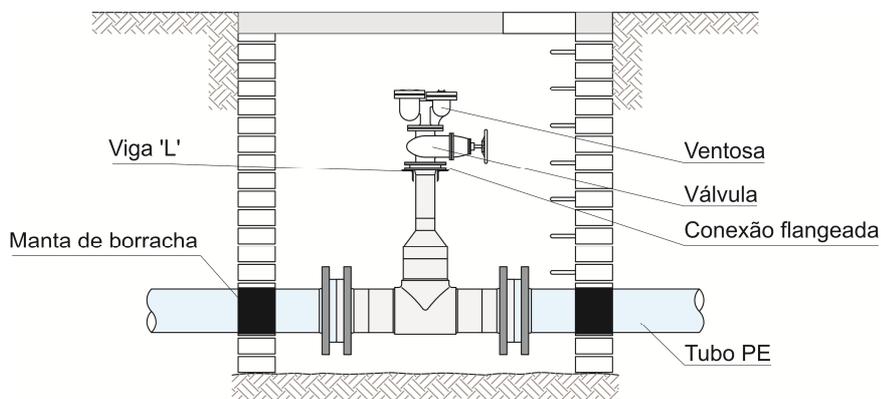
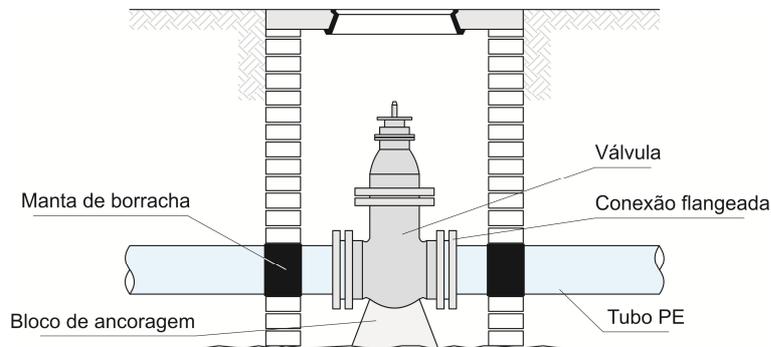
63 (DN 50) a 315 (DN 300)



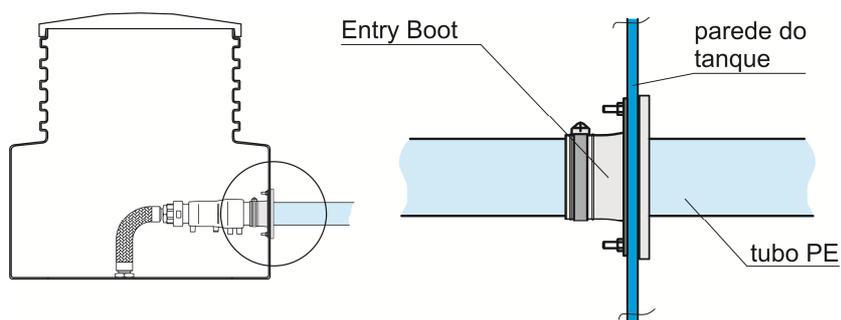
4 – Caixas Estanques para Medição, Válvulas, VRPs e Ventosas

É possível o uso de Caixas em alvenaria ou plásticas.

Caixas em Alvenaria



Caixas Plásticas



As caixas plásticas permitem soluções mais práticas e estanques que as em alvenaria, sendo porém ainda limitadas em dimensões, onde encontram mais alternativas nas caixas de calçada para macromedidores e válvulas redutoras de pressão (VRP).

Obs: todos os desenhos e figuras desse manual são meramente ilustrativos e não restritivos.

5 – Dimensionamento da Tubulação. Conforme NBR 15.802

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

d = diâmetro interno do tubo (m)

Q = Vazão (m³/s)

v = velocidade média do fluido (m/s)

5.1 – Vazão

Fórmula Universal (rugosidade k) ou por Hazen-Williams (fator C).

Diâmetro externo (DE)	k (10 ⁻⁶ m)	C
≤ 200 (tubos novos - velhos)	10 - 25	150 - 145
> 200 (tubos novos - velhos)	25 - 50	145 - 140

5.2 – Máxima Pressão de Operação (MPO) ou Pressão de Serviço

$$MPO = PN \cdot f_T$$

f_T = fator devido a temperatura média do fluido/tubo

°C	25	27,5	30	35	40	45*	50*
f_T	1	0,86	0,81	0,72	0,62	0,52	0,43

* limitado a vida útil de 15 anos

5.3 – Transientes Hidráulicos

O cálculo da variação de pressão (ΔH) devido a transientes hidráulicos se faz por:

$$\Delta H = \frac{c \cdot v}{g}$$

ΔH = variação de pressão (+ ou -) (m)

c = celeridade (velocidade de propagação da onda) (m/s)

v = velocidade média do fluido (m/s)

g = aceleração da gravidade (m²/s)

Para água, simplificada:

$$\text{Para PE 80: } c = 1035 / \sqrt{SDR - 1}$$

$$\text{Para PE 100: } c = 1280 / \sqrt{SDR - 1}$$

5.3.1 – Sobrepressão Máxima Admissível devido a Transientes Hidráulicos (PSO)

$$PSO = 1,5 \cdot MPO$$

Para PSO até 1,5 .MPO não há necessidade de se aumentar a classe de pressão do tubo.

5.3.2 – Subpressão Máxima Admissível devido a Transientes Hidráulicos

Para tubos $SDR \leq 17$ (SDR 17 e 11) a máxima subpressão admissível para o tubo supera as pressões negativas práticas encontradas em redes. Não se faz necessário cuidados especiais.

Para tubos $SDR > 17$ devem ser conduzidos cálculos específicos, conforme NBR 15.802.

Levar em consideração a presença de lençol freático e sua altura sobre a tubulação.

5.4 – Profundidades de Instalação

5.4.1 – Altura máxima de aterro

Para tubos $SDR \leq 17$ (SDR 17 e 11) a máxima altura de aterro admissível supera 6 m, mesmo em condições de aterro sem controle de compactação.

Para tubos $SDR > 17$, as condições de compactação do solo adquirem maior importância, podendo levar o tubo ao colapso. Adotar as premissas da NBR 15.802.

Levar em consideração a presença de lençol freático e sua altura sobre a tubulação. Em instalações subaquáticas é necessário o dimensionamento de ancoragem/poitas e análise de formação de gases internos e correntes subaquáticas, que podem levar à flutuação da tubulação e seu comprometimento. Os cálculos devem ser efetuados por especialistas.

5.4.2 – Alturamínima de aterro

As alturas mínimas recomendadas:

Calçada:	0,8 m a partir da geratriz superior da tubulação
Rua Pavimentada:	1,0 m a partir da geratriz superior da tubulação
Rua sem Pavimento:	1,2 m a partir da geratriz superior da tubulação

6 – Métodos de Instalação

O método de instalação a ser escolhido, MND ou Vala Aberta, depende de fatores econômicos e impactos ambientais avaliados. Vide módulo 4 – Métodos de Instalação e Reparo.

7 – Especificações para Compra dos Materiais

Os materiais de tubos e conexões devem ser especificados conforme as normas aplicáveis (item 1), definindo-se e padronizando-se os materiais (PE 80 ou 100), as dimensões, classes de pressão (SDR), o método de união e os tipos de conexões utilizadas em cada situação, confoeme itens 2 e 3, bem como o método de instalação definido (item 6).

Os fabricantes e produtos devem ser pré-qualificados (vide módulo 2 – Controle de Qualidade) e atender aos procedimentos de inspeção aplicáveis para Recebimento de Materiais. Os fabricantes devem fornecer certificados de qualidade por lote de material fornecido acompanhando a Nota Fiscal dos Produtos, para sua rastreabilidade.

8 – Especificações para Contratação do Instalador

A empresa instaladora deve ter instaladores, soldadores e equipamentos de solda/Instalação qualificados conforme Módulo 3 – Qualificação de Soldador e Equipamentos de Instalação.

Devem apresentar os certificados dos profissionais e dos equipamentos dentro da validade antes do início da obra.

A Contratante deve avaliar os certificados de Soldadores e Equipamentos do Instalador e fazer inspeção dos mesmos, se julgar necessário, solicitar demonstração de soldas e de aplicação dos equipamentos para avaliar seu adequado desempenho, ou mesmo solicitar ensaios de ambos conforme normas pertinentes. Vide Módulo 3.

9 – Estocagem e Manuseio de Materiais

Devem se seguir as recomendações no módulo 4.1 – Procedimentos de Estocagem e Manuseio, e os de instalação e Reparo, respectivamente, módulos 4.2, 4.3 e 4.5.

Devem ser levadas em consideração as condições do local, acesso e armazenamento.

10 – Inspeção, Acompanhamento e Recebimento de Obras

A Contratante deve assegurar-se que os materiais nas obras tenham os respectivos certificados de qualidade e aprovação.

A Contratante deve inspecionar a qualidade das soldas e uniões executadas, bem como o correto manuseio dos equipamentos e adequados procedimentos de instalação, conforme Módulo 2–Controle de Qualidade e Módulo 4 – Instalação e Reparo.

A critério da Contratante, podem ser cortadas soldas para ensaios de laboratório, bem como exigir relatórios de todas as soldas executadas com os dados do soldador e equipamento que a realizou.

O recebimento da obra deve ser feito com a execução dos adequados procedimentos de limpeza da rede (higienização), testes de estanqueidade (módulo 4.8), e a entrega de as-built acompanhado dos relatórios de solda.

11 - Reparo

Vide Módulo 4.5 – Procedimento de Reparo

MÓDULO 6

LINHAS ANTI INCÊNDIO

1 – Normas Aplicáveis

- Tubos: NBR 15.561; EN 12.201-2; Módulo 1.2
- Conexões Soldáveis: NBR 15.593;EN 12.201-3; Módulo 1.3
- Diretrizes para Projetos: NBR 15.802;
- Conexões Mecânicas: NBR 15.803;ISO 14.236; UNI 9561; Módulo 1.3
- Procedimentos de Instalação: NBR 15.950;Módulos 4.2 e 4.3
- Procedimentos de Reparo:NBR 15.979;Módulo 4.5
- Procedimento para Solda de Topo: DVS 2207; Módulo 4.6 e 3.1
- Procedimento de Solda de Eletrofusão: NBR 14.465; DVS 2207; Módulo 4.7 e 3.1
- Requisitos p/qualificação Soldador, Instalador e Fiscal: NBR 14.472; Módulo 3.1
- Procedimento de Teste de Estanqueidade: NBR 15.952; Módulo 4.8

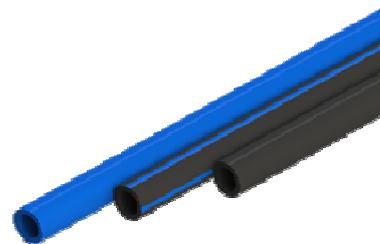
2 – Seleção dos tubos:

2.1 – Material da Tubulação

PE 100: Melhor custo-benefício em linhas antiincêndio. Menos flexível, mais resistente a cisalhamento (cortes, danos superficiais), maior resistência a propagação de ruptura, maior diâmetro interno e mais leve e com maior diâmetro hidráulico que tubo PE 80 de PN equivalente.

2.2 – Padronização de Cores:

Água: Preto
Preto com listras azuis



Sob encomenda, pode ser fornecido com **listras vermelhas**

2.3 – Dimensões e Forma de Fornecimento

● **LINHAS ANTI INCÊNDIO: NBR 15.561; EN 12.201-2**

Ø	SDR 13,6		SDR 11		SDR9		SDR 7,25	
	PE100	PN 12,5	PE100	PN 16	PE100	PN 20	PE 100	PN 25
DE mm	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m	e mm	Peso kg/m
63	4,7	0,87	5,8	1,04	7,0	1,23	8,7	1,48
75	5,6	1,23	6,9	1,48	8,4	1,76	10,4	2,10
90	6,7	1,76	8,2	2,11	10,0	2,50	12,5	3,03
110	8,2	2,63	10,0	3,13	12,3	3,76	15,2	4,50
125	9,3	3,39	11,4	4,06	13,9	4,83	17,3	5,81
140	10,4	4,24	12,8	5,10	15,6	6,07	19,4	7,30
160	11,9	5,52	14,6	6,65	17,8	7,90	22,1	9,51
180	13,4	7,00	16,4	8,40	20,0	9,99	24,9	12,03
200	14,9	8,64	18,2	10,36	22,3	12,38	27,6	14,82
225	16,7	10,89	20,5	13,11	25,0	15,60	31,1	18,79
250	18,6	13,48	22,8	16,19	27,8	19,27	34,5	23,15
280	20,8	16,87	25,5	20,29	31,2	24,23	38,7	29,07
315	23,4	21,36	28,7	25,67	35,0	30,56	43,5	36,76
355	26,3	27,06	32,3	32,57	39,5	38,87	49,0	46,65
400	29,7	34,39	36,4	41,35	44,5	49,33	55,2	59,24
450	33,4	43,50	41,0	52,34	50,0	62,36	61,7	74,54
500	37,1	53,72	45,5	64,57	55,6	77,03		
560	41,5	67,27	51,0	81,01	-	-		
630	46,7	85,13	57,3	102,45	-	-		

● **Formas de Fornecimento:**

DE 63a DE 125 – BOBINA ou BARRAS

DE > 125 – BARRAS

- **Comprimento de Barras: 12 m**, mas podem ser fornecidas em outros comprimentos.

- **Dimensões de Bobinas SDR13 a 11:**

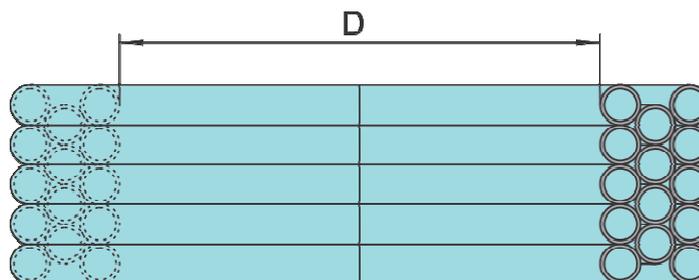
- Comprimento: 50 ou 100 m, mas podem ser fornecidas em outros comprimentos.

- Diâmetro Interno Mínimo (D): DE 63: 1300 mm

DE 90: 1800 mm

DE 110: 2200 mm

DE 125: 2200 mm



3 – Escolha do Método de União, Derivações, Transições e Elementos de Tubulação

3.1 – Métodos de União

- Junta Mecânica de Compressão: Material PP – PN 16: NBR 15.803
- Conexões de Eletrofusão: PE 100 – SDR 11 – PN 16: NBR15.593
- Conexões de Ponta por Termofusão: PE 100 SDR do tubo: NBR 15.593

DE	DISPONÍVEL			PREFERENCIAL		
	CP	EF	TP	CP	EF	TP
63	X	X	X	X	X	-
90	X	X	X	-	X	-
110	X	X	X	-	X	X
160	-	X	X	-	X	X
200 - 630	-	X	X	-	-	X

CP: Junta Mecânica de Compressão; EF: Eletrofusão; TP: Ponta Termofusão



União de Compressão (CP)



Luva de Eletrofusão (EF)



União por Solda de Topo (TP)

Família de Conexões de Compressão (DE 63 a 110)



Família de Conexões de Eletrofusão (DE 63 a 315). Acima DE 315 somente Luva



Família de Conexões de Ponta Polivalentes

Admitidas somente conexões injetadas monolíticas conforme NBR 15.593 ou EN 12.201-3.

Podem ser unidas por solda de topo por termofusão ou por luva de eletrofusão.

Para colarinhos e reduções podem ser admitidas peças usinadas.



Alguns fabricantes disponibilizam conexões ponta injetadas ou usinadas até DE 630 mm, porém curtas, demandando máquinas de solda de topo com 1 abraçadeira para soldar a barra de tubo, ou com um prolongamento de tubo para permitir a solda por eletrofusão de uma luva. Vide Módulo 1.3.

Família de Conexões de Ponta Gomadas/Segmentadas

(Não são admitidas para essa aplicação)

3.2 – Derivações – Possibilidades de Execução de Derivações de Redes

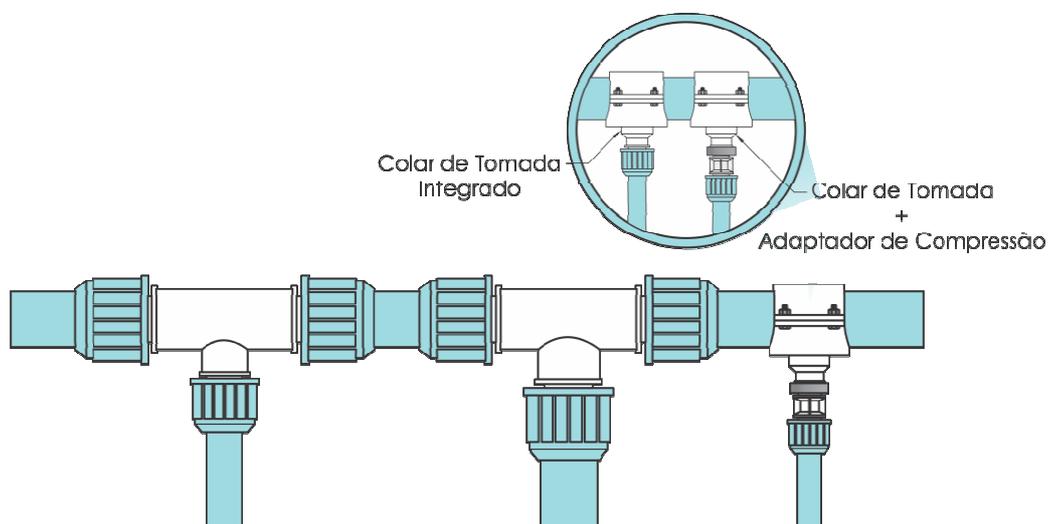
Derivações com Conexões para Juntas Mecânicas (JM)



Tê Igual e Tê de Redução de Compressão (JM-T)
Até DE 110



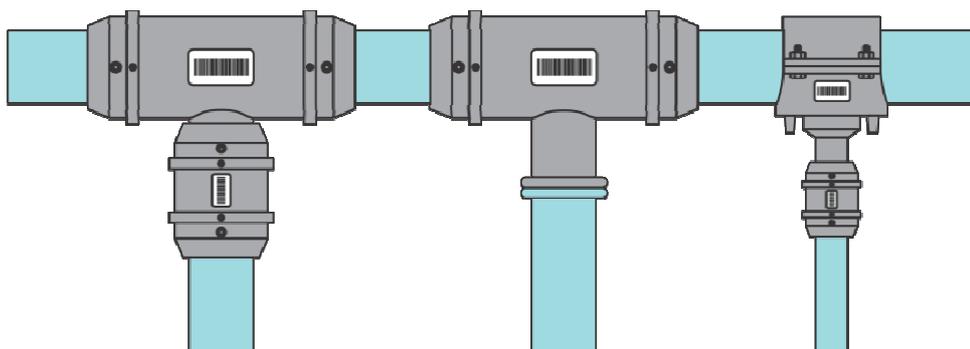
Colar de Tomada Mecânico (JM-CT)
Até DE 315 com derivação até 110



Derivações com Conexões de Eletrofusão (EF)



Tê Igual e Tê de Redução de Eletrofusão (EF-T) Até DE 315 Colar de Tomada de Eletrofusão (EF-CT) Saída Ponta ou Bolsa – Até DE 315 x 110

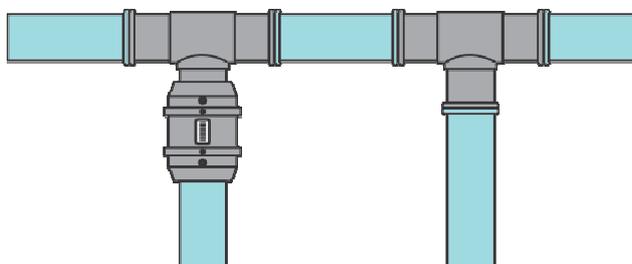


Derivações com Conexões Ponta Polivalentes Injetadas (para Solda de Topo ou Eletrofusão)



Tê Igual ou Tê de Redução 90° de Ponta

Tê Igual 45° de Ponta



3.3 – Transições para outros elementos de tubulação ou de materiais de tubos

Transições Flangeadas

Rede (DE)	JM PP	JM Fº Dúctil	TP
63	X	X	X
90	X	X	X
110	X	X	X
160	-	X	X
200	-	X	X
250	-	X	X
315	-	X	X
> 315	-	X	X

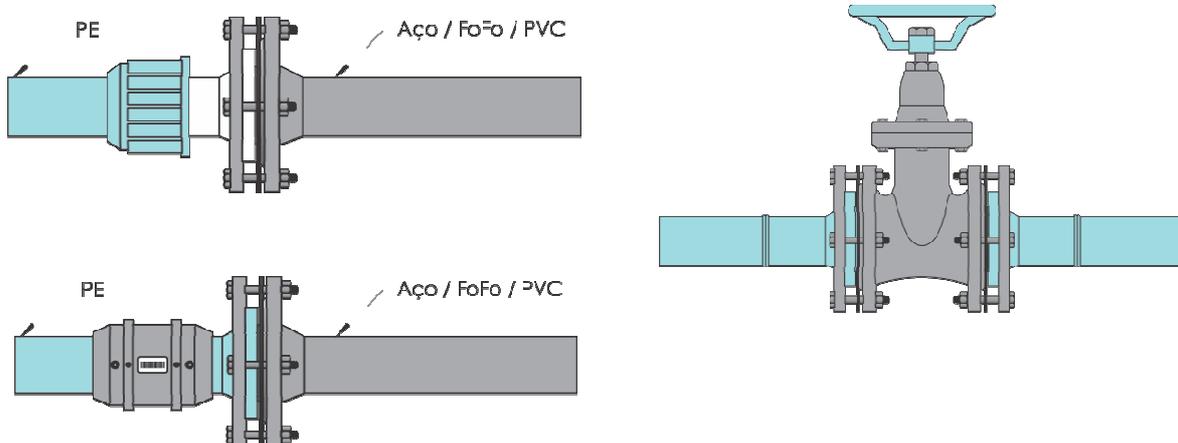
JM: Junta Mecânica; TP: Ponta

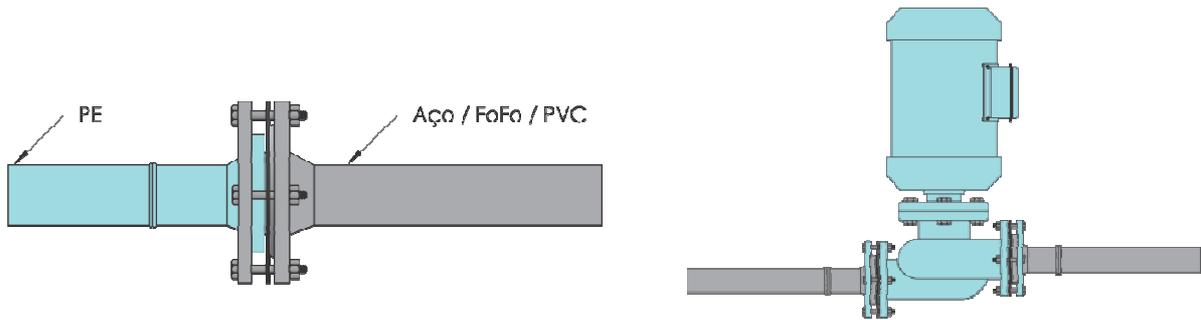


(JM) Adaptador p/ Flange de Compressão PP até 110 mm, ou em Ferro Dúctil, até 1200 mm



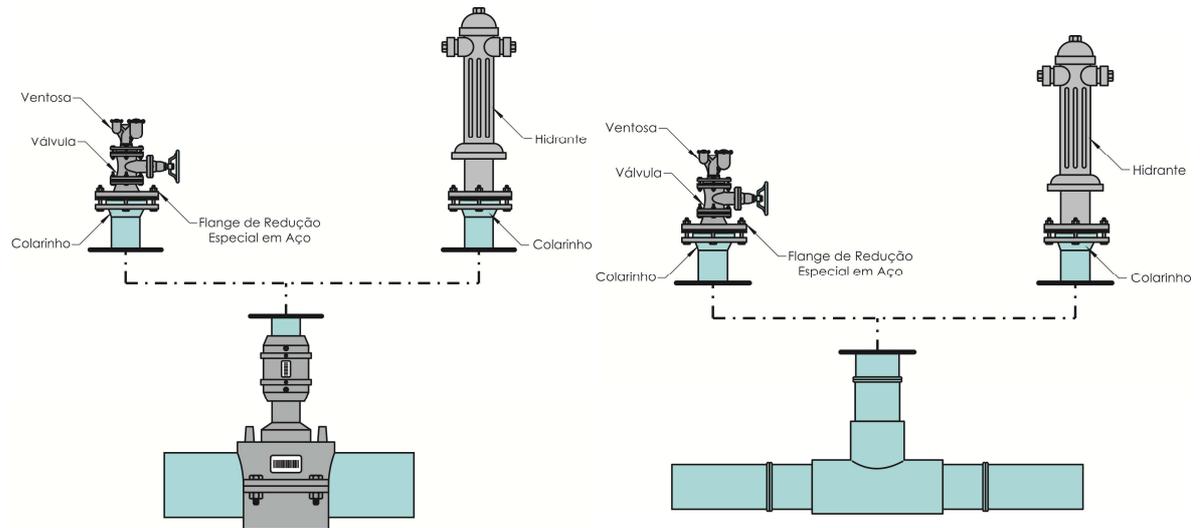
(TP) Colarinho ou Adaptador p/ Flange Ponta p/ Solda de Topo ou Eletrofusão, até 1600 mm





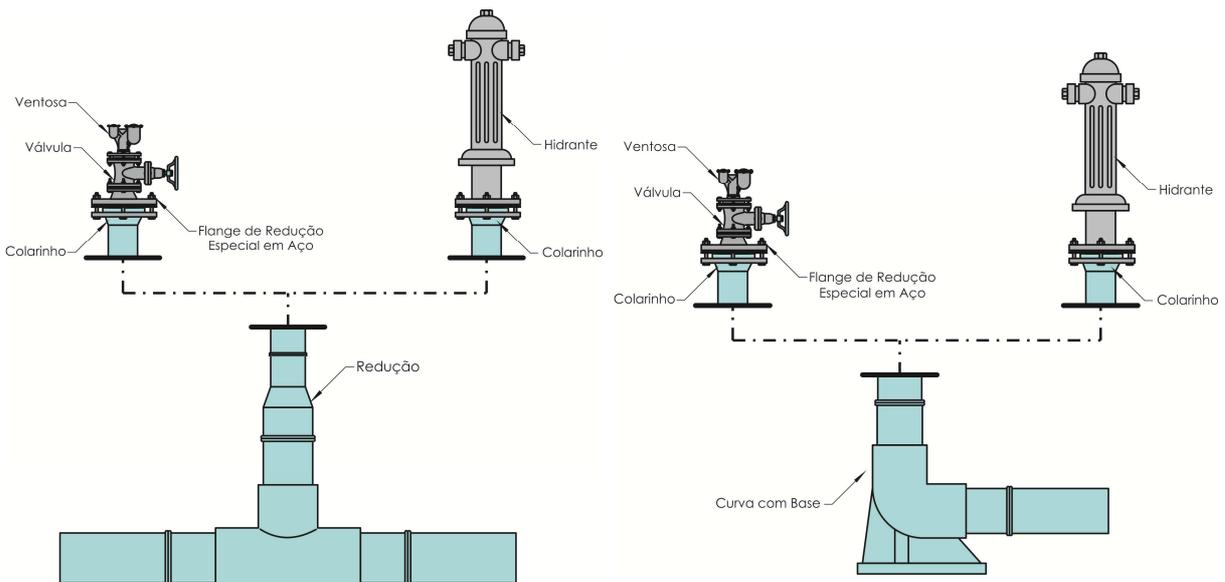
Para transição com outros materiais de tubos, ligações de bombas, válvulas, ventosas, etc.

Algumas formas para ligações de Ventosas, Válvulas e Hidrantes



Com Colar Tomada-EF

Com Tê ponta ou EF para todas dimensões



Com Tê ponta ou EF com redução para todas dimensões

Ligação com cotovelo/base

Exemplos de ligação de Hidrantes e válvulas



TRANSIÇÕES ESPECIAIS PARA TUBOS DE OUTROS MATERIAIS

Transições mecânicas autotravadas (tipo compressão)

PE x /FºFº/AÇO: 63 (DN 50) a 315 (DN 300)



Transições soldáveis de PE X AÇO (eletrofusão ou topo)

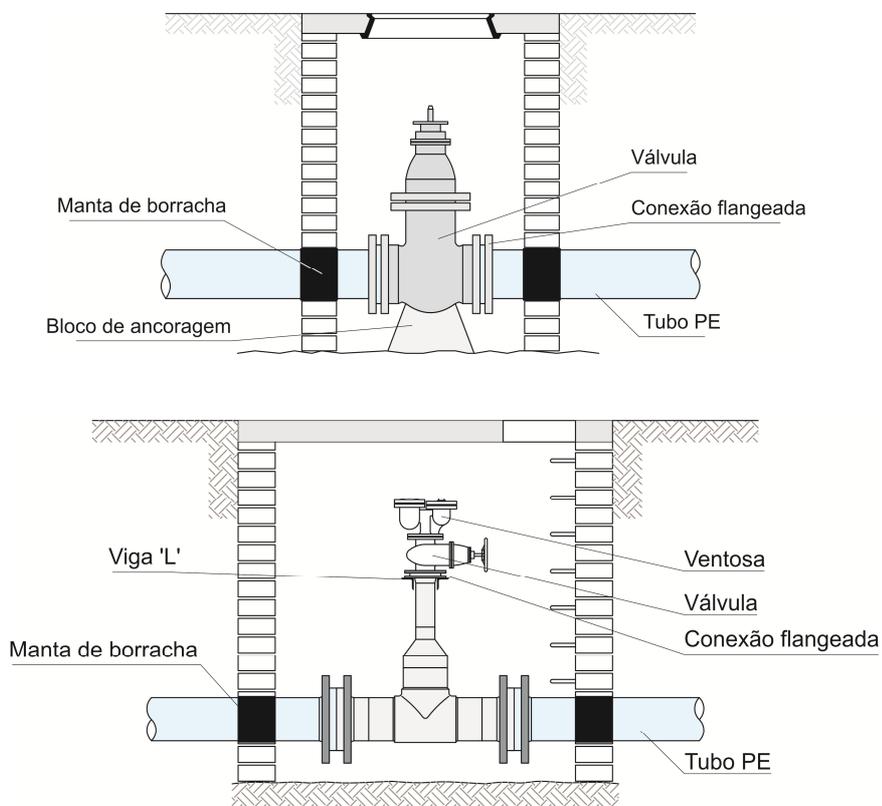
Rosca (inox, galvanizado, latão) ou Ponta para solda: 63 (DN 50) a 315 (DN 300)



4 – Caixas Estanques para Válvulas, Ventosase HIDRANTES

É possível o uso de Caixas em alvenaria ou plásticas.

Caixas em Alvenaria



Obs: todos os desenhos e figuras desse manual são meramente ilustrativos e não restritivos.

5 – Dimensionamento da Tubulação. Conforme NBR 15.802

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}$$

d = diâmetro interno do tubo (m)

Q = Vazão (m³/s)

v = velocidade média do fluido (m/s)

5.1 – Vazão

Fórmula Universal (rugosidade k) ou por Hazen-Williams (fator C).

Diâmetro externo (DE)	k (10 ⁻⁶ m)	C
≤ 200 (tubos novos - velhos)	10 - 25	150 - 145
> 200 (tubos novos - velhos)	25 - 50	145 - 140

5.2 – Máxima Pressão de Operação (MPO) ou Pressão de Serviço

$$MPO = PN \cdot f_T$$

f_T = fator devido a temperatura média do fluido/tubo

°C	25	27,5	30	35	40	45*	50*
f_T	1	0,86	0,81	0,72	0,62	0,52	0,43

* limitado a vida útil de 15 anos

5.3 – Transientes Hidráulicos

O cálculo da variação de pressão (ΔH) devido a transientes hidráulicos se faz por:

$$\Delta H = \frac{c \cdot v}{g}$$

ΔH = variação de pressão (+ ou -) (m)

c = celeridade (velocidade de propagação da onda) (m/s)

v = velocidade média do fluido (m/s)

g = aceleração da gravidade (m²/s)

Para água, simplificada:

$$\text{Para PE 80: } c = 1035 / \sqrt{SDR - 1}$$

$$\text{Para PE 100: } c = 1280 / \sqrt{SDR - 1}$$

5.3.1 – Sobrepressão Máxima Admissível devido a Transientes Hidráulicos (PSO)

$$PSO = 1,5 \cdot MPO$$

Para PSO até 1,5 .MPO não há necessidade de se aumentar a classe de pressão do tubo.

5.3.2 – Subpressão Máxima Admissível devido a Transientes Hidráulicos

Para tubos $SDR \leq 13$ (SDR 13,6, 11, 9 E 7,25) a máxima subpressão admissível para o tubo supera as pressões negativas práticas encontradas em redes. Não se fazem necessários cuidados especiais.

5.4 – Profundidades de Instalação

5.4.1 – Altura máxima de aterro

Para tubos $SDR \leq 13$ (SDR 13,6, 11, 9 E 7,25) a máxima altura de aterro admissível supera 6 m, mesmo em condições de aterro sem controle de compactação.

5.4.2 – Alturamínima de aterro

As alturas mínimas recomendadas:

Calçada:	0,8 m a partir da geratriz superior da tubulação
Rua Pavimentada:	1,0 m a partir da geratriz superior da tubulação
Rua sem Pavimento:	1,2 m a partir da geratriz superior da tubulação

6 – Métodos de Instalação

O método de instalação a ser escolhido, MND ou Vala Aberta, depende de fatores econômicos e impactos ambientais avaliados. Vide módulo 4 – Métodos de Instalação e Reparo.

7 – Especificações para Compra dos Materiais

Os materiais de tubos e conexões devem ser especificados conforme as normas aplicáveis (item 1), definindo-se e padronizando-se os materiais (PE 80 ou 100), as dimensões, classes de pressão (SDR), o método de união e os tipos de conexões utilizadas em cada situação, confoeme itens 2 e 3, bem como o método de instalação definido (item 6).

Os fabricantes e produtos devem ser pré-qualificados (vide módulo 2 – Controle de Qualidade) e atender aos procedimentos de inspeção aplicáveis para Recebimento de Materiais. Os fabricantes devem fornecer certificados de qualidade por lote de material fornecido acompanhando a Nota Fiscal dos Produtos, para sua rastreabilidade.

8 – Especificações para Contratação do Instalador

A empresa instaladora deve ter instaladores, soldadores e equipamentos de solda/Instalação qualificados conforme Módulo 3 – Qualificação de Soldador e Equipamentos de Instalação.

Devem apresentar os certificados dos profissionais e dos equipamentos dentro da validade antes do início da obra.

A Contratante deve avaliar os certificados de Soldadores e Equipamentos do Instalador e fazer inspeção dos mesmos, se julgar necessário, solicitar demonstração de soldas e de aplicação dos equipamentos para avaliar seu adequado desempenho, ou mesmo solicitar ensaios de ambos conforme normas pertinentes. Vide Módulo 3.

9 – Estocagem e Manuseio de Materiais

Devem se seguir as recomendações no módulo 4.1 – Procedimentos de Estocagem e Manuseio, e os de instalação e Reparo, respectivamente, módulos 4.2, 4.3 e 4.5.

Devem ser levadas em consideração as condições do local, acesso e armazenamento.

10 – Inspeção, Acompanhamento e Recebimento de Obras

A Contratante deve assegurar-se que os materiais nas obras tenham os respectivos certificados de qualidade e aprovação.

A Contratante deve inspecionar a qualidade das soldas e uniões executadas, bem como o correto manuseio dos equipamentos e adequados procedimentos de instalação, conforme Módulo 2 – Controle de Qualidade e Módulo 4 – Instalação e Reparo.

A critério da Contratante, podem ser cortadas soldas para ensaios de laboratório, bem como exigir relatórios de todas as soldas executadas com os dados do soldador e equipamento que a realizou.

O recebimento da obra deve ser feito com a execução dos adequados procedimentos de limpeza da rede (higienização), testes de estanqueidade (módulo 4.8), e a entrega de as-built acompanhado dos relatórios de solda.

11 - Reparo

Vide Módulo 4.5 – Procedimento de Reparo

MÓDULO 7

7.1 – LINHAS DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

Nas aplicações industriais há diversas utilidades onde os tubos poliolefinicos apresentam-se como ótima solução técnica-econômica, quais sejam:

- Redes e Adutoras de Água e Linhas de Esgoto Sanitário: Módulos 5.1 e 5.2;
- Redes de Incêndio: Módulo 6.1;
- Linhas de Ar Comprimido: Módulo 7.3
- Redes de Gás Enterradas Módulo 9.1
- Linhas de Drenagem e Esgoto por Gravidade Módulo 10.1

Há ainda a possibilidade de diversos métodos de instalação:

- Instalação Enterrada: Módulo 4.2;
- Instalação por Métodos Não Destrutivos: Módulo 4.3;
- Instalação Aérea: Módulo 4.4;
- Instalação Sub-Aquática: Módulo 4.9

Neste módulo, vamos abordar as especificidades na condução de efluentes industriais e produtos químicos, presentes nas plantas de produção, em laboratórios ou nos resíduos industriais.

1 – A Escolha do Material da Tubulação:

O Módulo 1.1 do Manual de Práticas da ABPE aborda diversos aspectos para a escolha do material da tubulação, bem como nos módulos respectivos às aplicações enumeradas acima.

Nas aplicações específicas para o transporte de fluidos e efluentes químicos, seja na planta de produção industrial ou nos seus laboratórios, os aspectos mais preponderantes são:

- Resistência à temperatura;
- Resistência química.

1.1 – Resistência à Temperatura

Para determinar a resistência à pressão em função da temperatura, deve-se determinar a temperatura média de operação da tubulação em função da temperatura interna do fluido e do ambiente, e aplicar o fator f_T , como abaixo (vide detalhes no Módulo 1.1).

$$MPO = PN \cdot f_T$$

MPO = Máxima Pressão de Operação

f_T = fator de redução de pressão em função da temperatura de operação

Fatores de Redução de Pressão (f_r) para temperaturas entre 25°C e 50°C para PE 80 e PE 100

Composto	Temperatura °C						
	25	27,5	30	35	40	45**	50**
Tipo A	1,0	0,90	0,87	0,80	0,74	0,67	0,61
Tipo B	1,0	0,86	0,81	0,72	0,62	0,52	0,43

Nota: ** Limitado à vida útil máxima de 15 anos

Fatores de Redução de Pressão para temperaturas entre 30°C e 95°C para PPB, PPR, PPH, PEX e PE-RT

Composto	Temperatura °C						
	30	40	50	60	70	80**	95**
PPB 80	0,77	0,62	0,41	0,28	0,19	0,16	0,13
PPR 80	0,87	0,74	0,62	0,51	0,34	0,26	0,17
PPH 100	0,90	0,74	0,62	0,50	0,32	0,25	0,17
PEX	0,92	0,83	0,73	0,65	0,60	0,52	0,43
PE-RT T1	0,80	0,70	0,66	0,56	0,47	0,36	0,22
PE-RT T2	0,92	0,77	0,71	0,61	0,58	0,49	0,34

Nota: PP - Valores extraídos da tabela DIN 8077, com fator de segurança de 1,5, como adotado pela EN 15784

PEX - Valores extraídos da Tabela DIN 16.893, com fator de segurança de 1,5.

PE-RT - Valores extraídos da Tabela ISO 24.033, com fator de segurança de 1,5.

** Limitado à vida útil máxima de 25 anos p/ 80°C e 10 anos p/ 95°C

1.2 – Resistência Química

Nos tubos metálicos, a vida útil é geralmente determinada pela degradação por corrosão, química, galvânica ou eletrolítica.

Já os tubos plásticos, como os de PE e PP, não sofrem corrosão eletrolítica ou galvânica.

Para os usos mais comuns, ou mesmo para a maioria dos produtos considerados agressivos a outros tubos, os poliolefinicos podem ser considerados materiais praticamente imunes ao ataque químico à temperatura ambiente.

A resistência química deve ser avaliada considerando-se não apenas a solução do polímero, como a ação de tensoativos (stress cracking) e a permeabilidade.

O PEAD e o PP são muito parecidos quanto à solubilidade e ao inchamento pela ação de substâncias químicas e não reagem com solventes, nem ocorre a formação de uma solução do polímero a temperatura ambiente.

Soluções aquosas diluídas não afetam o PE. Ácidos fortes, bem como agentes oxidantes, atacam estes polímeros lentamente, sendo estes últimos mais agressivos ao PP. Hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos e clorados atacam estes materiais lentamente.

Somente materiais não voláteis ou pouco voláteis podem causar danos permanentes, uma vez que as propriedades originais reaparecem após a evaporação do agente inchante.

Devido à maior resistência a temperatura do PP, ele se torna mais apropriado, na maioria dos casos, à condução de produtos químicos a temperatura acima de 50°C em comparação ao PE.

A ótima resistência ao gás natural e a gases manufacturados de petróleo, somada à grande impermeabilidade aos mesmos e seus relativos baixos custos de instalação tornam o PEAD a melhor opção para distribuição destes gases a pressões de até 10 bar.

Na Tabela abaixo apresentamos uma comparação genérica da resistência química desses materiais.

RESISTÊNCIA QUÍMICA

Agente	PE	PP
Soluções Aquosas diluídas (ácidos)	R	R
Ácidos Fortes Concentrados e Agentes oxidantes	R - A	R - A
Hidrocarbonetos alifáticos	I/P	I/P
Hidrocarbonetos aromáticos e clorados	A/I/P	N
Gás Natural e Manufacturados de petróleo	R	R/P
Detergentes	S	R
Álcoois	R	R

R = resistente; A = sofre ataque; I = inchaço; P = permeabilidade, S = stress cracking; N = não resistente.

Verificou-se que a resistência do material a um produto químico é influenciada pelas condições de trabalho a que o material é submetido. No caso de tubos, então, esta resistência deve ser comprovada fazendo-se testes de pressão com a substância a que será submetido. Em outros casos, verificou-se que determinadas quantidades de hidrocarbonetos em solução aquosa, que não afetam o tubo em testes de pressão, provocam inchamento do tubo sob as condições de trabalho, por terem um efeito cumulativo.

Os ensaios de pressão resultam num fator de resistência f , que significa a relação entre a resistência do material num meio agressivo e sua resistência na água, tomada como fator de resistência igual a 1, determinando-se dois fatores: f_t e f_σ .

O fator f_t (fator de tempo) é definido como sendo a relação entre o tempo de ruptura do tubo no meio agressivo e o tempo de ruptura em água para a mesma tensão.

$$f_t = t_{\text{fluido}} / t_{\text{água}}$$

Ou seja, para as mesmas condições de temperatura e pressão, a vida útil do tubo com o meio agressivo será:

$$t = t_{\text{água}} \cdot f_t$$

O fator f_σ (fator de tensão) é definido como sendo a relação entre a tensão de ruptura do tubo no meio agressivo e a tensão de ruptura em água para um certo tempo.

$$f_\sigma = \sigma_{\text{fluido}} / \sigma_{\text{água}}$$

Ou seja, Para a mesma vida útil esperada na água a Máxima Pressão de Operação no meio agressiva deve ser: .

$$MPO = PN \cdot f_\sigma$$

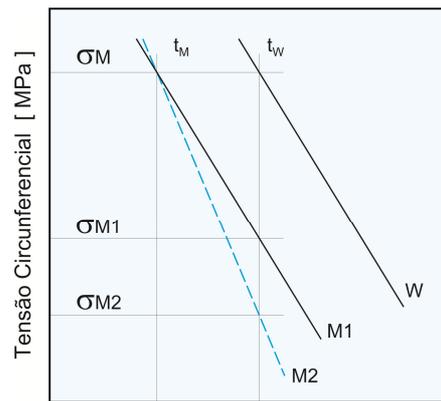
Logo, considerando-se o efeito da temperatura da tubulação (1.1) com sua resistência ao fluido agressivo, a Máxima Pressão de Operação deve ser determinada por:

$$MPO = PN \cdot f_\sigma \cdot f_T$$

MPO = Máxima Pressão de Operação

f_T = fator de redução de pressão em função da temperatura de operação

f_σ = fator de redução de pressão em função da resistência química



Tempo de Carga [h]
Curvas para determinação de *f*

FATORES DE RESISTÊNCIA QUÍMICA (*f*) MAIS USUAIS PARA PEAD E PP

SUBSTÂNCIA	CONC. (%)	TEMP. (°C)	FATOR DE TEMPO <i>f_t</i>		FATOR DE TENSÃO <i>f_σ</i>	
			PEAD	PP	PEAD	PP
Água	100	20/80(95)	1	1	1	1
Água clorada	0,7	80	1	-	1	-
Ácido acético	100	60 (80)	0,07	< 0,1	0,3	-
	60	60	0,4	-	0,4	-
Ácido clorídrico	20	-100	-	0,8	-	0,9
	30	80	0,35	0,2	0,7	0,57
Ácido crômico	10	80	0,5	-	0,8	-
	20	80	0,25	-	0,6	-
Ácido fosfórico	75	80	-	0,4	-	0,7
Ácido nítrico	15	80	-	0,2	-	0,6
	50	80	-	0,1	-	0,32
	65	80	0,01	-	0,2	-
Ácido sulfúrico	40	-100	-	>1	-	1
	80	80	5	0,2	1	0,6
	90	-80	-	0,05	-	-
	98	-20	-	<0,01	-	-
Ácido sulfúrico (65%) saturado com Na HSO4	100	-100	-	0,7	-	0,9
Ar	100	80	10	>5	1	1
Benzeno	100	60	0,07(σ=4MPa)	-	0,63	-
			>1(σ=2MPa)		1	
Detergentes (agentes surfactantes)	2 (3)	80 (100)	0,25	0,2	0,6	0,66
Efluente de fábrica de celulose	100	-100	-	1	-	1
Emulsão Hidrogel PH 9,5	100	-100	-	1	-	1
Etil acetoacetato	100	80	0,2	-	0,8	-
Gás Natural	100	80	5	-	1	-
Hipoclorito de sódio	20 (12)	80	0,02	<0,01	0,5	-
Metanol	100	60	1	-	1	-
Octanol	100	60	0,3	-	0,6	-
Óleo combustível	100	60	0,2	-	0,7	-
	100	60	0,08	-	0,7	-
Óleo cru não fracionado	100	20	1	-	1	-
	100	-100	-	0,025	-	0,4
Petróleo	100	60	0,03(σ=4MPa)	-	0,63	-
Solução de sais	25	80	9	-	1	-
Soda cáustica	50 (30)	80	15	0,3	1	0,7
Trietileno glicol	100	-100	-	0,65	-	0,85

Fonte: HOECHST () Valores que referem-se aos ensaios executados exclusivamente no PP
- Ensaio não executado

No anexo, apresentamos a Tabela de Resistência Química genérica para PE e PP.

Somente fluidos pouco ou não voláteis causam danos permanentes. As propriedades do material voltam aos valores originais após a evaporação do agente inchante, entretanto a permeabilidade é outro aspecto muito importante na condução de fluidos agressivos.

A permeação ou difusão de um fluido pela parede do tubo é dada por:

$$V = k \cdot \frac{\pi \cdot D_m \cdot L \cdot (P_1 - P_2) \cdot t}{e} \approx k \cdot \pi \cdot SDR \cdot L \cdot \Delta P \cdot t \quad (cm^3)$$

Onde: k = coeficiente de permeabilidade ao fluido [$cm^3/(m \cdot bar \cdot dia)$]
 P_1 = pressão interna no tubo (bar)
 P_2 = pressão externa no tubo (bar)
 D_m = Diâmetro médio do tubo ($DE - e$) (m)
 L = comprimento do tubo (m)
 e = espessura de parede do tubo (m)
 t = tempo em dias de 24 h

PERMEABILIDADE DO PEAD e PP

Alguns valores típicos de permeabilidade (k) do PE e PP, 1 bar [$cm^3/(m \cdot bar \cdot dia)$]

Fluido	PEAD a 20°C	PP a 25°C	PP a 40°C	PP a 50°C
Ar	0,029	0,028	0,072	0,144
Nitrogênio	0,018	0,017	0,052	0,104
Oxigênio	0,072	0,076	0,204	0,368
Dióxido de Carbono	0,28	0,244	0,60	1,08
Hidrogênio	0,22	0,64	1,12	1,88
Hélio	0,15	0,70	1,20	1,76
Argônio	0,066	0,66	0,164	0,32
Monóxido Carbono	0,036	-	-	-
Dióxido de Enxofre	0,43	-	-	-
Etanol	0,089	-	-	-
Gás Natural, Metano	0,056	-	-	-

Fonte: Basell e Braskem

Ex.: Tubo PEAD SDR 11, com pressão interna de 4 bar, com extensão de 1.000 m. Definir a difusão de gás natural durante 1 ano.

$$V = 0,056 \cdot \pi \cdot 11 \cdot 4 \cdot 1000 \cdot 365 = 2,825 \text{ m}^3$$

Dados fornecidos pela Braskem, em ensaios de tubos não pressurizados com combustíveis, resultam na seguinte permeabilidade e inchamento para tubos de PE 80 pretos a 23°C:

Fluido	Permeabilidade (g/m ² .dia)	Inchamento (%)
Gasolina Comum	5,84	2
Diesel Comum	< 1,0	1,4

COMPARATIVO ENTRE MATERIAIS

(Valores e Propriedades típicas)

Propriedades	PE 80	PE 100	PPB 80	PPR 80	PPH 100	PB	PEX	PVC	CPVC	PVDF
MRS (MPa)	8	10	8	8	10	12,5	8	25	25	25
σ (MPa)	6,3	8	6,3	6,3	8	8	6,3	10	10	16
Densidade (g/cm ³)	0,95	0,96	0,91	0,91	0,91	0,94	0,94	1,4	1,5	1,8
Barra (B)/ Bobina (C)	B/C	B/C	B/C	B/C	B	B/C	B/C	B	B	B/C
Faixa de temperatura (°C)	-70 50	-70 50	-10 80	-10 95	0 95	0 95	-40 110	0 50	0 80	-40 140
Resistência ao impacto *	4	4	3	2	1	2	5	0	0	4
Flexibilidade *	4	3	3	2	1	4	4	0	0	1
Resistência à abrasão *	4	5	3	3	3	3	5	3	2	5
Resistência à chama *	1	1	1	1	1	1	1	3	4	4
Resistência à intempérie Natural/Preto *	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1?	2/4	1/3	1	4
Resist. ao stress cracking *	1	2	5	5	5	5	5	5	5	5
Resist. soluções salinas *	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5
Resist. a ácidos clorados *	3	3	3	3	3	3	4	3	4	5
Resist. a ácidos fluorados *	3	3	2	2	2	4	4	2	1	5
Resist. a ácidos sulfúricos *	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4
Resist. a álcoois *	4	4	4	4	4	4	4	4	0	2
Resist. a detergentes*	3	3	4	4	4	4	3	4	2	5
Resist. a soda cáustica*	4	4	5	5	5	4	4	4	4	0
Resist. Hidrocarbonetos alifáticos* (gasolina, diesel)	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3
Resist. Hidrocarbonetos aromáticos* (benzeno, tolueno)	2	2	0	0	0	0	2	0	0	2
Resist. Hidrocarbonetos clorados* (tetracloro de carbono)	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3
Resist. à gás natural, GLP, butano, etc*	4	4	3	3	3	1	4	4	4	5
Toxidez*	5	5	5	5	5	5	5	3	3	5
Condutividade térmica-W/mK	0,43	0,43	0,22	0,22	0,22	0,22	0,35	0,16	0,15	0,17
Coefficiente de expansão linear (10 ⁻³ /K) (20-90)°C	1,7	1,7	1,5	1,5	1,5	1,3	1,7	0,8	0,7	1,1
Solda por termofusão*	5	5	5	5	5	5	0	2	2	5
Solda por eletrofusão*	5	5	5	5	5	5	2	0	0	0
Solda a frio (solvente)*	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0
Junta mecânica	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4

Nota: * 0 (ruim), 1(fraco), 2(regular), 3 (bom), 4 (muito bom), 5 (ótimo)

2 - Isolamento Térmico

Muitas vezes é necessário determinar a perda de calor ou condensação do fluido e seu isolamento térmico. As premissas e cálculos para os tubos de PE e PP são apresentados no módulo 4.10 do Manual de Práticas da ABPE.

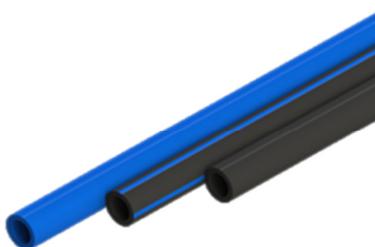
3 – Dimensões de Tubos

As dimensões e tolerâncias dos tubos e sua forma de fornecimento (bobinas ou barras) são apresentados no módulo 1.2.

3.1 – Cores dos tubos

É comum e desejável que a tubulação industrial apresente cores diferentes em função da utilidade: água, ar comprimido, incêndio, produto, etc.

Os tubos pretos, com 2 a 3% de NF, conforme as normas técnicas recomendam, apresentam excelente resistência às intempéries e a raios UV, praticamente sem perdas de propriedades ao longo de sua vida útil, entretanto os coloridos devem ter aditivismos especiais e são mais sujeitos aos ataques por UV. Como os tubos poliolefínicos têm baixa aderência à pintura, devem vir pigmentados na cor desejada pelo fabricante. Uma das maneiras mais eficazes e adequadas é a utilização de tubos pretos com listras na cor específica à utilidade, por exemplo, azuis para água potável, vermelha para incêndio, verde para ar comprimido, etc. assegurando a resistência ao UV e a identificação da linha.



4 – Métodos de União

Os métodos de união utilizados para tubulações pressurizadas, são apresentados a seguir:

- Junta Mecânica de Compressão: Material PP – PN 16: NBR 15.803; NTS 192
- Conexões de Eletrofusão: PE 100 – SDR 11 – PN 16: NBR 15.593; NTS 193
- Conexões de Topo por Termofusão: PE 100 – SDR 17 ou SDR 11: NBR 15.593; NTS193

DE	DISPONÍVEL			PREFERENCIAL		
	CP	EF	TP	CP	EF	TP
≤ 63	X	X	X	X	X	-
90	X	X	X	-	X	-
110	X	X	X	-	X	X
160	-	X	X	-	X	X
≥ 200	-	X	X	-	-	X

CP: Junta Mecânica de Compressão; EF: Eletrofusão; TP: Topo Termofusão



União de Compressão (CP)



Luva de Eletrofusão (EF)



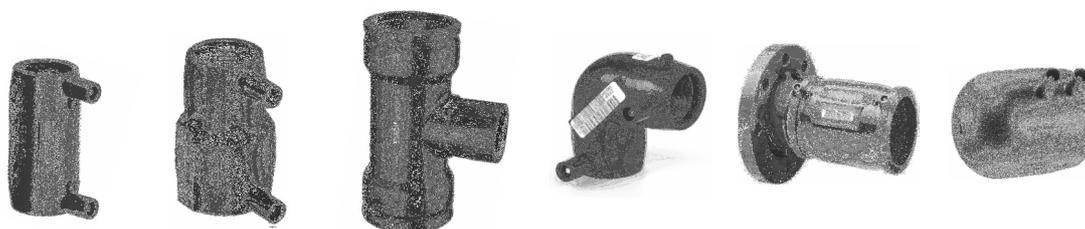
União por Solda de Topo (TP)

A escolha do método de união depende das condições de instalação e até de sua disponibilidade, entretanto, via de regra, as juntas soldáveis são preferíveis em condução de fluidos agressivos e a temperatura mais elevada.

Família de Conexões de Compressão para Redes (DE 63 a 110)



Família de Conexões de Eletrofusão para Redes (DE 63 a 315)



Família de Conexões de Ponta Polivalentes para Redes (DE 63 a 315)

Admitidas somente conexões injetadas monolíticas como NBR 15.593; NTS193; EN 12.201-3.

Para colarinhos e reduções podem ser admitidas peças usinadas.

Peças gomadas (segmentadas) não são aplicáveis em tubulações de DE ≤ 250.



Maiores detalhes dos tipos disponíveis de conexões e as possibilidades de derivação, transições, instalação e dimensionamento da tubulação podem ser verificadas nos módulos 5.1 e 5.2 – Redes e adutoras de água e esgoto sob pressão.

5 – Especificações para Compra dos Materiais

Os materiais de tubos e conexões devem ser especificados conforme as normas aplicáveis em função da aplicação (vide módulos específicos) definindo-se e padronizando-se os materiais (PE 80 ou 100), as dimensões, classes de pressão (SDR), o método de união e os tipos de conexões utilizadas em cada situação, bem como o método de instalação definido.

Os fabricantes e produtos devem ser pré-qualificados (vide módulo 2 – Controle de Qualidade) e atender aos procedimentos de inspeção aplicáveis para Recebimento de Materiais. Os fabricantes devem fornecer certificados de qualidade por lote de material fornecido acompanhando a Nota Fiscal dos Produtos, para sua rastreabilidade.

6 – Especificações para Contratação do Instalador

A empresa instaladora deve ter instaladores, soldadores e equipamentos de solda/Instalação qualificados conforme Módulo 3 – Qualificação de Soldador e Equipamentos de Instalação e executar a soldagem conforme Módulos 4.6 e 4.7, para solda de topo ou EF, respectivamente.

A empresa instaladora deve apresentar os certificados dos profissionais e dos equipamentos dentro da validade antes do início da obra.

A Contratante deve avaliar os certificados de Soldadores e Equipamentos do Instalador e fazer inspeção dos mesmos, se julgar necessário, solicitar demonstração de soldas e de aplicação dos equipamentos para avaliar seu adequado desempenho, ou mesmo solicitar ensaios de ambos conforme normas pertinentes. Vide Módulo 3.

7 – Estocagem, Manuseio de Materiais e Instalação

Devem se seguir as recomendações do módulo 4.1 – Procedimentos de Estocagem e Manuseio, e os de instalação e Reparo, módulos 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.9.

Devem ser levadas em consideração s condições do local, acesso e armazenamento.

8 – Inspeção, Acompanhamento e Recebimento de Obras

A Contratante deve assegurar-se que os materiais nas obras tenham os respectivos certificados de qualidade e aprovação.

A Contratante deve inspecionar a qualidade das soldas e uniões executadas, bem como o correto manuseio dos equipamentos e adequados procedimentos de instalação, conforme Módulo 2 – Controle de Qualidade e Módulo 4 – Instalação e Reparo.

A critério da Contratante, podem ser cortadas soldas para ensaios de laboratório, bem como exigir relatórios de todas as soldas executadas com os dados do soldador e equipamento que a realizou.

O recebimento da obra deve ser feito com a execução dos adequados procedimentos de limpeza da rede (higienização), testes de estanqueidade (módulo 4.8), e a entrega de as-built acompanhado dos relatórios de solda.

MÓDULO 7

7.2 – LINHAS DE TRANSPORTE HIDRÁULICO DE SÓLIDOS

O transporte de sólidos é bastante utilizado em plantas de mineração, onde o desgaste por abrasão é um dos aspectos preponderantes, entretanto a abrasão ocorre em diversas outras aplicações, como em linhas de dragagem, transporte de cinzas em termelétricas e até mesmo em linhas de águas pluviais ou esgoto sanitário, onde sólidos finos em suspensão são comuns, embora em menor escala.

Em plantas de mineração são ainda presentes diversas outras aplicações de tubulações, onde os tubos poliolefínicos mostram-se como excelente alternativa técnica-econômica, inclusive devido a solos e fluidos ácidos normalmente encontrados nessas plantas, quais sejam:

- Redes e Adutoras de Água e Linhas de Esgoto Sanitário: Módulos 5.1 e 5.2;
- Redes de Incêndio: Módulo 6.1;
- Linhas de Efluentes Industriais: Módulo 7.1
- Linhas de Ar Comprimido: Módulo 7.3
- Redes de Gás Enterradas: Módulo 9.1
- Linhas de Drenagem e Esgoto por Gravidade: Módulo 10.1

Há ainda a possibilidade de diversos métodos de instalação:

- Instalação Enterrada: Módulo 4.2;
- Instalação por Métodos Não Destrutivos: Módulo 4.3;
- Instalação Aérea: Módulo 4.4;
- Instalação Sub-Aquática: Módulo 4.9

1 – A Escolha do Material da Tubulação e os tipos de Abrasão

O Módulo 1.1 do Manual de Práticas da ABPE aborda diversos aspectos para a escolha do material da tubulação, bem como nos módulos respectivos às aplicações enumeradas acima, seja quanto à resistência química, à temperatura, flexibilidade, métodos de união, etc.

Neste módulo, vamos abordar as especificidades na condução de transporte hidráulicos de sólidos, presentes nas plantas de produção, ou nos resíduos industriais, em especial no que concerne ao desgaste por abrasão, para as diversas outras aplicações referir-se aos módulos especificados enumerados acima

A abrasão pode ocorrer de duas formas:

- Desgaste por deformação.
- Desgaste por ação cortante.

O desgaste por deformação é causado pelo choque das partículas normalmente às paredes dos tubos. A partícula pode estar animada de energia cinética suficiente para causar uma tensão local superior ao limite de resistência do material do tubo. A ação cortante resulta do

choque oblíquo das partículas que podem conter energia cinética suficiente para cisalhar superficialmente o tubo, arrancando-lhe pequenas lascas.

Aabrasão depende de vários fatores, a saber:

- das características dos sólidos: tamanho e distribuição, dureza, peso específico e forma;
- das características do líquido: corrosividade, densidade, viscosidade, regime do escoamento, se laminar ou turbulento, se heterogêneo ou homogêneo, e da velocidade do fluxo;
- e, de forma preponderante, da natureza das paredes do tubo.

A resistência à abrasão aumenta com o aumento do peso molecular (menor MFI) e da densidade, pois é dependente da dureza superficial e da resiliência do material, isto é: maior dureza e maior resiliência permitem melhor resistência à abrasão.

Os tubos poliolefínicos em geral têm ótima resistência à abrasão no tocante a sólidos finos, entretanto os tubos de polietileno de alta densidade (PEAD) são especialmente vocacionados a essas aplicações, também por sua flexibilidade, resistência aos raios UV (quando pretos) e maior oferta, em especial para tubos de grande diâmetro (maiores que DE 250).

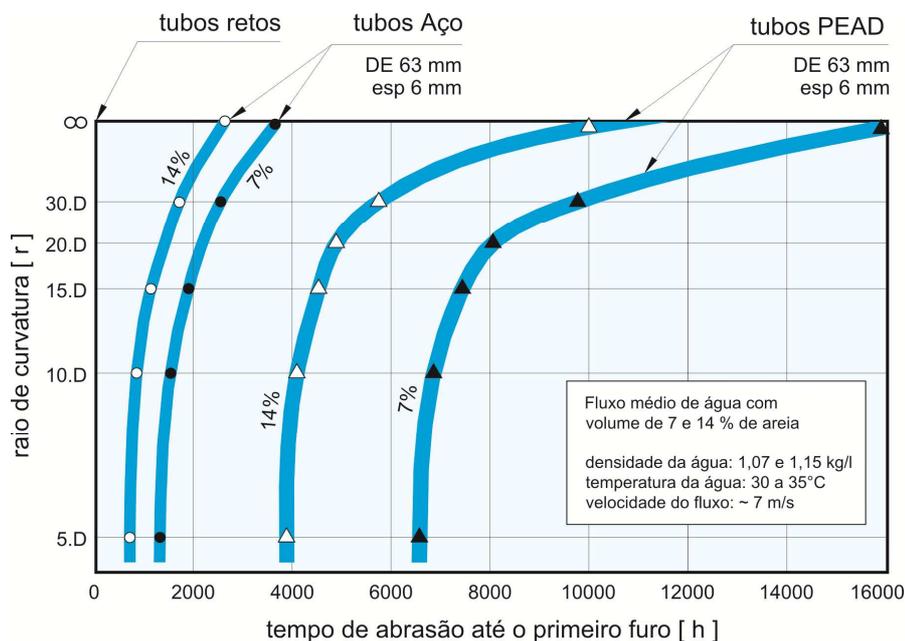
Hoje em dia, os tubos de PE 100 pretos têm sido a principal opção para transporte hidráulico de sólidos em mineradoras para pressões de até 20 bar.

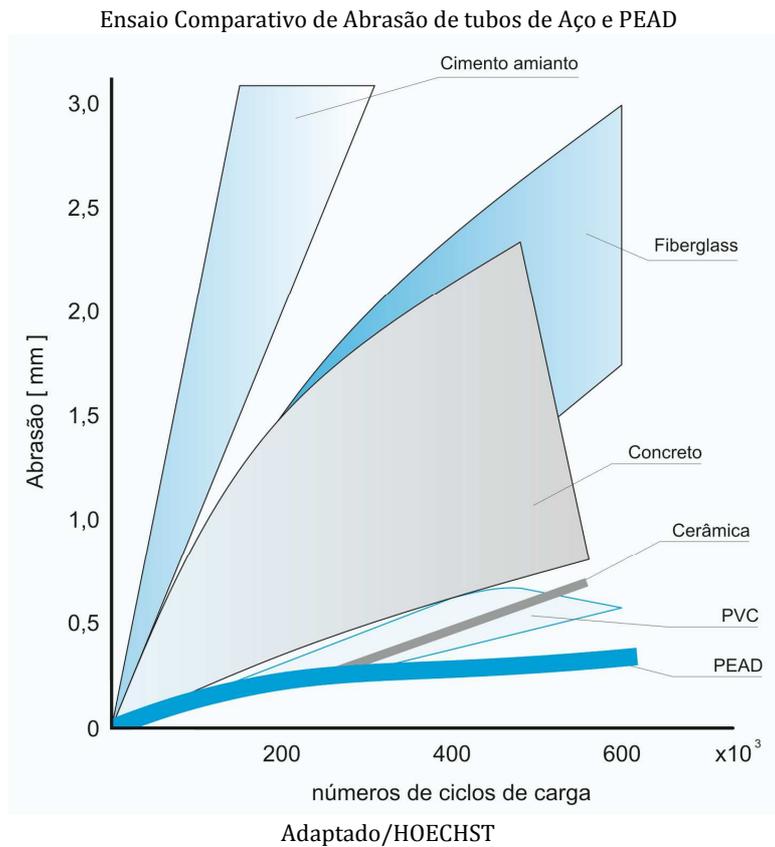
A seguir, na figuras abaixo, são mostrados os resultados de testes efetuados na Universidade de Darmstadt, quanto à abrasão do PEAD, comparada com o aço e outros materiais.

Os testes foram feitos bombeando-se misturas com concentrações de 7 e 14% de areia, respectivamente, através de tubulações de AÇO e de PEAD, com diâmetros e espessuras de paredes iguais.

As tubulações formaram circuitos fechados, com trechos retos e curvos com raios de 6, 10, 15 e 30 vezes o diâmetro da tubulação.

A cronometragem dos períodos de bombeamento, até a ocorrência do primeiro furo nos trechos retos da tubulação de AÇO e de PEAD, revelou que o PEAD resistiu cerca de quatro a cinco vezes mais que o aço.





Universidade de Darmstadt, Alemanha Ocidental -

Comparativo da Abrasão entre alguns materiais de tubos testados no transporte hidráulico de sólidos - Universidade de Darmstadt

2–Considerações sobre a Abrasão nos Tubos

A abrasão ou erosão dos tubos, via de regra, é o que determina a vida útil da tubulação no transporte hidráulico de sólidos. No caso dos tubos metálicos, o problema é agravado pelo ataque químico decorrente da acidez do solo e/ou fluido.

Em certos casos extremos, a tubulação sequer suporta 6 meses de uso. Assim, os engenheiros das mineradoras buscam constantemente soluções mais eficientes, dentre as quais os tubos de polietileno vêm ganhando destaque em todo o mundo.

A resistência à abrasão é função dos seguintes parâmetros:

Parâmetro	Abrasão
Velocidade de fluxo	Menor com menores velocidades
Regime de fluxo	Menor em regimes turbulentos
Propriedades dúcteis do material do tubo	Menor quanto mais dúctil o material do tubo
Características do sólido	Menor quanto menor a partícula, menor sua dureza, densidade, e forma menos pontiaguda
Ângulo de impacto do sólido	Menor quanto mais normal o impacto na parede do tubo

É muito difícil estabelecer a abrasão que virá a ocorrer numa tubulação, procurando então calcar-se em dados experimentais para a especificação da tubulação, em função da vida útil desejada.

Os dados são apresentados como o desgaste médio da parede da tubulação por ano ($\mu\text{m}/\text{ano}$). Pode-se expressar o desgaste da tubulação pela relação:

$$A = k.t.v^x$$

Onde:

- A = desgaste da parede do tubo (mm)
- K = fator função do sólido e regime de fluxo (obtido experimentalmente)
- t = tempo
- v = velocidade de fluxo
- x = aprox. 1,5

Assim, o projetista deve buscar menores velocidades de fluxo, normalmente entre 1 e 3 m/s, e compensar o desgaste da espessura de parede com tubos mais espessos.

Como o desgaste normalmente apresenta-se maior na parte inferior da tubulação, os engenheiros costumam adotar o procedimento de girar a tubulação 90° ou 180° a determinados períodos, aumentando sua vida útil.

Os tubos de PE 100 apresentam-se como excelente solução, em especial em transporte de sólidos finos e cinzas, tendo enorme aplicação na indústria de mineração de cobre e outros metais, e em termelétricas, no transporte de cinzas, com vida útil chegando a até 6 vezes a dos tubos de aço, nas mesmas condições, além da resistência química e aos solos ácidos muito comuns nas regiões de mineração.

3 – Dimensionamento dos Tubos

Os cálculos hidráulicos no transporte hidráulico de sólidos, para determinação de vazão e perda de carga, são bastante especializados. Detalhes, procedimentos e parâmetros de cálculos podem ser encontrados em “Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno – Características, Dimensionamento e Instalação” de José Roberto B. Danieletto.

Uma vez o especialista tendo determinado o diâmetro e a classe de pressão (SDR) da tubulação em virtude da vazão e perda de carga necessárias, resta ainda estimar a vida útil alcançada pela tubulação. Diferentemente dos tubos metálicos, onde a corrosão química aparece ainda como outra incógnita para a vida útil, nos tubos poliolefínicos, via de regra, a corrosão química pode ser desprezada, e o desgaste por abrasão é que irá determinar o tempo até que ocorra ruptura.

Devido a tantas variáveis, como exposto no item 2, a experiência prática, ou ensaios de laboratório, é que fornecem ao projetista o desgaste médio das paredes da tubulação. Com esse dado, é possível extrapolar uma estimativa de sua vida útil, através do seguinte procedimento de cálculo.

3.1 – Determinação do desgaste da parede do tubo (A)

A ruptura ocorre quando a espessura do tubo estiver tão fina que não suportará mais a pressão interna da tubulação. É preciso primeiro determinar o desgaste médio da parede.

Como visto no item 2: $A = k.t.v^x$

Exemplo: desgaste de $0,2\mu$ por hora, ou 1,7 mm por ano.

3.2 – Determinação da Tensão Circunferencial resultante (σ)

A Tensão Circunferencial nas paredes do tubo, no início da operação da linha é:

$$\sigma_0 = \frac{P}{10} \cdot \frac{D - e_0}{2e_0}$$

Onde: σ_0 = Tensão nas paredes (MPa)

P = Pressão interna (kgf/cm^2)

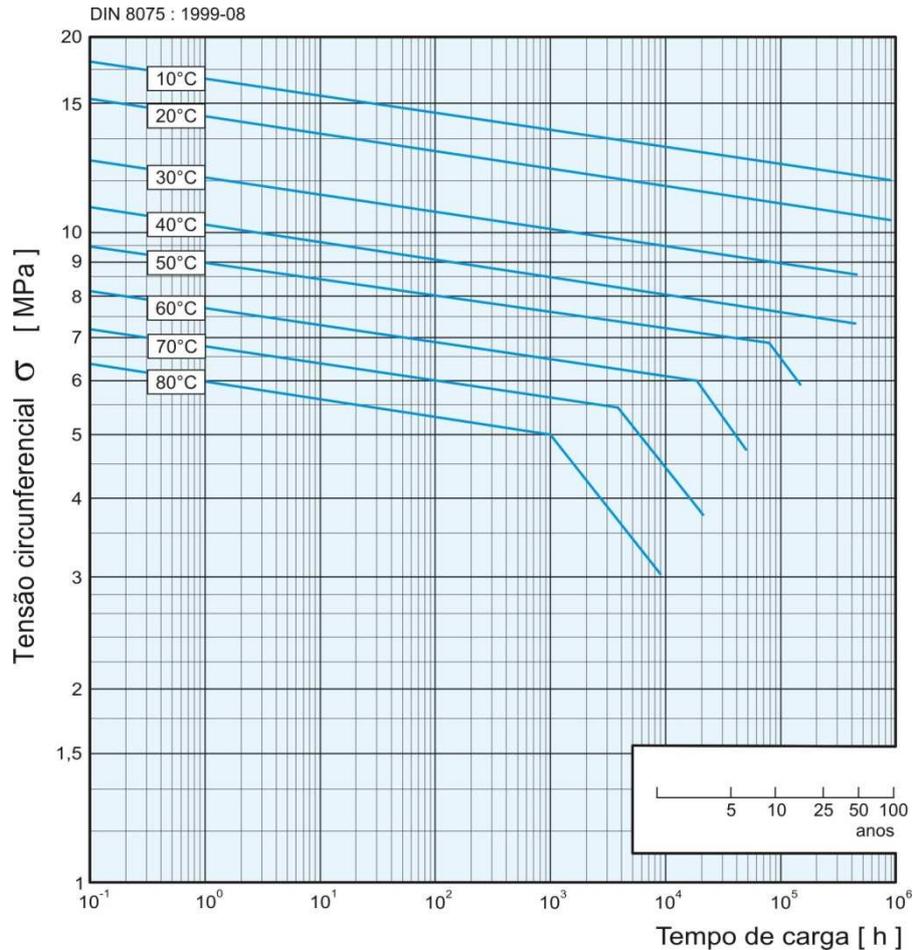
D = Diâmetro externo (cm)

e_0 = Espessura inicial

Substituindo (e_0) pela espessura (e) resultante a cada intervalo de tempo, temos a tensão circunferencial resultante naquele instante (σ).

A ruptura ocorrerá quando a tensão resultante for maior ou igual à tensão de ruptura do material naquele intervalo de tempo ($\sigma \geq \sigma_{ruptura}$).

A tensão de ruptura pode ser extraída da curva de regressão do material, como a dada abaixo para o PE 100 típico (vide maiores informações no capítulo 4.3.5 do “Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno – Características, Dimensionamento e Instalação” de José Roberto B. Danieletto).



Curva de Regressão típica para PE 100

3.3 – Determinação do Tempo de Ruptura (t)

Exemplo: Consideremos um tubo de PE 100, com diâmetro externo nominal DE 250 e SDR 17, espessura de 14,9 mm. Desgaste de 1,7 mm por ano. Pressão interna de 6 bar. Temperatura média da tubulação de 30°C.

Determinar a tensão circunferencial resultante por ano (σ) X a tensão de ruptura ($\sigma_{ruptura}$)

$$\sigma = \frac{P}{10} \cdot \frac{D - e}{2e}$$

Então:

Ano	e	σ	$\sigma_{ruptura}^*$
0	14,9	4,7	13
1	13,2	5,4	9,5
2	11,4	6,3	9,3
3	9,7	7,4	9,2
4	8,0	9,1	9,1
5	6,3	11,7	9,05
6	4,5	16,2	9,03

* Extraída da curva de regressão do PE 100 acima

Observa-se que a ruptura ocorrerá aproximadamente a 6 anos. Se o projetista optar por um tubo SDR 11 (espessura de 22,7 mm), devido à conseqüente diminuição do diâmetro externo ocorrerá o aumento da perda de carga (P) e da velocidade do fluxo, e isso deve ser levado em consideração para avaliar se ocorrerá um maior desgaste por abrasão (maior velocidade de fluxo) e maior potência de bombeamento para a mesma vazão, mas pode se justificar pelo aumento de vida útil.

Exemplo, Mesmas condições com tubo DE 250 SDR 11, pressão interna de 7 bar.

Ano	e	σ	$\sigma_{ruptura}^*$
0	22,7	3,5	13
1	21,0	3,8	9,5
2	19,2	4,2	9,3
3	17,5	4,6	9,2
4	15,8	5,2	9,1
5	14,1	5,9	9,05
6	12,3	6,7	9,03
7	10,6	7,9	9,02
8	8,9	9,5	9

* Extraída da curva de regressão do PE 100 acima

Ou seja, a ruptura ocorrerá próximo a 8 anos.

O projetista deve então avaliar o melhor custo-benefício de usar um tubo de SDR menor ou não, em cada caso.

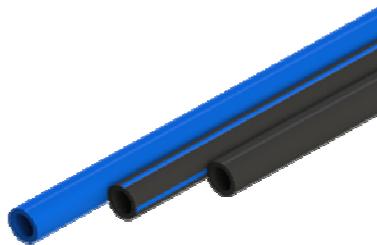
4 – Dimensões de Tubos

As dimensões e tolerâncias dos tubos e sua forma de fornecimento (bobinas ou barras) são apresentados no módulo 1.2.

4.1 – Cores dos tubos

É comum e desejável que a tubulação industrial apresente cores diferentes em função da utilidade: água, ar comprimido, incêndio, produto, etc.

Os tubos pretos, com 2 a 3% de NF, conforme as normas técnicas recomendam, apresentam excelente resistência às intempéries e a raios UV, praticamente sem perdas de propriedades ao longo de sua vida útil, entretanto os coloridos devem ter adituações especiais e são mais sujeitos aos ataques por UV. Como os tubos poliolefinicos têm baixa aderência à pintura, devem vir pigmentados na cor desejada pelo fabricante. Uma das maneiras mais eficazes e adequadas é a utilização de tubos pretos com listras na cor específica à utilidade, por exemplo, azuis para água potável, vermelha para incêndio, verde para ar comprimido, etc. assegurando a resistência ao UV e a identificação da linha.



5 – Métodos de União

Os métodos de união utilizados para tubulações pressurizadas, são apresentados a seguir:

- Junta Mecânica de Compressão: Material PP – PN 16: NBR 15.803; NTS 192
- Conexões de Eletrofusão: PE 100 – SDR 11 – PN 16: NBR 15.593; NTS 193
- Conexões de Topo por Termofusão: PE 100 – SDR 17 ou SDR 11: NBR 15.593; NTS193

DE	DISPONÍVEL			PREFERENCIAL		
	CP	EF	TP	CP	EF	TP
≤ 63	X	X	X	X	X	-
90	X	X	X	-	X	-
110	X	X	X	-	X	X
160	-	X	X	-	X	X
≥ 200	-	X	X	-	-	X

CP: Junta Mecânica de Compressão; EF: Eletrofusão; TP: Topo Termofusão



União de Compressão (CP)



Luva de Eletrofusão (EF)



União por Solda de Topo (TP)

A escolha do método de união depende das condições de instalação e até de sua disponibilidade, entretanto, via de regra, as juntas soldáveis são preferíveis em condução de fluidos agressivos e a temperatura mais elevada.

Família de Conexões de Compressão para Redes (DE 63 a 110)



Família de Conexões de Eletrofusão para Redes (DE 63 a 315)**Família de Conexões de Ponta Polivalentes para Redes (DE 63 a 315)**

Admitidas somente conexões injetadas monolíticas como NBR 15.593; NTS193; EN 12.201-3.

Para colarinhos e reduções podem ser admitidas peças usinadas.

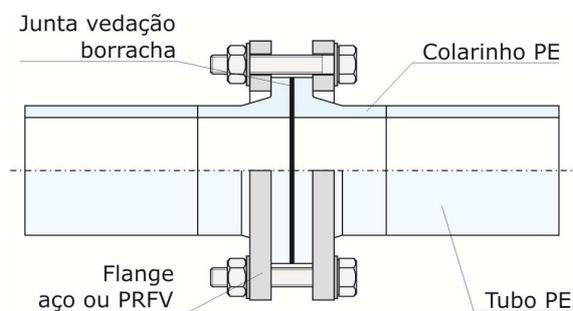
Peças gomadas (segmentadas) não são aplicáveis em tubulações de $DE \leq 250$.



Maiores detalhes dos tipos disponíveis de conexões e as possibilidades de derivação, transições, instalação e dimensionamento da tubulação podem ser verificadas nos módulos 5.1 e 5.2 – Redes e adutoras de água e esgoto sob pressão.

Nas linhas para transporte de sólidos, onde é desejável que de tempos em tempos a tubulação seja virada em 90° para se homogeneizar o desgaste, que via de regra é maior na parte de baixo, as conexões mecânicas tipo **Colarinho/flange** são muitas vezes preferidas, pois permitem seu desacoplamento.

Muitas vezes são mais adequados **Flanges em Inox**, em **PRFV**, ou de **Aço Carbono Revestidos com Pintura Epóxi** ou mesmo revestidos com **Poliamida** ou Plástico reforçado com fibra de vidro, como **PP com fibra de vidro**, para maior resistência à corrosão.

Colarinho/Flange

6 – Especificações para Compra dos Materiais

Os materiais de tubos e conexões devem ser especificados conforme as normas aplicáveis em função da aplicação (vide módulos específicos) definindo-se e padronizando-se os materiais (PE 80 ou 100), as dimensões, classes de pressão (SDR), o método de união e os tipos de conexões utilizadas em cada situação, bem como o método de instalação definido.

Os fabricantes e produtos devem ser pré-qualificados (vide módulo 2 – Controle de Qualidade) e atender aos procedimentos de inspeção aplicáveis para Recebimento de Materiais. Os fabricantes devem fornecer certificados de qualidade por lote de material fornecido acompanhando a Nota Fiscal dos Produtos, para sua rastreabilidade.

7 – Especificações para Contratação do Instalador

A empresa instaladora deve ter instaladores, soldadores e equipamentos de solda/Instalação qualificados conforme Módulo 3 – Qualificação de Soldador e Equipamentos de Instalação e executar a soldagem conforme Módulos 4.6 e 4.7, para solda de topo ou EF, respectivamente.

A empresa instaladora deve apresentar os certificados dos profissionais e dos equipamentos dentro da validade antes do início da obra.

A Contratante deve avaliar os certificados de Soldadores e Equipamentos do Instalador e fazer inspeção dos mesmos, se julgar necessário, solicitar demonstração de soldas e de aplicação dos equipamentos para avaliar seu adequado desempenho, ou mesmo solicitar ensaios de ambos conforme normas pertinentes. Vide Módulo 3.

8 – Estocagem, Manuseio de Materiais e Instalação

Devem se seguir as recomendações no módulo 4.1 – Procedimentos de Estocagem e Manuseio, e os de instalação e Reparo, respectivamente, módulos 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 e 4.9. Devem ser levadas em consideração as condições do local, acesso e armazenamento.

9 – Inspeção, Acompanhamento e Recebimento de Obras

A Contratante deve assegurar-se que os materiais nas obras tenham os respectivos certificados de qualidade e aprovação.

A Contratante deve inspecionar a qualidade das soldas e uniões executadas, bem como o correto manuseio dos equipamentos e adequados procedimentos de instalação, conforme Módulo 2–Controle de Qualidade e Módulo 4 – Instalação e Reparo.

A critério da Contratante, podem ser cortadas soldas para ensaios de laboratório, bem como exigir relatórios de todas as soldas executadas com os dados do soldador e equipamento que a realizou.

O recebimento da obra deve ser feito com a execução dos adequados procedimentos de limpeza da rede (higienização), testes de estanqueidade (módulo 4.8), e a entrega de as-built acompanhado dos relatórios de solda.

MÓDULO 7

7.3 – LINHAS DE AR COMPRIMIDO

As linhas de ar comprimido estão presentes nas mais diversas indústrias e aplicações.

É uma forma de energia bastante importante e única em algumas aplicações, resultando da compressão do ar atmosférico (aprox. 20,5% de oxigênio, 79% de nitrogênio e 0,5% de gases raros).

Sendo um sistema relativamente caro, com custo de operação e implantação da ordem de 7 a 10 vezes maior que o similar em energia elétrica, deve ser muito bem dimensionado, evitando perdas e assegurando maior vida útil, mas apresenta vantagens na sua flexibilidade, no grau de segurança pessoal e patrimonial e no baixo impacto ambiental, que resultam quando bem instalado e dimensionado.

Os compressores de ar podem ser do tipo alternativo (a pistão), ou rotativo (parafuso ou centrífugo). Os compressores a pistão se aplicam a vazões menores (até 100 m³/h, a grande maioria das aplicações), enquanto os de parafuso vão de 50 a 2000 m³/h, e os centrífugos para vazões superiores a 1500 m³/h.

Os compressores são ainda lubrificados ou secos.

Em todo sistema de ar comprimido, há uma importante quantidade de condensados do ar (água) misturados a partículas sólidas e poluentes naturalmente presentes no ar atmosférico, tornando ainda mais ácidos e corrosivos esses condensados, atacando particularmente componentes e tubulações metálicas. Além disso, em trechos próximos ao compressor, a temperatura do ar comprimido pode ultrapassar a 80°C. Nos compressores lubrificados, mais usuais, somam-se aos condensados partes de óleo lubrificante em suspensão no ar.

Os compressores secos são empregados em aplicações hospitalares, salas limpas e uso humano.

Essas características tornam os tubos poliolefinicos uma ótima solução técnica-econômica nas linhas de ar comprimido, em especial nas aplicações com pressão de até 16 bar. A grande maioria das aplicações de ar comprimido utiliza pressões menores que 10 bar, (normalmente na faixa de 7 bar), mas há casos da ordem de 40 bar.

Há ainda a possibilidade de diversos métodos de instalação dessas linhas:

- Instalação Enterrada: Módulo 4.2;
- Instalação por Métodos Não Destrutivos: Módulo 4.3;
- Instalação Aérea: Módulo 4.4;

Neste módulo vamos abordar as especificidades de dimensionamento e instalação das linhas de ar comprimido. O projetista pode encontrar informações complementares nos diversos módulos do Manual de Práticas da ABPE.

1 – A Escolha do Material da Tubulação

No Módulo 1.1, desse Manual de Práticas, apresentamos parâmetros para a escolha mais adequada do material a sua aplicação. Entretanto, assim como nas linhas de gás natural, a Resistência à Propagação Rápida de Ruptura (RCP) é um fator primordial nas linhas de ar comprimido, visando a segurança e o desempenho na ocorrência de furos e vazamentos. Assim, o PE 100 e o PP (especialmente PPR-80) apresentam-se como bastante adequados.

Os tubos de PEX, PERT e os multicamada, com alma em alumínio, também podem ser considerados nos diâmetros até 40 mm, com conexões mecânicas especiais, entretanto esses tubos, devido às suas particularidades, serão abordados em módulos específicos.

A escolha do projetista deve levar em consideração, os seguintes aspectos do seu projeto:

- Diâmetros, Classes de Pressão e sua oferta de mercado;
- Temperatura de operação da linha;
- Métodos de união e instalação disponíveis;
- A exposição aos raios UV.

1.1 – Diâmetro e Classe de Pressão da Tubulação

Os tubos de PE 100 e PP podem ser encontrados em diâmetros externos (DE) de 16 mm a 1600 mm e nas classes de pressão de 4 a 25 bar. Normalmente os tubos de SDR 7, para 16 bar de pressão em PE 100 e PPH-100, ou SDR 6 para PPB-80 e PPR-80, são escolhas mais comuns nessas aplicações. Vide Módulo 1.2 para dimensões e tolerâncias padrões.

Recomenda-se que o dimensionamento desses tubos seja feito como para os tubos de Gás Natural, com o Fator de Segurança (*C*) de 2 (EN 1555 ou ISO 4437).

$$PN = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)}$$

C = Fator de Segurança recomendado mínimo de 2

MRS = Tensão Circunferencial Padrão a 50 anos/20°C do material
(PE 100 e PPH-100 = 10 MPa, PPB-80 e PPR-80 = 8 MPa)

Material	SDR = RELAÇÃO DE/e				
	PN 6	PN 8	PN 10	PN 12,5	PN 16
PPB-80 e PPR-80	13,6	11	9	7	6
PE100 e PPH-100	17	13,6	11	9	7

1.2 – Resistência a temperatura (fator *f_T*)

Próximo aos compressores, a temperatura do ar comprimido pode ser bastante elevada, e é importante que o projetista leve isso em consideração no dimensionamento do tubo.

A Máxima Pressão de Operação da tubulação é dependente da temperatura de operação.

$$MPO = PN \cdot f_T$$

MPO = Máxima Pressão de Operação

f_T = fator de redução de pressão em função da temperatura de operação

Fatores de Redução de Pressão (f_T) para temperaturas entre 25°C e 50°C para PE 80 e PE 100

Composto	Temperatura °C						
	25	27,5	30	35	40	45**	50**
Tipo A	1,0	0,90	0,87	0,80	0,74	0,67	0,61
Tipo B	1,0	0,86	0,81	0,72	0,62	0,52	0,43

Nota: ** Limitado à vida útil máxima de 15 anos

Fatores de Redução de Pressão para temperaturas entre 30°C e 95°C para PPB, PPR, PPH

Composto	Temperatura °C						
	30	40	50	60	70	80**	95**
PPB 80	0,77	0,62	0,41	0,28	0,19	0,16	0,13
PPR 80	0,87	0,74	0,62	0,51	0,34	0,26	0,17
PPH 100	0,90	0,74	0,62	0,50	0,32	0,25	0,17

Nota: PP - Valores extraídos da tabela DIN 8077, com fator de segurança de 1,5, como adotado pela EN 15784

** Limitado à vida útil máxima de 25 anos p/ 80°C e 10 anos p/ 95°C

1.3 – Exposição ao UV e Cores

A cor da tubulação ajuda ao usuário distinguir o tipo de fluido transportado. No caso dos tubos poliolefínicos, por não aceitarem pintura, a tubulação já deve ser produzida na cor desejada.

Quando em **instalações aparentes e expostas ao sol**, os tubos devem ter proteção adequada aos raios ultravioleta (UV), que podem levar à sua degradação precoce com rupturas frágeis.

Os **tubos de polietileno preto** (PE 80 ou PE 100), produzidos com compostos adequadamente aditivados com 2 a 3% em massa de negro de fumo finamente disperso, conforme as normas específicas, como a NBR 15.561, ISO 4427, EN 12.201, entre outras, apresentam excelente resistência aos raios UV, com baixa perda de propriedades ao longo de sua vida útil, estimadamente superior a 50 anos, respeitadas as especificações de projeto.

Como ponto negativo, absorvem mais calor, com temperaturas superficiais podendo atingir 70°C, o que pode elevar a temperatura do fluido interno e portanto a temperatura média do conjunto tubo-fluido. Nesse caso, o projetista deve avaliar o SDR do tubo, aplicando o fator de correção de pressão em função da temperatura média do conjunto tubo-fluido (f_T).

Grosso modo, pode-se fazer uma interpolação entre a temperatura externa do tubo e a interna do fluido para determinar a temperatura média do conjunto tubo-fluido. Exemplo, temperatura externa do tubo de 70°C e do fluido 25°C, resultando em 47,5°C, adotando 50°C para fins de projeto.

Os **tubos de polipropileno (copolímero em bloco - PPB, homopolímero – PPH, e copolímero randômico – PPR)**, também podem ser aditivados com negro de fumo para proteção ao UV, todavia nesses casos ainda necessitam de outros estabilizantes. Daí, normalmente serem empregados não pretos, mas cinzas, azuis ou verdes.

Daí, uma alternativa bastante utilizada hoje em dia é a fabricação de tubos Pretos com Listras coloridas na cor que represente a aplicação.



1.4 – Formas de Fornecimento

Os tubos podem ser fornecidos em barras ou bobinas para diâmetros até DE 125, e barras para os diâmetros maiores.

Normalmente, os fabricantes de sistemas para ar comprimido costumam fornecer em barras de 4 ou 5 m de comprimento.

2 – Métodos de União e Conexões

- Junta Mecânica de Compressão: Material PP – PN 16 (**max 10 bar para ar**)
- Conexões de Eletrofusão: PE 100 – SDR 11 – (**max 10 bar para ar**) a SR 7 (**max 16 bar**)
- Conexões de Topo por Termofusão: PE 100 – SDR 11 (**max 10 bar**) a SDR 7 (**max 16 bar**)
- Conexões Soquete por Termofusão (Polifusão): PE 100 e PP – SDR 7 a SDR 6 (**max 16 bar**)

DE	DISPONÍVEL				PREFERENCIAL			
	CP	EF	TP	SQ	CP	EF	TP	SQ
16	X	-	-	X	X	-	-	X
20	X	X	-	X	X	X	-	X
25	X	X	-	X	X	X	-	X
32	X	X	-	X	X	X	-	X
40	X	X	-	X	X	X	-	X
50	X	X	-	X	X	X	-	X
63	X	X	X	X	X	X	-	X
90	X	X	X	X	-	X	-	-
110	X	X	X	X	-	X	X	-
160	-	X	X	-	-	X	X	-
200	-	X	X	-	-	-	X	-
≥ 250	-	X	X	-	-	-	X	-

CP: Junta Mecânica de Compressão; EF: Eletrofusão; TP: Topo Termofusão; SQ: Soquete



União de Compressão (CP)



Luva de Eletrofusão (EF)



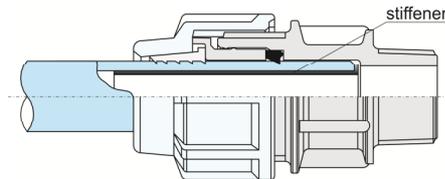
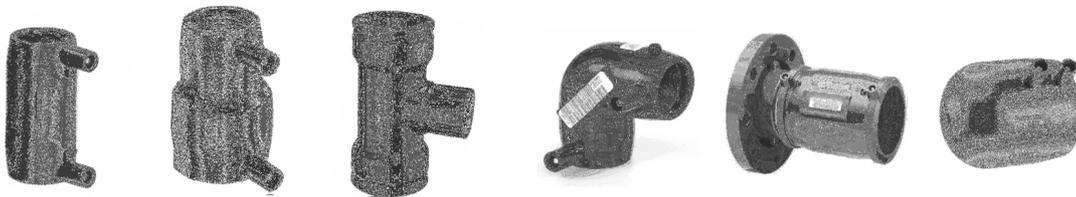
União por Solda de Topo (TP)



Luva Soquete (SQ)

Família de Conexões de Compressão em PP (DE 16 a 110) - NBR 15.803; NTS 192

As conexões de Compressão devem ser de PN 16, limitadas a 10 bar para ar comprimido, e utilizar um tubete enrijecedor interno (stiffener) na ponta do tubo.

**Família de Conexões de Eletrofusão em PE 100 ou PPR (DE 20 a 315) - NBR 15.593; NTS 193**

As conexões de Eletrofusão devem dimensionadas como para gás natural, ou seja, SDR 11 para pressão até 10 bar, SDR 9, para pressão até 12,5 bar e SDR 7, para até 16 bar.

Família de Conexões para Solda Topo por Termofusão em PE 100 ou PP (DE 63 a 315) - NBR 15.593; NTS193

Admitidas somente conexões injetadas monolíticas como NBR 15.593; NTS193; EN 12.201-3.

Para colarinhos e reduções podem ser admitidas peças usinadas.

Peças gomadas (segmentadas) não são aplicáveis em linhas de ar comprimido.



As conexões de Termofusão de Topo devem dimensionadas como para gás natural, ou seja, SDR 11 para pressão até 10 bar, SDR 9, para pressão até 12,5 bar e SDR 7, para até 16 bar.

Família de Conexões de Soquete (polifusão) em PE 100 ou PPR (DE 16 a 110) – NBR 15.813, ISO 15.874 e DIN 8077/8078.

A linha de PPR de PN 25 (SDR 6) pode ser usada até 16 bar para ar comprimido, e a PN 20 (SDR 7) até 12,5 bar, e as linhas de PE 100 e PPH-100 devem ser de SDR 7 ou 9, respectivamente.

2.1 – Derivações e Transições Roscadas para outros materiais ou elementos de tubulações

2.1.1 - Derivações e Transições com Conexões para Juntas Mecânicas (JM)

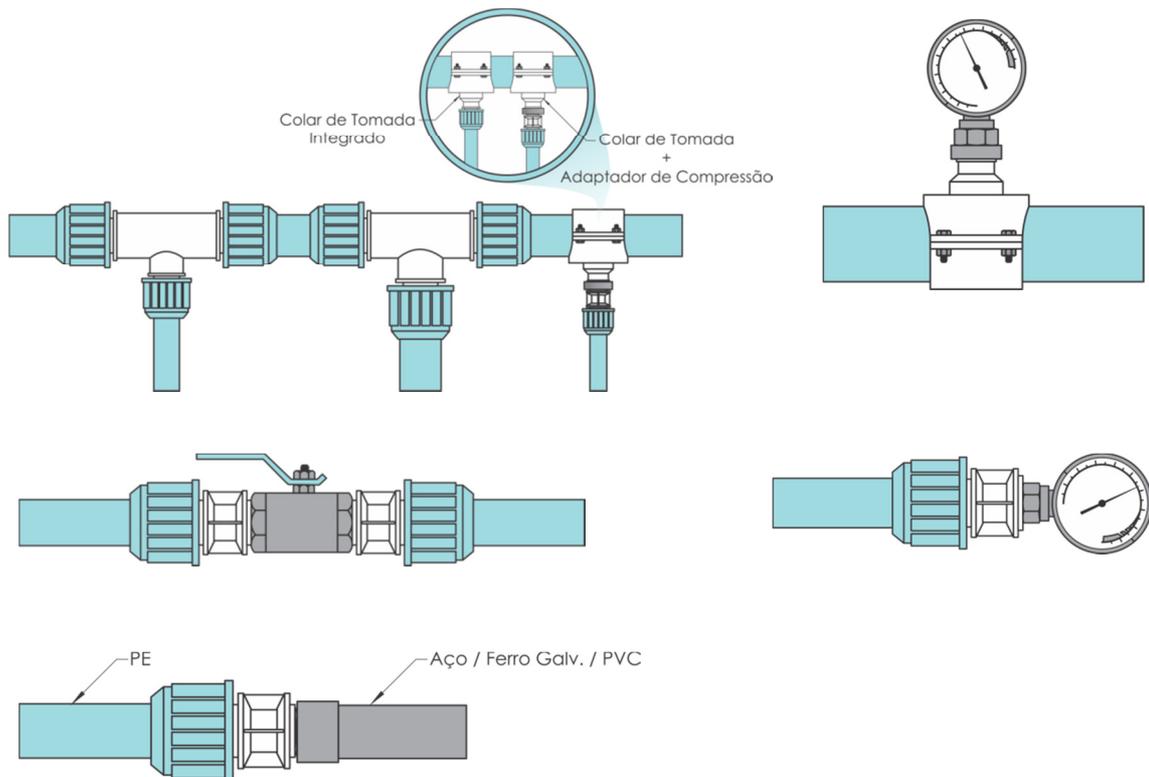


Tê Igual e Tê de Redução (JM-T), Tê, Cotovelo e Adaptador Macho ou Fêmea. Preferencialmente as saídas roscáveis devem ser metálicas ou ter reforços metálicos (DE 16 – 110)

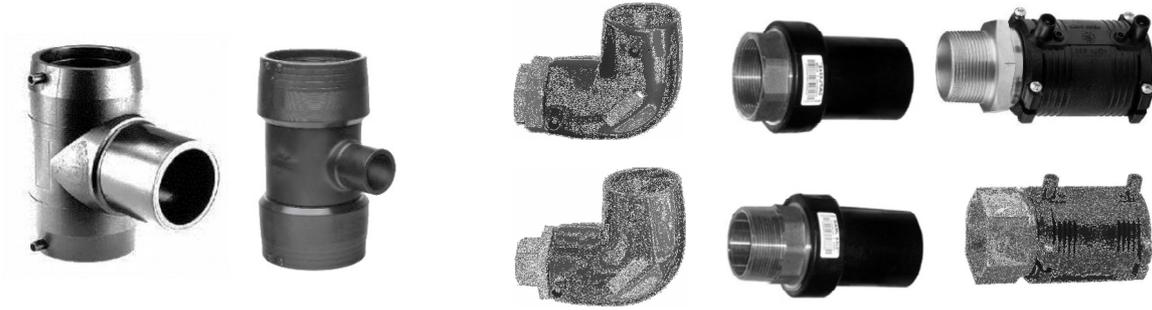


Colar de Tomada Mecânico (JM-CT)
Integrado ou saída Rosca (DE 20 – 315)

Tê de Serviço Mecânico
(DE 63 – 160)



2.1.2 - Derivações e Transições com Conexões de Eletrofusão (EF)



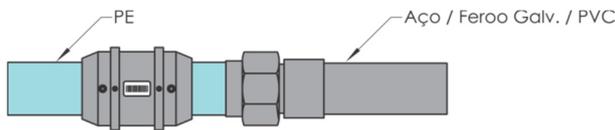
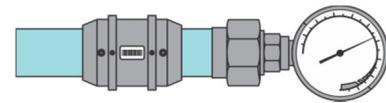
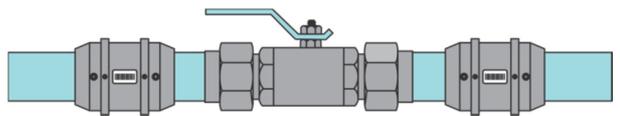
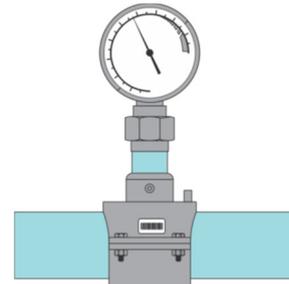
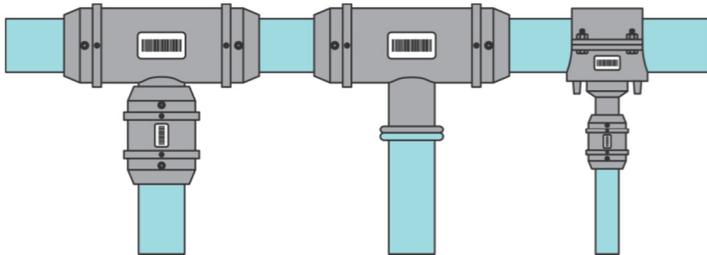
Tê Igual e Tê de Redução de Eletrofusão (EF-T), Cotovelos e Adaptadores Macho e Fêmea com roscas metálicas em Latão ou Inox (DE 20 – 315)



Colar de Tomada de Eletrofusão (EF-CT)
Saída Ponta ou Rosca (DE 32 – 315)



Tê de Serviço
(DE 32 – 315)



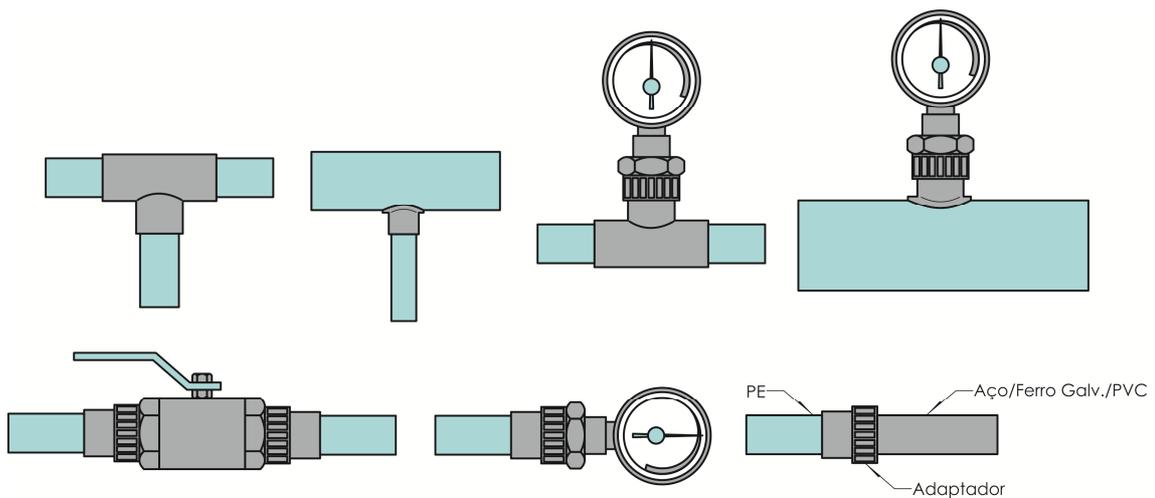
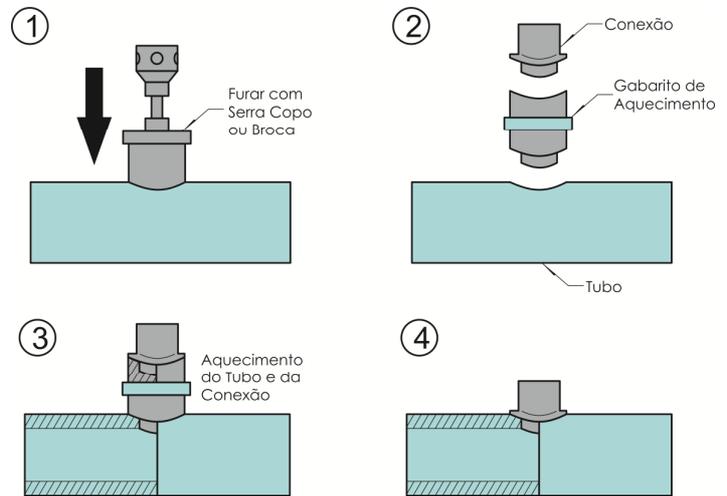
2.1.3 - Derivações e Transições com Conexões de Soquete (SQ – polifusão))



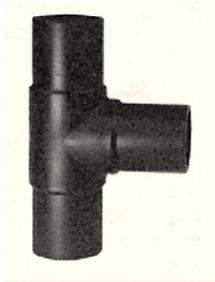
Tê Igual e Tê de Redução de Eletrofundição, Tês, Cotovelos e Adaptadores Macho e Fêmea com roscas metálicas em Latão ou Inox (DE 16 – 110)



Sela de Derivação

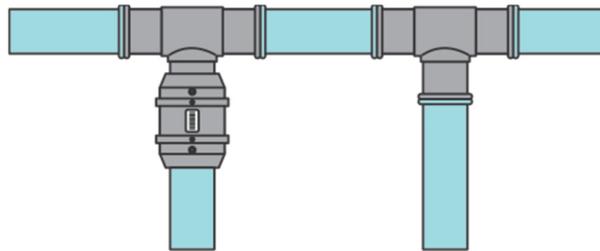


2.1.4 - Derivações com Conexões Ponta Polivalentes Injetadas (Solda de Topo ou Eletrofusão)

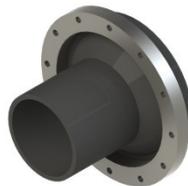


Tê Igual ou Tê de Redução 90° de Ponta
(DE 63 – 315)

Tê Igual 45° de Ponta
(DE 63 – 315)



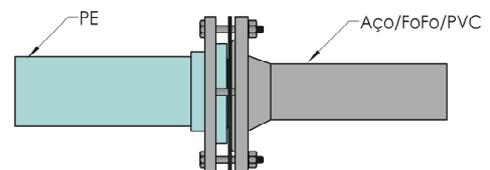
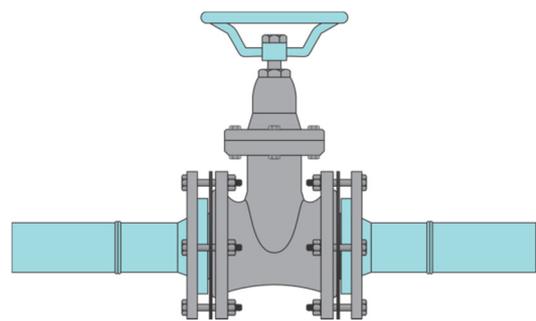
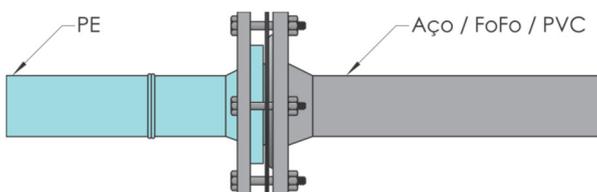
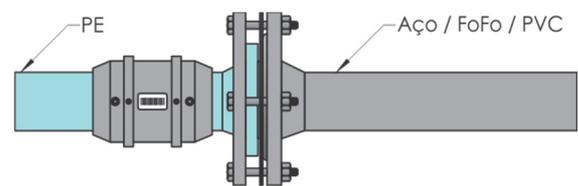
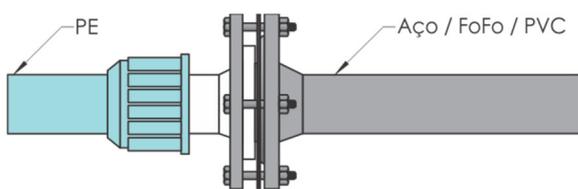
2.2 – Ligações e Transições Flangeadas



(JM) Adaptador p/ Flange de Compressão PP (DE 63 – 110)

(TP) Colarinho p/ Flange Ponta p/ Topo ou EF (DE 63 – 315)

ou Soquete (DE 63 - 110)



3 – Métodos de Instalação

Normalmente as linhas de distribuição de ar comprimido são aéreas, mas até a linha de distribuição podem ser enterradas, seja por abertura de vala ou métodos não destrutivos.

Os aspectos relativos a cada um dos métodos de instalação são apresentados nos Módulos 4.2 – Instalação Enterrada, Módulo 4.3 – MND e Módulo 4.4 – Instalação Aérea.

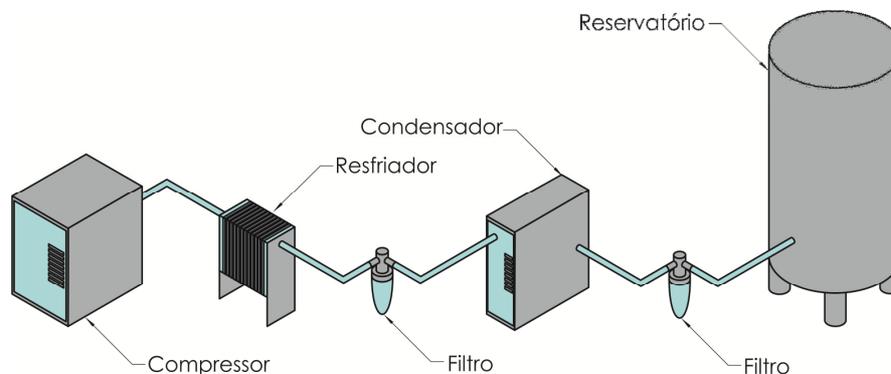
No que concerne especificamente às linhas de ar comprimido, alguns aspectos são fundamentais, quais sejam:

- Filtros, Secadores, Resfriadores
- Purgadores e Drenos
- Configuração da Linha

3.1 - Filtros, Secadores, Resfriadores

O Resfriador, instalado logo após o compressor, tem a função de reduzir a temperatura do ar comprimido para próximo da temperatura ambiente. Com isso, surgem os condensados, em especial de vapor d'água, que devem ser eliminados através de Separadores mecânicos de condensados e, nestes, Purgadores automáticos ou manuais. Essa configuração elimina aproximadamente 70% dos condensados da linha.

Os filtros normalmente são instalados antes e depois do Secador de ar comprimido e próximo ao ponto de consumo. Sua função é diminuir os níveis de condensados, umidade relativa e conter os resíduos sólidos.



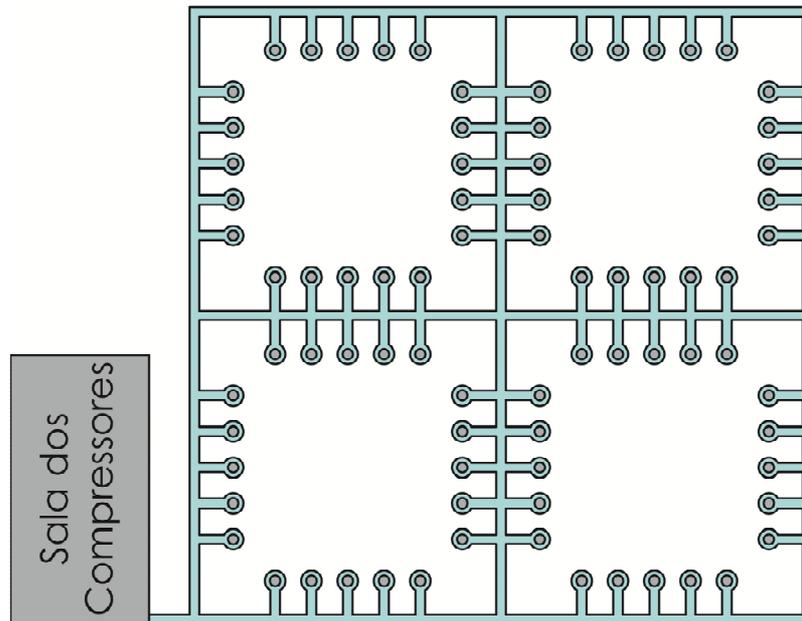
3.2 – Purgadores e Drenos

Ainda visando evitar os condensados, ao longo da linha são instalados drenos ou purgadores, manuais ou automáticos. Nas derivações e saídas para o ponto de uso, é boa prática utilizar a técnica do pescoço de ganso.



3.3 – Configuração da Linha

Para melhor uniformização da pressão o longo da linha, é usual a instalação em forma de circuito fechado.



4 – Dimensionamento da Tubulação

O dimensionamento da tubulação de ar comprimido é uma especialidade do transporte de gases, similarmente ao transporte gás natural, considerando a densidade do ar ($G = 1$) (vide Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno – Características, Dimensionamento e Instalação, de José Roberto B. Danieletto).

Uma fórmula aproximada para a determinação do diâmetro da tubulação é dada por:

$$d = \sqrt[5]{\frac{450 \cdot L \cdot Q^{1,85}}{\Delta p \cdot P}}$$

Onde:	d	= diâmetro interno do tubo (mm)
	L	= comprimento da linha (m)
	Q	= Vazão (l/s)
	Δp	= Perda de Carga (bar)
	P	= Pressão da Linha (bar)

5 – Ensaio de Estanqueidade

São comuns perdas por vazamentos em linhas de ar comprimido, elevando enormemente os custos com energia elétrica e mau desempenho da linha. Portanto, os testes de estanqueidade são essenciais e devem ser executados preferencialmente a 1,5.PN da linha, para as linhas de gás, conforme um dos métodos expostos no Módulo 4.8, desse Manual de Práticas ABPE, e depois com o próprio ar comprimido, verificando-se em especial as juntas, principalmente as juntas mecânicas, aplicando-se espuma.

6 – Especificações para Compra dos Materiais

Na ausência de normas brasileiras específicas para linhas em ar comprimido com materiais poliolefínicos, esse Manual pode ser utilizado como referência e especificação de compra.

Os fabricantes e produtos devem ser pré-qualificados (vide módulo 2 – Controle de Qualidade) e atender aos procedimentos de inspeção aplicáveis para Recebimento de Materiais. Os fabricantes devem fornecer certificados de qualidade por lote de material fornecido acompanhando a Nota Fiscal dos Produtos, para sua rastreabilidade.

7 – Especificações para Contratação do Instalador

A empresa instaladora deve ter instaladores, soldadores e equipamentos de solda/Instalação qualificados conforme Módulo 3 – Qualificação de Soldador e Equipamentos de Instalação.

Devem apresentar os certificados dos profissionais e dos equipamentos dentro da validade antes do início da obra.

A Contratante deve avaliar os certificados de Soldadores e Equipamentos do Instalador e fazer inspeção dos mesmos, se julgar necessário, solicitar demonstração de soldas e de aplicação dos equipamentos para avaliar seu adequado desempenho, ou mesmo solicitar ensaios de ambos conforme normas pertinentes. Vide Módulo 3.

8 – Estocagem e Manuseio de Materiais

Devem se seguir as recomendações no módulo 4.1 – Procedimentos de Estocagem e Manuseio, e os de instalação e Reparo, respectivamente, módulos 4.2, 4.3 e 4.5.

Devem ser levadas em consideração as condições do local, acesso e armazenamento.

9 – Inspeção, Acompanhamento e Recebimento de Obras

A Contratante deve assegurar-se que os materiais nas obras tenham os respectivos certificados de qualidade e aprovação.

A Contratante deve inspecionar a qualidade das soldas e uniões executadas, bem como o correto manuseio dos equipamentos e adequados procedimentos de instalação, conforme Módulo 2 – Controle de Qualidade e Módulo 4 – Instalação e Reparo.

A critério da Contratante, podem ser cortadas soldas para ensaios de laboratório, bem como exigir relatórios de todas as soldas executadas com os dados do soldador e equipamento que a realizou.

O recebimento da obra deve ser feito com a execução dos adequados procedimentos de limpeza da rede (higienização), testes de estanqueidade (módulo 4.8), e a entrega de as-built acompanhado dos relatórios de solda.