



duralight

SANEAMENTO E DRENAGEM



MANUAL TÉCNICO

ÍNDICE

ÍNDICE	1
1 CONSIDERAÇÕES GERAIS	3
1.1 Inovação	3
1.2 Qualidade	3
1.3 Ambiente	4
1.4 Social	4
2 CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS DO SISTEMA DURALIGHT	5
2.1 Benefícios do sistema Duralight em instalações de saneamento enterrado	5
2.2 Vantagens do sistema Duralight em relação aos sistemas não plásticos	6
3 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO	8
3.1 Normas de referência aplicáveis aos produtos do sistema Duralight	8
4 CARACTERÍSTICAS DOS TUBOS E ACCESORIOS	9
4.1 Controlo de qualidade das características da matéria-prima	9
4.2 Controlo de qualidade das características dos tubos e acessórios	10
4.3 Gama de tubos e acessórios comercializada pela FERSIL	16
5 CARACTERÍSTICAS DAS CAIXAS DE RAMAL DURALIGHT COM TUBO DE ELEVAÇÃO DN400	19
5.1 Controlo de qualidade das características da matéria-prima	20
5.2 Controlo de qualidade dos elementos para as caixas de ramal	20
5.3 Gama de caixas de ramal comercializados pela FERSIL	24
6 CARACTERÍSTICAS DOS TUBOS PERFURADOS DURALIGHT DRENO	26
6.1 Controlo de qualidade das características da matéria-prima	27
6.2 Controlo de qualidade das características dos tubos perfurados	27
6.3 Gama de tubos perfurados comercializada pela FERSIL	30
7 MANUSEAMENTO, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO	32
7.1 Manuseamento	32
7.2 Transporte	32
7.3 Armazenamento	32
8 INSTALAÇÃO EM OBRA	34
8.1 Abertura da vala	34
8.2 Leito de assentamento	35
8.3 Enchimento e compactação da vala	38
8.4 Classificação dos solos e graus de compactação	40
8.5 Métodos de ligação entre tubos e acessórios	41
8.6 Desvios angulares em instalações rectilíneas	41
8.7 Instalação de caixas de ramal com tubo de elevação DN400	42
8.8 Ensaios de estanquidade em obra	43
9 MANUTENÇÃO, INSPECÇÃO E REPARAÇÃO	46

10 PROJECTO MECÂNICO	47
10.1 Comportamento da tubagem enterrada	47
10.2 Determinação das cargas	47
10.3 Determinação da deflexão - Deformação vertical	51
10.4 Escolha da rigidez circunferencial	52
10.5 Exemplos de aplicação	53
11 PROJECTO HIDRÁULICO	56
11.1 Concepção dos sistemas	56
11.2 Elementos de base e caudais de projecto	56
11.3 Critérios de dimensionamento e disposições regulamentares hidráulico-sanitárias	61
10.4 Cálculo hidráulico	63
10.5 Parâmetros de cálculo	65
10.6 Exemplos de aplicação	75
12 BIBLIOGRAFIA	77
13 REFERÊNCIAS NORMATIVAS	78
13.1 Normas Europeias	78
13.2 Normas Internacionais	79

1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O objectivo fundamental deste manual é o de promover a utilização de sistemas de tubagem em polipropileno (PP) corrugado, nos sistemas de saneamento e drenagem enterrado, evidenciando as vantagens de este tipo de material em comparação com os materiais tradicionais, como o betão, o fibrocimento, o grés e o PVC.

Actualmente o PP corrugado é a mais prática e eficiente solução para redes de saneamento enterrado sem pressão, drenagem de águas pluviais e industriais, de acordo com um compromisso entre qualidade do produto e do serviço, satisfação do cliente e das suas necessidades. Como resposta aos pedidos, preparamos este manual para ser usado pelos técnicos, empreiteiros e donos de obras que utilizam o produto.

A confiança nos nossos produtos por parte dos clientes utilizadores, está baseada na mais completa qualidade, suportada pela certificação de acordo com a norma do Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001:2008, e pela certificação de produto.

1.1 Inovação

Duralight é o nome do sistema de grandes dimensões para saneamento enterrado sem pressão e drenagem, fabricado pela FERSIL.

O sistema é completo e inclui desde tubos e acessórios até caixas de inspecção:

- Tubos para ramais e colectores, com uma rigidez circunferencial SN4 e SN8;
- Tubos perfurados para drenagem, com uma rigidez circunferencial SN4;
- Caixas de ramal e inspecção com tubo de elevação DN400;
- Acessórios diversos de todos os diâmetros como complementos de gama a todos os produtos referidos.

Os tubos **Duralight** têm uma estrutura de paredes duplas, formada por uma parede interna lisa e uma externa corrugado. É fabricado com o mesmo diâmetro exterior dos tubos de saneamento tradicionais rígidos, possibilitando a ligação e utilização conjunta com os vários sistemas já disponíveis no mercado.

A gama de tubos perfurados para drenagem, disponível com várias opções de distribuição das perfurações, permite a sua adaptação às exigências do projecto. A configuração e localização dos rasgos dos tubos perfurados, dá garantias do tubo se manter estável no enchimento e de não se prender na manipulação.

As caixas de inspecção **Duralight** constituem uma alternativa inovadora e versátil às tradicionais caixas de betão.

As caixas de ramal em PP têm uma base com entradas predefinidas e saídas nos diâmetros DN160 e DN200. O tubo de elevação de parede dupla no diâmetro DN400, é complementado com uma camisa telescópica no diâmetro DN315 com a tampa em Ferro Fundido Dúctil (FFD) incluída (tipo B125 ou D400);

1.2 Qualidade

A FERSIL utiliza em toda a gama **Duralight**, o polipropileno copolímero tipo 2 (PP), o qual confere ao sistema as melhores características possíveis em termos de resistência mecânica, de robustez física, duma elevada resistência química e térmica, dum baixo peso específico e duma grande durabilidade. Por conseguinte oferecem uma boa economia.

Com a utilização do sistema **Duralight**, oferecemos uma solução completa que cumpre todos os requisitos da mais alta qualidade e funcionamento, em termos de saneamento básico municipal e drenagem, com uma duração de vida prolongada.

1.3 Ambiente

A preocupação crescente com o ambiente leva a que a competitividade das empresas passe pelo desenvolvimento de produtos com índice de poluição reduzidos e poupança de energia. O novo sistema de saneamento e de drenagem da FERSIL, foi desenvolvido respeitando esses princípios, uma vez que o PP possui as seguintes características:

- São recicláveis, dado que as suas propriedades não são irrecuperáveis;
- Na sua produção e transformação não são poluentes, devido em parte à sua inércia química;
- Os gases de decomposição não são tóxicos;
- Face a materiais concorrentes possibilita uma redução do consumo energético e da emissão de gases com efeito de estufa ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

O sistema **Duralight** garante ainda uma estanquidade a 100 %, promovendo uma protecção mais eficaz dos recursos naturais, evitando a contaminação dos meios hídricos e ecossistemas adjacentes.

1.4 Social

O sistema **Duralight**, devido ao baixo peso específico, permite uma instalação segura, minorando o risco de acidentes. A versatilidade e facilidade com que são efectuadas as montagens, reduz a duração do condicionamento do trânsito nos arruamentos e conseqüentemente o impacto na mobilidade das populações.

2 CARACTERÍSTICAS E VANTAGENS DO SISTEMA DURALIGHT

2.1 Benefícios do sistema Duralight em instalações de saneamento enterrado

2.1.1 Segurança

- Baixo peso específico;
- Fácil e seguro de manusear e instalar em vala.

2.1.2 Durabilidade - esperança de vida de 50 anos

- Excelente resistência química e à corrosão (ver a norma ISO/TR 10358);
- Excelente resistência à abrasão e à propagação de fissuras;
- Resistência a altas temperaturas (temperatura Vicat superior a 150 °C para tubos e acessórios);
- Excelente resistência ao impacto, mesmo a temperatura abaixo de 0 °C;
- Tubos e acessórios com integridade estrutural o que os torna flexíveis e as suas uniões toleram movimentos do solo;
- Baixa probabilidade de falha comparado com os materiais tradicionais.

2.1.3 Projecto

- Menores perdas de carga que com outros materiais, devido à sua superfície interior circular lisa, que não permitem incrustações;
- Alta capacidade de drenagem e maior velocidade de circulação que com tubagens de betão e PVC, para o mesma inclinação e caudal a escoar, dificultando assim as incrustações;
- Todas as partes do sistema são feitas no mesmo material, incluindo tubos, tubos perfurados, acessórios e caixas de ramal;
- Excelente acabamento superficial e estabilidade dimensional;
- Nas caixas de inspecção, a possibilidade de utilização dos vários sistemas disponíveis no mercado (tubos de parede lisa e de parede corrugada).

2.1.4 Manuseamento e instalação

- Elevada rigidez circunferencial - classes de rigidez SN4 e SN8;
- Rendimento de montagem superior;
- Alta resistência ao impacto mesmo a baixa temperatura;
- Baixo peso específico - facilidade no manuseamento e instalação;
- Nos tubos e acessórios, o sistema de união por anel em elastómero (oring labial) posicionado no perfil, evita o seu deslocamento durante a instalação;
- Possibilidade de instalação das caixas de inspecção até uma profundidade máxima de 4 m;
- O interior das caixas de inspecção, com transições regulares, lisas e curvadas, que eliminam a acumulação de sedimentos e permitem o uso de dispositivos de limpeza e lavagem sem problemas;
- As caixas de inspecção permitem o ajuste a qualquer profundidade da linha de água, através do corte do tubo de elevação e/ou do ajuste da camisa telescópica;
- As caixas de inspecção permitem uma ligação em queda guiada por abertura da entrada no tubo de elevação com auxílio duma broca craniana e utilizando o kit de queda guiada recomendado pela FERSIL.

2.1.5 Solução amiga do ambiente

- Não contém aditivos à base de metais pesados ou não recomendados pela legislação;
- Totalmente reciclável;
- A sua produção e transformação não são poluentes;
- Os gases da sua decomposição não são tóxicos;
- União por anel em elastómero (oring labial), que garante uma estanquidade a 100 %, eliminando a possibilidade de infiltrações para o interior da conduta e de fugas e consequentemente a contaminação dos solos.

2.1.6 Poupança de tempo e dinheiro

- Baixo peso específico por metro de tubo, acessório ou componente das caixas;
- Fácil de manusear e instalar;
- Preço competitivo.

2.2 Vantagens do sistema Duralight em relação aos sistemas não plásticos

2.2.1 Rugosidade Manning-Strickler

- Fibrocimento: $n = 0,010$ => em colectores principais, emissários e troços rectos e longos e ramais.
- Betão: $n = 0,013$ => em condutas, caixas e ramais.
- Grés: $n = 0,012$ => apesar de ter uma grande lisura interior, como o comprimento do tubo normalmente utilizado é de cerca de 2 m, implica a utilização do triplo das juntas de estanquidade necessárias para um comprimento de tubagens de 6 m.
- Polipropileno - Duralight: $n = 0,008$ => em condutas, acessórios e caixas de inspecção.

2.2.2 Rendimentos de montagem superiores

- Admitindo os comprimentos médios úteis mais utilizados em obra.
- Betão: tubos com 1 a 3 m de comprimento.
- Grés: tubos com 2 m de comprimento e exigência de instalação minuciosa com uma rasante totalmente regular.
- Polipropileno - Duralight: tubos com 6 m de comprimento.

2.2.3 Facilidade de manuseamento e instalação

- Sistemas de corte e perfuração fáceis de executar e disponibilidade de acessórios de ligação tanto para as caixas de inspecção como para o cruzamento de ramais não previstos na instalação que, no final da obra, atingem por vezes números elevados.

2.2.4 Durabilidade superior

- O Polipropileno tem uma excelente resistência química (ver a Norma ISO/TR 10358) melhor que o betão, que o fibrocimento e que o grés, assim como também não tem problemas de corrosão que é um problema típico dos tubos de ferro;
- O facto de ter uma rugosidade e um coeficiente de atrito muito baixos, melhora a sua resistência à abrasão, prolongando a sua durabilidade em comparação com o betão e o grés;

- A integridade estrutural associada a uma flexibilidade superior, faz com que os tubos, acessórios e suas uniões tolerem os movimentos do solo, motivados pela presença de águas subterrâneas;
- A elevada resistência ao impacto a baixas temperaturas, faz do PP corrugado um material mais durável e fiável que o betão, que o grés e que o PVC.

2.2.5 Preço competitivo

- O sistema de tubos de parede estruturada, permite fazer poupanças importantes do consumo de matéria-prima, mantendo e melhorando as propriedades de resistência física e mecânica dos tubos em material plástico.

3 CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

Devido às suas propriedades, o sistema **Duralight** que inclui tubos, acessórios e equipamentos auxiliares, pode ser aplicado em condutas subterrâneas de saneamento sem pressão e transporte de águas residuais e pluviais, conforme a regulamentação em vigor.

O sistema **Duralight** drenagem (com tubos perfurados) é recomendado em todos os casos nos quais se requer a eliminação ou captação para aproveitamento, de águas subterrâneas, tais como:

- Grandes vias (caminhos, estradas, auto-estradas, linhas de caminho de ferro e metro);
- Pistas, terminais de aeroportos e heliportos, parques de estacionamento;
- Túneis, galerias e caves de edifícios;
- Barragens, canais, muros de contenção e taludes;
- Instalações desportivas, zonas de ócio, parques, jardins e zonas arborizadas.

3.1 Normas de referencia aplicáveis aos produtos do sistema Duralight

3.1.1 Tubos e acessórios

- EN 13476-1 – *Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento enterrado sin presión – Sistemas de canalización de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE). Parte 1: Requisitos generales y características de funcionamiento.*
- EN 13476-3 – *Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento enterrado sin presión – Sistemas de canalización de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE). Parte 3: Especificaciones de tubos y accesorios con superficie interna lisa y superficie externa corrugada y el sistema, , de Tipo B.*

3.1.2 Tubos perfurados para drenagem

- UNE 53994 - *Tubos y accesorios termoplásticos y de termoplástico reforzado con fleje metálico para para drenaje enterrado en obras de edificación e ingeniería civil.*
- NF P 16-351 – *Plásticos. Sistemas de tuberías plásticas para drenajes subterráneos. Especificaciones de ingeniería civil.*

3.1.3 Caixas de ramal e de inspeção

- EN 476 – *Requisitos generales de los componentes usados en tuberías de descarga, drenajes y colectores para sistemas de gravedad.*
- EN 13598-1 – *Sistemas de tuberías plásticas para drenajes y alcantarillas subterráneas no plásticas - Poli(cloruro) de vinilo no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE). Parte 1: Especificaciones para accesorios auxiliares incluyendo las arquetas de inspección poco profundas.*
- EN 13598-2 – *Sistemas de tuberías plásticas para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión – Cloruro de polivinilo no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno (PE). Parte 2: Especificaciones para los pozos de registro y arquetas de inspección en áreas de tráfico y en instalaciones subterráneas profundas.*

4 CARACTERÍSTICAS DOS TUBOS E ACESSÓRIOS

Os tubos e acessórios **Duralight** apresentam uma parede dupla, corrugado externamente e lisa no seu interior. A secção longitudinal do perfil dos tubos pode ser apreciada na Figura 1.

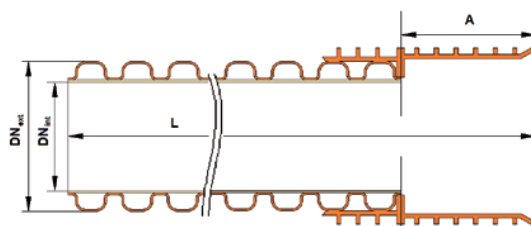


Figura 1 - Perfil do tubo corrugado Duralight

Os acessórios da gama **Duralight** podem ser de vários tipos e são complementos do sistema, estando a sua designação associada ao diâmetro nominal de entrada e à classe de rigidez circunferencial de 8 kN/m^2 (SN8). Os acessórios podem ser injectados ou manufacturados a partir de tubos e acessórios.

Os acessórios também se classificam em função do sentido de fluxo, como Fêmea/Macho (F/M) ou no caso de ter só bocas em todas as entradas e saídas, como Fêmea/Fêmea (F/F).

O sistema de ligação é feito com uniões para tubo corrugado, no entanto, se o acessório for de transição de tubo corrugado a tubo liso (C/L), na zona de transição, a união é característica para tubo liso.

4.1 Controlo de qualidade das características da matéria-prima

4.1.1 Material dos tubos e acessórios

A matéria-prima utilizada para o fabrico dos tubos e acessórios **Duralight**, é um composto de polipropileno copolímero (PP), nome vulgar do copolímero de etileno e propileno, que combina a resistência superior ao choque dos polietilenos com a melhor rigidez dos polipropilenos. O composto de PP deve obter-se adicionando ao polímero base de PP, apenas os aditivos necessários para a fabricação e utilização final dos produtos. O teor de PP no composto, deve ser pelo menos de 75% em massa para tubos e 80% em massa para os acessórios.

Os aditivos mais utilizados são os lubrificantes, os agentes anti UV, os agentes antioxidantes, a carga (carbonato de cálcio ou talco) pode ser adicionado como modificador mineral, para aumentar a rigidez e os pigmentos para obter a cor final dos tubos.

A FERSIL procura trabalhar com fabricantes de composto de PP que tenham uma certificação ISO 9001.

Para garantir a qualidade durante o processo de fabrico, a FERSIL inspecciona e submete a ensaios todos os lotes de composto de PP fornecidos, antes de os aceitar.

4.1.2 Utilização de materiais reprocessáveis e recicláveis

De acordo com as Normas europeias para a produção de tubos e acessórios corrugados, é permitida a utilização, sem limitação do material reprocessável limpo, proveniente da produção interna do fabricante e dos ensaios de produtos conformes com as Normas EN 13476-3.

4.1.3 Características do composto de polipropileno

O composto de PP usado no fabrico dos tubos e dos acessórios devem apresentar as características base indicadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Propriedades do composto de PP utilizado nos tubos e acessórios Duralight

Característica	PP Valor	Unidade
Módulo de elasticidade E _(min)	≥ 1250	MPa
Massa volúmica	≈ 900	kg/m ³
Coefficiente médio de expansão linear	≈ 0,14	mm/m.K
Conductividade térmica	≈ 0,2	W.K ⁻¹ .m ⁻¹
Calor específico	≈ 2000	J.kg ⁻¹ .K ⁻¹
Resistividade	≥ 10 ¹²	Ω
Coefficiente de Poisson	0,42	(-)

O composto de PP deve ser ensaiado conforme os requisitos indicados no Quadro 2, para ensaio de libertação de lote (BRT) sobre o composto na forma de granulado e ensaios de verificação de produto (PVT) sobre o composto em forma de tubo. Todos os ensaios são da responsabilidade do fabricante de PP.

Quadro 2 – Propriedades do composto de PP, ensaios BRT e PVT

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma
		Parâmetro	Valor	
Resistência à pressão interna	≥ 140 h, sem falha durante o ensaio	Temperatura	80 °C	EN ISO 1167-1
		Tensão circunferencial	4,2 MPa	EN ISO 1167-2
		Nº de provetes	3	
Resistência à pressão interna	≥ 1000 h, sem falha durante o ensaio	Temperatura	80 °C	EN ISO 1167-1
		Tensão circunferencial	3,6 MPa	EN ISO 1167-2
		Nº de provetes	3	
Índice de fluidez a quente, MFR	≤ 1,5 g/10 min	Temperatura	230 °C	EN ISO 1133
		Massa	2,16 kg	
Tempo de indução à oxidação, OIT	≥ 8 min	Temperatura	200 °C	EN 728

4.1.4 Material dos anéis de estanquidade (o-rings) Duralight

O material dos o-rings **Duralight** é em borracha EPDM e cumprem com as características da Norma europeia EN 681-1.

NOTA1: A Norma EN 681-1 é uma Norma harmonizada com a directiva da UE referente aos materiais de construção, pelo que se aplica aos o-rings **Duralight** a marcação CE.

4.2 Controlo de qualidade das características dos tubos e acessórios

O controlo do processo de fabrico dos tubos inclui o controlo do procedimento de alimentação das matérias-primas (em automático e controlado por computador), o registo dos parâmetros de extrusão, o controlo estatístico das variáveis dimensionais (diâmetro, ovalização, espessura de parede e comprimento), e a verificação da inspecção visual, da cor, do sistema de marcação e da embalagem.

O controlo do processo de fabrico dos acessórios injectados inclui o controlo do procedimento de alimentação (em automático, controlado por computador), o registo dos parâmetros de injeção, o controlo estatístico das variáveis dimensionais (diâmetros, espessura de parede e cotas) e a verificação da inspecção visual, da cor, do sistema de marcação e da embalagem.

O controlo do processo de fabrico dos acessórios manufacturados inclui o controlo do procedimento de corte, soldadura e montagem, o controlo estatístico das variáveis dimensionais (diâmetros e cotas) e a verificação da inspeção visual, da cor e do sistema de marcação.

4.2.1 Aspecto visual

Quando observado sem ampliação as superfícies interiores e exteriores de tubos e acessórios devem estar limpas e isentas de ranhuras, bolhas, impurezas, poros e outros defeitos que possam prejudicar o desempenho do produto. As extremidades devem ser perpendiculares ao seu eixo.

4.2.2 Cor

Os tubos e acessórios são coloridos em toda a parede, sendo a superfície externa cor "tijolo" tipo Ral 8023 e a interna de cor "branco opaco" para a classe SN8 e cor "tijolo" para a classe SN4. No caso dos acessórios injectados da classe SN8, a cor das superfícies interna e externa é "tijolo" tipo Ral 8023.

4.2.3 Marcação e rastreabilidade

Todos os tubos e acessórios devem ser marcados de forma permanente e legível, e de forma a que a marcação não inicie fissuras ou outros tipos de falha, e que após armazenamento, exposição às intempéries, manuseamento e instalação, o requisito de legibilidade se mantenha.

Para os tubos utiliza-se a impressão, a cor da informação impressa deve ser diferente da cor do produto. A FERSIL utiliza a cor preto nos tubos de cor tijolo e a cor amarelo ou branco nos tubos de cor preto.

Marcação mínima nos tubos

A marcação mínima nos tubos deve estar conforme com o Quadro 3, com uma frequência de marcação de uma por cada 2 m, de forma que após o armazenamento, exposição à intempérie, manuseamento e instalação, o requisito de rastreabilidade seja mantido.

Quadro 3 - Marcação mínima requerida para os tubos

Característica	Elemento de gravação impresso
Fabricante:	FERSIL
Material:	PP
Marca comercial:	Duralight
Diâmetro nominal (DN/OD):	ex.: 315
Classe de rigidez:	SN4 ou SN8
Tipo de perfil:	DN ou OD
Código de área de aplicação:	U (para saneamento enterrado a mais de 1 m do edifício)
Norma de referência:	EN 13476-3
Código de fabrico:	ex: 2008-01-10 10:00 OP 10-62

Marcação mínima dos acessórios

Os elementos de marcação que figuram no Quadro 4 devem ser gravados directamente nos acessórios (nos acessórios manufacturados a marcação pode estar numa etiqueta), de forma que após o armazenamento, exposição à intempérie, manuseamento e instalação, o requisito de rastreabilidade seja mantido.

Quadro 4 - Marcação mínima requerida para os acessórios

Característica	Elemento de gravação impresso
Fabricante:	FERSIL
Material:	PP
Marca comercial:	Duralight
Diâmetro nominal (DN/OD):	ex.: 200
Classe de rigidez:	SN8
Ângulo nominal	ex.: 45 °
Tipo de perfil:	DN ou OD
Código de área de aplicação:	U (para saneamento enterrado a mais de 1 m do edifício)
Norma de referência:	EN 13476-3
Código de fabrico:	Datador (mês e ano de fabrico)

NOTA2: A FERSIL não é responsável se a marcação se tornar ilegível devido a acções efectuadas durante a instalação ou no decurso de utilização, como pintura, riscos, cobertura de componentes ou uso de detergentes, etc., salvo se acordado.

4.2.4 Rotulagem

Cada tubo, ou acessório, ou embalagem, deve levar uma etiqueta que identifica o produto e o lote:

- Área de aplicação – Saneamento / drenagem
- Nome do fabricante/marca comercial – FERSIL/**Duralight**
- País de origem – Portugal
- Norma do produto – EN 13476-3
- Diâmetro – por exemplo DN500
- Classe de rigidez circunferencial – por exemplo SN8 (kN/m²)
- Data e identificação do lote – 17-06-2010 08:30 OP. 10-5000

4.2.5 Características geométricas

Os tubos e acessórios são referenciados com base numa dimensão nominal associada ao diâmetro exterior e numa classe de rigidez circunferencial (SN4 ou SN8).

Os valores para os diâmetros e espessuras de parede dos tubos e terminal macho dos acessórios estão indicados no Quadro 5. Para as bocas dos tubos e acessórios (Figura 2), os diâmetros, espessuras de parede e comprimentos, estão indicados no Quadro 6.

Os tubos são comercializados com um comprimento total de 6 m.

Para os valores do comprimento e outras quotas referentes aos acessórios, consultar o departamento técnico da FERSIL.

Quadro 5 - Valores das dimensões dos tubos e terminal macho dos acessórios

d_n	Diâm. exterior	Diâm. exterior	Diâmetro interior		Espessura	Espessura
	médio	médio	médio do tubo		mínima	mínima total
	série DN	série OD	(mm)		e_1	$e_1 + e_2$
(mm)	(mm)	(mm)	SN4	SN8	(mm)	(mm)
125	125,0 - 126,2	124,3 - 125,4	108,2	107,6	1,0	1,1
160	160,0 - 161,5	159,1 - 160,5	140,7	139,7	1,0	1,2
200	200,0 - 201,8	198,8 - 200,6	177,4	176,9	1,1	1,4
250	250,0 - 252,3	248,5 - 250,8	224,0	221,6	1,4	1,7
315	315,0 - 317,9	313,2 - 316,0	275,4	274,1	1,6	1,9
400	400,0 - 403,6	397,6 - 401,2	351,7	349,8	2,0	2,3
500	500,0 - 504,5	497,0 - 501,5	442,9	442,3	2,8	2,8
630	630,0 - 635,7	626,3 - 631,9	553,0	548,1	3,3	3,3
800	800,0 - 807,2	795,2 - 802,4	703,2	698,3	4,1	4,1
1000	1000,0 - 1004,0	994,0 - 1003,0	-	857,6	5,0	5,0

Quadro 6 - Valores das dimensões da boca dos tubos e acessórios

d_n	Comprimento	Comprimento útil	Diâmetro exterior	Diâmetro interior	Espessura
	da boca	da boca	médio da boca	médio da boca	mínima da boca
	L	$L_1 (A_{min})$	D_e	D_i	e_4
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
125	92	55	128	128,0	1,65
160	109	65	177	161,5	1,80
200	129	78	217	201,3	2,10
250	136	83	273	252,2	2,55
315	199	112	336	317,9	2,85
400	219	126	425	405,0	3,45
500	266	176	530	504,5	4,20
630	360	194	676	635,0	4,95
800	415	240	836	803,6	6,15
1000	350	300	1031	1010,3	8,10

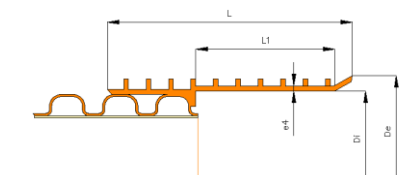


Figura 2 - Desenho da boca dos tubos e acessórios Duralight

4.2.6 Características físicas e mecânicas

De acordo com as especificações das Normas Europeias (EN) para os tubos e acessórios PP **Duralight**, são realizados no laboratório, os ensaios de qualidade físicos e mecânicos referidos no Quadro 7 para tubos e no Quadro 8 para os acessórios.

Os equipamentos utilizados são de tecnologia avançada e em conjunto com os Técnicos de Qualidade altamente treinados, permitem satisfazer os mais restritos requisitos na área de Controlo de Qualidade dos nossos produtos.

Os métodos de ensaio mencionados e executados no Laboratório da FERSIL cumprem os requisitos da Norma de Acreditação de Laboratórios EN ISO/IEC 17025 ao abrigo de um acordo WMT.

Quadro 7 - Características físicas e mecânicas dos tubos

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma
		Parâmetro	Valor	
Ensaio de estufa	Sem delaminações, fissuras e bolhas durante o ensaio	Temperatura	150 ± 2 °C	ISO 12091
		Tempo de ensaio	30 min	
		e _s ≤ 8 mm e _s > 8 mm	60 min	
Rigidez circunferencial	≥ SN relevante em kN/m ²	De acordo com a EN ISO 9969		EN ISO 9969
Resistência ao impacto de tubos - método do relógio	TIR ≤ 10 %	Temperatura	0 ± 1 °C	EN 744
		Tipo de percutor	d90	
		Massa do percutor:		
		110 < d _{em,min} ≤ 125	0,8 kg	
		125 < d _{em,min} ≤ 160	1,0 kg	
		160 < d _{em,min} ≤ 200	1,6 kg	
200 < d _{em,min} ≤ 250	2,0 kg			
250 < d _{em,min} ≤ 315	2,5 kg			
315 < d _{em,min}	3,2 kg			
		Altura de queda	2,00 m	
Flexibilidade anelar 30	Sem roturas ou deformações permanentes na parede do tubo	Deflexão	30 % do d _{em}	EN 1446
		Comprimento do provete	≥ 5 anéis	
		Posição do provete	0 ° / 45 ° / 90 °	
Ensaio de fluência	≤ 4 com extrapolação a 2 anos	De acordo com a EN ISO 9967		EN ISO 9967

De acordo com a norma EN 13476-3 os tubos devem ser designados numa das seguintes classes de rigidez:

- $d_n \leq 500 = \text{SN4, SN8 ou SN16}$;
- $d_n > 500 = \text{SN2, SN4, SN8 ou SN16}$;

Esta norma também refere que para os tubos com $d_n \geq 500$, se o fabricante garantir uma classe de rigidez circunferencial mínima entre os valores de SN definidos, por exemplo um SN6, pode usar este valor apenas para efeitos de cálculo em projecto, devendo no entanto os tubos ser designados e marcados com a classe de rigidez imediatamente abaixo ou seja no exemplo dado será SN4.

Quadro 8 - Características físicas e mecânicas dos acessórios

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma
		Parâmetro	Valor	
Ensaio de estufa ¹⁾	A espessura nas fissuras, delaminações e bolhas deve ser superior a 80 % da espessura de parede	Temperatura	150 ± 2 °C	EN ISO 580 método A
		Tempo de ensaio	15 min	
		e _s ≤ 3 mm e _s > 3 mm	30 min	
Rigidez circunferencial ²⁾	≥ SN relevante em kN/m ²	De acordo com a ISO 13967		ISO 13967
Resistência ao impacto	Sem roturas na parede	Temperatura	0 ± 1 °C	EN 12061
		Altura de queda:		
		dn125	1,00 m	
		dn160 a dn1000	0,50 m	
		Localização do impacto	Boca	

1) Este ensaio apenas se aplica aos acessórios e componentes injectados

2) Este ensaio só se aplica se o perfil dos anéis for diferente do perfil dos tubos ensaiados.

4.2.7 Características químicas

Se para uma determinada instalação, for necessário avaliar a resistência química dum tubo ou acessório, então estes devem ser classificados de acordo com as normas ISO 4433-1:1997 e 4433-2:1997.

As tubagens e acessórios **Duralight** oferecem um bom comportamento quando expostos à maioria dos produtos químicos. No entanto este comportamento depende tanto das características da matéria-prima (PP) com que são fabricados, como da temperatura dos fluidos que circulam dentro do sistema.

A FERSIL dispõe dum guia de resistências químicas para todos os produtos que produz, fornecida a pedido, onde se descreve o comportamento das tubagens submetidas ao contacto com diferentes agentes químicos, às temperaturas indicadas, sem pressão interior nem esforços axiais. Os dados devem ser usados como valor informativo uma vez que são baseados em ensaios laboratoriais, na experiência e prática de instalações e em informações técnicas.

NOTA3: *As orientações referentes à resistência dos tubos e acessórios de PP, aos produtos químicos, estão indicadas no documento técnico ISO/TR 10358.*

4.2.8 Características funcionais

Para os tubos e acessórios, a união é feita mediante um anel em elastómero (oring labial, ver Figura 12) colocado no vale após o primeiro perfil corrugado duma extremidade, produzindo estanquidade com a parede interior lisa da boca de outro tubo ou dum acessório, ver a Figura 3.

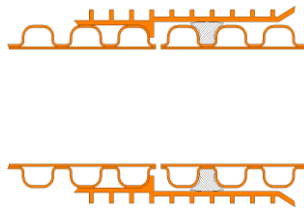


Figura 3 - Esquema de montagem do anel em elastómero (oring labial) no tubo corrugado

A boca utilizada pelos tubos e acessórios manufacturados é injectada no mesmo tipo de material com que é feito o tubo e é termo conformada (fusão da boca com o tubo através de fricção).

NOTA4: *Para o diâmetro 125 mm SN4 e SN8 são usadas uniões duplas em PP com oring labial.*

O sistema de ligação entre os tubos e acessórios deve apresentar as características expressas no Quadro 9.

Quadro 9 - Requisitos de performance do sistema de ligação

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma	
		Parâmetro	Valor		
Estanquidade combinada das uniões com boca com oring labial	Sem fuga	Temperatura	23 ± 5 °C	EN 1277 Condição B, método 4	
		Deformação Terminal Liso	≥ 10 %		
		Deformação da boca	≥ 5 %		
		Diferença	≥ 5 %		
	Sem Fuga	Pressão de água	0,05 bar		
	Sem Fuga	Pressão de água	0,5 bar		
	≤ - 0,27 bar	Pressão de ar	- 0,3 bar		
	Estanquidade à água de acessórios ¹⁾	Sem fuga	Temperatura		23 ± 5 °C
			Desvio angular da união:		
			$d_n \leq 315$		2 °
$315 < d_n \leq 630$			1,5 °		
$d_n > 630$			1,5 °		
Pressão de água			0,05 bar		
Sem Fuga	Pressão de água	0,5 bar			
≤ - 0,27 bar	Pressão de ar	- 0,3 bar			
Estanquidade à água de acessórios ¹⁾	Sem fuga	Pressão de água	0,5 bar	EN 1053	
		Tempo de ensaio	1 min		

1) Este ensaio apenas se aplica aos acessórios manufacturados que incluam mais do que um componente.

4.3 Gama de tubos e acessórios comercializada pela FERSIL

A gama de tubos **Duralight** fabricados de acordo com a Norma EN 13476-3, para sistemas enterrados de saneamento e drenagem, contempla tubos em varas, com diâmetros da série métrica que vão desde o 125 mm até ao 1000 mm e nas classes de rigidez circunferencial SN4 e SN8.



Tubo Duralight classe SN4

Tubo Duralight classe SN8

Figura 4 – Tubo Duralight

A gama de acessórios **Duralight** fabricados de acordo com a Norma EN 13476-3, para sistemas de saneamento e drenagem, contempla os seguintes:

4.3.1 Curvas

As curvas estão sempre associadas ao diâmetro nominal e a um ângulo nominal α (mudança de direcção do sentido de fluxo).



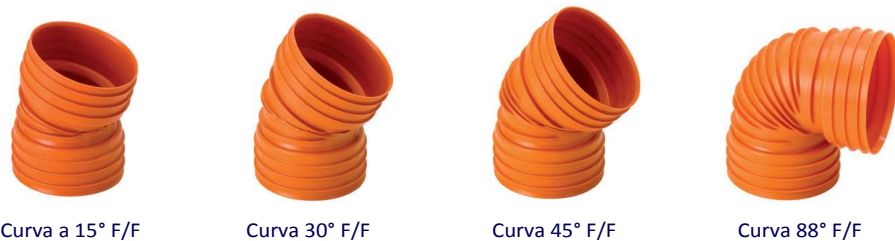
Curva a 15° F/M

Curva 30° F/M

Curva 45° F/M

Curva 88° F/M

Figura 5 - Curvas Duralight F/M classe SN8



Curva a 15° F/F

Curva 30° F/F

Curva 45° F/F

Curva 88° F/F

Figura 6 – Curvas Duralight F/F classe SN8

4.3.2 Forquilhas e tê

As forquilhas e os tê estão sempre associados ao diâmetro nominal e a um ângulo nominal α (mudança de direção do sentido de fluxo) e podem ser de vários tipos:



Forquilha a 45°
F/M

Forquilha a 45°
com redução F/M

Te a 88° F/M

Te a 88° com
redução F/M

Cruzeta (Te doble a 88°)
F/M

Figura 7 - Forquilhas Duralight F/M classe SN8, com e sem redução



Forquilha a 45°
F/F

Forquilha a 45°
com redução F/F

Tê a 88° F/F

Tê a 88° com
redução F/F

Figura 8 - Forquilhas Duralight F/F classe SN8, com e sem redução

4.3.3 Uniões, Reduções e Tampões

As uniões, as reduções e os tampões estão sempre associados ao diâmetro nominal e podem ser de vários tipos:



União simples

União telescópica

Redução M/F

Boca

Tampão macho

Figura 9 - Uniões, reduções, bocas e tampões Duralight

4.3.4 Acessórios de transição corrugado/liso (C/L)

As forquilhas e os tês de redução C/L estão sempre associados ao diâmetro nominal e a um ângulo nominal α (mudança de direcção do sentido de fluxo) e podem ser de vários tipos:



Figura 10 - Forquilhas Duralight classe SN8, com redução e de transição C/L

4.3.5 Acessórios de transição corrugado/liso (C/L) em PVC

Existe uma gama de uniões e reduções em PVC para fazer a transição dos tubos corrugados com os tubos lisos de PVC, ou PE, ou PP. Estes acessórios estão sempre associados ao diâmetro nominal e podem ser de vários tipos:



Figura 11 - Uniões e reduções Duralight, de transição C/L em PVC

4.3.6 Acessórios complementares



Figura 12 - Acessórios complementares da gama Duralight

A gama completa de tubos e acessórios está disponível no nosso **CATÁLOGO GERAL** ou na nossa **TABELA DE PREÇOS**, e podem ser consultados no sítio da internet www.fersil.com.

5 REQUISITOS DAS CAIXAS DE RAMAL DURALIGHT COM TUBO DE ELEVAÇÃO DN400

As caixas de ramal **Duralight** com tubo de elevação DN400, são utilizadas junto aos edifícios para fazer a ligação das instalações de esgoto e saneamento e/ou para mudanças de direcção da rede de esgoto/saneamento.

As caixas têm uma profundidade máxima de 1,25 m, desde o leito da vala até à parte superior do aumento que termina ao nível do solo, de tal forma que permite a introdução de equipamentos de limpeza, inspeção e de ensaio e a retirada do lixo.

Devido às dimensões do aumento (diâmetro interior máximo inferior a 800 mm), não permite o acesso de pessoas.

As caixas de ramal **Duralight** são compostas por três elementos:

- Base com entradas e saída DN160 ou DN200, conforme com a Norma EN 13598-1.
- Tubo de elevação **Duralight** DN400 da classe SN4 conforme com a Norma EN 13476-3.
- Camisa telescópica em PVC de DN315 da classe SN4 conforme com a Norma EN 1401, com uma tampa em ferro fundido (FFD) da classe B125 (para passeios, zonas pedonais, parques e silos de estacionamento de veículos ligeiros) ou da classe D400 (para vias de circulação, bermas estabilizadas e estacionamentos para todos os tipos de veículos), conforme com a Norma EN 124.



Figura 13 – Caixa de ramal Duralight com tubo de elevação DN400

O sistema de ligação nas bases é efectuado com as uniões para tubo corrugado inseridas nas entradas e saída da base. No entanto, se for necessário ligar a caixa com tubos lisos, é acoplado um acessório clic-ring com um o-ring labial (ver a Figura 12) formando uma boca para tubo liso que permite a ligação de transição de tubo corrugado a tubo liso (C/L).

O tubo de elevação DN400 é acoplado à base com um o-ring **Duralight**, garantindo a estanquidade da ligação.

A camisa telescópica é montada no tubo de elevação através de uma junta telescópica em borracha ou EPDM que faz a redução do diâmetro externo, de 400 mm do tubo de elevação para o diâmetro interno de 315 mm da camisa telescópica. Esta camisa permite um ajuste da altura da tampa em ferro fundido (FFD) ao nível do solo, em cerca de 370 mm.

5.1 Controlo de qualidade das características da matéria-prima

A matéria-prima utilizada para o fabrico das bases e do tubo de elevação, é um composto de polipropileno copolímero (PP) e aplicam-se as mesmas características relativas à matéria-prima, já definidas na subsecção 4.1 *Controlo de qualidade das características da matéria-prima* da secção 4 *Requisitos dos tubos e acessórios*.

5.2 Controlo de qualidade dos elementos para as caixas de ramal

As bases das caixas de ramal são fabricadas por injeção. O controlo do processo de fabrico inclui o controlo da alimentação do composto de PP (efectuado em automático), o registo dos parâmetros de injeção, o controlo estatístico das variáveis dimensionais (diâmetros, espessuras de parede e cotas) e a verificação da inspecção visual, da cor e do sistema de marcação.

O tubo de elevação é obtido, cortando em comprimentos, um tubo da gama **Duralight**. O tubo é fabricado por extrusão e aplicam-se as mesmas características relativas ao tubo, já definidas na subsecção 4.2 *Controlo de qualidade das características dos tubos e acessórios* da secção 4 *Requisitos dos tubos e acessórios*.

O sistema telescópico é obtido, moldando um comprimento de tubo em PVC de diâmetro DN315 classe SN4 de acordo com a Norma EN 1401, e montando uma tampa em ferro fundido (FFD) da classe B125 ou da classe D400 de acordo com a norma Norma EN124. O controlo do processo de moldagem inclui o registo dos parâmetros de moldagem, o controlo do comprimento do tubo em PVC e a verificação da inspecção visual, da cor e da marcação das tampas.

5.2.1 Aspecto visual

Quando observado sem ampliação as superfícies interiores e exteriores da base, do tubo de elevação e da camisa telescópica devem estar limpas e isentas de ranhuras, bolhas, impurezas, poros e outros defeitos que possam prejudicar o desempenho do produto. As extremidades do tubo de elevação e da camisa telescópica devem ser perpendiculares ao eixo.

5.2.2 Cor

As bases das caixas de ramal, o tubo de elevação e a camisa telescópica, são coloridas em toda a parede, sendo as superfícies interna e externa cor "tijolo" tipo Ral 8023. As tampas de ferro fundido (FFD) são de cor preto.

5.2.3 Marcação e rastreabilidade

As bases das caixas de ramal devem ser marcadas de forma permanente e legível, de tal forma que a marcação não inicie fissuras, ou outros tipos de falhas e que após armazenamento, exposição às intempéries, manuseamento e instalação, o requisito de legibilidade se mantenha.

Para os tubos de elevação e para a camisa telescópica, os elementos de gravação são impressos numa etiqueta de rotulagem, que é aplicada em todas as peças.

Marcação mínima das bases das caixas de ramal

A marcação mínima da base deve estar conforme com o Quadro 10.

Quadro 10 - Marcação mínima requerida para as bases das caixas de ramal com tubo de elevação DN400

Característica	Elemento de gravação impresso
Fabricante:	FERSIL
Material:	PP
Marca comercial:	Duralight
Diâmetro nominal (diâmetro externo da saída):	Ex: 160
Código de área de aplicação:	UD (para saneamento enterrado por baixo ou a mais de 1 m do edifício)
Norma de referência:	EN 13598-1
Código de fabrico:	Datador com mês e datador com ano

NOTAS: A FERSIL não é responsável se a marcação se tornar ilegível devido a acções efectuadas durante a instalação ou no decurso de utilização, como pintura, riscos, cobertura de componentes ou uso de detergentes, etc., salvo se acordado.

5.2.4 Rotulagem

Cada elemento das caixas de ramal deve levar uma etiqueta devidamente diligenciada onde se identifica o produto:

- Área de aplicação – Saneamento / drenagem
- Nome do fabricante/marca comercial – FERSIL/**Duralight**
- País de origem – Portugal
- Norma do produto – EN 13598-1
- Diâmetro – por exemplo DN160
- Classe de rigidez circunferencial – por exemplo SN4 (kN/m²)
- Data e identificação do lote – 17-06-2010 08:30 OP. 20-5000

5.2.5 Características geométricas

As caixas de ramal **Duralight** com tubo de elevação DN400, são referenciadas com base numa dimensão nominal associada ao diâmetro exterior da saída da base e ao diâmetro interior do tubo de elevação. No Quadro 11 apresentam-se os valores dos diâmetros e das cotas das caixas de ramal (ver a Figura 14).

Quadro 11 - Valores das dimensões das caixas de ramal

Diâmetro nominal da saída d_n (mm)	Comprimento da boca saída L_1 (mm)	Diâmetro exterior da base $2xZ_1$ (mm)	Diâmetro interior da base d_i (mm)	Altura de inserção do tubo elevação M (mm)	Altura total da base H (mm)	Comprimento da base L (mm)
160	81	426	404	161	357	588
200	114	412	404	266	505	640
Diâmetro nominal da saída d_n (mm)	Diâm. exterior do tubo de elevação (mm)	Diâm. interior do tubo de elevação (mm)	Comprimento habitual do tubo de elevação (mm)	Diâm. exterior da camisa telescópica (mm)	Diâm. interior da camisa telescópica (mm)	Comprimento da camisa telescópica (mm)
160	400,0 - 403,6	351,7	400	315,0 - 315,6	302,0	470
200						

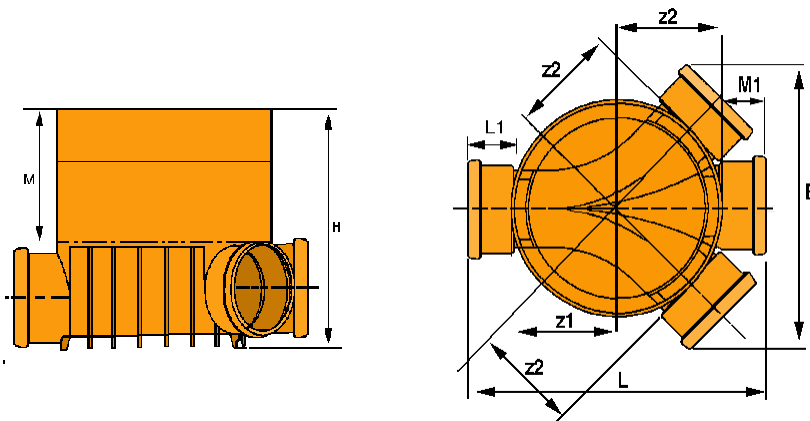


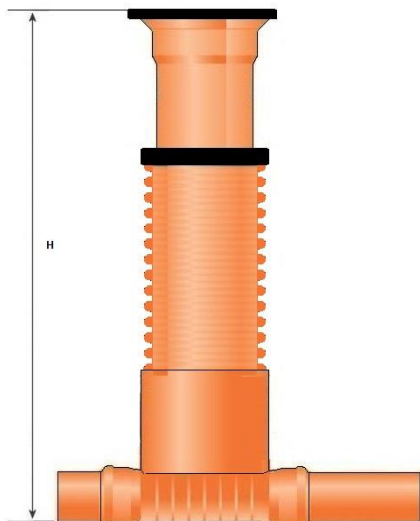
Figura 14 - Figuras com as cotas da base da caixa de ramal com tubo de elevação DN400

Para aplicações em zonas sem trânsito e a pouca profundidade, o comprimento dos tubos de elevação deve ser escolhido para que a altura máxima desde o leito da vala até à parte superior do tubo de elevação a terminar ao nível do solo, não ultrapasse 1,25 m.

A caixa de ramal **Duralight** com tubo de elevação DN400, também cumpre os requisitos da norma EN 13598-2, para caixas de inspecção instaladas em zonas de trânsito e a grandes profundidades. Assim sendo podem ser usados comprimentos de tubo de elevação com a possibilidade de instalação até uma profundidade máxima de 4 m.

No Quadro 12 apresentam-se as combinações possíveis do comprimento do tubo de elevação DN400 para definir a alturas das caixas de ramal.

Quadro 12 – Combinação do comprimento do tubo de elevação para definir a altura da caixa de ramal



L Comprimento do tubo de elevação (mm)	H Profundidade da linha de água (mm)	
	Base DN160	Base DN200
400	700 – 1080	745 – 1125
800	1100 - 1480	1145 – 1525
1200	1500 - 1880	1545 – 1925
1600	1900 - 2280	1945 – 2325
2000	2300 - 2680	2345 – 2725
2400	2700 - 3080	2745 – 3125
2800	3100 - 3480	3145 – 3525
3200	3500 - 3880	3545 - 3925

5.2.6 Características físicas e mecânicas

De acordo com as especificações das Normas Europeias (EN) para as caixas de ramal **Duralight** com tubo de elevação DN400, são realizados no laboratório, os ensaios de qualidade físicos e mecânicos referidos no Quadro 13.

Os equipamentos utilizados são de tecnologia avançada e em conjunto com os Técnicos de Qualidade altamente treinados, permitem satisfazer os mais restritos requisitos na área de Controlo de Qualidade dos nossos produtos.

Os métodos de ensaio mencionados e executados no Laboratório da FERSIL cumprem os requisitos da Norma de Acreditação de Laboratórios EN ISO/IEC 17025 ao abrigo de um acordo WMT.

Quadro 13 - Características físicas e mecânicas das caixas de ramal com tubo de elevação DN400

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma
		Parâmetro	Valor	
Rigidez do tubo de elevação DN400	Sem rotura $\geq 0,7 \text{ kN/m}^2$	Conforme com a norma EN ISO 9969		EN ISO 9969
Resistência da base ao vácuo	Sem falha ou deformação	Temperatura	$23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$	EN 1277 Condição A
		Tempo de ensaio	100 h	
		Pressão interna negativa	-0,3 bar	
Resistência mecânica da união entre a base e o tubo de elevação ¹⁾	Sem sinais de fissuras e de fugas	Tempo de ensaio	15 min	EN 12256
		Flexibilidade mínima	170 mm	

1) A força de deslocamento lateral será aplicada na direcção longitudinal e em seguida na direcção transversal.

5.2.7 Características químicas

As bases das caixas de ramal **Duralight** são fabricadas em polipropileno copolímero (PP), pelo que se aplicam as mesmas características químicas, já definidas na subsecção 4.2.7 *Características químicas* da secção 4 *Requisitos dos tubos e acessórios*.

5.2.8 Características funcionais

Para as entradas e saída nas bases, a união com tubo corrugado é realizada através de um o-ring **Duralight** (ver a Figura 15), colocado no vale situado atrás do primeiro anel corrugado de um tubo ou de um acessório, produzindo a estanquidade com a parede interior lisa da boca na base.

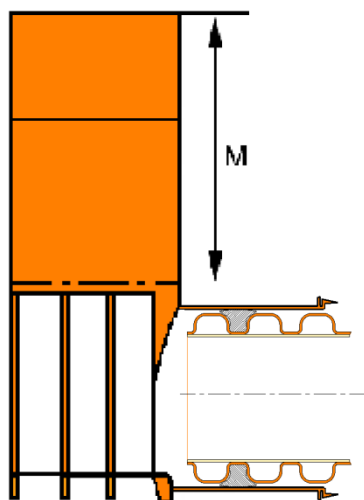


Figura 15 - Esquema da montagem da união, na base da caixa de ramal

O sistema de ligação entre a base e o tubo de elevação e entre a base e os tubos ou acessórios deve apresentar as características expressas no Quadro 14.

Quadro 14 - Requisitos de performance do sistema de ligação

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma
		Parâmetro	Valor	
Estanquidade combinada das entradas e saídas	Sem fuga	Temperatura	23 ± 5 °C	EN 1277 Condição B, método 4
		Deformação Terminal Liso	≥ 10 %	
		Deformação da boca	≥ 5 %	
		Diferença	≥ 5 %	
		Pressão de água	0,05 bar	
	Sem Fuga	Pressão de água	0,5 bar	
	≤ - 0,27 bar	Pressão de ar	- 0,3 bar	
	Sem fuga	Temperatura	23 ± 5 °C	EN 1277 Condição C, método 4
		Desvio angular da união:		
		$d_n \leq 315$	2 °	
$315 < d_n \leq 630$		1,5 °		
$d_n > 630$		1,5 °		
Sem fuga	Pressão de água	0,05 bar		
Sem Fuga	Pressão de água	0,5 bar		
≤ - 0,27 bar	Pressão de ar	- 0,3 bar		
Estanquidade à água entre a base e o tubo de elevação	Sem fuga	Temperatura	23 ± 5 °C	EN 476
		Tempo de ensaio	15 min	
		Nível de água acima da altura da base	25 mm	

5.3 Gama de caixas de ramal comercializada pela FERSIL

A gama de caixas de ramal **Duralight** com tubo de elevação DN400 produzidas de acordo com as Normas EN 13598-1 e EN 476, para efectuar a ligação em instalações de esgoto ou saneamento e/ou para mudanças de direcção da rede de esgoto/saneamento, contempla os seguintes produtos:

5.3.1 Bases da caixa de ramal

A base tem as entradas e a saída, predefinidas com boca para tubo corrugado. Nas bases DN160, pode-se adaptar a saída para tubo liso, com a simples aplicação de um click-ring com o-ring labial. Nos restantes diâmetros têm que se utilizar acessórios de transição C/L.

As caixas de ramal podem ser com base de passagem, ou com base com 2 entradas (0° e esquerda ou direita a 45°) ou com base com 3 entradas (0° e duas a 45°), com diâmetros de saída de 160 mm y 200 mm.



Figura 16 - Base da caixa de ramal Duralight com o esquema das entradas

5.3.2 Tubo de elevação

Tubo de elevação PP **Duralight** DN400 (com diâmetro interno de 350 mm) da classe SN4, fornecido com um o-ring **Duralight** aplicado no vale após o primeiro perfil corrugado, ver a Figura 17.

5.3.3 Camisa telescópica com tampa de Ferro Fundido Dúctil (FFD)

A camisa telescópica em PVC DN315 (com diâmetro interno de 295 mm) da classe SN4, incluindo uma tampa de Ferro Fundido Dúctil (FFD), da classe B125 ou D400 conforme com a EN 124, ver a Figura 17.



Figura 17 - Tubo de elevação e camisa telescópica com tampa de ferro fundido (FFD)

5.3.4 Acessórios complementares



Figura 18 - Acessórios complementares da gama Duralight

A gama completa de caixas de ramal está disponível no nosso **CATÁLOGO GERAL** ou na nossa **TABELA DE PREÇOS**, e podem ser consultados no sítio da internet www.fersil.com.

6 REQUISITOS DOS TUBOS PERFURADOS DURALIGHT DRENO

Os tubos perfurados **Duralight Dreno** são do tipo circular, de dupla parede, corrugado externamente e lisa no seu interior (são designados por C2 ou R2), com perfurações (rasgos ou cortes controlados) na base entre os anéis corrugados, distribuídas circularmente em ângulos de 60°.

A secção longitudinal do perfil dos tubos perfurados pode ser visualizada na Figura 19.

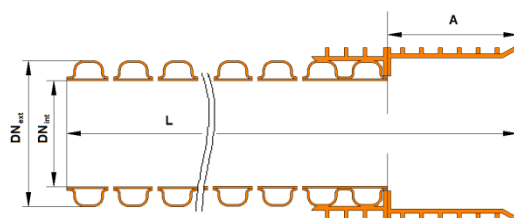


Figura 19 - Perfil do tubo perfurado Duralight Dreno

Os tubos perfurados são classificados em função da distribuição das perfurações:

- **Totalmente perfurado – TP ou PP**
Com os rasgos uniformemente distribuídos em todo o perímetro da sua secção transversal, 6 rasgos a 60° (360°), ver Figura 20.a);
- **Semi-perfurado – SP ou LP**
Com os rasgos distribuídos em parte da sua secção transversal entre 205° e 270°, 4 rasgos a 60° (240°), 2 rasgos a 60° (120°), ver Figuras 20.b) e 20.c).

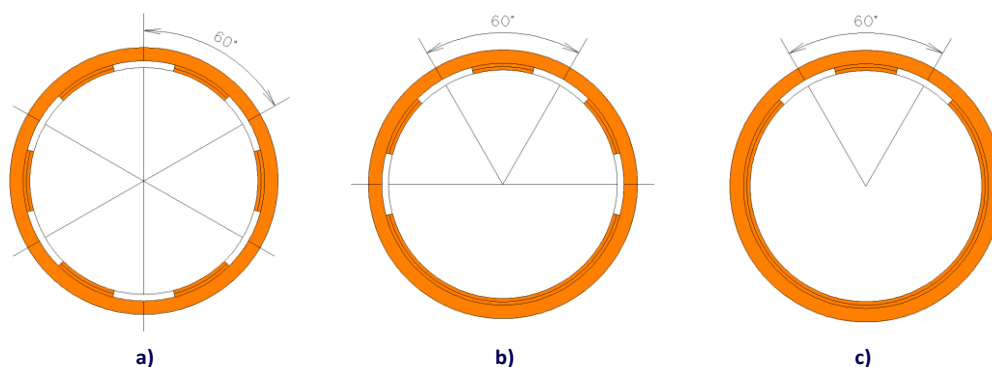


Figura 20 - Perfil da distribuição dos rasgos no tubo perfurado Duralight drenos

Os tubos perfurados **Duralight Dreno** pertencem à série de drenagem especial ED (SD) e têm uma classe de rigidez circunferencial (SN4).

Com este sistema de tubos perfurados, são utilizados os acessórios da gama **Duralight**.

O sistema de união dos tubos perfurados é efectuado com uniões para tubo corrugado, sem oring labial, já que não é necessário garantir a estanquidade entre tubos.

6.1 Controlo de qualidade das características da matéria-prima

Os tubos perfurados são fabricados a partir de tubos colectores de saneamento em PP **Duralight**, pelo que se aplicam as mesmas características relativas à matéria-prima, já definidas na subsecção 4.1 *Controlo de qualidade das características da matéria-prima* da secção 4 *Requisitos dos tubos e acessórios*.

6.2 Controlo de qualidade das características dos tubos perfurados

O controlo do processo de fabrico dos tubos inclui o controlo do procedimento de alimentação das matérias-primas (em automático e controlado por computador), o registo dos parâmetros de extrusão, o controlo estatístico das variáveis dimensionais (diâmetro, ovalização, espessura de parede e comprimento), e a verificação visual das perfurações (rasgos), do aspecto visual, da cor, do sistema de marcação e da embalagem.

6.2.1 Aspecto visual

Quando observado sem ampliação as superfícies interiores e exteriores dos tubos perfurados devem estar isentas de bolhas, impurezas, poros e outros defeitos que possam prejudicar o desempenho do produto. As extremidades devem ser perpendiculares ao eixo.

6.2.2 Cor

Os tubos perfurados são coloridos em toda a parede, sendo as superfícies interna e externa cor "tijolo" tipo Ral 8023.

NOTA6: *No caso de ser um tubo perfurado da classe SN8, a superfície interna é de cor "branco opaco".*

6.2.3 Marcação e rastreabilidade

Os tubos perfurados devem ser marcados de forma permanente e legível, e de forma a que a marcação não inicie fissuras ou outros tipos de falha, e que após armazenamento, exposição às intempéries, manuseamento e instalação, o requisito de legibilidade se mantenha.

Para os tubos perfurados utiliza-se a impressão, a cor da informação impressa deve ser diferente da cor do produto. A FERSIL utiliza a cor preto nos tubos de cor tijolo.

Marcação mínima nos tubos perfurados

A marcação mínima nos tubos perfurados deve estar conforme com o Quadro 15, com uma frequência de marcação de uma por cada 2 m, de forma que após o armazenamento, exposição à intempérie, manuseamento e instalação, o requisito de rastreabilidade seja mantido.

Quadro 15 - Marcação mínima requerida para os tubos perfurados

Característica	Elemento de gravação impresso no tubo
Fabricante:	FERSIL
Material:	PP
Marca comercial:	Duralight
Diâmetro nominal (DN/OD):	ex.: 315
Classe de rigidez:	SN4
Tipo de perfil:	DN ou OD
Código de área de aplicação:	U (para saneamento enterrado a mais de 1 m do edifício)
Norma de referência:	EN 13476-3
Código de fabrico:	ex: 2008-01-10 10:00 OP 10-62

Característica	Elemento de gravação impresso na etiqueta
Marca comercial:	Duralight dreno
Norma de referência:	UNE 53994 EX
Tipo de tubo (circular de dupla parede):	C2
Série de drenagem (drenagem especial):	ED
Código de fabrico:	ex: 2008-01-10 10:00 OP 10-62

NOTA7: A FERSIL não é responsável se a marcação se tornar ilegível devido a acções efectuadas durante a instalação ou no decurso de utilização, como pintura, riscos, cobertura de componentes ou uso de detergentes, etc., salvo se acordado..

6.2.4 Rotulagem

Cada tubo ou embalagem, deve levar uma etiqueta que identifica o produto e o lote:

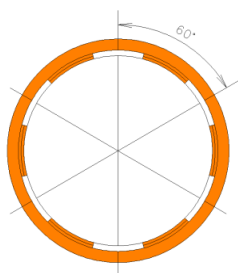
- Área de aplicação – Drenagem pluvial
- Nome do fabricante/marca comercial – FERSIL/**Duralight Dreno**
- País de origem – Portugal
- Norma do produto – UNE 53994.EX
- Diâmetro – por exemplo DN500
- Classe de rigidez circunferencial – por exemplo SN4 (kN/m²)
- Data e identificação do lote – 17-06-2010 08:30 OP. 10-5000

6.2.5 Características geométricas

Os tubos perfurados são referenciados com base numa dimensão nominal associada ao diâmetro exterior e com base na classe de rigidez circunferencial (SN4).

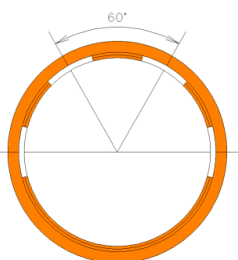
Os valores para o diâmetro, número de rasgos e superfície de captação, estão indicados nos Quadros 16, 17 e 18.

Quadro 16 - Valores das dimensões dos tubos de drenagem tipo C2, série ED, classe SN4 e tipo TP a 360 °



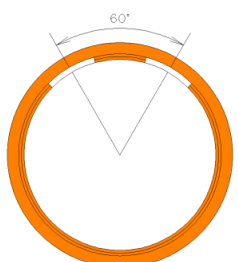
d_n	Diâmetro exterior médio (mm)	Diâmetro interior médio (mm)	Nº de rasgos por vale	Nº de rasgos por metro	Superfície de captação (cm ² /m)
250	250,0 - 252,3	224,0	6	264	422
315	315,0 - 317,9	275,4	6	138	248
400	400,0 - 403,6	351,7	6	126	302
500	500,0 - 504,5	442,9	6	156	468
630	630,0 - 635,7	553,0	6	78	250

Quadro 17 - Valores das dimensões dos tubos de drenagem tipo C2, série ED, classe SN4 e tipo SP a 240 °



d_n	Diâmetro exterior médio (mm)	Diâmetro interior médio (mm)	Nº de rasgos por vale	Nº de rasgos por metro	Superfície de captação (cm ² /m)
250	250,0 - 252,3	224,0	4	176	282
315	315,0 - 317,9	275,4	4	92	166
400	400,0 - 403,6	351,7	4	84	202
500	500,0 - 504,5	442,9	4	104	312
630	630,0 - 635,7	553,0	4	52	166

Quadro 18 - Valores das dimensões dos tubos de drenagem tipo C2, série ED, classe SN4 e tipo SP a 120 °



d_n	Diâmetro exterior médio (mm)	Diâmetro interior médio (mm)	Nº de rasgos por vale	Nº de rasgos por metro	Superfície de captação (cm ² /m)
250	250,0 - 252,3	224,0	2	88	141
315	315,0 - 317,9	275,4	2	46	83
400	400,0 - 403,6	351,7	2	42	101
500	500,0 - 504,5	442,9	2	52	156
630	630,0 - 635,7	553,0	2	26	83

As bocas dos tubos perfurados são iguais às dos tubos colectores de saneamento, assim sendo os valores das dimensões das bocas estão definidas no Quadro 6 da subsecção 4.2.5 *Características geométricas* da secção 4 *Requisitos dos tubos e acessórios*.

Os tubos são comercializados com um comprimento total de 6 m.

6.2.6 Características físicas e mecânicas

De acordo com as especificações das Normas Europeias (EN) para os tubos perfurados **Duralight Dreno**, são realizados no laboratório, os ensaios de qualidade físicos e mecânicos referidos no Quadro 19.

Os equipamentos utilizados são de tecnologia avançada e em conjunto com os Técnicos de Qualidade altamente treinados, permitem satisfazer os mais restritos requisitos na área de Controlo de Qualidade dos nossos produtos.

Os métodos de ensaio mencionados e executados no Laboratório da FERSIL cumprem os requisitos da Norma de Acreditação de Laboratórios EN ISO/IEC 17025 ao abrigo de um acordo WMT.

Quadro 19 - Características mecânicas e físicas dos tubos perfurados

Característica	Requisitos	Parâmetros de ensaio		Norma
		Parâmetro	Valor	
Rigidez circunferencial	\geq SN relevante em kN/m ²	De acordo com a EN ISO 9969		EN ISO 9969
Resistência ao impacto de tubos perfurados - método da escada	H50, 5 provetes sem falha	Temperatura	0 ± 1 °C	EN 1411
		Tipo de percutor	d90	
		Massa do percutor:	0,8 kg	
		Altura de queda	1,80 m	
Ensaio de fluência	\leq 4 com extrapolação a 2 anos	De acordo com a EN ISO 9967		EN ISO 9967

6.2.7 Características químicas

Os tubos perfurados são fabricados a partir dos tubos colectores de saneamento em polipropileno copolímero (PP), pelo que se aplicam as mesmas características químicas, já definidas na subsecção 4.2.7 *Características químicas da secção 4 Requisitos dos tubos e acessórios*.

6.2.8 Características funcionais

A união utilizada pelos tubos perfurados é injectada no mesmo tipo de material com que se fabrica o tubo e termo conformada (fusão da união com o tubo através de fricção).

O sistema de união dos tubos perfurados é efectuada por acoplamento simples sem aplicar o o-ring **Duralight**, já que não é necessário garantir a estanquidade entre tubos.

Os tubos só são fornecidos com o-ring **Duralight** sob pedido. Nesse caso, o o-ring é aplicado no vale atrás do primeiro perfil corrugado de uma extremidade, produzindo estanquidade com a parede interior lisa da união de outro tubo ou acessório.

Os valores da permeabilidade à água dos tubos perfurados da gama **Duralight Dreno**, foram determinados de acordo com a norma UNE 53994 EX. O ensaio consiste em medir o caudal de água que passa através dum tubo com função de drenagem para diferentes alturas de nível freático.

Para obter informações sobre os valores da permeabilidade à água, consultar o departamento técnico da FERSIL.

6.3 Gama de tubos perfurados comercializada pela FERSIL

A gama de tubos perfurados **Duralight Dreno** fabricados de acordo com a Norma UNE 53994.EX, para sistemas de drenagem pluvial, contempla tubos em varas com diâmetros da série métrica que vão desde o 250 mm até ao 630 mm, na classe de rigidez circunferencial SN4.



Tubo Duralight Dreno classe SN4



Detalhe dos rasgos

Figura 21 – Tubo Duralight drenaje de la clase SN4

NOTA8: Sob pedido podem ser fabricados tubos da classe de rigidez circunferencial SN8.

Como complemento a esta gama, a FERSIL também comercializa a gama da IBOTEC de tubos corrugados de PE marca 2DREN, que contempla tubos em varas e em rolos, com diâmetros da série métrica que vão desde o 50 mm até ao 200 mm, nas classes de rigidez circunferencial SN2 e SN4.

A gama de acessórios comercializada com os tubos perfurados **Duralight Dreno** é a produzida de acordo com a Norma EN 13476-3, para sistemas enterrados de saneamento e drenagem e contempla os mencionados na subsecção 4.3 *Gama de tubos e acessórios comercializada pela FERSIL* da secção 4 *Requisitos dos tubos e acessórios*.

A gama completa de tubos perfurados está disponível no nosso **CATÁLOGO GERAL** ou na nossa **TABELA DE PREÇOS**, e podem ser consultados no sítio da internet www.fersil.com.

7 MANUSEAMENTO, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

O sistema **Duralight** embora seja um material de alta robustez e indicado para a maioria das instalações de saneamento enterrado sem pressão e drenagem, é necessário ter em atenção alguns cuidados no seu manuseamento, transporte e armazenamento:

7.1 Manuseamento

Durante o manuseamento deve-se evitar golpes, riscos e outras operações que possam danificar os tubos, acessórios e os componentes das caixas de inspecção.

Quando manuseados individualmente, os materiais devem ser descarregados, erguidos e transportados de forma controlada sem serem arremessados ou arrastados sobre materiais granulares ou cortantes.

O manuseamento de atados ou de paletes de tubos, acessórios ou componentes de caixas de inspecção e visita, requer o uso de equipamento mecânico apropriado. A técnica escolhida não deverá causar qualquer dano nos materiais.

No caso de serem utilizados aparelhos do tipo vertical, os apoios metálicos devem ser protegidos com borracha, para não danificar a extremidade dos tubos. Os cabos para auxiliar a descarga devem estar protegidos para evitar danos na superfície do tubo, o ideal é a utilização de cintas.

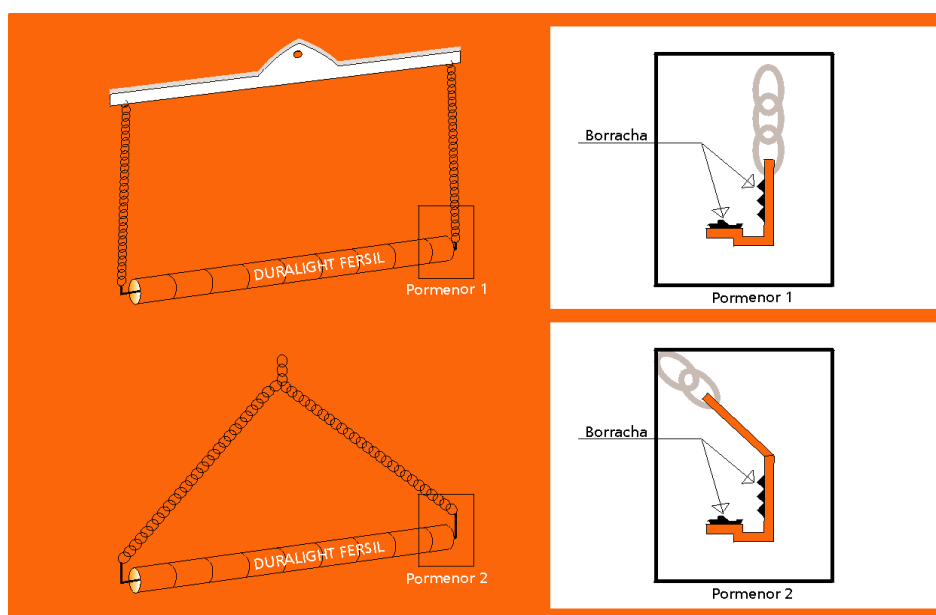


Figura 22 - Exemplo da protecção a usar nos apoios metálicos em aparelhos do tipo vertical

7.2 Transporte

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

Todos os suportes deverão ser lisos e sem arestas salientes. Quando o comprimento dos tubos ultrapassar o do veículo, a parte suspensa não deverá exceder 1 m.

7.3 Armazenamento

Os tubos devem ser armazenados em terreno firme e plano; apoiados na base sobre travessas de madeira, com cunhas, a fim de evitar deslizamentos e assegurar a estabilidade das pilhas. Normalmente é suficiente a utilização de duas travessas de madeira colocadas a 1 m da extremidade dos tubos.

Quando se acondicionam tubos as bocas deverão ser colocadas alternadamente na palete e suficientemente projectadas para o exterior, para que os tubos estejam correctamente suportados ao longo de todo o comprimento.

Tubos e acessórios de diferentes diâmetros deverão ser armazenados separadamente. No caso de isto não ser possível, os de maior diâmetro e classe de rigidez deverão ser colocados no fundo.

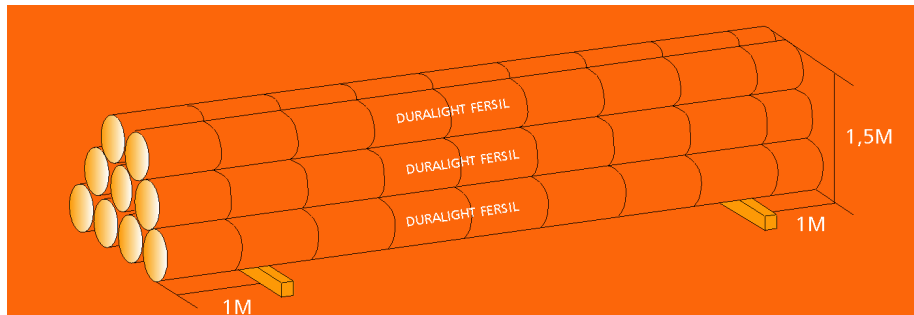


Figura 23 - Exemplo de empilhamento em pirâmide truncada

No empilhamento dos tubos em pirâmide truncada deve-se evitar alturas excessivas. Recomenda-se como altura máxima 1,5 m. No armazenamento em paletes não é aconselhável a sobreposição de mais de três paletes. No caso dos acessórios e dos componentes das caixas de inspecção, os cuidados a ter são de garantir a verticalidade e segurança das pilhas.

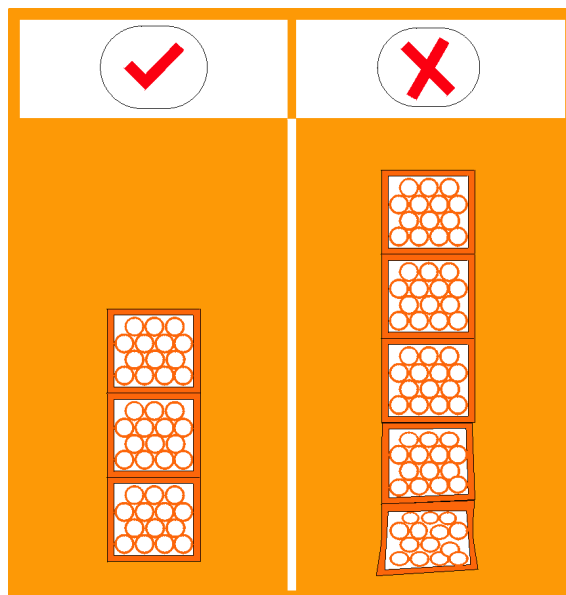


Figura 24 - Exemplo de empilhamento de paletes de tubos

A exposição prolongada à radiação ultravioleta (luz solar) pode reduzir a resistência ao impacto dos tubos e acessórios e causar a sua descoloração. No caso de não ser possível o armazenamento à sombra, os tubos devem ser protegidos com lonas ou plásticos respiráveis.

Os componentes das caixas de inspecção e respectivos o-rings, devem permanecer nas embalagens e protegidos do sol até à sua instalação.

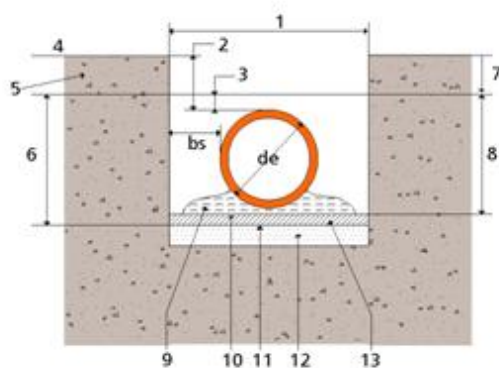
Os tubos, acessórios e caixas de inspecção, deverão ser armazenados ao abrigo de fontes de calor e não deverão ter contacto com produtos potencialmente perigosos como combustíveis, solventes, colas, tintas, etc.

8 INSTALAÇÃO EM OBRA

8.1 Abertura da vala

8.1.1 Termos e definições

Na figura seguinte apresenta-se uma ilustração com os termos utilizados neste manual, para a identificação das características em vala.



Legenda:

- | | |
|-------------------------------|--|
| 1 : Largura da vala | 8 : Zona do tubo |
| 2 : Profundidade da cobertura | 9 : Zona de apoio |
| 3 : Aproximadamente 250 mm | 10 : Superfície do leito |
| 4 : Superfície do solo | 11 : Fundo do leito |
| 5 : Solo original | 12 : Fundação conforme a necessidade |
| 6 : Zona de compactação | 13 : Leito conforme a necessidade |
| 7 : Zona de enchimento | bs : Espaço horizontal entre a parede da vala e a parede do tubo |

Figura 25 - Esquema em corte dum tubo

8.1.2 Forma da vala

Por razões económicas e de distribuição de pesos (peso das terras e das cargas de trânsito) as paredes da vala devem ser verticais, desde que a natureza do terreno e os meios de escavação utilizados o permitam (ver Figura 26 a)).

Na impossibilidade de execução da vala com paredes verticais ou com pequenos taludes, aconselhamos a execução dum tubo com a forma apresentada na Figura 26 b). Neste tipo de vala é necessário ter em atenção que a geratriz superior do tubo deve estar contida dentro da zona da vala com paredes verticais.

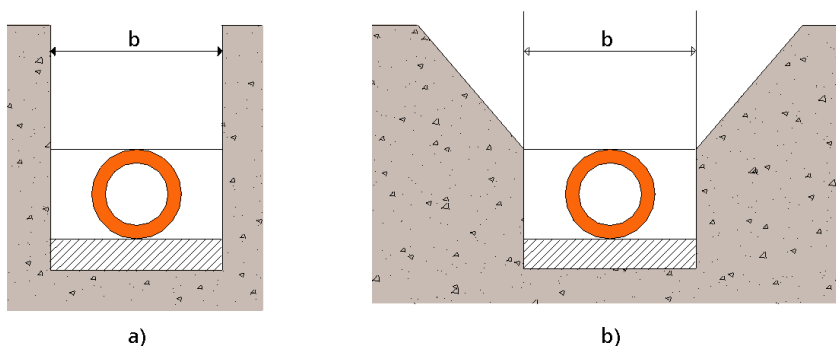


Figura 26 - Tipos de valas

8.1.3 Largura da vala

A largura da vala deverá ser tal que permita a correcta ligação dos tubos e compactação do material de enchimento, e é calculada através da fórmula:

$$b \geq dn + 500$$

em que:

b - largura da vala ao nível da geratriz superior do tubo, em mm

dn - Diâmetro nominal do tubo, em mm

Utilizando a fórmula anterior, temos que, o valor do comprimento na horizontal entre a geratriz do tubo e a parede da vala, b, é no mínimo 250 mm (ver Figura 26), sendo este valor independente do diâmetro do tubo.

Quando a instalação é realizada em terreno muito instável, ou quando a profundidade de enterramento é relativamente grande, pode ser necessário larguras de vala maiores.

8.1.4 Profundidade da vala

Na determinação da profundidade da vala deve-se ter em atenção:

- as cargas fixas e móveis;
- a protecção da tubagem a temperaturas ambientais extremas;
- ao diâmetro e propriedades da tubagem;
- ao declive necessário para escoamento por gravidade.

A profundidade mínima deverá ser de 0,8 m medidos desde a superfície do terreno até à geratriz superior do tubo.

8.2 Leito de assentamento

A superfície do fundo do leito de assentamento deverá ser contínua, uniforme e isenta de pedras (ver Figura 25). O leito deverá ser feito com terra seleccionada ou areia, cuidadosamente compactado e com inclinação uniforme.

8.2.1 Sobre Escavação ou fundações

Em casos especiais de terrenos com pouca consistência ou de terrenos rochosos, pode ser necessário sobre escavar o fundo para preparar bem o leito.

No caso de condutas colocadas em terrenos escarpados pode ser necessário consolida-los ao solo, por meio de blocos de betão, colocados a distâncias apropriadas. Estes blocos estão previstos para impedir o deslocamento das condutas e para evitar efeitos de drenagem.

Em terrenos arenosos ou similares, solos orgânicos ou solos que apresentem variações de volume consoante o teor de humidade, devem ser estudados caso a caso durante a construção da vala, para determinar a extensão da sobre escavação e o tipo de material a utilizar na fundação.

É recomendável que o material utilizado na fundação tenha uma compactação do tipo W, ver Quadro 22.

8.2.2 Condições especiais

Quando são esperadas modificações a nível do terreno, por exemplo, quando uma conduta passa por uma zona de transição de terrenos (dois ou mais tipos diferentes de solo) recomenda-se a utilização de geotêxtil, como se mostra nas Figuras 27, 28, 29 e 30. Se para além disto também se prevê grandes movimentações do ou dos solos, esta solução não é apropriada e terá de ser estudada a melhor solução.

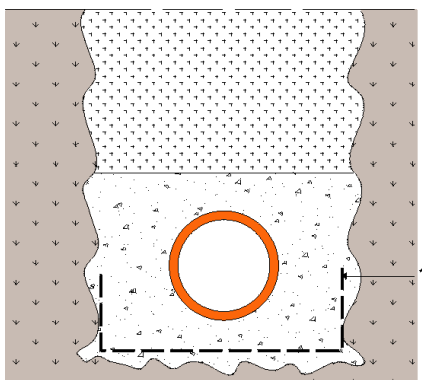


Figura 27 - Exemplo de utilização de geotêxtil (1) para reduzir a irregularidade da instalação em zonas de transição de solos

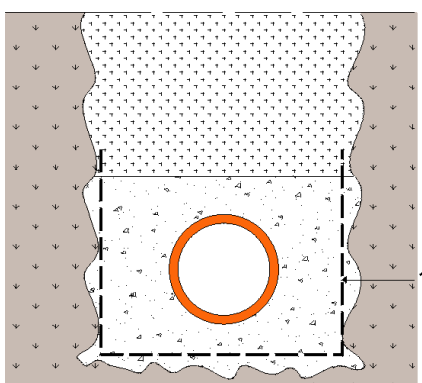


Figura 28 - Exemplo de geotêxtil (1) a formar uma zona parcial de protecção e suporte

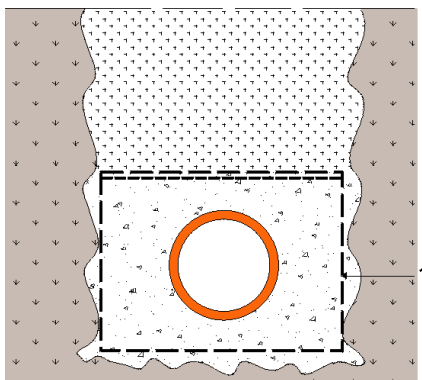


Figura 29 - Exemplo de geotêxtil (1) a formar uma zona total de protecção e suporte

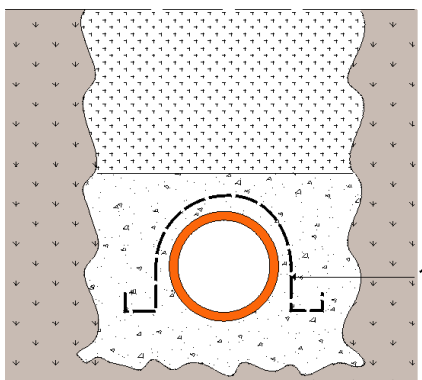
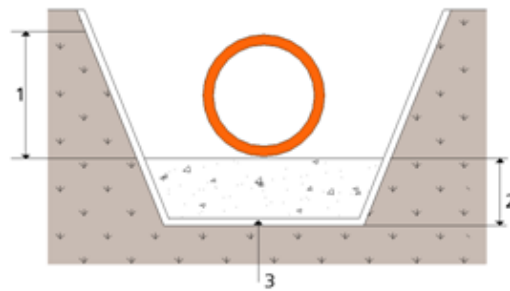


Figura 30 - Exemplo de geotêxtil (1) a actuar como uma âncora para prevenir a flotação

As valas inundadas devem ser secas antes da instalação para assegurar as condições de colocação convenientes e evitar choques hidrostáticos.

No caso de a instalação ser feita em valas com grande inclinação ou com existência de água no fundo (ex: lençóis de água subterrânea), para prevenir o arrastamento do material de enchimento e/ou a flutuação do tubo, é necessário tomar precauções especiais, tais como, cobrir o fundo da vala com cascalho filtrante (ver Figura 31).



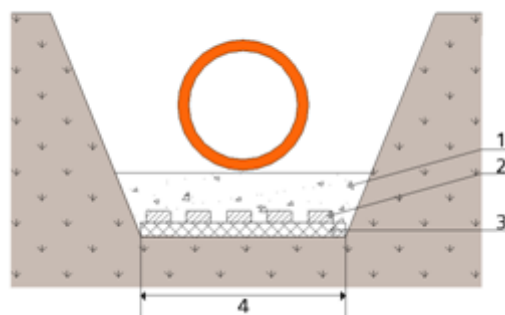
Legenda:

1 : Zona do tubo
2 : Leito

3 : Filtro (cascalho filtrante)

Figura 31 - Exemplo duma instalação com protecção contra a migração de material

Quando o solo é muito mole de tal forma que não garanta a segurança dos operários deve-se reforçar a vala antes de fazer o leito. O reforço pode ser feito usando um colchão de madeira reforçado com cimento ou geotextil (ver Figura 32).



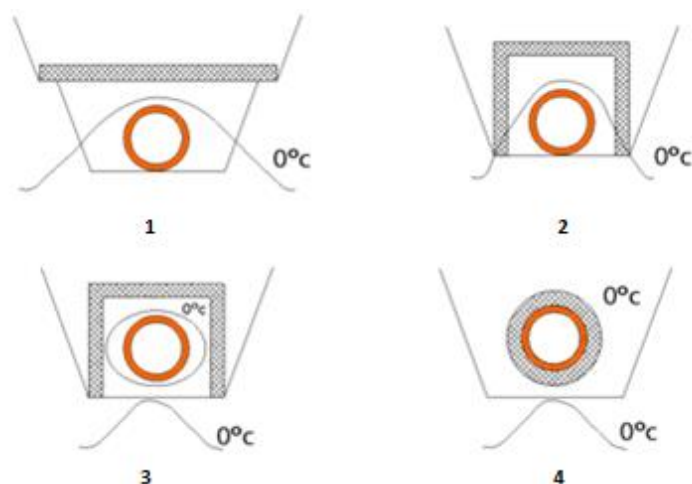
Legenda:

1 : Leito
2 : Tábuas de madeira

3 : Placas de ligação
4 : Largura mínima

Figura 32 - Exemplo do fundo duma vala reforçado com um colchão de madeira

Se a tubagem é instalada a pouca profundidade pode existir o risco de formação de gelo durante as estações frias e deve ser utilizado isolamento térmico. O isolamento térmico pode ser feito com um revestimento de espuma de poliestireno ou outro material isolante apropriado, localizado de acordo com a Figura 33. Na escolha da forma de posicionamento do isolante térmico, tem de se ter em atenção as propriedades do solo original e do material de enchimento.



- Legenda:
- 1 : Isolamento térmico em solos arenosos e sedimentosos
 - 2 : Isolamento térmico para grandes profundidades, em solos granulares
 - 3 : Isolamento térmico em valas pouco profundas
 - 4 : Isolamento térmico usando uma camisa de poliestireno extrudido

Figura 33 - Exemplos de instalações de isolamento térmico para tubagens enterradas

8.2.3 Leito de assentamento

A tubagem necessita dum suporte uniforme em todo o seu comprimento e isto é conseguido através dum leito de assentamento (ver Figura 25). A espessura mínima do leito deve estar compreendida entre 100 mm e 150 mm.

O material utilizado deve ser granular, por exemplo: cascalho, brita, areia, etc.. (ver Quadro 23).

O material do leito deve ser espalhado uniformemente ao longo de toda a largura da vala e nivelado, mas não deve ser compactado.

8.3 Enchimento e compactação da vala

Na escolha do material de enchimento tem de se ter em conta a classe de rigidez do tubo, a profundidade da instalação e a natureza do solo original. No caso da tubagem perfurada Duralight drenagem, o material envolvente deve ser do tipo granular, que favoreça a penetração da água nas perfurações. O material granular deverá ficar coberto por um filtro no tecido com o objectivo de reter de finos, que de outra forma podem colmatar as perfurações.

O material de enchimento do tipo granular deve ter uma granulometria máxima conforme o Quadro 20.

Quadro 20 - Granulometria do material de enchimento, em função do diâmetro nominal da tubagem

Diâmetro exterior nominal d_n	Granulometria máxima (mm)
< 300	20
≥ 300	30

O solo original pode ser utilizado como material de enchimento se cumprir os seguintes requisitos:

- ausência de partículas de granulometria superior às recomendadas no Quadro 20;
- ausência de aglomerados de partículas superiores a 2x a dimensão máxima expressa no Quadro 20;
- ausência de resíduos de asfalto, garrafas, latas, árvores, etc.;
- ausência de materiais passíveis de congelação;
- ser possível o grau de compactação recomendado no Quadro 21.

Quadro 21 - Densidades Proctor, em função da classe de compactação e tipo de material de enchimento

Classe de compactação	Grupo do material de enchimento			
	4 SPD %h	3 SPD %	2 SPD %h	1 SPD %
N	75 a 80	79 a 85	84 a 89	90 a 94
M	81 a 89	86 a 92	90 a 95	95 a 97
W	90 a 95	93 a 96	96 a 100	98 a 100

Normalmente para condutas não sujeitas a cargas de trânsito uma classe de compactação N é suficiente, em condutas que estão sujeitas a cargas de trânsito é necessário uma classe de compactação do tipo W.

8.3.1 Métodos de compactação recomendados

De acordo com a norma ENV 1046, a espessura máxima das camadas e o número de passagens recomendadas em função de tipo de equipamento utilizado na compactação, classe de compactação e classe de solo (ver Quadro 23) são os constantes no Quadro 22. Neste Quadro também se indica a espessura mínima de cobertura do tubo antes de se proceder à compactação.

Quadro 22 - Espessura máxima e número de passagens recomendadas em função do tipo de equipamento utilizado

Equipamento	Nº de passagens em função da classe de compactação		Espessura máxima das camadas após compactação em função da classe de solo (m)				Espessura antes da compactação (m)
			1	2	3	4	
	W	M					
Manual: Min. 15 kg	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
Pilão vibratório: Min. 70 kg	3	1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,30
Prato vibratório: Min. 50 kg	4	1	0,10	-	-	-	0,15
Min. 100 kg	4	1	0,15	0,10	-	-	0,15
Min. 200 kg	4	1	0,20	0,15	0,10	-	0,20
Min. 400 kg	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
Min. 600 kg	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
Cilindro vibratório Min. 15 kN/m	6	2	0,35	0,25	0,20	-	0,60
Min. 30 kN/m	6	2	0,60	0,50	0,30	-	1,20
Min. 45 kN/m	6	2	1,00	0,75	0,40	-	1,80
Min. 65 kN/m	6	2	1,50	1,10	0,60	-	2,40
Cilindro duplo vibratório Min. 5 kN/m	6	2	0,15	0,10	-	-	0,20
Min. 10 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,15	-	0,45
Min. 20 kN/m	6	2	0,35	0,30	0,20	-	0,60
Min. 30 kN/m	6	2	0,50	0,40	0,30	-	0,85
Cilindro triplo pesado Min. 50 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,20	-	1,00

8.3.2 Enchimento superficial

O enchimento a partir dos 300 mm acima da geratriz superior do tubo, pode ser feito com material da própria escavação com uma granulometria máxima de 30 mm. No caso de ser necessário a compactação do enchimento superficial, o material utilizado deve apresentar no máximo um tamanho de partícula não superior a 2/3 da espessura da camada de compactação.

8.4 Classificação dos solos e graus de compactação

Neste manual considerou-se a divisão dos solos em três tipos, segundo a norma ENV 1046, nomeadamente solos granulares, coesivos e orgânicos. Cada um deles tem subgrupos, esta subdivisão para solos granulares é feita com base no tamanho das partículas e nos solos coesivos com base nos níveis de plasticidade. No Quadro 23 mostra-se a classificação dos solos segundo este critério e a aptidão dos mesmos para a sua utilização como material de enchimento.

Quadro 23 - Classificação dos solos segundo a norma ENV 1046

Tipo de solo		Grupo de solo			Uso em enchimento		
#	¹⁾	Designação	Características	Exemplos			
Granular	1	(GE) [GU]	Cascalho de tamanho uniforme	Curva granulométrica estreita, predominância duma granulometria	Rocha britada, cascalho de parias, de rio e de moreia, escória e cinza vulcânica	Sim	
		[GW]	Cascalho de granulometria contínua, mistura de cascalho e areia	Curva granulométrica contínua, diversas granulometrias			
		(GI) [GP]	Misturas irregulares de cascalho e areia	Curva granulométrica em escada			
	2	(SE) [SU]	Areias de tamanho uniforme	Curva granulométrica estreita, predominância duma granulometria	Areias de dunas, de vales e de bacias	Sim	
		[SW]	Areias de granulometria contínua, mistura de cascalho e areia	Curva granulométrica contínua, diversas granulometrias	Areia de moreia de praia e de rio		
		(SI) [SP]	Misturas irregulares de cascalho e areia	Curva granulométrica em escada			
	3	(GU) [GM]	Cascalho sedimentado, mistura de granulometria irregular de cascalho	Curva granulométrica larga, intermitente, com sedimento de grão fino	Cascalho alterado pelo tempo, detritos, cascalho argiloso	Sim	
		(GC) [GT]	Cascalho argiloso, mistura de granulometria irregular de cascalho, areia e argila	Curva granulométrica larga, intermitente, com argila de grão fino			
		(SU) [SM]	Areias sedimentadas, mistura de granulometria irregular de areia e sedimento	Curva granulométrica larga, intermitente, com sedimento de grão fino	Areia saturada, terra preta e areia loesse		
		(ST) [SC]	Areias argilosas, mistura de granulometria irregular de areia e argila	Curva granulométrica larga com fios de argila	Areia de terra preta, argila, marga de aluvião		
	Coesivo	4	(UL) [ML]	Sedimento orgânico, areias muito finas, areia fina de sedimentos ou argila	Fraca estabilidade, reacção rápida, ligeira ou nula plasticidade	Loesse, terra preta	Sim
			(TA) (TL) (TM) [CL]	Argila inorgânica, argila plástica	Estabilidade média e alta, reacção não muito lenta, plasticidade fraca e média	Marga de aluvião, argila	
Orgânico	5	(OK)	Mistura de solos de grão diferente com húmus ou grés	Mistura de plantas ou não, cheiro a podre, leves e porosas	Terra, areia calcária, areia de turfa	Não	
		(OU) [OL]	Sedimento orgânico e argila orgânica sedimentada	Grande estabilidade, reacção lenta a muito rápida, plasticidade média a elevada	Calcário, conquífero, terra		
	(OT) [OH]	Argila orgânica, argila com misturas orgânicas	Grande estabilidade, reacção nula, plasticidade média a elevada	Lama, terra preta			
	6	(HN) (HZ) [PT]	Turfa e outros solos muito orgânicos	Turfas decompostas, fibras de cor castanha a preta	Turfa		
[F]		Lamas	Lama e muito mole, depositada debaixo de água com areia, argila ou calcário	Lamas			

1) Os símbolos apresentados nesta coluna entre parêntesis rectos, [] correspondem à classificação segundo a norma BS 5930, e os entre parêntesis curvos, () à norma DIN 18196.

Quando o solo é uma mistura de dois ou mais tipos de solos, pode-se utilizar para a sua classificação o solo predominante. Frequentemente a densidade ou grau de consolidação é indicado para o solo sob a forma de letras ou números, no Quadro 24 apresenta-se uma relação aproximada entre as várias designações utilizadas.

Quadro 24 - Terminologia utilizada nas classes de compactação

Designação	Grau de compactação			
	≤ 80	81 a 90	91 a 94	95 a 100
% densidade Proctor ¹⁾				
Grau de compactação esperado	Não (N)			
		Moderado (M)		
			Bem (W)	
Solos granulares	Pouco denso	Medianamente denso	Denso	Muito denso
Solos orgânicos	Mole	Firme	Duro	Muito duro

¹⁾ Determinado de acordo com a norma DIN 18127

Quando não é conhecida informação detalhada sobre o solo original normalmente assume-se como grau de compactação entre 91 e 97 % densidade Proctor.

8.5 Métodos de ligação entre tubos e acessórios

Para os tubos, acessórios e tubos perfurados, a ligação é feita através dum anel em elastómero (oring labial) colocado na 1ª ranhura da extremidade corrugada do tubo.

Para uma correcta ligação é necessário:

- Limpar a sujidade interior da boca do tubo e/ou acessório e do anel em elastómero (oring labial), Para facilitar o deslizamento, aplicar lubrificante na superfície do anel em elastómero (oring labial) e no interior da boca do tubo e/ou acessório;
- Opor a boca do tubo ou acessório à extremidade corrugada do tubo com a junta e empurrar até ficar introduzida.

8.6 Desvios angulares em instalações rectilíneas

Em condições normais, os sistemas de tubagem para saneamento enterrado sem pressão deveriam ser instalados em linha recta, no entanto e porque estamos a falar de sistemas de tubos flexíveis são permitidos os seguintes raios de curvatura, sem que comprometam a estanquidade das uniões:

- $d_n \leq 200 \text{ mm} \Rightarrow$ raio de curvatura $R \geq 300 \times d_n$
- $d_n > 200 \text{ mm} \Rightarrow$ raio de curvatura $R \geq 500 \times d_n$

Nestes casos tem que se controlar o aumento da tensão sobre as uniões, pelo que o desvio angular deve ser superior a:

- $d_n \leq 315 \text{ mm} \Rightarrow$ desvio angular $\leq 2^\circ$
- $315 \text{ mm} < d_n \leq 630 \text{ mm} \Rightarrow$ desvio angular $\leq 1,5^\circ$
- $d_n > 630 \text{ mm} \Rightarrow$ desvio angular $\leq 1^\circ$

8.7 Instalação de caixas de ramal com tubo de elevação DN400

As caixas de ramal são instaladas em valas preparadas conforme foi referido nos pontos 8.1 a 8.3, após o assentamento deve-se seguir o descrito conforme se segue.



- 1** Ligação da tubagem e fixação da base.



- 2** Enchimento até ao topo e compactação lateral.



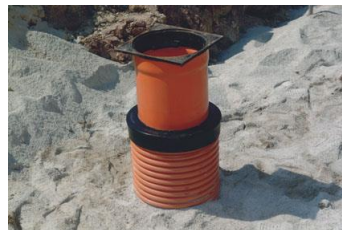
- 3** Lubrificação do tubo de elevação com oring e inserção na caixa. Usar massa de silicone.



- 4** Enchimento da vala e compactação do terreno.



- 5** Aplicar a junta de transição DN400/315.



- 6** Lubrificar e inserir a camisa telescópica.



- 7** Encher a vala por camadas e compactação do terreno. Construir o anel de distribuição de cargas.



- 8** Chumbar o aro e colocar a tampa de Ferro Fundido Dúctil (FFD) e nivelar o pavimento.

Figura 34 - Exemplo das fases de instalação duma caixa de ramal com tubo de elevação DN400

8.8 Ensaios de estanquidade em obra

Os ensaios nos sistemas de tubagem **Duralight** devem ser realizados de acordo com o procedimento descrito no ponto 13 da norma EN 1610, relativa à Instalação e Ensaios de Redes de Saneamento e Ramais.

Os ensaios de estanquidade de tubagens devem ser realizados com ar (método L) ou com água (método W), como se indica nos esquemas das Figuras 35 e 36 respectivamente.

No caso do ensaio com ar (método L), o número de correcções e repetições de ensaios a seguir a um ensaio não satisfatório não é restringido. No caso dum ensaio não satisfatório e contínuo numa prova com ar, é permitido o recurso ao ensaio com água e o resultado deste ensaio por si só, ser decisivo.

8.8.1 Ensaios com ar - método "L" da norma EN 1610

Pressão de ensaio

A pressão de ensaio P_0 é a pressão equivalente ou resultante de encher a secção de prova com ar, com uma pressão máxima de 20 kPa e mínima de 1 kPa medida na parte superior do tubo.

Tempo de acondicionamento

Depois das tubagens, caixas de inspecção e caixas de visita, estarem cheios de ar à pressão inicial 10 % superior à pressão de prova, P_0 , será necessário um tempo de espera para acondicionamento e estabilização de cerca de 5 minutos. Pode ser necessário um tempo mais longo, por exemplo em condições climatéricas mais secas.

Tempo de prova

Os tempos de ensaio P_0 são os constantes no Quadro 25 em função do diâmetro da tubagem e do método escolhido para ensaio (LA, LB, LC ou LD). O método de prova deve ser fixado pelo responsável.

Quadro 25 - Pressão de ensaio, perda de pressão e tempo de ensaio para provas com ar

Material	Método	P_0^* mbar (kPa)	Δ_p mbar (kPa)	Tempo de ensaio (minutos)					
				DN125 DN160	DN200 DN250	DN315	DN400 DN500	DN630	DN800
Tubagem termoplástica	LA	10 (1)	2,5 (0,25)	5	5	7	10	14	24
	LB	50 (5)	10 (1)	4	4	6	7	11	19
	LC	100 (10)	15 (1,5)	3	3	4	5	8	14
	LD	200 (20)	15 (1,5)	1,5	1,5	2	2,5	4	7

Requisitos do Ensaio

Se a perda de pressão medida depois do tempo de ensaio é menor que Δ_p , então a tubagem esta conforme.

Para evitar erros produzidos pelo equipamento de ensaio, devem ser utilizadas conexões herméticas apropriadas. É necessário ter especial cuidado durante ensaios de diâmetros grandes por razões de segurança.

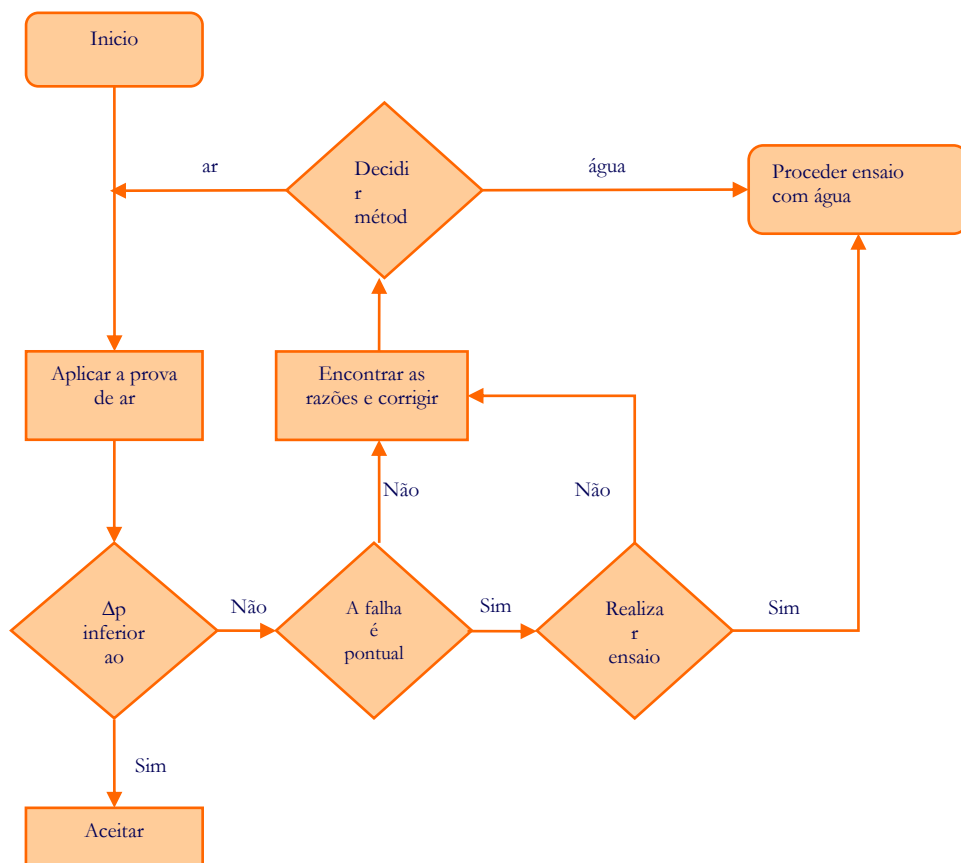


Figura 35 - Esquema de ensaio de estanquidade com ar, método "L"

8.8.2 Ensaio com água - método "W" da norma EN 1610

Pressão de ensaio

A pressão de ensaio é a pressão equivalente ou resultante de encher a secção de prova até ao nível do terreno da caixa de inspecção ou até à altura máxima da secção da conduta, com uma pressão máxima de 50 kPa e mínima de 10 kPa medida na parte superior do tubo.

Tempo de acondicionamento

Depois das tubagens, caixas de inspecção e caixas de visita, estarem cheios à pressão requerida para realizar o ensaio, pode ser necessário um tempo de espera para acondicionamento. Normalmente 1 hora é suficiente. Pode ser necessário um tempo mais longo, por exemplo em condições climáticas mais secas.

Tempo de prova

O tempo de ensaio deve ser de (30±1) min

Requisitos do Ensaio

A pressão deverá ser mantida dentro de 1 kPa à volta do valor de pressão definida como pressão de ensaio, enchendo com água. A quantidade total de água adicionada para conseguir a condição anterior deve ser medida e registada.

A tubagem é considerada conforme se a quantidade de água adicionada não é maior que:

- 0,15 l/m² durante 30 min para tubagens;
- 0,20 l/m² durante 30 min para tubagens incluindo caixas de inspeção;
- 0,40 l/m² durante 30 min para caixas de inspeção e caixas de visita.

Nota 6: m² refere-se à superfície interna molhada.

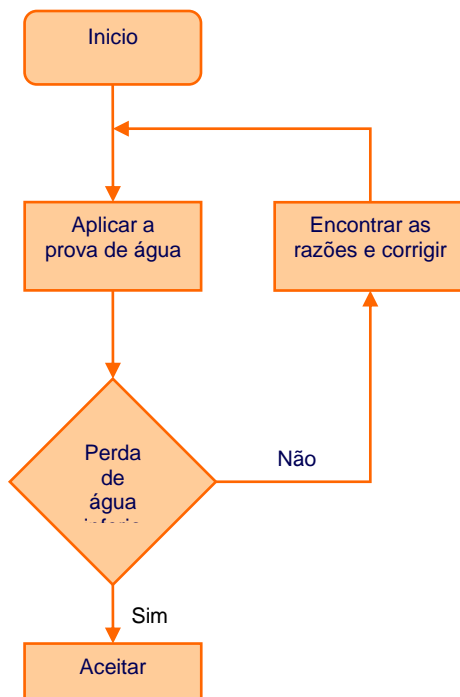


Figura 36 - Esquema de ensaio de estanquidade com água, método "W"

9 MANUTENÇÃO, INSPECÇÃO E REPARAÇÃO

As caixas de inspecção **Duralight**, são elementos acessórios das redes destinadas a permitir a inspecção e limpeza das canalizações. Dado que as caixas não permitem o acesso humano ao seu interior, a manutenção das redes de saneamento a partir destas é feita ao nível do pavimento, utilizando para isso equipamento apropriado de limpeza. A limpeza pode ser feita através de:

- Processos mecânicos;
- Por jacto de água.

A inspecção das redes de saneamento, de forma a garantir o seu correcto funcionamento, pode ser feita a partir das caixas de inspecção do sistema **Duralight**, utilizando a um sistema de inspecção vídeo.

Quando é necessário efectuar uma intervenção para reparar um ponto qualquer da conduta, deve-se ter em conta as instruções do fabricante, assim sendo a FERSIL recomenda sempre a utilização do tubo e/ou acessório da mesma classe de rigidez que o usado na conduta.

A reparação pode ser efectuada substituindo o componente ou efectuando a remoção de parte dum componente e a sua substituição recorrendo por exemplo a uniões telescópicas:

- Identificar e remover todo a secção que estiver estragada;
- Se for necessário cortar a secção, o corte deve ser perpendicular, na base dos anéis e isento de rebarbas;
- Aplicar um oring recomendado pela FERSIL, em cada extremidade a unir, aplicar a ponta de tubo e/ou uma união telescópica deslizando-a até ao ponto de união;
- Deve-se ter o cuidado para que a inserção das uniões telescópicas e dos troços de tubo seja efectuada sob um leito adequado.

10 PROJECTO MECÂNICO

Um dos aspectos mais relevantes no dimensionamento de condutas enterradas para saneamento em escoamento gravítico, é o seu comportamento perante as cargas externas (cargas do solo e cargas de trânsito).

10.1 Comportamento da tubagem enterrada

Os tubos de Polipropileno ao serem enterrados, ficam sujeitos às cargas do solo e do trânsito e sofrem uma deflexão (aumento do diâmetro horizontal com uma diminuição simultânea do diâmetro vertical), como pode ser visualizado na figura seguinte.

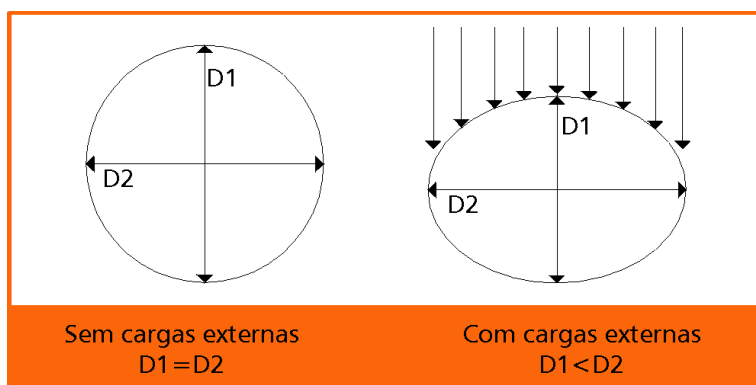


Figura 37 - Esquema representativo da deflexão sofrida por um tubo enterrado, por acção das cargas externas

A deformação máxima recomendada é de 5 % do diâmetro nominal, aos 50 anos.

A tubagem corrugada por ser uma tubagem flexível, ou seja a rigidez do tubo é inferior à rigidez do terreno que o rodeia, comporta certas deformações sem quebrar, daí que o seu comportamento seja diferente ao das tubagens rígidas e semi-rígidas face às cargas externas. Por isso, embora seja capaz de suportar por si mesma uma certa carga externa, a sua resistência real obtém-se quando ao ser enterrada e se produz a deformação entram em acção as forças laterais do terreno envolvente, que contribuem para suportar as cargas exteriores.

O bom comportamento mecânico e a capacidade do sistema para suportar estes esforços depende de:

- rigidez circunferencial da tubagem;
- ângulo de apoio do tubo sobre o leito;
- natureza do terreno lateral e do terreno sobre a geratriz superior do tubo;
- qualidade do acabamento superficial (ex.: existência ou não de pavimento, etc.);
- existência ou não duma capa freática a actuar sobre a tubagem;
- profundidade de enterramento;
- natureza e grau de compactação do(s) material(ais) utilizado(s) no aterro.

10.2 Determinação das cargas

A metodologia de cálculo que se apresenta de seguida baseia-se na norma UNE 53331 e no guia alemão ATV-127. Nesta directriz indica-se o método de cálculo mais preciso e utilizado para a determinação de cargas e deformações previsíveis em condutas enterradas.

10.2.1 Carga do solo

A carga vertical do solo, pode ser calculada com base na teoria de Silo, através da seguinte expressão, em que S_c representa um factor correctivo da carga, originado pela auto sustentação do terreno.

$$P_s = Sc \times \rho \times b$$

em que:

P_s - carga vertical do solo em ton/m²;

ρ - peso específico do terreno em ton/m³, ver Quadro 27;

b - largura da vala em m, e

Sc - coeficiente de correção da carga do solo, ver o Gráfico da Figura 38.

O valor de Sc é obtido através da equação:

$$Sc = \frac{1 - e^{-2K \times \tan(\theta) \times \frac{H}{b}}}{2K \times \tan(\theta)}$$

em que:

H - profundidade da vala medida até à geratriz superior do tubo em m;

K - relação entre a pressão lateral e a pressão vertical do solo;

θ - ângulo de fricção entre o enchimento e as paredes da vala em °, ver Quadro 26. Quando $\theta = 0 \Rightarrow Sc = 1$

A relação entre a pressão lateral e vertical do solo pode ser calculado através da expressão:

$$K = \frac{1 - \text{Sen}(\theta)}{1 + \text{Sen}(\theta)}$$

No gráfico seguinte estão representados os valores do coeficiente de carga, Sc , em função da relação entre a altura e largura da vala, H/b , para alguns valores do produto $K \cdot \tan(\theta)$.

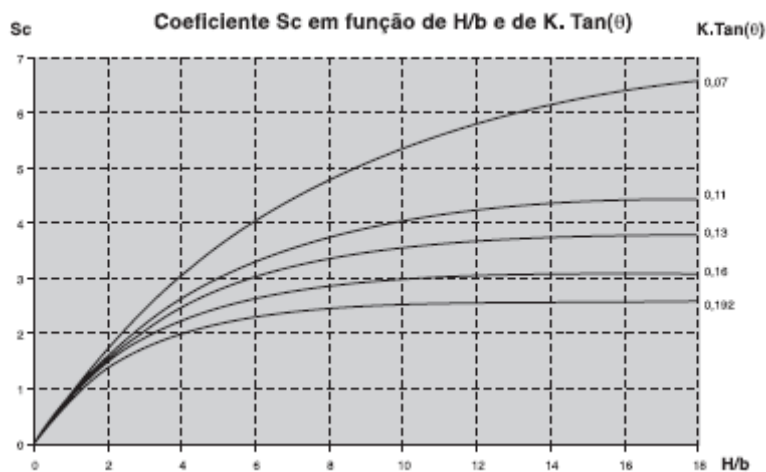


Figura 38 - Gráfico do coeficiente de carga, Sc , em função da relação H/b e do produto $K \cdot \tan(\theta)$

O ângulo de fricção entre o enchimento e a parede da vala, θ , e a relação entre a pressão lateral e vertical do solo, K , são função das condições de recobrimento. No Quadro 26 apresentam-se os valores típicos do parâmetro θ em função das condições de recobrimento.

Quadro 26 - Valores do ângulo de fricção, θ , em função das condições de recobrimento

Condições de recobrimento	θ °
A1	$2/3 \delta$
A2	$1/3 \delta$
A3	0
A4	δ

em que:

- δ - ângulo de fricção interna do material de enchimento em ° (ver Quadro 27);
- A1 - enchimento compactado por camadas contra o solo original, sem verificação do grau de compactação;
- A2 - enchimento em valas escoradas verticalmente, sem compactação;
- A3 - valas construídas verticalmente, suportadas por placas de madeira ou outro material de contenção;
- A4 - enchimento compactado por camadas contra o solo natural, com verificação do grau de compactação.

No Quadro 27 apresentam-se alguns valores do peso específico, ρ , e do ângulo de fricção interna, δ , para alguns tipos de terreno.

Quadro 27 - Valores do peso específico, ρ , e do ângulo de fricção interna, δ , para alguns tipos de terreno

Tipo de terreno	Peso específico ρ (ton/m ³)	Ângulo de fricção interna δ (°)
Areia solta	1,9	30,0
Areia semi-densa	2,0	32,5
Areia densa	2,1	35,0
Cascalho	2,0	35,0
Cascalho com areia	2,1	35,0
Escombros	1,7	35,0
Argila semi-sólida	2,1	15,0
Argila rígida	2,0	15,0
Argila mole	1,8	15,0
Argila arenosa rígida	2,2	22,5
Argila arenosa mole	2,1	22,5
Lodo rígido ou sólido	2,0	22,5
Lodo mole	1,9	22,5
Argila e calcário orgânicos	1,7	10,0
Turfa	1,1	15,0

10.2.2 Cargas de trânsito

As cargas de trânsito são produzidas na superfície e transmitidas ao subsolo. Para determinação destas foram adoptados os veículos standard definidos na norma DIN 1072, ver Figura 39.

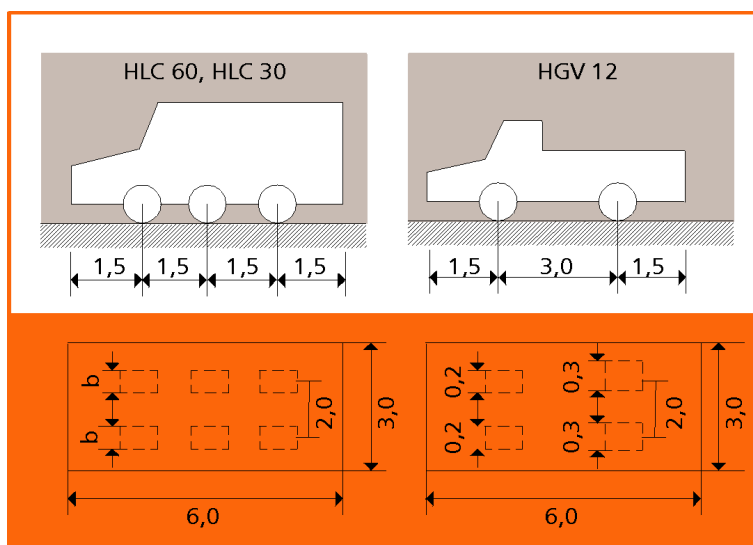


Figura 39 - Veículos Standard, segundo a norma DIN 1072

No Quadro 28 são apresentadas as cargas e as dimensões das áreas de apoio dos veículos standard definidos na Norma DIN 1072.

Quadro 28 - Valores das cargas e dimensões das áreas de apoio, para os veículos Standard definidos na norma DIN 1072

Veículo Standard	Tipo de Trânsito	Carga Total (kN)	Carga por roda (kN)	Área de apoio numa roda	
				Largura (m)	Comprimento (m)
HCL 60	Pesado	600	100	0,60	0,20
HCL 30	Médio	300	50	0,40	0,20
HGV 12	Ligeiro	120	40	0,30	0,20
			(nas rodas traseiras)	20	0,20
			(nas rodas dianteiras)		

A carga de trânsito que actua no plano tangente à geratriz superior da tubagem pode ser calculada através da seguinte expressão.

$$P_t = \frac{3T}{2\pi H^2 \left(1 + \frac{X^2}{H^2}\right)^{5/2}}$$

em que:

P_t - carga de trânsito em ton/m²;

T - carga de trânsito esperada em ton (valor obtido do Quadro 28);

X - distância entre o ponto de incidência da carga e o eixo do tubo em m;

H - profundidade da vala medida desde a superfície do terreno até à geratriz superior do tubo em m.

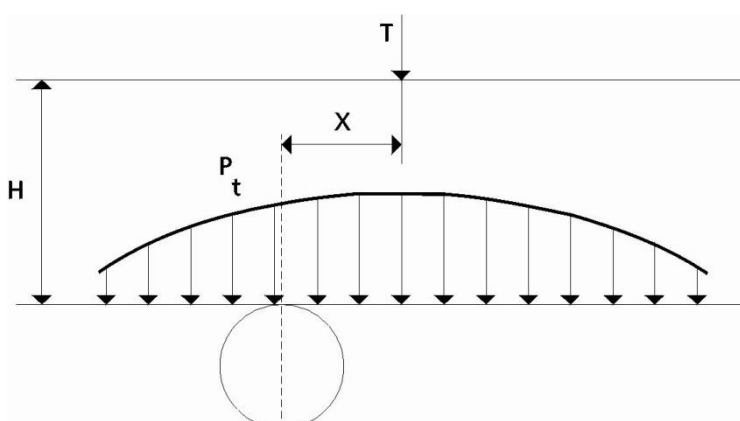


Figura 40 - Exemplo das cargas de trânsito a actuar num tubo enterrado

Pela análise da expressão da carga de trânsito podemos concluir que para valas pouco profundas (valores de H pequenos), o valor dos esforços suportados pelo tubo devido a essas cargas são muito elevados, por esta razão a expressão anterior apenas é válida para valores de $H \geq 0,5$ m.

10.2.4 Carga total

A carga total exercida sobre a tubagem é calculada pela soma da carga do solo e da carga de trânsito:

$$Q = P_s + P_t$$

em que:

Q - carga total em ton/m²;

P_s - carga vertical do solo em ton/m²;

P_t - carga de trânsito em ton/m².

10.3 Determinação da deflexão - Deformação vertical

A deflexão provocada pela carga total (somatório das cargas do solo e cargas de trânsito), pode ser determinada pela fórmula de Spangler modificada:

$$\Delta D = \frac{(C \times P_s + P_t) \times B_1}{8RCE + 0,061E_R}$$

em que:

- C - factor de auto compactação:
C = 1,5 => compactação moderada;
C = 2,0 => compactação moderada com baixa altura de recobrimento.
- P_s - carga vertical do solo em kN/m²;
- P_t - cargas de trânsito em kN/m²;
- B₁ - factor de distribuição de carga (ver Quadro 31);
- RCE - rigidez circunferencial específica calculada sobre o diâmetro em kN/m² (no sistema **Duralight** estão disponíveis as classes de 4 e 8 kN/m² - SN4 e SN8);
- E_R - módulo de rigidez do terreno em kN/m² (ver Quadro 32).

O valor da deformação do tubo segundo a norma alemã ATV-127, não deve ultrapassar 6 % do diâmetro exterior do mesmo, no entanto o valor normalmente adoptado é 5 %.

Os valores do módulo de rigidez do material de enchimento, em função do grupo de solo e da densidade Proctor, podem ser obtidos do Quadro que se apresenta de seguida.

Quadro 29 - Valores do módulo de rigidez do material de enchimento, E_R, em função do grupo de solo e da densidade Proctor, SPD

Grupo de solo	E _R x 10 ⁻³ kN/m ²					
	Grau de compactação (Densidade Proctor)					
	SPD = 85 %	SPD = 90 %	SPD = 92 %	SPD = 95 %	SPD = 97 %	SPD = 100 %
1	2,0	6,0	9,0	16,0	23,0	40,0
2	1,2	3,0	4,0	8,0	11,0	20,0
3	0,8	2,0	3,0	5,0	8,0	13,0
4	0,6	1,5	2,0	4,0	6,0	10,0

No Quadro 30 apresenta-se a correspondência entre a classificação dos solos segundo a norma ATV-127 (utilizada no quadro anterior), a norma DIN 18196 e a norma voluntária ENV 1046 (utilizada no Quadro 23).

Quadro 30 - Classificação dos solos, correspondência entre as normas ATV-127, DIN 18196 e ENV 1046

ATV 127		DIN 18196	ENV 1046	
Grupo	Tipo	Grupo	Grupo	Tipo
1	Não coesivo	GE, GW, GI, SE, SW e SI	1 e 2	Granular
2	Ligeiramente coesivo	GU, GT, SU e ST	3	Granular
3	Coesivo com mistura	GU, SU, ST e GT, UL, UM	4	Coesivo
4	Coesivo	TL, TM, TA, OU, OH e OK	4, 5 e 6	Coesivo e orgânico

No Quadro 31 apresentam-se os valores do factor de distribuição de carga em função do ângulo de apoio.

Quadro 31 - Valores do factor de distribuição de carga, B₁, para vários valores do ângulo de apoio, 2α.

Ângulo de Apoio 2α	60 °	90 °	120 °	180 °
B ₁	0,1053	0,0966	0,0893	0,0833

A rigidez circunferencial específica calculada sobre o diâmetro e o respectivo momento de inércia são definidas pelas seguintes expressões:

$$RCE = \frac{E \times I}{D^3} \quad I = \frac{e^3}{12}$$

em que:

- E - módulo de elasticidade do material do tubo em kN/m², para o Polipropileno E ≥ 1250 MPa
(1 mPa = 1013,25 kN/m²)
- D - diâmetro exterior médio do tubo em cm;
- I - momento de inércia em cm⁴/cm.
- e - espessura equivalente do tubo em cm.

No caso do tubo corrugado **Duralight** da FERSIL, as classes de rigidez circunferencial específica foram determinadas e verificadas através de ensaios exaustivos em laboratório de acordo com a norma EN ISO 9969. A FERSIL tem disponível a gama completa de tubos e acessórios nas classes de rigidez SN4 e SN8 respectivamente 4 e 8 KN/m².

10.4 Escolha da rigidez circunferencial

Nos Quadros 32 e 33, apresentam-se os valores de rigidez mínima recomendada de acordo com a norma voluntária ENV 1046 para ser utilizados na ausência de experiência ou de cálculos que demonstrem que o valor de SN pode ser menor.

No caso de profundidades inferiores a 1 m e para condutas enterradas sujeitas a cargas de trânsito é aconselhável que os valores do Quadro para a rigidez mínima sejam confirmados através de cálculos (pode ser utilizada a metodologia descrita nas secções anteriores - pontos 10.2 e 10.3).

Quadro 32 - Rigidez mínima recomendada para zonas sem trânsito, segundo a norma voluntária ENV 1046

Grupo do material de enchimento ²⁾	Classe de compactação ¹⁾	Rigidez mínima recomendada (N/m ²)					
		Profundidade ≥ 1 m e ≤ 3 m					
		Grupo de solo original ²⁾					
		1	2	3	4	5	6
1	W	1.250	1.250	2.000	2.000	4.000	5.000
	M	1.250	2.000	2.000	4.000	5.000	6.300
	N	2.000	2.000	2.000	4.000	8.000	10.000
2	W		2.000	2.000	4.000	5.000	5.000
	M		2.000	4.000	5.000	6.300	6.300
	N		4.000	6.300	8.000	8.000	*
3	W			4.000	6.300	8.000	8.000
	M			6.300	8.000	10.000	*
	N			*	*	*	*
4	W				6.300	8.000	8.000
	M				*	*	*
	N				*	*	*

Grupo do material de enchimento ²⁾	Classe de compactação ¹⁾	Rigidez mínima recomendada (N/m ²)					
		Profundidade > 3 m e ≤ 6 m					
		Grupo de solo original ²⁾					
		1	2	3	4	5	6
1	W	2.000	2.000	2.500	4.000	5.000	6.300
	M	2.000	4.000	4.000	5.000	6.300	8.000
2	W		4.000	4.000	5.000	8.000	8.000
	M		5.000	5.000	8.000	10.000	*
3	W			6.300	8.000	10.000	*
	M			*	*	*	*
4	W				*	*	*
	M				*	*	*

Quadro 33 - Rigidez mínima recomendada para zonas com trânsito, segundo a norma voluntária ENV 1046

Grupo do material de enchimento ²⁾	Classe de compactação ¹⁾	Rigidez mínima recomendada (N/m ²)					
		Profundidade ≥ 1 m e ≤ 3 m					
		Grupo de solo original ²⁾					
		1	2	3	4	5	6
1	W	4.000	4.000	6.300	8.000	10.000	*
2	W		6.300	8.000	10.000	*	*
3	W			10.000	*	*	*
4	W				*	*	*

Grupo do material de enchimento ²⁾	Classe de compactação ¹⁾	Rigidez mínima recomendada (N/m ²)					
		Profundidade > 3 m e ≤ 6 m					
		Grupo de solo original ²⁾					
		1	2	3	4	5	6
1	W	2.000	2.000	2.500	4.000	5.000	6.300
2	W		4.000	4.000	5.000	8.000	8.000
3	W			6.300	8.000	10.000	*
4	W				*	*	*

* - São necessários cálculos para a determinação da rigidez do tubo

1) - Ver Quadros 21, 22 e 24

2) - Ver Quadro 23 - classificação segundo a norma voluntária ENV 1046

Nota 7: Ter em atenção à possibilidade de existir uma pressão negativa e os requisitos de compactação que devem ser tomados quando a rigidez do tubo é inferior a 2500 N/m².

10.5 Exemplos de aplicação

10.5.1 Metodologia de cálculo definido na Norma ENV 1046

Supondo que pretendíamos instalar uma tubagem de saneamento enterrado, numa zona sujeita a trânsito e com as seguintes condições de instalação:

- Altura do terreno acima da geratriz superior do tubo, H = 4 m;
- Leito de assentamento do tubo á base de mistura irregular de areia e cascalho (ex.: rocha britada);
- Solo original coesivo (ex.: areias muito finas).

Resolução utilizando os Quadros 32 e 33 da rigidez mínima recomendada segundo a norma voluntária ENV 1046.

Recorrendo ao Quadro 23 obtemos os grupos de solo a que pertencem o solo original e o material de enchimento:

- Solo original: areias muito finas => solo tipo coesivo, grupo 4;
- Material de enchimento: rocha britada => solo tipo granular, grupo 1.

Do Quadro 33 verificamos que para zonas com trânsito e com uma profundidade de 4 m, para solos do grupo 4 utilizando um material de enchimento do grupo 1, a rigidez mínima recomendada é 4.000 N/m², ou seja, teríamos de utilizar uma tubagem no mínimo SN4.

Para este exemplo a classe compactação recomendada (Quadro 33), é W, consultando o Quadro 21 vemos que para o tipo de material de enchimento considerado, teríamos que ter uma Densidade Proctor de 98 a 100 %.

10.5.2 Metodologia de cálculo definido na Norma ATV-127

Supondo que pretendíamos instalar uma tubagem de saneamento enterrado de DN315 e SN8, numa zona sujeita a trânsito pesado e com as seguintes condições de instalação:

- Largura da vala, $b = 0,8$ m;
- Altura do terreno acima da geratriz superior do tubo, $H = 5$ m;
- Leito de assentamento do tubo à base de mistura irregular de areia e cascalho, com um grau de compactação de 90 %;
- Ângulo de apoio da tubagem sobre o leito de 60° .

Resolução através da metodologia de cálculo expressa na norma ATV-127.

Cálculo das cargas de solo

Através da expressão:

$$P_s = S_c \times \rho \times b$$

podemos calcular a carga exercida no tubo por acção do solo.

O valor do peso específico do terreno é obtido através do Quadro 27, para uma mistura de areia e cascalho:

$$\rho = 2,1 \text{ ton/m}^3$$

O valor do coeficiente de correcção da carga do solo, S_c é obtido através da equação:

$$S_c = \frac{1 - e^{-2K \times \tan(\theta) \times \frac{H}{b}}}{2K \times \tan(\theta)}$$

em que:

- $H = 5$ m;

- θ - é obtido do Quadro 26, considerando que as condições de recobrimento são do tipo A1:

$$\theta = \frac{2}{3} \delta$$

- o valor de δ obtém-se do Quadro 27, para uma mistura de cascalho e areia:

$$\delta = 35^\circ \Rightarrow \theta = 35 \times \frac{2}{3} = 23,3^\circ$$

- K é calculado através da expressão:

$$K = \frac{1 - \text{Sen}(\theta)}{1 + \text{Sen}(\theta)} = \frac{1 - \text{Sen}(23,3)}{1 + \text{Sen}(23,3)} = 0,433$$

Sendo assim podemos calcular o valor de S_c :

$$S_c = \frac{1 - e^{-2 \times 0,433 \times \tan(23,3) \times \frac{5}{0,8}}}{2 \times 0,433 \times \tan(23,3)} = 2,421$$

Podemos agora calcular o valor das cargas do solo:

$$P_s = S_c \times \rho \times b = 2,421 \times 2,1 \times 0,8 = 4,067 \text{ ton/m}^2$$

Cálculo da carga de trânsito

$$P_t = \frac{3T}{2\pi H^2 \left(1 + \frac{X^2}{H^2}\right)^{5/2}}$$

em que:

- T é obtido do Quadro 28, para a situação de trânsito pesado:

$$T = 100 \text{ kN} = 10,20 \text{ ton, com } 1 \text{ ton} \approx 9,805 \text{ kN}$$

- X = 0 => situação menos favorável, caso em que o trânsito incide directamente sobre a tubagem.

$$P_t = \frac{3 \times 10,20}{2\pi \times 5^2 \left(1 + \frac{0^2}{5^2}\right)^{5/2}} = 0,195 \text{ ton/m}^2$$

Carga total

$$Q = P_s + P_t = 2,421 + 0,195 = 2,616 \text{ ton/m}^2 = 2,616 \times 9,805 = 25,650 \text{ kN/m}^2$$

Determinação da rigidez circunferencial do tubo

$$\text{SN8} \Rightarrow \text{RCE} = 8 \text{ kN/m}^2$$

Cálculo da deflexão

A deformação sofrida pelo tubo é calculada através da expressão:

$$\Delta D = \frac{(C \times P_s + P_t) \times B_1}{8\text{RCE} + 0,061E_R}$$

em que:

- C = 1,5 => compactação moderada;
- P_s - carga vertical do solo em kN/m²;
- P_t - cargas de trânsito em kN/m²;
- RCE = 8 kN/m²;
- B₁ - obtém-se do Quadro 45, para um ângulo de apoio de 60° => B₁ = 0,1053;
- E_R - módulo de rigidez do terreno em kN/m², obtém-se através do Quadro 29.

Através do Quadro 23 de classificação dos solos da norma voluntária ENV 1046, vemos que misturas irregulares de cascalho e areia são solos tipo granular => grupo 2.

No Quadro 30 vemos que na classificação da ATV 127 correspondem ao grupo 1.

No Quadro 29 para o grupo 1 (ATV 127) e SPD = 90 % tiramos o valor de ER = 6000 kN/m².

Podemos então calcular o valor da deflexão do tubo:

$$\Delta D = \frac{(1,5 \times 4,067 \times 9,805 + 0,195 \times 9,805) \times 0,1053}{8 \times 8 + 0,061 \times 6000} = 1,51\%$$

O valor da deformação do tubo não ultrapassa o valor máximo de 5 %.

Como o valor da deformação é muito baixo podemos fazer os cálculos para verificar se um tubo de rigidez SN4 seria suficiente.

$$\text{Para SN4} \Rightarrow \text{RCE} = 4 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta D = \frac{(1,5 \times 4,067 \times 9,805 + 0,195 \times 9,805) \times 0,1053}{4 \times 8 + 0,061 \times 6000} = 1,63\%$$

A tubagem da classe SN4 também poderia ser utilizada nestas condições.

11 PROJECTO HIDRÁULICO

11.1 Concepção dos sistemas

Os sistemas de drenagem pública de águas residuais podem classificar-se basicamente em unitários ou separativos, consoante sejam constituídos por uma única rede de colectores, onde são admitidos conjuntamente as águas residuais domésticas, industriais e pluviais, ou por duas redes distintas, uma destinada às águas domésticas e industriais e outra à drenagem das águas pluviais ou similares. Podem ainda ser mistos, quando constituídos pela conjugação dos dois tipos anteriores, em que parte da rede de colectores funciona como sistema unitário e a restante como sistema separativo, ou separativos parciais ou pseudo separativos, em que se admite em condições excepcionais, a ligação de águas pluviais de pátios interiores ao colector de águas residuais domésticas.

Durante os últimos 50 anos tem existido uma clara tendência para a construção de sistemas separativos, devido à necessidade crescente de construir estações de tratamento de águas residuais como meio de controlar a poluição de rios e canais.

Num sistema separativo, as águas residuais domésticas e industriais são normalmente conduzidas a uma estação de tratamento e as pluviais são lançadas em linhas de água.

A drenagem deverá ser, sempre que possível (topografia do terreno favorável), efectuada por gravidade. As bombagens devem ser evitadas e no caso de serem indispensáveis, devem-se localizar no centro de gravidade da área a drenar (uma única estação elevatória). As estações elevatórias em sistemas públicos de drenagem de águas residuais devem ser evitadas porque apresentam custos de energia e manutenção elevados, originam frequentemente inconvenientes sanitários e necessitam da existência de descargas alternativas no caso de avarias.

Na concepção de sistemas novos de drenagem pública de águas residuais é obrigatória a concepção conjunta do sistema de drenagem de águas residuais domésticas e do sistema de drenagem de águas pluviais, independentemente de eventuais faseamentos diferidos de execução das obras e deve em princípio ser adoptado o sistema separativo. Na remodelação de sistemas unitários ou mistos existentes, deve ser considerada a transição para o sistema separativo.

11.2 Elementos de base e caudais de projecto

11.2.1 Águas residuais comunitárias

As águas residuais comunitárias incluem:

- águas residuais domésticas, que dependem da população servida pela rede de abastecimento público e do consumo por habitante por dia - capitação;
- águas industriais, que dependem do consumo, tipo e dimensão da indústria;
- águas infiltradas, que são função do nível freático e do estado das juntas e ramais de ligação.

11.2.2 Águas residuais domésticas

Para calcular os caudais domiciliários afluentes à rede pública é necessário conhecer:

- a população actual - no início da exploração (ano 0);

- a população futura - no ano horizonte de projecto (normalmente 20 anos para equipamento electromecânico e 40 anos para obras de construção civil).

A população actual pode ser estimada através do número de contadores do serviço público de abastecimento ou pela contagem do número de fogos e determinação da respectiva taxa de ocupação (CENSOS).

A população futura para o horizonte de projecto, pode ser estimada utilizando os Planos Directores Municipais (PDM's), que definem as áreas e taxa de ocupação do solo.

No caso de áreas de consumo uniforme é possível a determinação da população drenada por metro linear de colector actual e futura, o que permite o cálculo da população drenada em cada troço.

Em relação aos consumos actuais, estes podem ser obtidos ou estimados a partir dos registos dos serviços de exploração dos sistemas de abastecimento. Com base nos valores do consumo de água e da população obtém-se a capitação média anual actual, e a partir desta estima-se a sua evolução previsível.

As capitações na distribuição domiciliária, segundo o Decreto Regulamentar N.º 23/95, não devem ser inferiores aos valores expressos no Quadro 34.

Quadro 34 - Capitações em função do número de habitantes

Capitação l / hab. / dia	Nº de habitantes
80	Até 1000
100	1.000 a 10.000
125	10.000 a 20.000
150	20.000 a 50.000
175	> 50.000

As capitações correspondentes aos consumos comerciais e de serviços, podem geralmente ser incorporados nos valores médios da capitação global e admite-se um valor da ordem de 50 l/hab./dia para zonas com actividade comercial intensa, ou consideram-se consumos localizados.

Uma vez que nem toda a água consumida afluí à rede de drenagem, é necessário definir um factor de afluência, f_a , que representa a relação entre os volumes anuais afluentes à rede e os volumes consumidos. Este factor varia normalmente entre 0,7 e 0,9 e depende dos hábitos da população e da extensão de zonas verdes ou agrícolas.

A capitação de afluência à rede é obtida pela multiplicação do factor de afluência, f_a , e a capitação de consumo de água. O caudal médio anual domiciliário em l/s pode ser estimado pela seguinte equação:

$$Q_{\text{Médio}} = \frac{\text{População} \cdot \text{Capitação} \cdot f_a}{24 \cdot 3600}$$

em que:

População - número de habitantes;

Capitação - consumo médio de água por habitante, em l/hab./dia;

f_a - factor de afluência à rede.

11.2.3 Águas Industriais

Os caudais industriais podem ser estimados com base em indicadores característicos das respectivas indústrias, ou medidos directamente no local. Na elaboração de estudos de drenagem pública com apreciável componente industrial, é indispensável a inventariação das unidades industriais de modo a serem conhecidos os caudais actuais e estimados os futuros.

11.2.4 Águas Infiltradas

Segundo o Decreto Regulamentar N.º 23/95, desde que não se disponha de dados experimentais locais ou informações similares, os caudais de infiltração podem ser estimados considerando duas situações distintas consoante se trate de redes de pequenos aglomerados com colectores a jusante até 300 mm, em que se considera $Q_{\text{inf}} = Q_{\text{Médio}}$, ou se trate de redes de médios e grandes aglomerados, em que Q_{inf} é proporcional ao diâmetro e comprimentos dos colectores, com valores compreendidos entre 0,5 e 4,0 m³/dia/cm/km consoante se trate de colectores recentes ou a construir ou se trate de redes precárias e em mau estado de conservação respectivamente. Os valores de Q_{inf} podem ser inferiores desde que se garanta uma boa estanquidade nos colectores, juntas e caixas de visita.

11.2.5 Caudal de ponta

O factor de ponta instantâneo é a razão entre o caudal máximo instantâneo anual e o caudal médio anual das águas residuais. Este factor deve ser determinado com base na análise de registos locais, no caso de inexistência dos elementos necessários para o seu cálculo pode usar-se a seguinte equação:

$$f = 1,5 + \frac{60}{\sqrt{P}}$$

em que:

P - população a montante da secção em estudo.

O caudal de ponta residual doméstico é calculado pelo produto do factor de ponta instantâneo e do caudal médio anual domiciliário:

$$Q_p = Q_{\text{Médio}} \times f$$

11.2.6 Caudal de cálculo

O caudal máximo ou de dimensionamento é aquele que corresponde ao máximo instantâneo possível no horizonte do projecto e destina-se a determinar a capacidade de escoamento necessária.

$$Q_{\text{Máx}} = Q_{P40} + Q_{\text{Ind}40} + Q_{\text{inf}40}$$

O caudal mínimo que garanta as condições de auto-limpeza é definido como o caudal de ponta inicial:

$$Q_{\text{al}} = Q_{P0} + Q_{\text{Ind}0}$$

11.2.7 Águas pluviais

De acordo com o Decreto Regulamentar N.º 23/95, o método recomendado no cálculo dos caudais pluviais é o método racional.

O caudal máximo pluvial ou de dimensionamento, em l/s, pode ser calculado pela equação:

$$Q_{\text{Máx}} = C \times I \times A$$

em que:

C - coeficiente de escoamento que corresponde à relação entre o caudal máximo por unidade de área e a intensidade média que o provoca;

I - intensidade média máxima de precipitação com duração igual ao tempo de concentração da bacia, t_c , e período de retorno, t_R , que se pretende para o caudal, em l/s/ha;

A - área da bacia de drenagem a montante, em ha.

O coeficiente de escoamento pode ser obtido do Gráfico da Figura 41, em função do tipo e inclinação do terreno e da percentagem de áreas impermeáveis, de acordo com o Decreto Regulamentar N.º 23/95. No caso de existirem várias bacias o coeficiente de escoamento pode ser ponderado analiticamente ou subjectivamente.

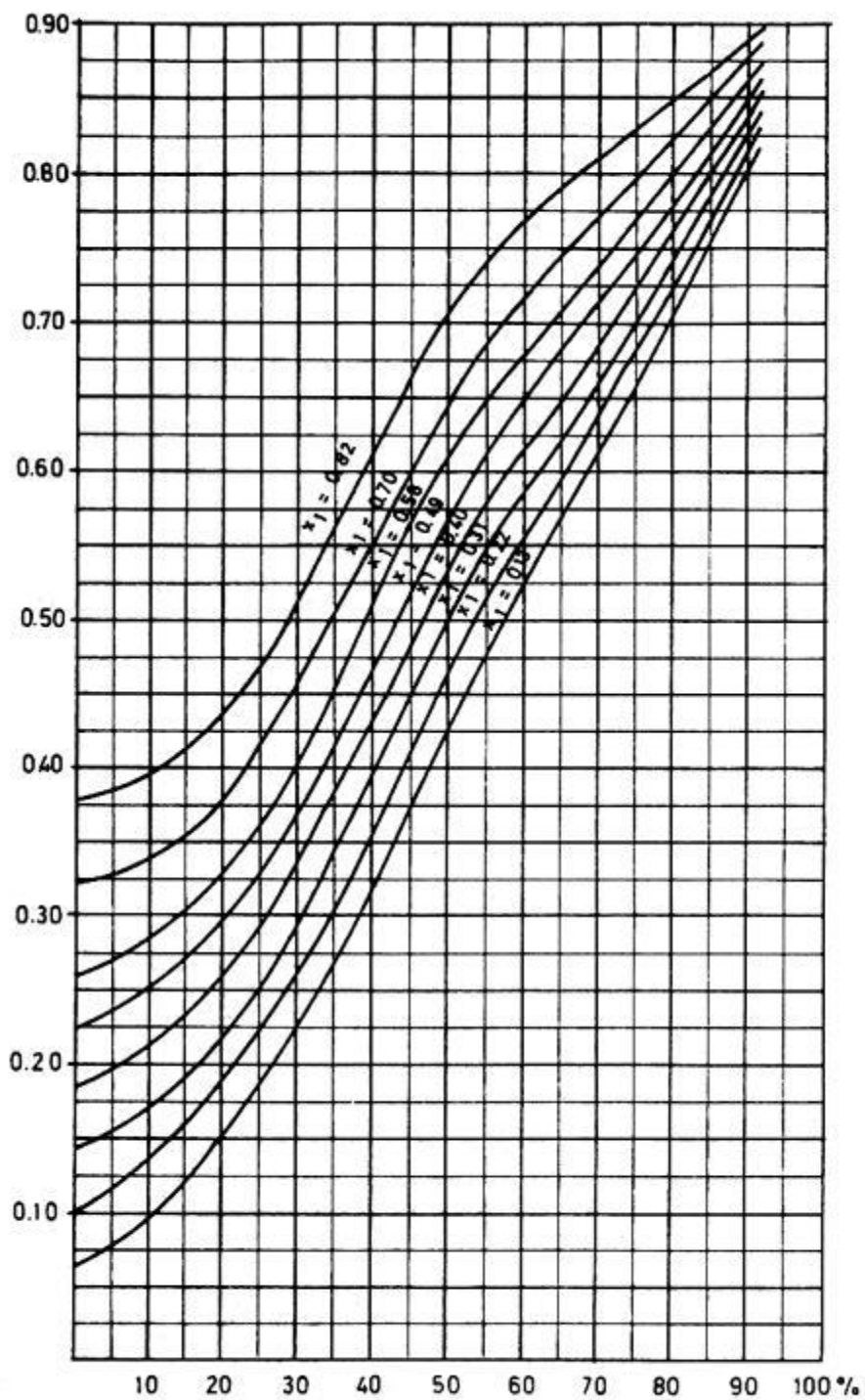


Figura 41 - Valores de x_1 em função do tipo e inclinação do terreno

Quadro 35 - Determinação do coeficiente de escoamento, C , segundo o Decreto Regulamentar N.º 23/95

Tipo de terreno	Terreno plano	Pouco inclinado	Terreno inclinado	Muito inclinado
	$I = 0$ a 1%	$I = 1$ a $1,5\%$	$I = 1,5$ a 8%	$I > 8\%$
Arenoso	0,13	0,22	0,31	0,49
Semi arenoso	0,22	0,31	0,40	0,58
Semi compacto	0,31	0,40	0,49	0,70
Compacto	0,40	0,49	0,58	0,82

A determinação da intensidade média máxima de precipitação é efectuada a partir de curvas de intensidade-duração-frequência (curva I-D-F), apresentadas na Figura 42, segundo o Decreto Regulamentar N.º 23/95.

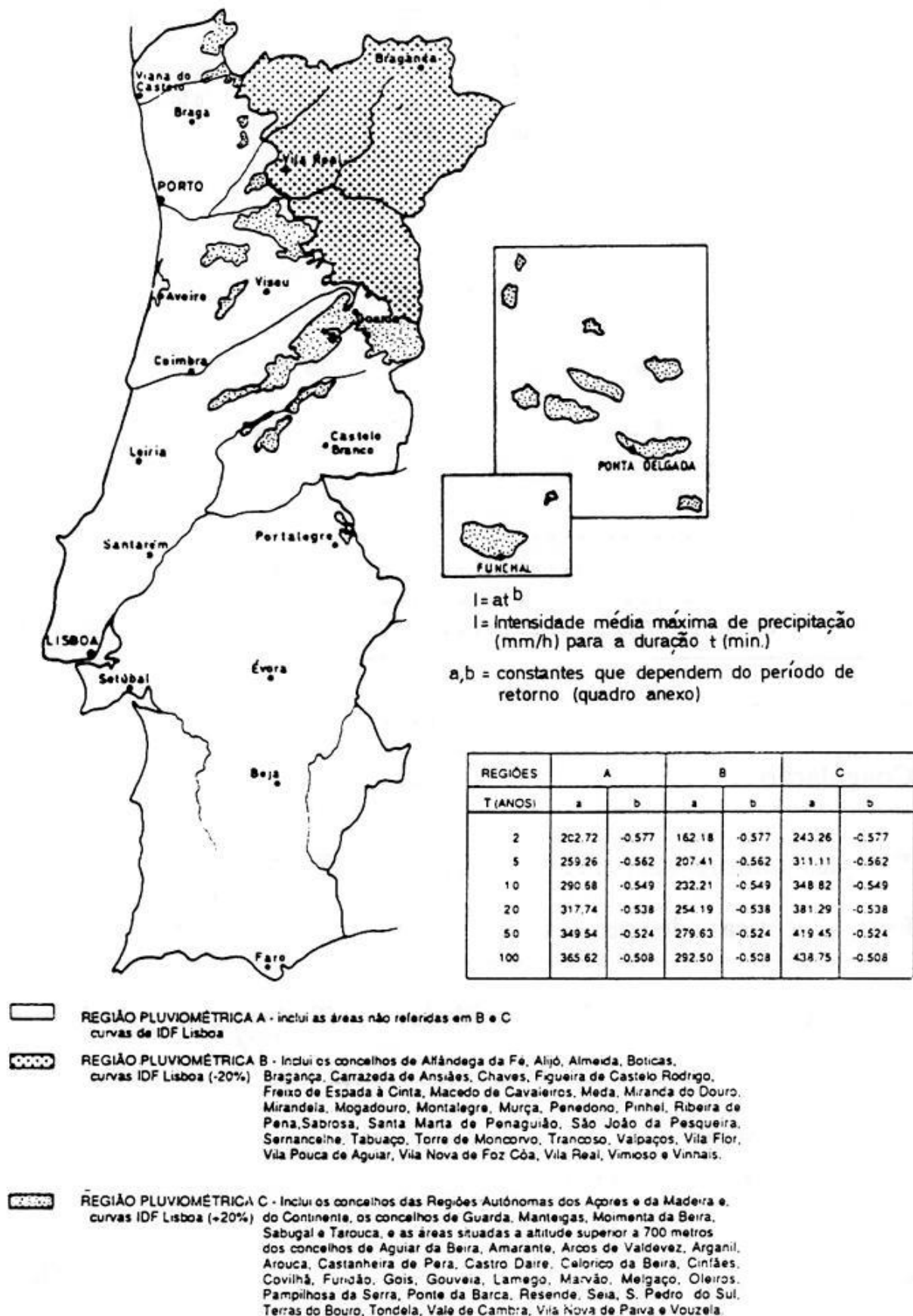


Figura 42 - Curvas I-D-F para o território nacional, segundo o Decreto Regulamentar N.º 23/95

As equações gerais são do tipo:

$$I = a \times t^b$$

em que:

t - duração da precipitação, em min;

a e b - parâmetros dependentes da região pluviométrica (A, B ou C) e do período de retorno, t_r .

No território nacional definem-se três regiões pluviométricas A, B e C como se verifica na Figura 35. O período de retorno depende quer da importância da zona, quer da permeabilidade e inclinação da bacia. Os períodos de retorno mais frequentemente utilizados são de 5 a 10 anos, que podem ser reduzidos para 1 a 2 anos, em condições excepcionalmente favoráveis de permeabilidade e inclinação ou aumentados para 20 ou 25 em grandes bacias densamente edificadas e com declive.

O tempo de concentração, t_c , é obtido pela soma do tempo de percurso no colector, t_p , com o tempo de entrada, t_e , (tempo que demora a partícula cinematicamente mais afastada, relativamente à secção em estudo, a entrar na primeira sarjeta).

$$t_c = t_e + t_p$$

em que:

t_e - tempo de entrada, em min;

t_p - tempo de percurso, em min;

t_c - tempo de concentração, em min.

O tempo de entrada pode ser estimado com base na inclinação média da bacia, podendo este variar entre 5 min para zonas inclinadas (inclinações superiores a 8 %) e de grande densidade de sarjetas, e 15 min para zonas planas (inclinações inferiores a 1,5 %) com pequena densidade de sarjetas, podendo adoptar-se valores de 7,5 a 10 min para inclinações intermédias.

O tempo de percurso é calculado com base na velocidade de escoamento e pode ser estimado para uma velocidade média do escoamento a montante de 1 m/s, resultando $t_p = L/60$ em minutos, onde L é o comprimento do colector a montante, em metros.

Para verificação das condições mínimas ou de auto-limpeza deve garantir-se que o colector seja lavado algumas vezes por ano. Como simplificação, considera-se normalmente que o caudal correspondente a essa frequência é 1/3 do caudal de dimensionamento.

$$Q_{al} = \frac{Q_{Máx}}{3}$$

em que:

$Q_{Máx}$ - caudal máximo ou de dimensionamento;

Q_{al} - caudal mínimo ou de auto-limpeza.

11.3 Critérios de dimensionamento e disposições regulamentares hidráulico-sanitárias

11.3.1 Tipo de escoamento

As tubagens em redes de drenagem de águas residuais sem pressão, funcionam normalmente a secção parcialmente cheia com escoamento em superfície livre, e em regime uniforme e permanente. Temporariamente podem funcionar a secção cheia (ex.: excesso de caudais em situações de desentupimentos, limpeza ou em determinadas condições de simultaneidade, etc.).

11.3.2 Condições regulamentares hidráulico-sanitárias e construtivas

De acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais - Decreto Regulamentar N.º 23/95 de 23 de Agosto, no dimensionamento hidráulico-sanitário

devem ser respeitadas as condições máximas e mínimas que passamos a descrever.

11.3.3 Condições máximas

As condições máximas devem ser garantidas para o caudal máximo ou de dimensionamento.

Velocidade máxima

A velocidade máxima deve ser limitada devido à erosão provocada nos colectores e nas câmaras de visita pela turbulência e transporte de sólidos. Deverão ser considerados os valores para o ano horizonte do projecto, pois os caudais e velocidades serão superiores.

- Colectores de águas residuais comunitárias

$$V_{M\acute{a}x} = 3 \text{ m/s}$$

- Colectores unitários e separativos pluviais

$$V_{M\acute{a}x} = 5 \text{ m/s}$$

Altura máxima da lâmina líquida

Com a finalidade de facilitar a ventilação dos colectores de modo a garantir as condições de septicidade, a altura da lâmina líquida é limitada superiormente. As tubagens não podem entrar em carga.

- Colectores de águas residuais comunitárias

$$D \leq 500 \text{ mm} \Rightarrow (h/D)_{M\acute{a}x} = 0,5$$

$$D > 500 \text{ mm} \Rightarrow (h/D)_{M\acute{a}x} = 0,75$$

- Colectores unitários e separativos pluviais

$$(h/D)_{M\acute{a}x} = 1, \text{ para } V = V_{M\acute{a}x} = 5 \text{ m/s}$$

Inclinação máxima

$$i_{M\acute{a}x} = 15 \%$$

Quando houver necessidade de inclinações superiores ao máximo devem prever-se dispositivos de ancoragem dos colectores.

11.3.4 Condições mínimas ou de auto-limpeza

As condições mínimas devem ser garantidas pelo caudal mínimo para evitar a obstrução dos colectores devido à sedimentação dos sólidos em suspensão que são transportados nas águas residuais.

Velocidade mínima

Deverão ser considerados os valores para o ano inicial, pois os caudais e velocidades serão os mínimos na vida útil da rede.

- Colectores de águas residuais comunitárias

$$V_{M\acute{i}n} = 0,6 \text{ m/s}$$

- Colectores unitários e separativos pluviais

$$V_{M\acute{i}n} = 0,9 \text{ m/s}$$

Inclinação mínima

$$i_{M\acute{i}n} = 0,3 \%$$

Admitem-se inclinações inferiores ao mínimo desde que se garanta o rigor do nivelamento, a estabilidade do assentamento e o poder de transporte.

Tensão de arrastamento mínima

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot J$$

em que:

- τ - tensão de arrastamento, em N/m²;
- γ - peso volúmico do líquido, em N/m³ (≈ 9800 N/m³);
- R_h - raio hidráulico, em m;
- J - pendente hidráulico, em m/m.

Diâmetro mínimo

Segundo o Decreto Regulamentar n.º 23/95, o diâmetro nominal mínimo admitido nos colectores é de 200 mm.

11.4 Cálculo hidráulico

No cálculo hidráulico de escoamentos, normalmente parte-se de equações do tipo:

$$Q = V \times S$$

em que:

- Q - caudal do fluido, em l/s;
- V - velocidade do fluido, em m/s;
- S - secção do tubo, m².

A perda de carga unitária em condutas cilíndricas sem pressão varia proporcionalmente ao quadrado da velocidade, podendo ser traduzida pela igualdade designada frequentemente por fórmula de Darcy-Weisbach:

$$J = \frac{\lambda V^2}{D 2g}$$

em que:

- λ - coeficiente de resistência de Darcy-Weisbach (adimensional);
- V - velocidade média do fluido, em m/s;
- g - aceleração da gravidade, $\approx 9,81$ m/s²;
- D - diâmetro interno da tubagem, em m.

Ao longo dos anos têm sido estabelecidas várias formas empíricas para representar as leis de resistência dos escoamentos turbulentos rugosos no interior de tubos. Uma das propostas globalmente aceites e correntemente utilizadas no meio académico e profissional é a equação de Manning-Strickler, que pode ser representada da seguinte forma:

$$V = K \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

em que:

- K - coeficiente de rugosidade Manning-Strickler, em m^{1/3} s⁻¹.

O coeficiente Manning-Strickler pode ser obtido através do inverso da rugosidade do material constituinte da tubagem (Unidades SI).

$$K = \frac{f}{n}$$

em que:

- f - constante de conversão, sendo igual a 1,486 no Sistema Americano e 1,0 em Unidade SI;
- n - rugosidade de Manning-Strickler.

O valor da rugosidade de Manning-Strickler para tubagens plásticas, pode ser retirado do Quadro 36.

Quadro 36 - Rugosidade superficial de Manning-Strickler para diferentes materiais

Tipo de Material	<i>n</i>
Poliétileno corrugado, com parede interior lisa	0,009 a 0,015
Poliétileno corrugado, monoparede	0,018 a 0,025
Poli(cloreto de vinilo), com parede compacta	0,009 a 0,011
Polipropileno corrugado, com parede interior lisa	0,008 a 0,011

O valor do raio hidráulico é obtido através do quociente entre a área molhada (área de fluido medido no corte transversal do tubo) e o perímetro molhado (comprimento de tubo que se encontra em contacto com o fluido), como mostra a seguinte fórmula:

$$R_h = \frac{S_m}{P_m}$$

em que:

R_h - raio hidráulico, em m;

S_m - área molhada, em m^2 ;

P_m - perímetro molhado, em m.

A área molhada S_m pode ser calculada com base na seguinte fórmula:

$$S_m = \frac{D^2}{8} (\theta - \text{sen}(\theta))$$

O perímetro molhado P_m pode ser calculado pela fórmula:

$$P_m = \frac{D \cdot \theta}{2}$$

Assim, substituindo os valores de S_m e P_m na expressão do raio hidráulico, resulta:

$$R_h = \frac{D}{4} \cdot \left(\frac{\theta - \text{sen}(\theta)}{\theta} \right)$$

O valor do ângulo θ , em radianos, pode ser determinado em função de h/D com base na seguinte equação:

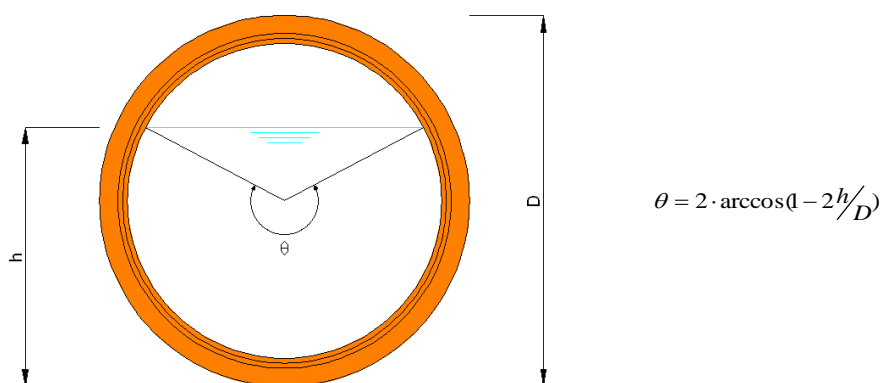


Figura 43 - Exemplo duma tubagem a secção parcialmente cheia

Para uma mais fácil compreensão e interpretação dos valores resultantes do ângulo θ , o Quadro 37 sintetiza algumas conversões de ângulos nas diferentes unidades:

Quadro 37 - Conversão de Graus para Radianos

Graus	Radianos	Graus	Radianos	Graus	Radianos	Graus	Radianos
10	0,175	100	1,745	190	3,316	280	4,887
20	0,349	110	1,920	200	3,491	290	5,061
30	0,524	120	2,094	210	3,665	300	5,236
40	0,698	130	2,269	220	3,840	310	5,411
50	0,873	140	2,443	230	4,014	320	5,585
60	1,047	150	2,618	240	4,189	330	5,760
70	1,222	160	2,793	250	4,363	340	5,934
80	1,396	170	2,967	260	4,538	350	6,109
90	1,571	180	3,142	270	4,712	360	6,283

11.5 Parâmetros de Cálculo

Aplicando a fórmula de cálculo de Manning-Strickler para a gama de tubos **Duralight**, considerando o transporte de águas residuais a meia secção, fixando a velocidade de escoamento mínima de 0,6 m/s e a velocidade de escoamento máxima de 5,0 m/s, variando a inclinação da instalação da tubagem, obtiveram-se os diferentes caudais e construíram-se os Quadros 38 a 46, para auxiliar o cálculo hidráulico.

Quadro 38 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN125 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN125 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		2,8	0,60	2,74	9,5	1,10	5,05	35,0	2,11	9,69	120,0	3,90	17,94
		3,0	0,62	2,84	10,0	1,13	5,18	37,5	2,18	10,03	125,0	3,98	18,31
n	0,008	3,2	0,64	2,93	11,0	1,18	5,43	40,0	2,25	10,36	130,0	4,06	18,67
		3,4	0,66	3,02	12,0	1,23	5,67	42,5	2,32	10,68	135,0	4,14	19,03
DN (mm)	125	3,6	0,68	3,11	13,0	1,28	5,90	45,0	2,39	10,99	140,0	4,21	19,38
Di (mm)	108,2	3,8	0,69	3,19	14,0	1,33	6,13	47,5	2,45	11,29	145,0	4,29	19,72
		4,0	0,71	3,28	15,0	1,38	6,34	50,0	2,52	11,58	150,0	4,36	20,06
K_{ms}	125,00	4,2	0,73	3,36	16,0	1,42	6,55	55,0	2,64	12,14	155,0	4,43	20,39
		4,4	0,75	3,44	17,0	1,47	6,75	60,0	2,76	12,68	160,0	4,51	20,71
A_m (m²)	0,005	4,6	0,76	3,51	18,0	1,51	6,95	65,0	2,87	13,20	165,0	4,58	21,04
P_m (m)	0,170	4,8	0,78	3,59	19,0	1,55	7,14	70,0	2,98	13,70	170,0	4,64	21,35
		5,0	0,80	3,66	20,0	1,59	7,32	75,0	3,08	14,18	175,0	4,71	21,66
R_n (m)	0,027	5,5	0,84	3,84	21,0	1,63	7,50	80,0	3,19	14,65	180,0	4,78	21,97
		6,0	0,87	4,01	22,0	1,67	7,68	85,0	3,28	15,10	185,0	4,84	22,27
		6,5	0,91	4,18	23,0	1,71	7,85	90,0	3,38	15,54	190,0	4,91	22,57
		7,0	0,94	4,33	24,0	1,74	8,02	95,0	3,47	15,96	195,0	4,97	22,87
		7,5	0,98	4,48	25,0	1,78	8,19	100,0	3,56	16,38	200,0	5,04	23,16
		8,0	1,01	4,63	27,5	1,87	8,59	105,0	3,65	16,78			
		8,5	1,04	4,77	30,0	1,95	8,97	110,0	3,74	17,18			
		9,0	1,07	4,91	32,5	2,03	9,34	115,0	3,82	17,56			

DN125 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		2,8	0,59	2,70	9,5	1,09	4,97	35,0	2,10	9,55	120,0	3,89	17,67
		3,0	0,61	2,79	10,0	1,12	5,10	37,5	2,17	9,88	125,0	3,97	18,04
n	0,008	3,2	0,63	2,89	11,0	1,18	5,35	40,0	2,24	10,20	130,0	4,05	18,40
		3,4	0,65	2,98	12,0	1,23	5,59	42,5	2,31	10,52	135,0	4,12	18,75
DN (mm)	125	3,6	0,67	3,06	13,0	1,28	5,82	45,0	2,38	10,82	140,0	4,20	19,09
Di (mm)	107,6	3,8	0,69	3,15	14,0	1,33	6,04	47,5	2,45	11,12	145,0	4,27	19,43
		4,0	0,71	3,23	15,0	1,37	6,25	50,0	2,51	11,41	150,0	4,35	19,76
K_{ms}	125,00	4,2	0,73	3,31	16,0	1,42	6,45	55,0	2,63	11,97	155,0	4,42	20,09
		4,4	0,74	3,38	17,0	1,46	6,65	60,0	2,75	12,50	160,0	4,49	20,41
A_m (m²)	0,005	4,6	0,76	3,46	18,0	1,51	6,85	65,0	2,86	13,01	165,0	4,56	20,73
P_m (m)	0,169	4,8	0,78	3,53	19,0	1,55	7,03	70,0	2,97	13,50	170,0	4,63	21,04
		5,0	0,79	3,61	20,0	1,59	7,22	75,0	3,07	13,97	175,0	4,69	21,34
R_n (m)	0,027	5,5	0,83	3,78	21,0	1,63	7,39	80,0	3,17	14,43	180,0	4,76	21,65
		6,0	0,87	3,95	22,0	1,66	7,57	85,0	3,27	14,88	185,0	4,83	21,95
		6,5	0,90	4,11	23,0	1,70	7,74	90,0	3,37	15,31	190,0	4,89	22,24
		7,0	0,94	4,27	24,0	1,74	7,90	95,0	3,46	15,73	195,0	4,96	22,53
		7,5	0,97	4,42	25,0	1,77	8,07	100,0	3,55	16,13	200,0	5,02	22,82
		8,0	1,00	4,56	27,5	1,86	8,46	105,0	3,64	16,53			
		8,5	1,03	4,70	30,0	1,94	8,84	110,0	3,72	16,92			
		9,0	1,06	4,84	32,5	2,02	9,20	115,0	3,81	17,30			

Quadro 39 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN160 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN160 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		2,0	0,60	4,67	7,5	1,16	9,03	25,0	2,12	16,49	75,0	3,68	28,57
		2,2	0,63	4,89	8,0	1,20	9,33	27,5	2,23	17,30	80,0	3,80	29,51
n	0,008	2,4	0,66	5,11	8,5	1,24	9,62	30,0	2,32	18,07	85,0	3,91	30,42
DN (mm)	160	2,6	0,68	5,32	9,0	1,27	9,90	32,5	2,42	18,81	90,0	4,03	31,30
Di (mm)	140,7	2,8	0,71	5,52	9,5	1,31	10,17	35,0	2,51	19,52	95,0	4,14	32,15
		3,0	0,74	5,71	10,0	1,34	10,43	37,5	2,60	20,20	100,0	4,24	32,99
K_{ms}	125,00	3,2	0,76	5,90	11,0	1,41	10,94	40,0	2,68	20,86	105,0	4,35	33,80
A_m (m²)	0,008	3,4	0,78	6,08	12,0	1,47	11,43	42,5	2,77	21,51	110,0	4,45	34,60
P_m (m)	0,221	3,6	0,81	6,26	13,0	1,53	11,89	45,0	2,85	22,13	115,0	4,55	35,38
R_h (m)	0,035	3,8	0,83	6,43	14,0	1,59	12,34	47,5	2,92	22,74	120,0	4,65	36,14
		4,0	0,85	6,60	15,0	1,64	12,78	50,0	3,00	23,33	125,0	4,74	36,88
		4,2	0,87	6,76	16,0	1,70	13,20	52,5	3,07	23,90	130,0	4,84	37,61
		4,4	0,89	6,92	17,0	1,75	13,60	55,0	3,15	24,47	135,0	4,93	38,33
		4,6	0,91	7,08	18,0	1,80	14,00	57,5	3,22	25,02	140,0	5,02	39,03
		4,8	0,93	7,23	19,0	1,85	14,38	60,0	3,29	25,55			
		5,0	0,95	7,38	20,0	1,90	14,75	62,5	3,35	26,08			
		5,5	1,00	7,74	21,0	1,94	15,12	65,0	3,42	26,60			
		6,0	1,04	8,08	22,0	1,99	15,47	67,5	3,49	27,10			
		6,5	1,08	8,41	23,0	2,04	15,82	70,0	3,55	27,60			
		7,0	1,12	8,73	24,0	2,08	16,16	72,5	3,61	28,09			

DN160 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		2,0	0,60	4,58	7,5	1,16	8,86	25,0	2,11	16,18	75,0	3,66	28,03
		2,2	0,63	4,80	8,0	1,19	9,16	27,5	2,21	16,97	80,0	3,78	28,95
n	0,008	2,4	0,65	5,01	8,5	1,23	9,44	30,0	2,31	17,73	85,0	3,89	29,84
DN (mm)	160	2,6	0,68	5,22	9,0	1,27	9,71	32,5	2,41	18,45	90,0	4,01	30,71
Di (mm)	139,7	2,8	0,71	5,42	9,5	1,30	9,98	35,0	2,50	19,15	95,0	4,12	31,55
		3,0	0,73	5,61	10,0	1,34	10,24	37,5	2,59	19,82	100,0	4,22	32,37
K_{ms}	125,00	3,2	0,76	5,79	11,0	1,40	10,74	40,0	2,67	20,47	105,0	4,33	33,17
A_m (m²)	0,008	3,4	0,78	5,97	12,0	1,46	11,21	42,5	2,75	21,10	110,0	4,43	33,95
P_m (m)	0,219	3,6	0,80	6,14	13,0	1,52	11,67	45,0	2,83	21,71	115,0	4,53	34,71
R_h (m)	0,035	3,8	0,82	6,31	14,0	1,58	12,11	47,5	2,91	22,31	120,0	4,63	35,46
		4,0	0,84	6,47	15,0	1,64	12,54	50,0	2,99	22,89	125,0	4,72	36,19
		4,2	0,87	6,63	16,0	1,69	12,95	52,5	3,06	23,45	130,0	4,82	36,91
		4,4	0,89	6,79	17,0	1,74	13,35	55,0	3,13	24,00	135,0	4,91	37,61
		4,6	0,91	6,94	18,0	1,79	13,73	57,5	3,20	24,54	140,0	5,00	38,30
		4,8	0,93	7,09	19,0	1,84	14,11	60,0	3,27	25,07			
		5,0	0,94	7,24	20,0	1,89	14,48	62,5	3,34	25,59			
		5,5	0,99	7,59	21,0	1,94	14,83	65,0	3,41	26,10			
		6,0	1,03	7,93	22,0	1,98	15,18	67,5	3,47	26,59			
		6,5	1,08	8,25	23,0	2,03	15,52	70,0	3,53	27,08			
		7,0	1,12	8,56	24,0	2,07	15,86	72,5	3,60	27,56			

Quadro 40 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN200 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN200 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	
n	0,008	1,4	0,59	7,24	4,8	1,09	13,41	19,0	2,16	26,68	60,0	3,84	47,41	
		1,5	0,61	7,50	5,0	1,11	13,69	20,0	2,21	27,37	62,5	3,92	48,39	
		1,6	0,63	7,74	5,5	1,16	14,35	21,0	2,27	28,05	65,0	3,99	49,35	
		1,7	0,65	7,98	6,0	1,21	14,99	22,0	2,32	28,71	67,5	4,07	50,29	
		1,8	0,66	8,21	6,5	1,26	15,60	23,0	2,38	29,35	70,0	4,14	51,21	
		1,9	0,68	8,44	7,0	1,31	16,19	24,0	2,43	29,99	72,5	4,22	52,12	
		2,0	0,70	8,66	7,5	1,36	16,76	25,0	2,48	30,60	75,0	4,29	53,01	
		2,2	0,73	9,08	8,0	1,40	17,31	27,5	2,60	32,10	80,0	4,43	54,75	
		2,4	0,77	9,48	8,5	1,44	17,84	30,0	2,71	33,52	85,0	4,57	56,43	
		2,6	0,80	9,87	9,0	1,49	18,36	32,5	2,82	34,89	90,0	4,70	58,07	
K _{ms}	125,00	2,8	0,83	10,24	9,5	1,53	18,87	35,0	2,93	36,21	95,0	4,83	59,66	
		3,0	0,86	10,60	10,0	1,57	19,36	37,5	3,03	37,48	100,0	4,95	61,21	
		3,2	0,89	10,95	11,0	1,64	20,30	40,0	3,13	38,71	105,0	5,07	62,72	
		3,4	0,91	11,29	12,0	1,72	21,20	42,5	3,23	39,90				
		3,6	0,94	11,61	13,0	1,79	22,07	45,0	3,32	41,06				
		3,8	0,97	11,93	14,0	1,85	22,90	47,5	3,41	42,18				
		4,0	0,99	12,24	15,0	1,92	23,71	50,0	3,50	43,28				
		4,2	1,01	12,54	16,0	1,98	24,48	52,5	3,59	44,35				
		4,4	1,04	12,84	17,0	2,04	25,24	55,0	3,67	45,39				
		4,6	1,06	13,13	18,0	2,10	25,97	57,5	3,76	46,41				
DN (mm)	200													
Di (mm)	177,4													
A _m (m ²)	0,012													
P _m (m)	0,279													
R _n (m)	0,044													

DN200 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	
n	0,008	1,4	0,58	7,19	4,8	1,08	13,31	19,0	2,15	26,48	60,0	3,83	47,06	
		1,5	0,61	7,44	5,0	1,11	13,58	20,0	2,21	27,17	62,5	3,91	48,03	
		1,6	0,63	7,68	5,5	1,16	14,25	21,0	2,27	27,84	65,0	3,99	48,98	
		1,7	0,64	7,92	6,0	1,21	14,88	22,0	2,32	28,49	67,5	4,06	49,91	
		1,8	0,66	8,15	6,5	1,26	15,49	23,0	2,37	29,13	70,0	4,14	50,83	
		1,9	0,68	8,37	7,0	1,31	16,07	24,0	2,42	29,76	72,5	4,21	51,73	
		2,0	0,70	8,59	7,5	1,35	16,64	25,0	2,47	30,37	75,0	4,28	52,61	
		2,2	0,73	9,01	8,0	1,40	17,18	27,5	2,59	31,86	80,0	4,42	54,34	
		2,4	0,77	9,41	8,5	1,44	17,71	30,0	2,71	33,27	85,0	4,56	56,01	
		2,6	0,80	9,80	9,0	1,48	18,22	32,5	2,82	34,63	90,0	4,69	57,63	
K _{ms}	125,00	2,8	0,83	10,17	9,5	1,52	18,72	35,0	2,92	35,94	95,0	4,82	59,21	
		3,0	0,86	10,52	10,0	1,56	19,21	37,5	3,03	37,20	100,0	4,94	60,75	
		3,2	0,88	10,87	11,0	1,64	20,15	40,0	3,13	38,42	105,0	5,07	62,25	
		3,4	0,91	11,20	12,0	1,71	21,04	42,5	3,22	39,60				
		3,6	0,94	11,53	13,0	1,78	21,90	45,0	3,32	40,75				
		3,8	0,96	11,84	14,0	1,85	22,73	47,5	3,41	41,87				
		4,0	0,99	12,15	15,0	1,91	23,53	50,0	3,50	42,96				
		4,2	1,01	12,45	16,0	1,98	24,30	52,5	3,58	44,02				
		4,4	1,04	12,74	17,0	2,04	25,05	55,0	3,67	45,05				
		4,6	1,06	13,03	18,0	2,10	25,77	57,5	3,75	46,07				
DN (mm)	200													
Di (mm)	176,9													
A _m (m ²)	0,012													
P _m (m)	0,278													
R _n (m)	0,044													

Quadro 41 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN250 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN250 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	
n	0,008	1,0	0,58	11,40	4,0	1,16	22,80	15,0	2,24	44,15	50,0	4,09	80,61	
	DN (mm)	250	1,1	0,61	11,96	4,2	1,19	23,36	16,0	2,31	45,60	52,5	4,19	82,60
		Di (mm)	224,0	1,2	0,63	12,49	4,4	1,21	23,91	17,0	2,39	47,01	55,0	4,29
K_{ms}			125,00	1,3	0,66	13,00	4,6	1,24	24,45	18,0	2,45	48,37	57,5	4,39
	A_m (m²)		0,020	1,4	0,68	13,49	4,8	1,27	24,98	19,0	2,52	49,69	60,0	4,48
		P_m (m)	0,352	1,5	0,71	13,96	5,0	1,29	25,49	20,0	2,59	50,98	62,5	4,57
R_n (m)			0,056	1,6	0,73	14,42	5,5	1,36	26,74	21,0	2,65	52,24	65,0	4,66
	1,7		0,75	14,86	6,0	1,42	27,93	22,0	2,71	53,47	67,5	4,75	93,66	
	1,8	0,78	15,30	6,5	1,48	29,07	23,0	2,77	54,67	70,0	4,84	95,38		
1,9	0,80	15,71	7,0	1,53	30,16	24,0	2,83	55,85	72,5	4,93	97,07			
2,0	0,82	16,12	7,5	1,58	31,22	25,0	2,89	57,00	75,0	5,01	98,73			
2,2	0,86	16,91	8,0	1,64	32,25	27,5	3,03	59,78	77,5	5,09	100,36			
2,4	0,90	17,66	8,5	1,69	33,24	30,0	3,17	62,44						
2,6	0,93	18,38	9,0	1,74	34,20	32,5	3,30	64,99						
2,8	0,97	19,08	9,5	1,78	35,14	35,0	3,42	67,45						
3,0	1,00	19,75	10,0	1,83	36,05	37,5	3,54	69,81						
3,2	1,04	20,39	11,0	1,92	37,81	40,0	3,66	72,10						
3,4	1,07	21,02	12,0	2,00	39,49	42,5	3,77	74,32						
3,6	1,10	21,63	13,0	2,09	41,11	45,0	3,88	76,48						
3,8	1,13	22,22	14,0	2,16	42,66	47,5	3,99	78,57						

DN250 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	
n	0,008	1,0	0,57	11,08	4,0	1,15	22,16	15,0	2,22	42,90	50,0	4,06	78,33	
	DN (mm)	250	1,1	0,60	11,62	4,2	1,18	22,70	16,0	2,30	44,31	52,5	4,16	80,27
		Di (mm)	221,6	1,2	0,63	12,14	4,4	1,20	23,24	17,0	2,37	45,67	55,0	4,26
K_{ms}			125,00	1,3	0,65	12,63	4,6	1,23	23,76	18,0	2,44	47,00	57,5	4,36
	A_m (m²)		0,019	1,4	0,68	13,11	4,8	1,26	24,27	19,0	2,50	48,29	60,0	4,45
		P_m (m)	0,348	1,5	0,70	13,57	5,0	1,28	24,77	20,0	2,57	49,54	62,5	4,54
R_n (m)			0,055	1,6	0,73	14,01	5,5	1,35	25,98	21,0	2,63	50,76	65,0	4,63
	1,7		0,75	14,44	6,0	1,41	27,13	22,0	2,69	51,96	67,5	4,72	91,01	
	1,8	0,77	14,86	6,5	1,46	28,24	23,0	2,75	53,13	70,0	4,81	92,68		
1,9	0,79	15,27	7,0	1,52	29,31	24,0	2,81	54,27	72,5	4,89	94,32			
2,0	0,81	15,67	7,5	1,57	30,34	25,0	2,87	55,39	75,0	4,97	95,94			
2,2	0,85	16,43	8,0	1,62	31,33	27,5	3,01	58,09	77,5	5,06	97,52			
2,4	0,89	17,16	8,5	1,67	32,30	30,0	3,15	60,68						
2,6	0,93	17,86	9,0	1,72	33,23	32,5	3,27	63,15						
2,8	0,96	18,54	9,5	1,77	34,14	35,0	3,40	65,54						
3,0	0,99	19,19	10,0	1,82	35,03	37,5	3,52	67,84						
3,2	1,03	19,82	11,0	1,91	36,74	40,0	3,63	70,06						
3,4	1,06	20,43	12,0	1,99	38,37	42,5	3,74	72,22						
3,6	1,09	21,02	13,0	2,07	39,94	45,0	3,85	74,31						
3,8	1,12	21,59	14,0	2,15	41,45	47,5	3,96	76,35						

Quadro 42 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN315 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN315 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,80	0,59	17,69	3,2	1,19	35,38	11,0	2,20	65,59	40,0	4,20	125,08
		0,85	0,61	18,23	3,4	1,22	36,47	12,0	2,30	68,51	42,5	4,33	128,93
n	0,008	0,90	0,63	18,76	3,6	1,26	37,52	13,0	2,39	71,31	45,0	4,45	132,67
DN (mm)	315	0,95	0,65	19,28	3,8	1,29	38,55	14,0	2,48	74,00	47,5	4,58	136,31
Di (mm)	275,4	1,0	0,66	19,78	4,0	1,33	39,55	15,0	2,57	76,60	50,0	4,70	139,85
		1,1	0,70	20,74	4,2	1,36	40,53	16,0	2,66	79,11	52,5	4,81	143,30
K_{ms}	125,00	1,2	0,73	21,66	4,4	1,39	41,49	17,0	2,74	81,54	55,0	4,92	146,67
A_m (m²)	0,030	1,3	0,76	22,55	4,6	1,42	42,42	18,0	2,82	83,91	57,5	5,04	149,97
P_m (m)	0,433	1,4	0,79	23,40	4,8	1,45	43,33	19,0	2,89	86,21			
R_n (m)	0,069	1,5	0,81	24,22	5,0	1,48	44,22	20,0	2,97	88,45			
		1,6	0,84	25,02	5,5	1,56	46,38	21,0	3,04	90,63			
		1,7	0,87	25,79	6,0	1,63	48,44	22,0	3,11	92,76			
		1,8	0,89	26,53	6,5	1,69	50,42	23,0	3,18	94,85			
		1,9	0,92	27,26	7,0	1,76	52,33	24,0	3,25	96,89			
		2,0	0,94	27,97	7,5	1,82	54,16	25,0	3,32	98,89			
		2,2	0,98	29,33	8,0	1,88	55,94	27,5	3,48	103,71			
		2,4	1,03	30,64	8,5	1,94	57,66	30,0	3,64	108,32			
		2,6	1,07	31,89	9,0	1,99	59,33	32,5	3,79	112,75			
		2,8	1,11	33,09	9,5	2,05	60,96	35,0	3,93	117,00			
		3,0	1,15	34,26	10,0	2,10	62,54	37,5	4,07	121,11			

DN315 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,80	0,59	17,47	3,2	1,18	34,94	11,0	2,20	64,77	40,0	4,19	123,51
		0,85	0,61	18,01	3,4	1,22	36,01	12,0	2,29	67,65	42,5	4,32	127,32
n	0,008	0,90	0,63	18,53	3,6	1,26	37,05	13,0	2,39	70,41	45,0	4,44	131,01
DN (mm)	315	0,95	0,65	19,03	3,8	1,29	38,07	14,0	2,48	73,07	47,5	4,56	134,60
Di (mm)	274,1	1,0	0,66	19,53	4,0	1,32	39,06	15,0	2,56	75,64	50,0	4,68	138,09
		1,1	0,69	20,48	4,2	1,36	40,02	16,0	2,65	78,12	52,5	4,80	141,50
K_{ms}	125,00	1,2	0,73	21,39	4,4	1,39	40,97	17,0	2,73	80,52	55,0	4,91	144,83
A_m (m²)	0,030	1,3	0,75	22,27	4,6	1,42	41,89	18,0	2,81	82,86	57,5	5,02	148,09
P_m (m)	0,431	1,4	0,78	23,11	4,8	1,45	42,79	19,0	2,89	85,13			
R_n (m)	0,069	1,5	0,81	23,92	5,0	1,48	43,67	20,0	2,96	87,34			
		1,6	0,84	24,70	5,5	1,55	45,80	21,0	3,03	89,49			
		1,7	0,86	25,46	6,0	1,62	47,84	22,0	3,10	91,60			
		1,8	0,89	26,20	6,5	1,69	49,79	23,0	3,17	93,66			
		1,9	0,91	26,92	7,0	1,75	51,67	24,0	3,24	95,67			
		2,0	0,94	27,62	7,5	1,81	53,48	25,0	3,31	97,65			
		2,2	0,98	28,97	8,0	1,87	55,24	27,5	3,47	102,41			
		2,4	1,03	30,25	8,5	1,93	56,94	30,0	3,63	106,97			
		2,6	1,07	31,49	9,0	1,99	58,59	32,5	3,77	111,33			
		2,8	1,11	32,68	9,5	2,04	60,19	35,0	3,92	115,54			
		3,0	1,15	33,83	10,0	2,09	61,76	37,5	4,05	119,59			

Quadro 43 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN400 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN400 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,55	0,58	28,16	2,2	1,16	56,31	8,0	2,21	107,38	27,5	4,10	199,09
		0,60	0,61	29,41	2,4	1,21	58,82	8,5	2,28	110,69	30,0	4,28	207,95
n	0,008	0,65	0,63	30,61	2,6	1,26	61,22	9,0	2,34	113,90	32,5	4,46	216,44
DN (mm)	400	0,70	0,65	31,76	2,8	1,31	63,53	9,5	2,41	117,02	35,0	4,62	224,61
Di (mm)	351,7	0,75	0,68	32,88	3,0	1,35	65,76	10,0	2,47	120,06	37,5	4,79	232,49
		0,80	0,70	33,96	3,2	1,40	67,91	11,0	2,59	125,92	40,0	4,94	240,12
K_{ms}	125,00	0,85	0,72	35,00	3,4	1,44	70,00	12,0	2,71	131,52	42,5	5,10	247,51
A_m (m²)	0,049	0,90	0,74	36,02	3,6	1,48	72,03	13,0	2,82	136,89			
P_m (m)	0,552	0,95	0,76	37,00	3,8	1,52	74,01	14,0	2,92	142,05			
R_n (m)	0,088	1,0	0,78	37,97	4,0	1,56	75,93	15,0	3,03	147,04			
		1,1	0,82	39,82	4,2	1,60	77,81	16,0	3,13	151,86			
		1,2	0,86	41,59	4,4	1,64	79,64	17,0	3,22	156,54			
		1,3	0,89	43,29	4,6	1,68	81,43	18,0	3,32	161,07			
		1,4	0,92	44,92	4,8	1,71	83,18	19,0	3,41	165,49			
		1,5	0,96	46,50	5,0	1,75	84,89	20,0	3,50	169,79			
		1,6	0,99	48,02	5,5	1,83	89,04	21,0	3,58	173,98			
		1,7	1,02	49,50	6,0	1,91	93,00	22,0	3,67	178,07			
		1,8	1,05	50,94	6,5	1,99	96,79	23,0	3,75	182,08			
		1,9	1,08	52,33	7,0	2,07	100,45	24,0	3,83	185,99			
		2,0	1,11	53,69	7,5	2,14	103,97	25,0	3,91	189,83			

DN400 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,55	0,58	27,75	2,2	1,16	55,50	8,0	2,20	105,84	27,5	4,08	196,24
		0,60	0,60	28,99	2,4	1,21	57,97	8,5	2,27	109,10	30,0	4,27	204,96
n	0,008	0,65	0,63	30,17	2,6	1,26	60,34	9,0	2,34	112,26	32,5	4,44	213,33
DN (mm)	400	0,70	0,65	31,31	2,8	1,30	62,62	9,5	2,40	115,34	35,0	4,61	221,39
Di (mm)	349,8	0,75	0,67	32,41	3,0	1,35	64,82	10,0	2,46	118,34	37,5	4,77	229,16
		0,80	0,70	33,47	3,2	1,39	66,94	11,0	2,58	124,11	40,0	4,93	236,67
K_{ms}	125,00	0,85	0,72	34,50	3,4	1,44	69,00	12,0	2,70	129,63	42,5	5,08	243,96
A_m (m²)	0,048	0,90	0,74	35,50	3,6	1,48	71,00	13,0	2,81	134,92			
P_m (m)	0,549	0,95	0,76	36,47	3,8	1,52	72,95	14,0	2,91	140,02			
R_n (m)	0,087	1,0	0,78	37,42	4,0	1,56	74,84	15,0	3,02	144,93			
		1,1	0,82	39,25	4,2	1,60	76,69	16,0	3,12	149,68			
		1,2	0,85	40,99	4,4	1,63	78,50	17,0	3,21	154,29			
		1,3	0,89	42,67	4,6	1,67	80,26	18,0	3,30	158,76			
		1,4	0,92	44,28	4,8	1,71	81,99	19,0	3,39	163,11			
		1,5	0,95	45,83	5,0	1,74	83,68	20,0	3,48	167,35			
		1,6	0,99	47,33	5,5	1,83	87,76	21,0	3,57	171,48			
		1,7	1,02	48,79	6,0	1,91	91,66	22,0	3,65	175,52			
		1,8	1,04	50,21	6,5	1,99	95,41	23,0	3,73	179,47			
		1,9	1,07	51,58	7,0	2,06	99,01	24,0	3,82	183,32			
		2,0	1,10	52,92	7,5	2,13	102,48	25,0	3,89	187,11			

Quadro 44 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN500 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN500 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,40	0,58	44,41	1,8	1,22	94,20	6,5	2,32	179,01	23,0	4,37	336,73
		0,45	0,61	47,10	1,9	1,26	96,78	7,0	2,41	185,76	24,0	4,47	343,97
n	0,008	0,50	0,64	49,65	2,0	1,29	99,29	7,5	2,50	192,28	25,0	4,56	351,06
DN (mm)	500	0,55	0,68	52,07	2,2	1,35	104,14	8,0	2,58	198,59	27,5	4,78	368,20
Di (mm)	442,9	0,60	0,71	54,39	2,4	1,41	108,77	8,5	2,66	204,70	30,0	4,99	384,57
		0,65	0,73	56,61	2,6	1,47	113,21	9,0	2,73	210,64	32,5	5,20	400,27
K_{ms}	125,00	0,70	0,76	58,74	2,8	1,53	117,49	9,5	2,81	216,41			
A_m (m²)	0,077	0,75	0,79	60,81	3,0	1,58	121,61	10,0	2,88	222,03			
P_m (m)	0,696	0,80	0,82	62,80	3,2	1,63	125,60	11,0	3,02	232,87			
R_n (m)	0,111	0,85	0,84	64,73	3,4	1,68	129,46	12,0	3,16	243,22			
		0,90	0,86	66,61	3,6	1,73	133,22	13,0	3,29	253,15			
		0,95	0,89	68,43	3,8	1,78	136,87	14,0	3,41	262,71			
		1,0	0,91	70,21	4,0	1,82	140,42	15,0	3,53	271,93			
		1,1	0,96	73,64	4,2	1,87	143,89	16,0	3,65	280,85			
		1,2	1,00	76,91	4,4	1,91	147,28	17,0	3,76	289,49			
		1,3	1,04	80,05	4,6	1,95	150,59	18,0	3,87	297,88			
		1,4	1,08	83,08	4,8	2,00	153,83	19,0	3,97	306,05			
		1,5	1,12	85,99	5,0	2,04	157,00	20,0	4,08	314,00			
		1,6	1,15	88,81	5,5	2,14	164,66	21,0	4,18	321,75			
		1,7	1,19	91,55	6,0	2,23	171,98	22,0	4,28	329,32			

DN500 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,40	0,58	44,25	1,8	1,22	93,86	6,5	2,32	178,36	23,0	4,37	335,51
		0,45	0,61	46,93	1,9	1,26	96,43	7,0	2,41	185,09	24,0	4,46	342,73
n	0,008	0,50	0,64	49,47	2,0	1,29	98,94	7,5	2,49	191,59	25,0	4,55	349,79
DN (mm)	500	0,55	0,68	51,88	2,2	1,35	103,77	8,0	2,58	197,87	27,5	4,78	366,87
Di (mm)	442,3	0,60	0,71	54,19	2,4	1,41	108,38	8,5	2,65	203,96	30,0	4,99	383,18
		0,65	0,73	56,40	2,6	1,47	112,81	9,0	2,73	209,88	32,5	5,19	398,83
K_{ms}	125,00	0,70	0,76	58,53	2,8	1,52	117,06	9,5	2,81	215,63			
A_m (m²)	0,077	0,75	0,79	60,59	3,0	1,58	121,17	10,0	2,88	221,23			
P_m (m)	0,695	0,80	0,81	62,57	3,2	1,63	125,15	11,0	3,02	232,03			
R_n (m)	0,111	0,85	0,84	64,50	3,4	1,68	129,00	12,0	3,15	242,34			
		0,90	0,86	66,37	3,6	1,73	132,74	13,0	3,28	252,24			
		0,95	0,89	68,19	3,8	1,78	136,37	14,0	3,41	261,76			
		1,0	0,91	69,96	4,0	1,82	139,92	15,0	3,53	270,95			
		1,1	0,96	73,37	4,2	1,87	143,37	16,0	3,64	279,83			
		1,2	1,00	76,64	4,4	1,91	146,75	17,0	3,75	288,45			
		1,3	1,04	79,77	4,6	1,95	150,04	18,0	3,86	296,81			
		1,4	1,08	82,78	4,8	2,00	153,27	19,0	3,97	304,94			
		1,5	1,12	85,68	5,0	2,04	156,43	20,0	4,07	312,86			
		1,6	1,15	88,49	5,5	2,14	164,07	21,0	4,17	320,59			
		1,7	1,19	91,21	6,0	2,23	171,36	22,0	4,27	328,14			

Quadro 45 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN630 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN630 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,30	0,58	69,52	1,6	1,34	160,54	5,5	2,48	297,65	21,0	4,84	581,62
		0,35	0,63	75,09	1,7	1,38	165,48	6,0	2,59	310,89	22,0	4,96	595,31
n	0,008	0,40	0,67	80,27	1,8	1,42	170,28	6,5	2,69	323,58	23,0	5,07	608,69
DN (mm)	630	0,45	0,71	85,14	1,9	1,46	174,95	7,0	2,80	335,80			
Di (mm)	553,0	0,50	0,75	89,75	2,0	1,49	179,49	7,5	2,89	347,58			
		0,55	0,78	94,13	2,2	1,57	188,25	8,0	2,99	358,98			
K_{ms}	125,00	0,60	0,82	98,31	2,4	1,64	196,62	8,5	3,08	370,03			
A_m (m²)	0,120	0,65	0,85	102,33	2,6	1,70	204,65	9,0	3,17	380,76			
P_m (m)	0,869	0,70	0,88	106,19	2,8	1,77	212,38	9,5	3,26	391,19			
R_n (m)	0,138	0,75	0,92	109,92	3,0	1,83	219,83	10,0	3,34	401,36			
		0,80	0,95	113,52	3,2	1,89	227,04	11,0	3,51	420,95			
		0,85	0,97	117,01	3,4	1,95	234,03	12,0	3,66	439,66			
		0,90	1,00	120,41	3,6	2,01	240,81	13,0	3,81	457,62			
		0,95	1,03	123,71	3,8	2,06	247,41	14,0	3,95	474,89			
		1,0	1,06	126,92	4,0	2,11	253,84	15,0	4,09	491,56			
		1,1	1,11	133,11	4,2	2,17	260,11	16,0	4,23	507,68			
		1,2	1,16	139,03	4,4	2,22	266,23	17,0	4,36	523,30			
		1,3	1,21	144,71	4,6	2,27	272,21	18,0	4,48	538,48			
		1,4	1,25	150,17	4,8	2,32	278,07	19,0	4,61	553,23			
		1,5	1,29	155,44	5,0	2,36	283,80	20,0	4,73	567,60			

DN630 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,30	0,58	67,89	1,6	1,33	156,78	5,5	2,46	290,67	21,0	4,81	567,98
		0,35	0,62	73,33	1,7	1,37	161,60	6,0	2,57	303,60	22,0	4,93	581,35
n	0,008	0,40	0,66	78,39	1,8	1,41	166,29	6,5	2,68	315,99	23,0	5,04	594,41
DN (mm)	630	0,45	0,70	83,14	1,9	1,45	170,84	7,0	2,78	327,92			
Di (mm)	548,1	0,50	0,74	87,64	2,0	1,49	175,28	7,5	2,88	339,43			
		0,55	0,78	91,92	2,2	1,56	183,84	8,0	2,97	350,56			
K_{ms}	125,00	0,60	0,81	96,01	2,4	1,63	192,01	8,5	3,06	361,35			
A_m (m²)	0,118	0,65	0,85	99,93	2,6	1,69	199,85	9,0	3,15	371,83			
P_m (m)	0,861	0,70	0,88	103,70	2,8	1,76	207,40	9,5	3,24	382,02			
R_n (m)	0,137	0,75	0,91	107,34	3,0	1,82	214,68	10,0	3,32	391,94			
		0,80	0,94	110,86	3,2	1,88	221,72	11,0	3,48	411,07			
		0,85	0,97	114,27	3,4	1,94	228,54	12,0	3,64	429,35			
		0,90	1,00	117,58	3,6	1,99	235,17	13,0	3,79	446,88			
		0,95	1,02	120,80	3,8	2,05	241,61	14,0	3,93	463,75			
		1,0	1,05	123,94	4,0	2,10	247,89	15,0	4,07	480,03			
		1,1	1,10	129,99	4,2	2,15	254,01	16,0	4,20	495,77			
		1,2	1,15	135,77	4,4	2,20	259,99	17,0	4,33	511,03			
		1,3	1,20	141,32	4,6	2,25	265,83	18,0	4,46	525,85			
		1,4	1,24	146,65	4,8	2,30	271,55	19,0	4,58	540,26			
		1,5	1,29	151,80	5,0	2,35	277,15	20,0	4,70	554,29			

Quadro 46 - Cálculo hidráulico Manning-Strickler para tubos Duralight DN800 SN4 e SN8, a meia secção de água residual

DN800 SN4

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,20	0,55	107,73	1,4	1,47	285,02	4,8	2,72	527,75
		0,25	0,62	120,44	1,5	1,52	295,02	5,0	2,77	538,63
n	0,008	0,30	0,68	131,94	1,6	1,57	304,70	5,5	2,91	564,92
DN (mm)	800	0,35	0,73	142,51	1,7	1,62	314,07	6,0	3,04	590,04
Di (mm)	703,2	0,40	0,78	152,35	1,8	1,66	323,18	6,5	3,16	614,13
		0,45	0,83	161,59	1,9	1,71	332,03	7,0	3,28	637,32
K_{ms}	125,00	0,50	0,88	170,33	2,0	1,75	340,66	7,5	3,40	659,69
A_m (m²)	0,194	0,55	0,92	178,64	2,2	1,84	357,29	8,0	3,51	681,32
P_m (m)	1,105	0,60	0,96	186,59	2,4	1,92	373,17	8,5	3,62	702,29
R_n (m)	0,176	0,65	1,00	194,21	2,6	2,00	388,41	9,0	3,72	722,65
		0,70	1,04	201,54	2,8	2,08	403,08	9,5	3,82	742,45
		0,75	1,07	208,61	3,0	2,15	417,22	10,0	3,92	761,74
		0,80	1,11	215,45	3,2	2,22	430,91	11,0	4,11	798,92
		0,85	1,14	222,08	3,4	2,29	444,17	12,0	4,30	834,44
		0,90	1,18	228,52	3,6	2,35	457,04	13,0	4,47	868,52
		0,95	1,21	234,78	3,8	2,42	469,57	14,0	4,64	901,30
		1,0	1,24	240,88	4,0	2,48	481,77	15,0	4,80	932,94
		1,1	1,30	252,64	4,2	2,54	493,66	16,0	4,96	963,53
		1,2	1,36	263,87	4,4	2,60	505,28	17,0	5,11	993,19
		1,3	1,41	274,65	4,6	2,66	516,64			

DN800 SN8

		J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)	J (m/km)	V (m/s)	Q (l/s)
		0,20	0,55	105,74	1,4	1,46	279,75	4,8	2,71	518,00
		0,25	0,62	118,22	1,5	1,51	289,57	5,0	2,76	528,68
n	0,008	0,30	0,68	129,50	1,6	1,56	299,07	5,5	2,90	554,49
DN (mm)	800	0,35	0,73	139,88	1,7	1,61	308,27	6,0	3,02	579,14
Di (mm)	698,3	0,40	0,78	149,53	1,8	1,66	317,21	6,5	3,15	602,79
		0,45	0,83	158,60	1,9	1,70	325,90	7,0	3,27	625,54
K_{ms}	125,00	0,50	0,87	167,18	2,0	1,75	334,37	7,5	3,38	647,50
A_m (m²)	0,191	0,55	0,92	175,34	2,2	1,83	350,69	8,0	3,49	668,73
P_m (m)	1,097	0,60	0,96	183,14	2,4	1,91	366,28	8,5	3,60	689,32
R_n (m)	0,175	0,65	1,00	190,62	2,6	1,99	381,24	9,0	3,70	709,30
		0,70	1,03	197,81	2,8	2,07	395,63	9,5	3,81	728,74
		0,75	1,07	204,76	3,0	2,14	409,51	10,0	3,90	747,67
		0,80	1,10	211,47	3,2	2,21	422,94	11,0	4,10	784,16
		0,85	1,14	217,98	3,4	2,28	435,96	12,0	4,28	819,03
		0,90	1,17	224,30	3,6	2,34	448,60	13,0	4,45	852,47
		0,95	1,20	230,45	3,8	2,41	460,89	14,0	4,62	884,65
		1,0	1,23	236,43	4,0	2,47	472,87	15,0	4,78	915,70
		1,1	1,29	247,97	4,2	2,53	484,54	16,0	4,94	945,73
		1,2	1,35	259,00	4,4	2,59	495,95	17,0	5,09	974,84
		1,3	1,41	269,58	4,6	2,65	507,09			

11.6 Exemplos de Aplicação

11.6.1 Cálculo de DN e V a partir de Q e J

Cálculo do diâmetro necessário numa conduta, para um sistema unitário, que deve, segundo o projecto, transportar um caudal de 125 l/s a meia secção e com um pendente hidráulico de $J = 5 \text{ m/km}$ (vem determinado no projecto pela rasante da vala).

Admitindo uma tubagem em polipropileno, cujo coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler vale 0,008, vem:

$$K = 1 / n = 1 / 0,008 = 125 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$$

Supondo o escoamento a meia secção e desconhecendo tanto a velocidade como a dimensão da conduta, ter-se-á que solucionar o seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} Q = V \cdot S \\ V = K \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2} \end{cases}$$

Como é um sistema de duas equações, e duas incógnitas, facilmente se obtém o valor de D_i e V :

$$\begin{cases} 0,125 = V \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 \right) \\ V = 125 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} \right)^2 / 2}{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_i}{2} \right) / 2} \right)^{2/3} \cdot 0,005^{1/2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} V = 1,619 \text{ m/s} \\ D_i = 313,5 \text{ mm} \end{cases}$$

Assumindo um tubo **Duralight** corrugado da Fersil, com o diâmetro interior mínimo obtido, ter-se-ia que recorrer ao DN400.

O valor da tensão de arrastamento (τ), pode determinar-se da seguinte modo:

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot J \rightarrow \tau = 9800 \cdot \frac{\pi \cdot \left(\frac{0,3517}{2} \right)^2 / 2}{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,3517}{2} \right) / 2} \cdot 0,005 \rightarrow \tau = 4,31 \text{ N/m}^3$$

Em termos de verificações regulamentares necessárias após o dimensionamento, tem-se que:

- A velocidade obtida para o DN400, cujo diâmetro interior é 351,7 mm, vale $V = Q / S = 1,287 \text{ m/s}$, estando assim dentro do limite mínimo de 0,6 m/s, e máximo de 3 m/s (colectores de águas residuais comunitárias);
- A inclinação imposta, 5 m/km (0,5 %), está dentro dos limites regulamentares, dado que é superior ao mínimo admitido (0,3 %) e inferior ao máximo (15 %);
- τ vale 4,31 N/m^3 , que sendo superior a 2,0 N/m^3 , assegura o poder de transporte, verificando assim a condição;
- O diâmetro adoptado é superior ao mínimo permitido para colectores (200 mm).

11.6.2 Cálculo do Q e V a partir de DN e J

Cálculo do caudal máximo que pode transportar uma tubagem Duralight de DN160 que tem um pendente hidráulico de $J = 4 \text{ m/km}$.

Admitindo uma tubagem em polipropileno, cujo coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler vale 0,008, vem:

$$K = 1 / n = 1 / 0,008 = 125 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$$

A determinação do caudal máximo que um tubo pode transportar está dependente da velocidade com que é escoado o fluido. Assim, recorrendo à fórmula de Manning-Strickler vem:

$$V = K \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2} \rightarrow V = 125 \cdot \left(\frac{\pi \cdot \left(\frac{0,1407}{2} \right)^2}{2 \cdot \pi \cdot \left(\frac{0,1407}{2} \right)} \right)^{2/3} \cdot 0,004^{1/2} \rightarrow V = 0,679 \text{ m/s}$$

Conhecendo o valor da velocidade, facilmente se determina o do caudal escoado:

$$Q = V \cdot S \rightarrow Q = 0,679 \cdot \left(\pi \cdot \left(\frac{0,1407}{2} \right)^2 \right) \rightarrow Q = 10,56 \text{ l/s}$$

12 - BIBLIOGRAFIA

- Decreto Regulamentar n° 23/95, *Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagens de Águas Residuais*, 1995
- Despacho n° 19563/2006 do Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações (Diário da República, 2ª série - N° 185 - 25 de Setembro de 2006)
- Diogo, António Manuel Freire, *Apontamentos de Hidráulica Urbana - Conceção e Dimensionamento de Redes de drenagem de Águas Residuais Comunitárias e Pluviais*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra, 1993
- Janson, Lars-Eric, *Plastics Pipes for Water Supply and Sewage Disposal*, 3ª Edição, Estocolmo, 1999
- Novais Barbosa, J., *Mecânica dos Fluidos e Hidráulica Geral*, Volume 2, Porto Editora, 1986
- António de Carvalho Quintela, *HIDRÁULICA - Fundação Calouste Gulbenkian*, 9ª Edição, 2005
- Documentação de suporte do curso de "Dimensionamento de Redes Prediais de Águas e Esgotos de acordo com as Normas Europeias", organizado pela ANQIP em 2007, sendo coordenado pelo Prof. Doutor Armando Silva Afonso.
- EN ISO 9001 - Quality management systems - Requirements (ISO 9001:2000)

13 - REFERÊNCIAS NORMATIVAS

13.1 Normas Europeias

- UNE EN 124 - Dispositivos de cubrimiento y de cierre para zonas de circulación utilizadas por peatones y vehículos. Principios de construcción, ensayos de tipo, marcado, control de calidad;
- UNE EN 476 - Requisitos generales para componentes empleados en tuberías de evacuación, sumideros y alcantarillas para sistemas de gravedad;
- UNE EN 681-1 - Juntas elastoméricas. Requisitos de los materiales para juntas de estanquidad de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y en drenaje. Parte 1: Caucho vulcanizado;
- NP EN 728 - Sistemas de tubagens e condutas em plástico. Tubos e acessórios em poliolefinas. Determinação do tempo de indução à oxidação;
- NP EN 743 - Sistemas de tubagens e condutas em plástico. Tubos termoplásticos. Determinação da deformação longitudinal a quente;
- NP EN 744 - Sistemas de tubagens e condutas em plástico. Tubos termoplásticos. Método de ensaio da resistência aos choques exteriores pelo método do relógio;
- EN 1043-1 - Plastics. Symbols and abbreviated terms. Part 1: Basic polymers and their special characteristics;
- ENV 1046 - Plastics piping and ducting systems. Systems outside building structures for the conveyance of water or sewage. Practices for installation above and below ground;
- NP EN 1053 - Sistemas de tubagens em materiais plásticos. Tubagens termoplásticas para aplicações sem pressão. Método de ensaio da estanquidade à água;
- UNE EN 1277 - Sistemas de canalización en materiales plásticos. Sistemas de canalizaciones para aplicaciones enterradas sin presión. Métodos de ensayo de estanquidad da las uniones con junta de elastómero;
- NP EN 1411 - Sistemas de tubagens e condutas em plástico. Tubos termoplásticos. Método de ensaio da resistência aos choques exteriores pelo método da escada;
- EN 1446 - Sistemas de canalización y conducción en materiales plásticos. Tubos termoplásticos. Determinación de la flexibilidad anular;
- UNE EN 1610 - Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento;
- UNE EN 12061 - Sistemas de canalización en materiales plásticos. Accesorios en termoplásticos. Método de ensayo de resistencia al impacto;
- UNE EN 12256 - Sistema de canalización en materiales plásticos. Método de ensayo de resistencia mecánica o de flexibilidad de accesorios fabricados;
- EN 13101 - Steps for underground man entry chambers - Requirements, parking, testing and evaluation of conformity.
- UNE EN 13476-1 - Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Sistemas de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno(PE). Parte:1: Requisitos generales y características de comportamiento;
- UNE EN 13476-3 - Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado sin presión. Sistemas de pared estructurada de poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno(PE). Parte 3: Especificaciones para tubos, accesorios y el sistema, Tipo B;
- UNE EN 13598-1 - Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento y evacuación sin presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) y polietileno(PE). Parte:1 Especificaciones para los accesorios auxiliares incluidas las arquetas de inspección poco profundas;
- EN 13598-2 - Plastic piping systems for non pressure underground drainage and sewerage - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE). Part 2: Specifications for manholes and inspection chambers in traffic areas and deep underground installations.

- EN 14802 - Plastic piping systems. Plastics shafts or risers for inspection chambers and manholes. Determination of resistance against surface and traffic loading;
- EN 14830 - Thermoplastic inspection chamber and manhole bases. Test methods for buckling resistance;
- EN 14982 - Plastic piping systems - Plastics shafts or risers for inspection chambers and manholes - determination of ring stiffness;
- EN ISO 472 - Plastics. Vocabulary;
- EN ISO 580 - Plastic piping and ducting systems. Injections-moulding thermoplastics fittings. Methods for visually assessing the effects of heating;
- EN ISO 1133 - Plastics - Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics;
- UNE EN ISO 1167-1 - Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos - determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 1: Método general;
- UNE EN ISO 1167-2 -Tubos, accesorios y uniones en materiales termoplásticos para la conducción de fluidos - determinación de la resistencia a la presión interna. Parte 2: Preparación de las probetas de tuberías;
- EN ISO 1183-1 - Plastics. Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics. - Part 1: Immersion method, liquid pycnometer method and titration method;
- UNE EN ISO 3126 - Sistemas de canalización en materiales plásticos. Componentes de materiales plásticos - Determinación de las dimensiones;
- EN ISO 9967 - Tubos de materiales termoplásticos. Determinación del coeficiente de fluencia;
- EN ISO 9969 - Thermoplastics pipes. Determination of ring stiffness;

13.2 Normas Internacionais

- ATV-A127 E - Standards for the structural calculation of drains and sewers.
- BS 5930 - Code of practice for site investigation;
- DIN 1072 - Road and foot bridges. Design loads;
- DIN 18196 - Soil classification for civil engineering.
- NF P 16-351 - Plastics. Plastic piping systems for buried drainage. Civil engineering specification.
- ISO 4433-1 - Thermoplastics pipes. Resistance to liquid chemicals. Classification. Part 1: Immersion test method
- ISO 4433-2 - Thermoplastics pipes. Resistance to liquid chemicals. Classification. Part 2 Polyolefin pipes
- ISO 4599 - Plastics - Determination of Resistance to Environmental Stress Cracking (ESC) - Bent Strip Method First Edition
- ISO/TR 10358 - Thermoplastics pipes. Combined chemical-resistance classification table;
- ISO 12091 - Structured wall thermoplastics pipes - Oven Test.



GRUPO FERSIL

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



GRUPO FERSIL

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

FIL.

TUBOS ANGOLA

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

FERSIL.

MOÇAMBIQUE

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.