

MANUAL TÉCNICO

PVC-U Pressão



**Tubos de poli (cloreto de vinilo) não plastificado
para água e saneamento com pressão**



Alguns dos produtos referidos neste manual s3s s3o vendidos sob consulta do stock.

Se precisar, poder3 obter mais informa33o t3cnica e instru33es sobre a aplica33o dos produtos, consultando a f3brica.

Contactos:

Informa33o especializada e assist3ncia t3cnica: +351 256 856 010

Índice

	Pág.
Objectivo e Campo de Aplicação	2
Características das tubagens de PVC Rígido	3
• Especificações do Produto	3
• Características matéria-prima	3
• Aspecto visual e cor	3
• Sistemas de união	4
• Características geométricas	5
• Características físicas e mecânicas	6
• Características químicas	7
• Marcação dos produtos	8
• Efeito na qualidade da água	8
• Controlo de Qualidade	8
Recomendações na execução de Uniões por Junta Elástica	9
Recomendações na Execução de Uniões por Colagem	10
Recomendações para a Execução de Curvaturas a frio em obra	11
Recomendações na Utilização do Material	12
• Armazenamento de tubos	12
• Manuseamento de tubos	12
• Transporte de tubos	13
• Armazenamento, manuseamento e transporte de acessórios	13
Parâmetros para Projecto	14
• Perdas de carga	14
Instalação	15
• Instalação de condutas enterradas	15
• Instalação de condutas aéreas	19
Ensaio à Instalação	21
Anexo 1 – Gráfico de Fluxo Hidráulico	23
Anexo 2 – Ábaco para cálculo de perdas de carga em tubos de PVC	24

Objectivo e Campo de Aplicação

As práticas de instalação que a seguir se recomendam pretendem constituir um guia sobre os métodos mais adequados de projecto e instalação de sistemas de tubagem que incorporem tubos e acessórios para as seguintes aplicações:

- distribuição de água com pressão;
- saneamento com pressão,

à temperatura de 20 °C, não estando a tubagem exposta directamente às radiações solares.

Os produtos em causa podem também ser sujeitos a fluídos cuja temperatura não exceda os 45°C. Para temperaturas entre 20 °C e 45 °C, a pressão de serviço é obtida multiplicando a pressão nominal pelo factor de correcção retirado do gráfico 1.

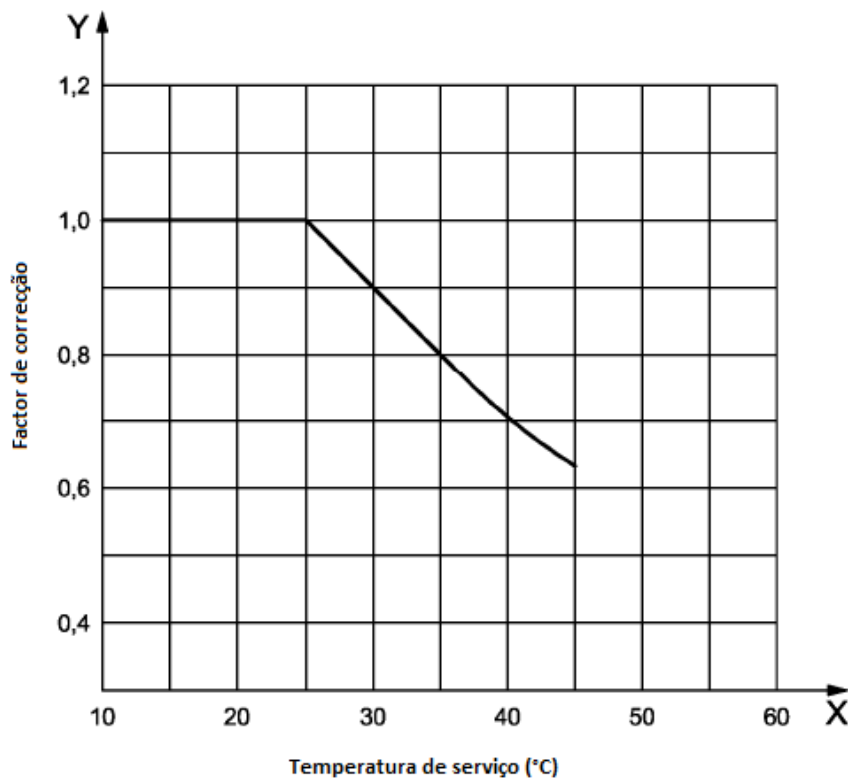


Gráfico 1 - Factor de correcção em função da temperatura

Características das Tubagens de PVC Rígido

Especificações do produto

Os sistemas de tubagem em poli(cloreto de vinilo) não plastificado (PVC-U) marca FERSIL para redes de abastecimento de água para consumo humano marcação W e para saneamento enterrado ou aéreo com pressão marcação P, seguem as especificações de produto definidas pelas normas;

- EN ISO 1452-1 (requisitos para as matérias-primas);
- EN ISO 1452-2 (requisitos para os tubos);
- EN ISO 1452-3 (requisitos para os acessórios);
- EN ISO 1452-5 (requisitos da adequação ao uso do sistema – desempenho das uniões).

Características matéria-prima

A matéria-prima utilizada no fabrico dos tubos e acessórios dos sistemas de pressão é Poli(cloreto de vinilo) não plastificado (PVC-U) e apresenta as características constantes na Quadro seguinte.

Quadro 1 – Propriedades do material utilizado nas tubagens de Pressão em PVC

Característica	Unidade	Valor
Densidade	Kg/m ³	1420
Módulo de elasticidade	MPa	≥3000
Coefficiente de médio de expansão Linear	mm/m K	0,08
Condutividade Térmica	Kcal/m.h°C	0,122
Temperatura de amolecimento de Vicat	°C	≥80
Resistência à chama	Auto extingüível	

Aspecto visual e cor

Os tubos de pressão em PVC-U apresentam uma parede rígida opaca, lisa interior e exteriormente, isenta de defeitos tais como: bolhas, fissuras e inclusões. A FERSIL, tem disponível no mercado duas gamas de tubagens de acordo com a sua aplicação:

- tubagens para aplicação em transporte de água potável, de acordo com a EN ISO 1452 de cor cinza escuro (tipo RAL 7011), marcadas com a letra W;
- tubagens para aplicação em transporte de águas residuais, de acordo com a EN ISO 1452 de cor tijolo (castanho terracota tipo RAL 8023) marcadas com a letra P.

Sistemas de União

Os tubos e acessórios de PVC-U são produzidos e fornecidos em comprimentos definidos nas seguintes condições:

- com uma das extremidades moldada para união autoblocante com junta elástica (junta autoblocante);
- com uma das extremidades moldada para união por colagem.

As extremidades planas dos tubos e acessórios, apresentam-se chanfrados com um ângulo de inclinação com cerca de 15°. O chanfre deve ser realizado em todo perímetro da ponta do tubo ou do acessório, ser uniforme e ter uma largura maior ou igual a 0,05 do diâmetro exterior mínimo (ver figura 1).

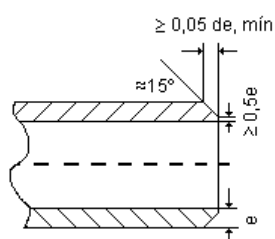


Figura 1 – Pormenor chanfre ponta macho

Os tipos de uniões entre tubos, ou entre os tubos e os acessórios podem ser os seguintes:

- **União com junta elástica (junta autoblocante)** – Um anel de borracha é comprimido e forma uma vedação, quando a extremidade de um tubo ou acessório é inserida na embocadura/campânula deste tipo. Esta união não aguenta esforços axiais.

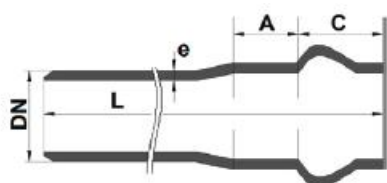


Figura 2 - União por junta elástica

- **União por colagem** – Utiliza-se nesta união, colas constituídas por solventes fortes de PVC - solventes que o dissolvem completamente a frio. Este tipo de união já aguenta esforços axiais.

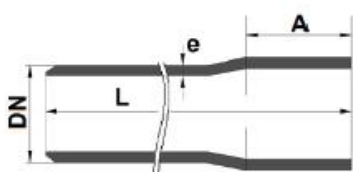



Figura 3- União por colagem


Características Geométricas

Na Quadro 2 apresentam-se os valores dos diâmetros exteriores nominais, tolerâncias e espessuras, em função dos diâmetros nominais e das classes de pressão, da gama de fabrico da Fersil.

Quadro 2 – Valores para os diâmetros exteriores e espessuras de parede

DN (mm)	Tolerância D _{ext} (mm)	Espessura mínima (mm)			
		PN 6 (SDR 33)	PN 10 (SDR 21)	PN 16 (SDR 13,6)	PN 20 (SDR 11)
20	0,2	-	-	1,5	1,9
25	0,2	-	-	1,9	2,3
32	0,2	-	1,6	2,4	-
40	0,2	1,5	1,9	3,0	-
50	0,2	1,6	2,4	3,7	-
63	0,3	2,0	3,0	4,7	-
75	0,3	2,3	3,6	5,6	-
90	0,3	2,8	4,3	6,7	-
DN (mm)	Tolerância D _{ext} (mm)	Espessura mínima (mm)			
		PN6 (SDR 41)	PN10 (SDR 26)	PN12,5 (SDR 21)	PN16 (SDR 13,6)
110	0,4	2,7	4,2	5,3	6,6
125	0,4	3,1	4,8	-	7,4
140	0,5	3,5	5,4	-	-
160	0,5	4,0	6,2	7,7	9,5
200	0,6	4,9	7,7	9,6	11,9
250	0,8	6,2	9,6	11,9	14,8
315	1,0	7,7	12,1	15,0	-

 Tubos com boca lisa para colar

 Tubos com boca com anel J/A ou com boca lisa para colar

Características Físicas e Mecânicas

Os tubos devem apresentar as características expressas nas Quadros seguintes.

Quadro 3 – Características físicas e mecânicas dos tubos de pressão em PVC-U

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma
		Característica	Valor	
Resistência ao impacto	TIR ≤ 10%	Temperatura: Meio: Massa percursor: Espessura máxima:	(0±1)°C Água Ver Quadro 4 14,9 mm	EN744
Resistência à pressão para tubos	Sem falha durante o ensaio	Temperatura: Tensão circunf.: Duração:	20°C 42,0 MPa 1 hora	EN ISO 1167-1 EN ISO 1167-2
	Sem falha durante o ensaio	Temperatura: Tensão circunf.: Duração:	20°C 35,0 MPa 100 horas	EN ISO 1167-1 EN ISO 1167-2
	Sem falha durante o ensaio	Temperatura: Tensão circunf.: Duração:	60°C 12,5 MPa 1000 horas	EN ISO 1167-1 EN ISO 1167-2
Resistência à pressão para uniões	Sem falha durante o ensaio	Temperatura: Tensão circunf.: ≤ 90 mm > 90 mm Duração:	60°C 4,2*PN bar 3,36*PN bar 1 hora	EN ISO 1167-1 EN ISO 1167-2
Temperatura Vicat	≥ 80 °C	Conforme a norma EN 727		ISO 2507-1
Deformação longitudinal a quente	Max 5%	Temperatura: Tempos de ensaio: e≤8mm 8mm<e≤16mm e>16mm	(150±2)°C 60 min 120 min 240 min	EN ISO 2505 Método B
Resistência ao Diclometano	Sem ataque em qualquer ponto de superfície do provete	Temperatura: Tempo de imersão: Espessura mínima:	(15±1)°C 30 min 1,5 mm	ISO 9852
Teor Monómero de Cloreto de Vinilo (VCM)	≤ 1ppm	Conforme a norma ISSO 6401		ISO 6401

Na Quadro seguinte apresenta-mos os valores da massa e altura de queda, a cumprir no ensaio de impacto, em função do diâmetro nominal e do nível (médio ou elevado).

A escolha do nível a que a tubagem tem de ser ensaiada de acordo com a norma EN ISO 1452:

- Nível médio M: é utilizado para testar todos os diâmetros das classes de pressão PN20, PN16 e os diâmetros menores ou iguais a DN90 da classe de pressão PN10;
- Nível elevado H: é utilizado para testar todos os diâmetros da classe PN6 e diâmetros superiores a DN90 na classe PN10.

Quadro 4 – Requisitos da queda de massa do ensaio de impacto

DN (mm)	Nível médio M			Nível elevado H		
	Massa (kg)	Altura de queda (m)	Energia de impacto ¹⁾²⁾ (Nm)	Massa (kg)	Altura de queda (m)	Energia de impacto ¹⁾²⁾ (Nm)
20	0,5	0,4	2	0,5	0,4	2
25	0,5	0,5	2,5	0,5	0,5	2,5
32	0,5	0,6	3	0,5	0,6	3
40	0,5	0,8	4	0,5	0,8	4
50	0,5	1,0	5	0,5	1,0	5
63	0,8	1,0	8	0,8	1,0	8
75	0,8	1,0	8	0,8	1,2	9,5
90	0,8	1,2	9,5	1,0	2,0	20
110	1,0	1,6	16	1,6	2,0	31
125	1,25	2,0	25	2,5	2,0	49
140	1,6	1,8	28	3,2	1,8	57
160	1,6	2,0	31	3,2	2,0	63
200	2,0	2,0	39	4,0	2,0	78
250	2,5	2,0	49	5,0	2,0	98
315	3,2	2,0	63	6,3	2,0	124

1) Com base em $g=9,81 \text{ m/s}^2$
2) Menor que 10, arredondado a 0,5 por defeito; superior a 10 arredondado a n° inteiros

Características Químicas

Os tubos PVC-U EN ISO 1452 oferecem um bom comportamento quando expostos à maioria dos produtos químicos usados nas estações de captação e de tratamento de água (ETA) (um grande número de produtos químicos, incluindo a maioria dos álcalis e ácidos), assim como os produtos químicos presentes na maioria dos tipos de solo ou estruturas de betão em que sistema de tubos é instalado.

A resistência química depende das condições de serviço, tais como a temperatura, a pressão e as cargas estáticas e dinâmicas aplicadas em cima do sistema de tubos. Para informações mais detalhadas, consulte a tabela FERSIL de resistência química ou consulte o relatório técnico ISO / TR 10358.

Quadro 5 – Características químicas dos tubos de pressão em PVC-U

Característica	Requerimentos	Parâmetros do teste		Norma
		Característica	Valor	
Teor Monómero de Cloreto de Vinilo (VCM)	≤ 1ppm	Conforme a norma ISO 6401		ISO 6401

Marcação dos Produtos

Todos os tubos devem ser marcados de uma forma permanente e legível, e de tal forma que a marcação não inicie fissuras, ou outros tipos de falhas e que o armazenamento, intempéries, manuseamento, instalação e utilização não afectem a legibilidade da mesma.

Marcação mínima requerida

A marcação mínima requerida deve estar conforme a Quadro 6, com uma frequência de marcação no mínimo uma por metro.

Quadro 6 – Marcação mínima requerida para os tubos

Elementos de marcação	Marca ou símbolo
Identificação do fabricante	FERSIL
Material e designação	por exemplo, PVC-U
Dimensões ($d_n \cdot e_n$)	por exemplo, 110 x 2,7
Classe de Pressão, em bar	por exemplo, PN 10
Número da Norma	EN ISO 1452
Aplicação	W (água) ou P (saneamento)
Período de produção (data ou código)	por exemplo, 26-01-07 18:35 OP 10-134 ^{a)}
^{a)} De forma nítida, em algarismos ou em código, permitindo a rastreabilidade do período de produção, em termos de ano e mês, e o local da produção se o fabricante produzir em locais diferentes.	

NOTA: Chama-se a atenção para a eventual necessidade da inclusão da marcação CE quando legalmente exigida.

Efeito na qualidade da água

Os tubos FERSIL foram ensaiados de acordo com a norma EN 12873-2 cumprindo com os requisitos estabelecidos no

DL 306/2007 de 27 de Agosto e no Real decreto RD 140/2003 de 7 de Fevereiro, no que refere ao efeito dos nossos produtos sobre a qualidade da água para consumo humano e aos requisitos da Legislação Nacional no que respeita a certificação de produto complementada com a verificação da ausência de potenciais efeitos nocivos na qualidade da água conforme estipulado no Despacho 19563/2006 de 25 de Setembro, do Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações.

Controlo de Qualidade

A qualidade dos tubos de PVC-U fabricados pela Fersil e pela FIL, é assegurada pelos 2 laboratórios, através do cumprimento de um Plano de Inspeção e Ensaio ao Produto Acabado no âmbito do Sistema de Garantia da Qualidade segundo a Norma NP EN ISO 9001.

Recomendações na Execução de Uniões por Junta Elástica

Estas uniões são formadas como parte integrante do tubo ou do acessório.

O perfil da junta elástica e da embocadura/campânula constituem desenhos específicos da FERSIL, pelo que não deverão ser substituídos por outros.

No caso das juntas serem fornecidos separadamente, a ranhura deve ser limpa, removidos os objectos estranhos e a mesma colocada correctamente.

Como as uniões por junta elástica não sustentam esforços axiais, deve ser dada atenção especial ao projecto dos blocos de ancoragem e à sua localização no sistema de tubagem. Os blocos de ancoragem devem ser projectados para susterem o esforço máximo desenvolvido em virtude da pressão interna, quando o ensaio de pressão é efectuado.

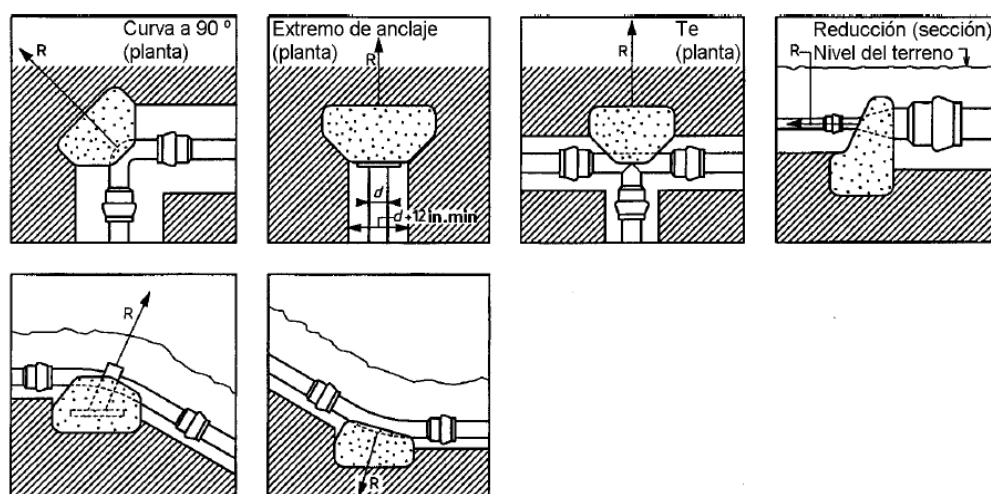


Figura 4- Disposição de blocos de ancoragem típicos

A execução correcta desta união requer que a extremidade macho do tubo seja chanfrada e lubrificada antes da inserção na embocadura/campânula. O lubrificante deve também ser aplicado ao anel de borracha, após este estar perfeitamente ajustado na ranhura.

Após a lubrificação das duas superfícies, a introdução deve ser efectuada para evitar o depósito de sujidade.

A Fersil recomenda a utilização de vaselina industrial ou massa de silicone.

Ao contrário do que sucede na união por colagem, neste tipo de união, o elemento macho não deve ser introduzido completamente na campânula do outro elemento; o seu extremo deve distanciar 1cm (normalmente 1cm por cada 3m de tubo). Para isso é necessário, antes da montagem definitiva, referenciar-se por meio de um traço a lápis a extensão a ser introduzida (ver fig. 1).

Recomendações na Execução de Uniões por Colagem

Estas uniões, à semelhança das anteriores também são formadas como parte integrante do tubo ou do acessório.

As uniões por colagem, ao contrário das anteriores, sustentam os esforços axiais.

As colas e os decapantes utilizados são inflamáveis, pelo que o acto de fumar deve ser proibido na área onde os materiais estão a ser manuseados. A cola deve ter a viscosidade adequada, não devendo no entanto ser diluída.

A ponta do elemento macho deve ser previamente chanfrada com o auxílio de uma lima.

A fim de se conhecer a extensão das superfícies a colar, introduz-se completamente o elemento macho, já chanfrado, na campânula do outro elemento; marca-se na sua superfície exterior, com um lápis e não com qualquer elemento cortante, um traço referência (ver fig.2). Afastam-se os dois elementos e procede-se à aplicação da cola.

As superfícies a colar devem ser previamente limpas, secas e libertas de gorduras, pelo que se aconselha o uso do decapante. Após a secagem do decapante, aplica-se a cola em camada fina no sentido longitudinal, sobre toda a superfície a colar do elemento macho e à entrada da embocadura/campânula. A aplicação da cola deve ser efectuada de forma rápida.

Para diâmetros superiores a 110mm, recomenda-se que a operação seja efectuada por duas pessoas, para que a cola seja aplicada simultaneamente nas duas superfícies.

Imediatamente após, e sem torções, adaptam-se os dois elementos, até que a extremidade da campânula se ajuste ao traço de referência previamente marcado. Deve retirar-se o excesso de cola eventualmente presente na junta exterior, logo após a execução da união.

As uniões tornam-se resistentes à pressão algum tempo após a colagem. Deixar passar 24 horas, antes de efectuar o ensaio de pressão recomendado.

Nota: Estas colas à base de solventes fortes de PVC necessitam de um tempo de maturação (após a colagem) longo, a baixas temperaturas e curto a temperaturas elevadas. Não se recomenda que a colagem seja efectuada a temperaturas de 0°C ou inferiores.

Recomendações para a Execução de Curvaturas a Frio em Obra

É permitido que os tubos sejam instalados sem ser em linha recta, mediante uma das seguintes técnicas:

- através de um pequeno desvio angular na união (para uniões por junta elástica). Para evitar que a eficiência da junta elástica não é comprometida, limita-se o desvio angular a um máximo de 1°;
- pela gradual curvatura em toda o comprimento do tubo.

Para curvaturas executadas a frio, o raio de curvatura, até ao diâmetro 160mm não deve ser inferior a 300 vezes o diâmetro exterior do tubo (ver figura 5). Tubos de diâmetro superior a 160 mm devem ser considerados como totalmente rígidos e não devem ser sujeitos a esta operação. As curvaturas a frio não devem ser efectuadas a temperaturas inferiores a 5°C.

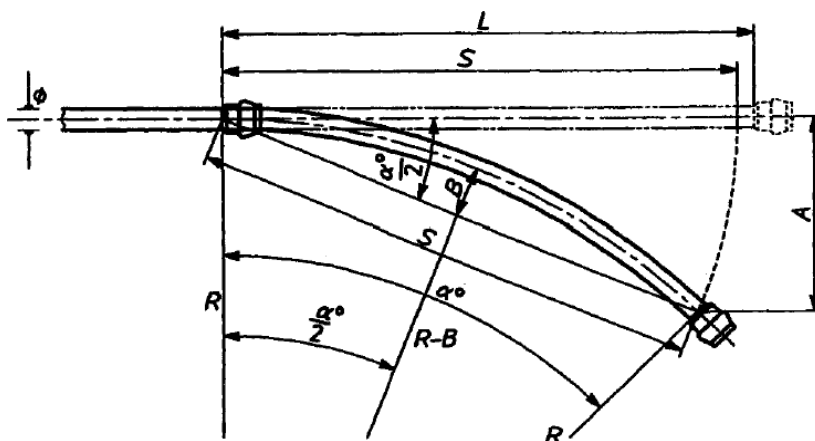


Figura 5- Dimensões relativas à curvatura do tubo

Quadro 7 – Raio mínimo de curvatura, R, para tubos curvados em frio em obra

DN (mm)	Raio mínimo R (m)	Ângulo $\alpha/2$ (°)	Corda S (m)	Flecha A (m)
63	12,6	13,64	5,94	1,40
75	15,0	11,50	5,98	1,19
90	18,0	9,55	5,97	0,99
110	22,0	7,81	5,98	0,81
125	25,0	6,87	5,98	0,72
140	28,0	6,14	5,99	0,64
160	32,0	5,37	5,99	0,56

Os valores S e A aplicam-se apenas para tubos de 6 metros de longitude efectiva

Recomendações na Utilização do Material

Armazenamento de tubos

Embora os tubos de PVC-U sejam duráveis, o manuseamento é muito fácil devido à sua leveza e, desta forma são susceptíveis de maus-tratos. Razoáveis precauções devem ser tomadas durante o manuseamento e armazenamento para garantir que os tubos não sejam danificados.

Os tubos de PVC-U devem ser acondicionados numa superfície suficientemente lisa e isenta de objectos cortantes, pedras ou saliências de forma a evitar deformações ou defeitos que poderiam tornar-se permanentes.

Os suportes laterais das paletes deverão ser colocados a intervalos máximos de 1,5 m. Os tubos devem ser suportados em todo o seu comprimento. Tubos de diferentes diâmetros e espessuras deverão ser stockados separadamente. No caso de isto não ser possível, os de maior diâmetro e espessura deverão ser colocados no fundo.

Quando se acondicionam tubos com uma das extremidades moldada para união por anel de estanquidade, as embocaduras/campânulas deverão ser colocados alternadamente na palete e suficientemente projectadas para o exterior, para que os tubos estejam correctamente suportados ao longo de todo o comprimento.

A exposição prolongada à radiação ultravioleta (luz solar) pode reduzir a resistência dos tubos ao impacto e causar descoloração. De qualquer forma a resistência à pressão interna não é reduzida.

Os tubos deverão ser armazenados ao abrigo de fontes de calor e não deverão contactar com produtos potencialmente perigosos como gasóleo, tintas ou solventes.

Os tubos deverão ser utilizados de forma a assegurar uma correcta rotação de stocks.

Manuseamento de tubos

Os tubos, quando manuseados individualmente, devem ser baixados, erguidos e transportados de forma controlada sem serem arremessados ou arrastados.

O manuseamento de atados ou de paletes requer o uso de equipamento mecânico apropriado. A técnica escolhida não deverá causar qualquer dano nos tubos.

Se o tubo tiver sido telescopado (encaixado dentro de outro tubo) para transporte, os tubos interiores deverão ser sempre removidos primeiro e acondicionados separadamente.

A resistência ao impacto dos tubos de PVC-U é reduzida a baixas temperaturas e deverá colocar-se mais cuidados no manuseamento do material a temperaturas inferiores a 0°C.

Transporte de tubos

No transporte de tubos, os veículos deverão apresentar os estrados lisos e isentos de pregos e outras saliências. O veículo deverá estar equipado com suportes laterais espaçados entre si de cerca de 2m. Todos os suportes deverão ser lisos sem arestas salientes.

Quando o comprimento dos tubos ultrapassar o do veículo, a parte suspensa não deverá exceder 1m.

Os tubos com maior rigidez deverão ser colocados por baixo dos de menor rigidez.

Armazenamento, manuseamento e transporte de acessórios

Os acessórios de PVC-U são leves e fáceis de manusear e consequentemente mais susceptíveis de sofrer maus-tratos em comparação com os acessórios metálicos.

Em todas as fases de armazenamento, manuseamento e transporte devem ser preservados de quaisquer danos ou contaminações e serem mantidos separados dos tubos até à sua instalação. Quando os acessórios são fornecidos em embalagem própria, devem ser retidos na embalagem inicial.

A resistência ao impacto dos acessórios de PVC-U é reduzida a baixas temperaturas e deverá colocar-se mais cuidados no manuseamento do material a temperaturas inferiores a 0°C.

Os acessórios, à semelhança dos tubos, deverão ser utilizados de forma a assegurar uma correcta rotação de stocks.

Parâmetros para Projecto

Perdas de carga

A determinação das perdas de carga, tal como para tubos em PVC rígido é baseada na fórmula de *Williams-Hazen*:

$$Q = 0.278531 \cdot C \cdot D^{2,63} \cdot J^{0,51}$$

em que: J = Perda de carga unitária (m/1000m)

Q = Caudal (l/s)

D = Diâmetro interior do tubo (mm)

C = Constante que depende do diâmetro da tubagem

C = 125, PVC até 50 mm de diâmetro;

= 135, PVC de 75 mm a 100 mm de diâmetro

= 140, PVC com mais de 100 mm de diâmetro.

No anexo 1 apresenta-se o ábaco baseado na fórmula de *Williams-Hazen*, para C=100. Para valores de C≠100, multiplicar a perda de carga pelo valor de K correspondente.

Instalação

O bom desempenho a longo prazo dos sistemas de tubagem em PVC-U é directamente afectado pela qualidade do trabalho humano e dos materiais utilizados na instalação do produto. A FERSIL recomenda uma supervisão competente em todas as fases.

Deve ter-se particular cuidado quando se instalam sistemas de tubagem em PVC-U a temperaturas inferiores a 0°C. Quer durante a instalação, ensaio e funcionamento, nunca permitir que haja congelação da água no interior dos tubos ou acessórios.

Os tubos não devem ser recobertos ou pintados com pinturas que contenham dissolventes ou com pinturas agressivas ao PVC.

Instalação de condutas enterradas

Os tubos e acessórios com união de anel de estanquidade são os recomendados para instalações enterradas.

É boa prática colocar os tubos com a extremidade macho inserida na campânula na mesma direcção do fluxo. As superfícies internas do tubo devem ser mantidas o mais limpo possível durante as operações de instalação.

O comportamento de uma conduta sujeita a cargas, depende de se ela é flexível, semi-rígida ou rígida (veja-se a norma EN 476). Os tubos de PVC são considerados flexíveis, pelo que quando são sujeitos a cargas verticais no solo, o tubo vai sofrer uma deflexão sem ruptura, pressionando o material envolvente ao tubo (enchimento).

Isto vai provocar a reacção do material envolvente que vai controlar a deflexão. O valor da deflexão é limitado pela selecção dos materiais usados no leito de assentamento e na cama de apoio da conduta e da forma da execução da instalação.

O nível de deflexão atingido por uma conduta enterrada depende em grande parte das propriedades do material envolvente e da rigidez circunferencial do tubo, mas não das suas propriedades de resistência hidrostática. Pelo que para os tubos flexíveis, não são apropriados os ensaios e dimensionamentos feitos com procedimentos de resistência à compressão aplicáveis aos tubos rígidos (betão e ferro ou aço).

Quando se instala um tubo flexível e se enche a vala, este sofre uma deflexão inicial, que deverá continuar a evoluir lentamente, até atingir um valor limite, dentro de um período de tempo razoável.

Tubos fabricados com diferentes materiais têm diferentes limites de deflexão, pelo que devem ser considerados para cada caso específico os valores recomendados nos guias de instalação. Para os tubos de PVC-U em aplicações por escoamento gravítico (situação mais desfavorável pois uma vez que não há pressão, o tubo trabalha parcialmente vazio e tem de aguentar sozinho com as cargas exercidas sobre a conduta), o valor limite de deflexão inicial deve ser inferior a 8% ou 10%.

Quando se pretende calcular a deformação inicial de um tubo, a rigidez circunferencial (stiffness) inicial do tubo é indicada no Quadro 8.

Quadro 8 – Rigidez circunferencial inicial dos tubos FERSIL

	Séries de tubo						
	SDR 41	SDR 33	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11
	S 20	S 16	S 12,5	S 10	S 8	S 6,3	S 5
Pressão nominal							
$d_n \leq 90$ mm	-	PN 6	-	PN 10	-	PN 16	PN20
$d_n \geq 110$ mm	PN 6	-	PN 10	PN12,5	PN 16	PN 20	-
Rigidez circunferencial calculada, S_{calc}	3,9 kN/m ²	7,6 kN/m ²	16,0 kN/m ²	31,3 kN/m ²	61 kN/m ²	125 kN/m ²	250 kN/m ²
Rigidez circunferencial nominal	SN 4	SN 8	SN 16	SN 32	-	-	-

A rigidez circunferencial inicial (S_{calc}) nos tubos de PVC-U marca FERSIL é calculada com a fórmula:

$$S_{calc} = \frac{E \times I}{(d_n - e_n)^3} = \frac{E}{96 \times (S)^3}$$

Em que: S_{calc} : a rigidez inicial calculada (kN/m²)

E : o módulo de elasticidade à flexão, com um valor de 3×10^6 kN/m²;

I : é o momento de inércia, $\frac{1 \times e_n^3}{12}$ para 1 m linear de tubo (mm³);

d_n : o diâmetro exterior nominal (mm);

e_n : a espessura de parede nominal (mm);

S : a série de tubos.

Na prática, a rigidez inicial é sempre superior à rigidez calculada, porque a média da espessura de parede do tubo ou do acessório é maior que a espessura de parede nominal utilizada no cálculo.

Para grandes sobrecargas, é importante o uso de tubos de rigidez apropriada por forma a assegurar que a deformação inicial do tubo seja mantida dentro do limite máximo. A deformação será afectada pelo funcionamento do sistema, sistemas sujeitos continuamente a uma pressão interna deformar-se-ão menos que aqueles deixados sem pressão por longos períodos de tempo.

A figura 6 apresenta os cuidados de assentamento dos tubos no interior das valas.

Os tubos não deverão nunca ser revestidos com cimento.

Nota: Revestir com cimento transforma, um tubo com alguma flexibilidade, numa estrutura rígida, susceptível a fracturas em caso de abatimentos ou outros movimentos do solo.

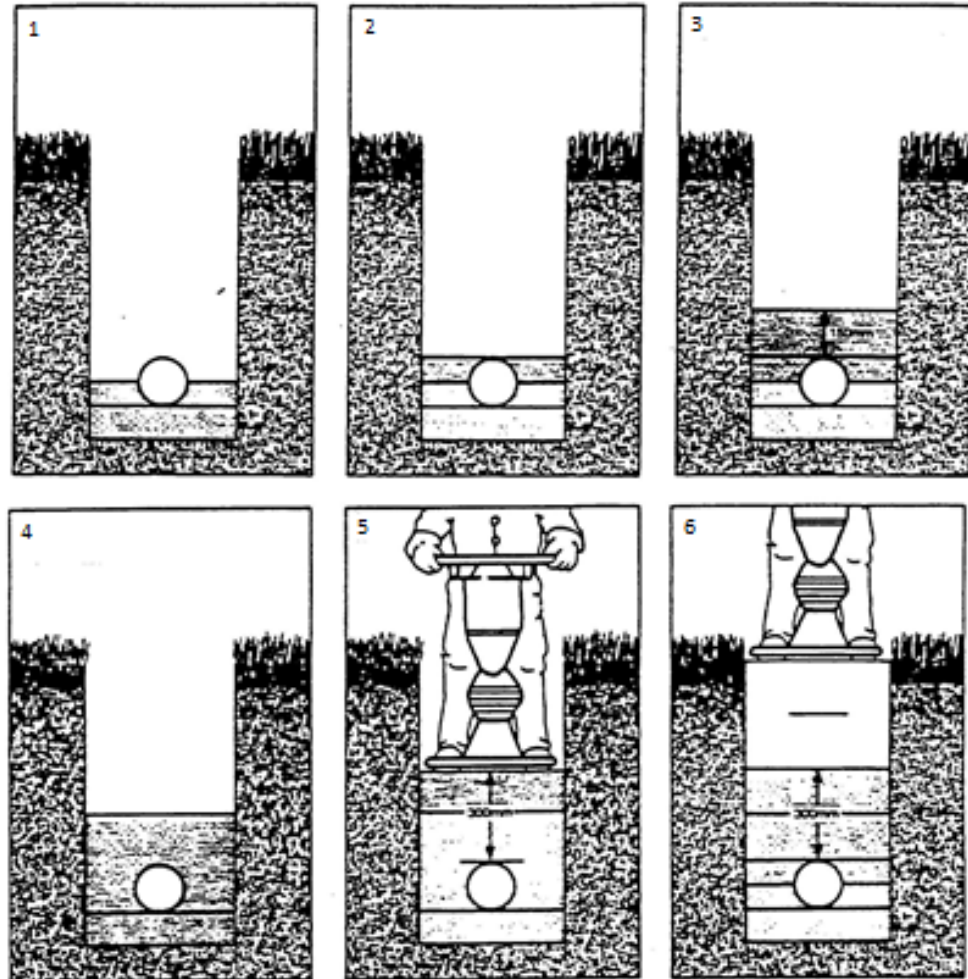


Fig. 6 – Cuidados de assentamento no interior de valas

1. Formar o leito com areia fina ou saibro, isentos de pedras. Encher normalmente até metade do diâmetro do tubo e compactar.
2. Encher como em 1 até envolver completamente o tubo.
3. Continuar o enchimento com o mesmo material até cobrir a tubagem com uma camada de espessura de 15cm. A partir daqui o enchimento pode ser colocado e compactado mecanicamente, desde que não seja por cima do tubo.
4. O enchimento a partir dos 15cm pode ser do material da própria escavação em camadas compactadas de 10cm de espessura.
5. A compactação mecânica é aconselhada quando a camada de enchimento sobre o tubo atinja os 30cm.
6. O restante enchimento será colocado e compactado em camadas dependendo do acabamento superficial que se deseje.

A espessura mínima da camada de terra para tubos enterrados é de 0,8 m. Em qualquer caso, os tubos deverão estar enterrados a uma profundidade que evite temperaturas negativas, pelo que a espessura da camada de terra poderá ter que ser superior.

As uniões por anel de estanquidade, como já referido, não sustentam esforços causados pela pressão interior. Deverão pois construir-se blocos de ancoragem em todas as mudanças de direcção, tês, grandes reduções de diâmetro, terminais e válvulas. Quando se usam blocos de ancoragem, o objectivo é transferir o esforço total para os lados da vala. Deve pois ter-se em atenção a capacidade do meio envolvente suportar os esforços. Quando o cimento está em contacto directo com os tubos ou acessórios, estes deverão ser forrados com um material compressível para compensar as deformações e prevenir a ocorrência de grande concentração de forças localizadas. O material a usar não deverá conter substâncias que possam atacar os tubos ou acessórios.

A distância horizontal entre a tubagem e fundações ou outras instalações subterrâneas não deverá ser inferior a 0,40m em circunstâncias normais. Quando existe proximidade lateral ou quando o sistema de tubagem se orienta paralelamente a outras tubagens ou cabos, a distância mínima entre eles não deverá ser inferior a 0,40m. Em pontos de congestionamento, deve ser mantida uma distância de 0,2m, a menos que tenham sido construídos degraus para evitar o contacto directo. A construção destes degraus poderá ter que ser acordada com as autoridades competentes.

Tubagens para distribuição de água para consumo não deverão ser localizadas por baixo de tubagens para condução de esgotos. No final de cada período de trabalho, a tubagem deve ser temporariamente coberta para evitar a entrada de água, insectos ou detritos.

Instalação de condutas aéreas

Uma vez que as uniões por colagem sustentam os esforços axiais causados pela pressão interna, recomenda-se fortemente que sejam usadas em condutas aéreas. Os tubos de PVC-U podem fissurar se o fluido contido no seu interior congelar, pelo que devem ser tomadas precauções especiais nos troços onde isto possa acontecer. O coeficiente de expansão linear do PVC-U é aproximadamente $60 \times 10^{-6} \text{ (mm/m)/}^\circ\text{C}$.

A seguinte equação é usada para calcular a variação dimensional.

$$\Delta L = 0,06L * \Delta T$$

onde:

ΔL = é a variação do comprimento, em milímetros;

L = é o comprimento inicial, em metros;

ΔT = é a variação da temperatura da parede do tubo, em graus Célcius.

*Exemplo: Para uma variação de 20°C, um tubo de PVC-U de 10 m de comprimento terá uma variação de temperatura de $0,06 * 10 * 20 = 12 \text{ mm}$.*

Quando a temperatura ambiente é razoavelmente constante, a variação da temperatura da parede do tubo pode ser considerada igual à variação da temperatura do fluido. d_e .

O comprimento mínimo livre, a , do tubo, requerido para absorver o movimento causado pela expansão/contracção é apresentado na figura 7.

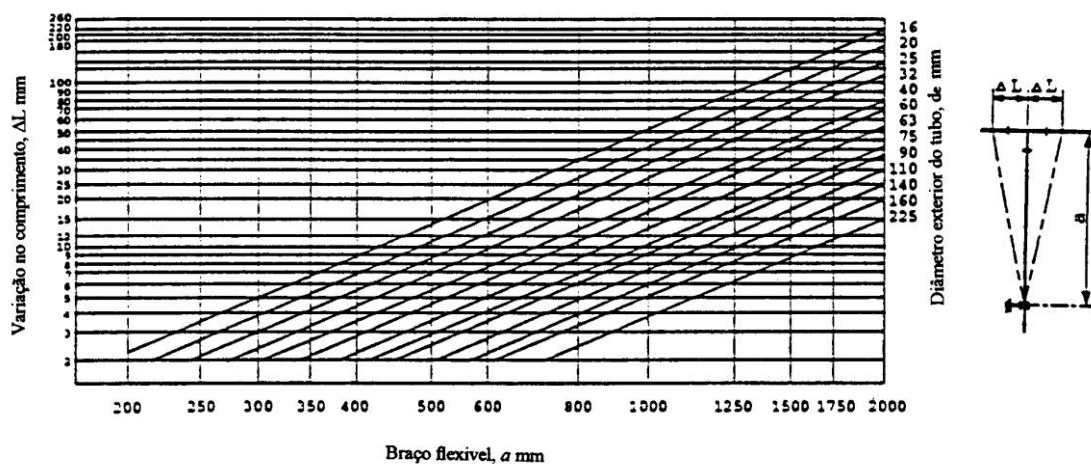


Fig. 7 – Comprimento mínimo do braço flexível, a .

Como regra geral, os tubos de PVC-U não devem ser fixados ao longo do seu trajecto por correias ou grampos de materiais rígidos. Quando estes meios são adoptados, recomenda-se a colocação de um material compressível entre o tubo e o suporte. Existem inúmeros métodos para instalar tubos no plano horizontal ou vertical em aplicações aéreas.

Em todos eles deve levar-se em consideração que:

- os tubos deverão poder mover-se no sentido longitudinal em virtude da expansão/contractão sofrida;
- as distâncias entre suportes verticais e horizontais para sistemas que funcionem até 45°C e definidas na Quadro 8, não deverão ser excedidas.

Os tubos e acessórios de PVC-U deverão ser instalados a uma distância suficiente de objectos quentes para evitar deformações provocadas por calor radiante. Quando instalados em condutas aéreas deverão ser protegidos da luz solar directa.

Quadro 9 - Distância entre suportes de tubos – Posição vertical e horizontal

Ø externo do tubo d_e	Distância entre suportes para água a diferentes temperaturas						
	Posição horizontal						Posição vertical
	20°C mm	25°C mm	30°C mm	35°C mm	40°C mm	45°C mm	20°C a 45°C mm
16	750	670	600	500	400	---	800
20	850	770	700	600	500	---	900
25	900	820	750	650	550	500	1000
32	1000	920	850	750	650	570	1200
40	1100	1050	1000	900	800	700	1400
50	1250	1200	1150	1050	950	820	1600
63	1400	1350	1300	1200	1100	970	1800
75	1500	1450	1400	1300	1200	1070	2000
90	1650	1600	1550	1450	1350	1200	2200
110	1850	1800	1750	1650	1550	1370	2400
140	2150	2100	2050	1950	1850	1720	2500
160	2250	2200	2150	2070	2000	1850	2500

Ensaio à Instalação

Os sistemas de tubagem devem ser testados em comprimentos e condições apropriadas, seguindo o procedimento estipulado na secção 11 da norma EN 805.

Tubagens com comprimentos superiores a 800m poderão ser testados por secções, o comprimento indicado para o ensaio de pressão interna é entre os 300m e os 500m.

O ensaio só será executado se os blocos de ancoragem estiverem dimensionados para suportar os esforços desenvolvidos.

O cálculo da pressão de ensaio da rede (STP) é feito a partir da pressão máxima de projecto (MDP) da seguinte forma:

- Com golpe de aríete calculado (MDPc)

$$STP = MDPc + 100 \text{ kPa}$$

- Sem golpe de aríete calculado (MDPa)

$$STP = MDPa \times 1,5 \text{ ou } STP = MDPa + 500 \text{ kPa (o menor dos valores)}$$

Nota: A margem fixada par o valor do golpe de aríete incluído no MDPa é de 200 kPa.

Para diâmetros pequenos $DN \leq 90$ mm e para troços curtos que não excedam os 100 m, a pressão de ensaio, pode ser igual à pressão de funcionamento desse troço.

Sempre que possível, o ensaio deverá ser executado a partir do ponto mais baixo do sistema, para que o ar seja expelido à medida que se enche a tubagem. Devem colocar-se mecanismos para expulsar o ar em todos os pontos altos, ao longo da tubagem. O equipamento de pressão, quer opere manualmente, quer seja mecânico, deve ser de dimensão adequada e ser suficientemente robusto, com ligações que imponham e mantenham as pressões desejadas durante o tempo de ensaio.

O ensaio deve ser feito com água fria não superior a 20 °C, caso contrário tem de se considerar os factores de redução de pressão referidos.

O enchimento deverá ser efectuado lentamente com todas as válvulas e ventosas abertas. Depois de cheia, todas as ventosas serão fechadas. Durante o enchimento da tubagem poderão ser provocados alguns movimentos, tais como:

- o aumento do peso dos tubos durante o enchimento, provoca pequenos ajustamentos na interface tubo/solo;
- pequenas alterações dimensionais e tendência para a tubagem se ajustar com a pressurização;
- movimentos térmicos devido a diferenças de temperatura nas interfaces água/tubo/solo.

Após a estabilização da conduta sob pressão, o ensaio de prova hidráulica pode ser feito por um dos métodos:

- a) Método de ensaio de perda de água - medição do volume de água que é necessário repor para manter a pressão STP durante 1h e que não deve exceder o volume calculado de acordo com a norma EN 805:

$$\Delta V_{\text{máx}} = 1,2 V \cdot \Delta p \left(\frac{1}{E_w} + \frac{D}{e \cdot E_R} \right)$$

Em que:

- $\Delta V_{\text{máx}}$ É a perda de água admissível, em litros;
V É o volume do traço de conduta a ensaiar, em litros;
 Δp É a queda de pressão admissível calculada de acordo com a EN 805, em kiloPascal;
 E_w É o módulo de elasticidade da água, em kiloPascal;
D É o diâmetro interior da conduta, em metros;
E É a espessura da parede do tubo, em metros;
 E_R É o módulo de elasticidade transversal da parede do tubo, em kiloPascal;
1,2 É um factor de correcção (por exemplo para o ar residual) durante o ensaio principal de pressão.

- b) Método de ensaio de queda de pressão – Aumentar a pressão regularmente até obter a pressão de ensaio STP, durante pelo menos 1 h, deve ser registada a queda de pressão Δp (regressiva) e não deve exceder os 20 kPa.

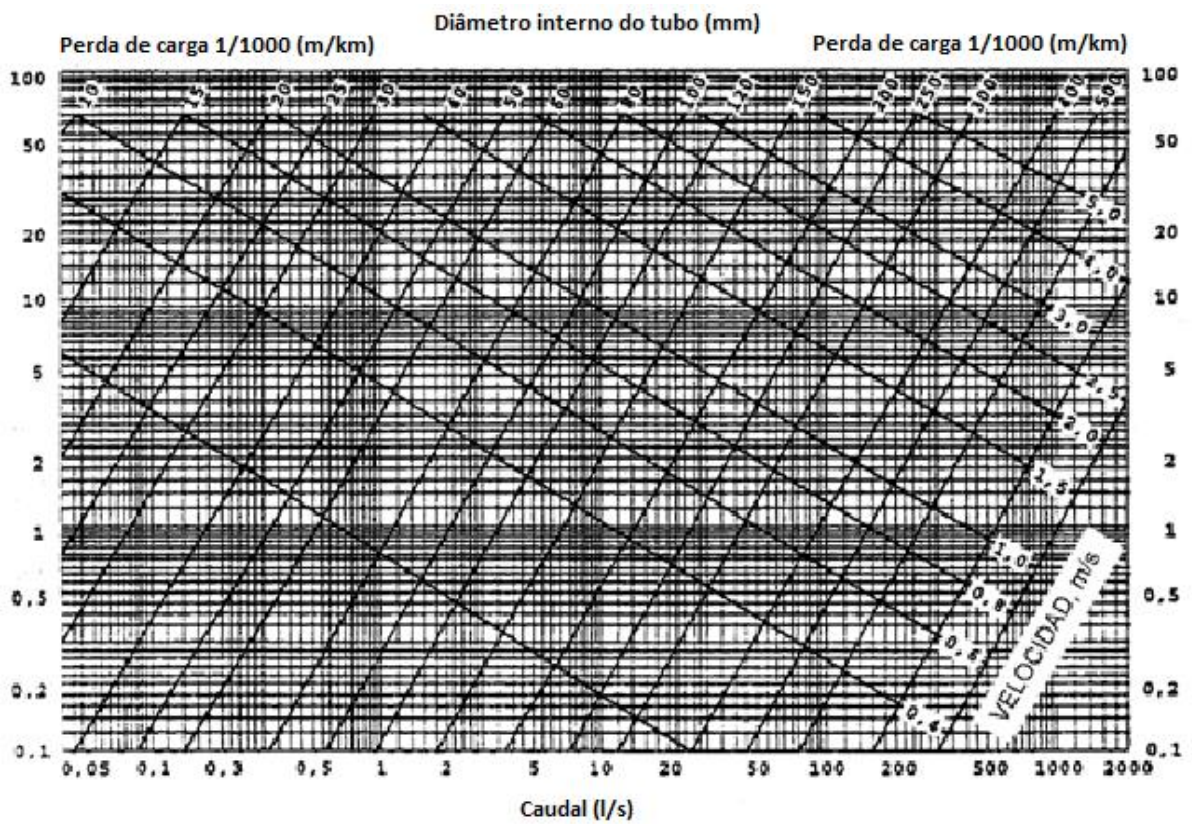
Durante e após o ensaio devem ser verificadas todas as uniões entre tubos e acessórios para verificar se há perda de estanquidade. Se necessário proceder às reparações e repetir os ensaios (caso o ensaio inicial tenha falhado).

Nota: A rápida decompressão de qualquer ar que tenha entrado na conduta pode causar condições transitórias de sobrepressão (golpe de aríete), que são potencialmente perigosas para a instalação e para os operadores.

Anexo 1

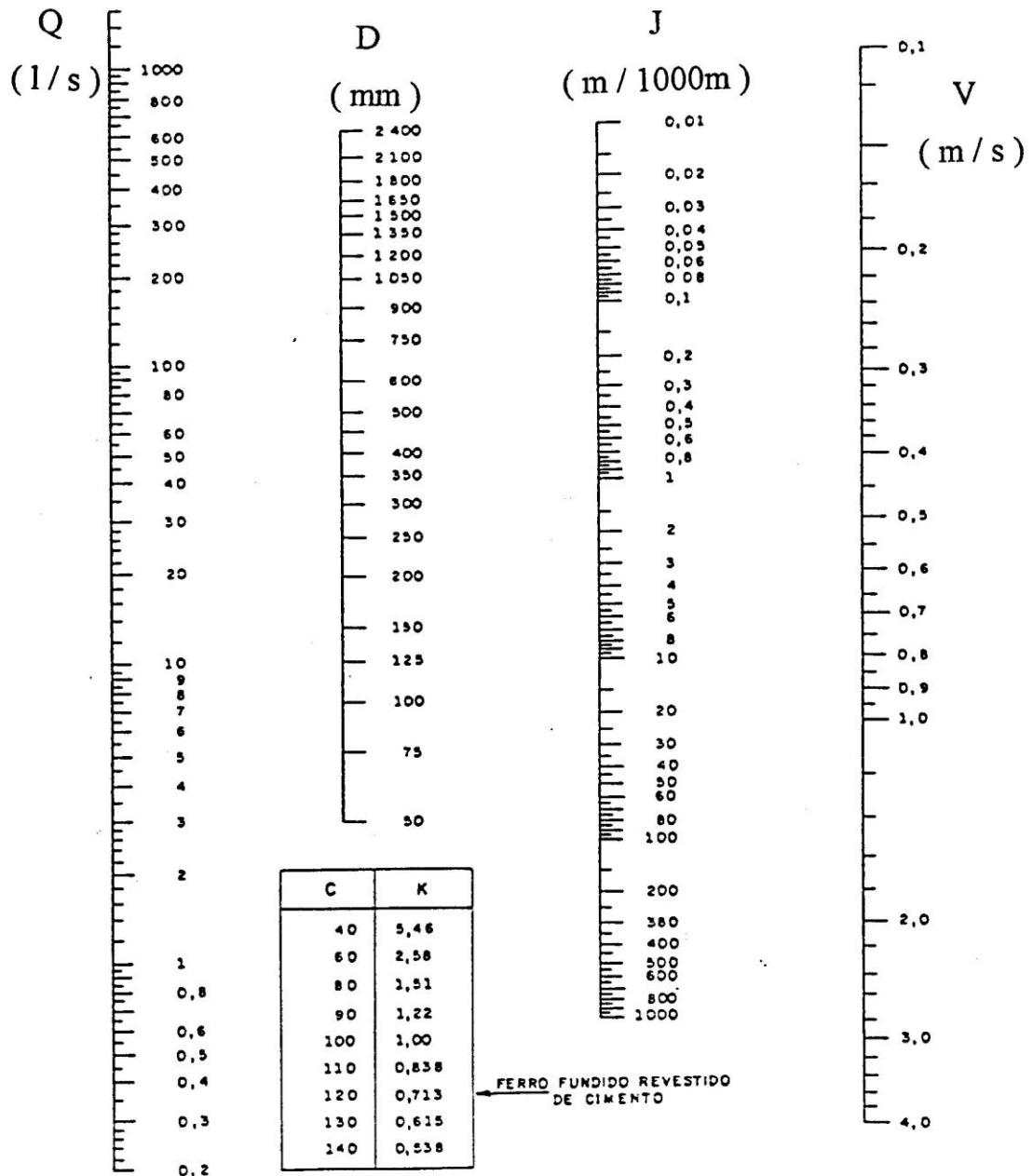
Gráfico de Fluxo Hidráulico

Na figura seguinte apresenta-se o diagrama de perda de carga para tubos de PVC calculado por L-E Janson de acordo com Colebrook. Para diâmetros internos até 200 mm, $k=0,02$, e para diâmetros superiores, $k=0,05$ mm. A temperatura da água é de $\pm 10^{\circ}\text{C}$.



Anexo 2

Ábaco para cálculo de perdas de carga em tubos de PVC





Apt. 2022 - 3701-906 Cesar - Portugal
Tel.: +351 256 856 010 - Fax: +351 256 856 011
fersil@fersil.com - www.fersil.com



Apartado 2037
3701-906 Cesar - Portugal
Tel.: +351 256 850 130 - Fax: +351 256 850 139
ibotec@ibotec.pt - www.ibotec.pt



FIL - Tubos de Angola, Lda.
Zona Industrial de Viana - Luanda - Angola
Tel.: +244 922 859 229
geral@fil-angola.com - www.fil-angola.com



Avenida de Angola, n.º 2850 Maputo
Tel.: +258 841 848 099
geral@fersil-mz.com - www.fersil-mz.com

- Este catálogo substitui e anula o anterior a partir da data de publicação, referida no mesmo.
- Reservamos o direito de alteração e/ou eliminação de produtos constante neste catálogo.

MENSAGEM ECOLÓGICA

Quando receber este catálogo devolva o obsoleto ou então coloque-o no papelão para reciclagem.