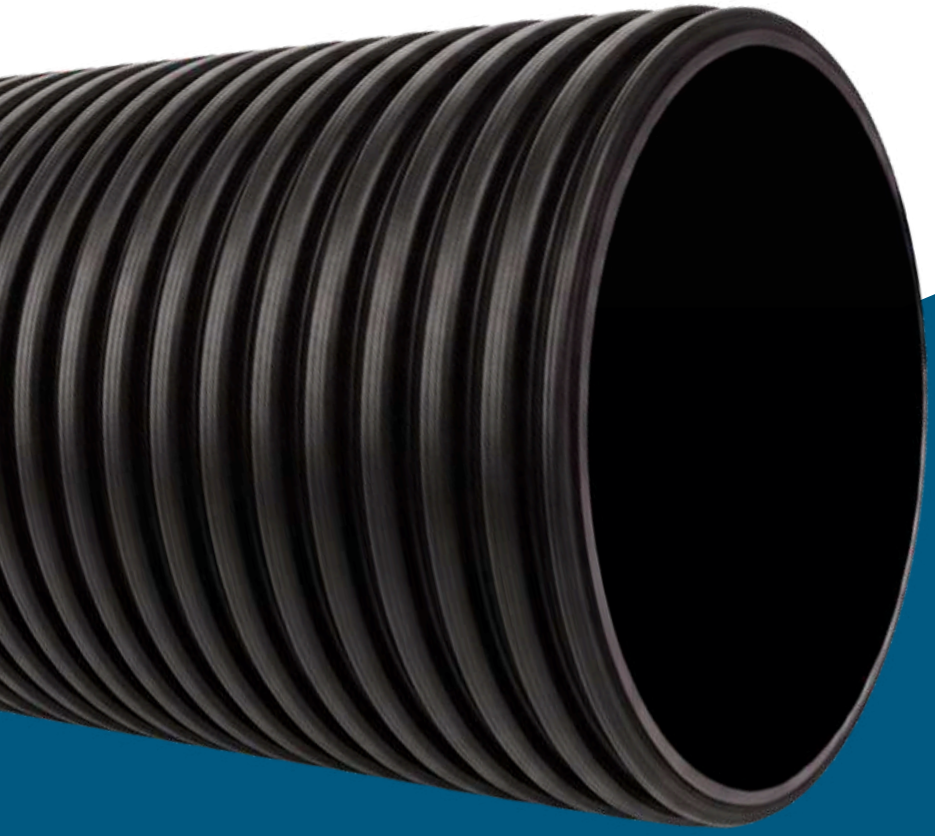
Kanaflex®

MANUAL TÉCNICO



KNTS Drain

Tubo PEAD Corrugado com Paredes Estruturadas

1. Introdução 5
2. Características Técnicas e Dimensionais – Tubo e acessórios 5
2.1 Matéria prima 7
2.1.1. Polietileno 7
2.1.2. Tipos de PE em Função da Densidade 8
2.1.3. Resistência Química do PE 8
2.1.4. Resistência do PEAD 10
2.1.5. Outras característica 11
2.1.6. Temperatura de operação 11
2.2. Tubo KNTS Drain 12
2.3. Acessórios 12
2.3.1. Conexão Bolsa Bolsa 13
2.3.2. Tampão 13
2.3.3. Curva 45° Ponta Ponta 14
2.3.4. Curva 45° Ponta Bolsa 14
2.3.5. Curva 45° Bolsa Bolsa 15
2.3.6. Curva 90° Ponta Ponta 15
2.3.7. Curva 90° Bolsa Bolsa 16
2.3.8. Joelho 45° Ponta Ponta 16
2.3.9. Joelho 45° Bolsa Bolsa 17
2.3.10. Joelho 90° Ponta Ponta 17
2.3.11. Joelho 90° Bolsa Bolsa 18
2.3.12. Junção “Tee” Ponta Ponta Ponta 18
2.3.13. Junção “Tee” Bolsa Bolsa Bolsa 19
2.3.14. Junção “Y” Ponta Ponta Ponta 19
2.3.15. Junção “Y” Bolsa Bolsa Bolsa 20
2.3.16. Redução Excêntrica Ponta Bolsa 20
2.3.17. Redução Excêntrica Bolsa Bolsa 21
2.3.18. Anel de Vedação 21
2.3.19. Pasta Lubrificante Kanalub 22
3. Dimensionamento 23
3.1. Dimensionamento Mecânico e Influência de Cargas Externas 23

3.1.1. Classificação de Rigidez de Tubos 23

3.1.2. Condições de Instalação e Interação entre o Tubo e o Solo 24

3.1.3. Projeto Estrutural do Tubo 27

3.1.4. Estrutura Solo / Tubo (Marston-Spangler) 31

3.1.5. Cálculo da Deflexão Vertical do Tubo - ΔDv 32

3.2. Dimensionamento Hidráulico 38

3.2.1. Condutos Livres – Lâmina D´água e Velocidade de Fluxo 38

4. Instalação 43

4.1. Considerações Gerais sobre Solo e Propriedades Geotécnicas 43

4.1.1. Solo de Abertura e Preenchimento da Vala 44

4.2. Procedimento de Instalação 47

4.2.1. Abertura e Preparação da Vala 47

4.2.2. Escavação de Vala 47

4.2.3. Largura de Vala 48

4.2.4. Profundidade de Vala 48

4.2.5. Alinhamento e Declividade 48

4.2.6. Valas com Escoramento 48

4.2.7. Valas com Presença de Água ou Instalação da Tubulação sob Lençol Freático 49

4.2.8. Envoltória do Tubo - Recomendações Construtivas 51

4.3. Assentamento do Tubo 53

4.3.1. Posicionamento do Tubo na Vala 53

4.3.2. Tubos Paralelos em Vala 54

4.3.3. Instalação de Tubos em Terreno com Acentuada Declividade 54

4.3.4. Tubos salientes ou com geratriz superior acima da cota do terreno natural 55

4.3.5. Junção de Tubos e Acessórios 56

4.4. Recomposição do Pavimento 59

4.5. Chegada e Saída em Caixa de Passagem ou PV 60

5. Manuseio e Transporte 60

6. Armazenamento e Estocagem 61

7. Aspectos da Qualidade 63

7.1. Padrões Normativos do Tubo KNTS Drain 63

7.2. Identificação do Produto 63

7.3. Controle da Qualidade do KNTS Drain 63

7.3.1. Controle da Matéria-prima 64

7.3.2. Controle do Produto no Processo de Fabricação 64

7.3.3. Inspeção Final 65

8. Bibliografia 65

Notas: 66

1. Introdução

O KNTS Drain é um tubo corrugado com paredes estruturadas, de dupla parede sendo a interna lisa e a externa corrugada anelar, fabricado em PEAD (Polietileno de Alta Densidade), destinado à condução de líquidos por gravidade em redes enterradas de infraestrutura.

Este manual fornece subsídios técnicos para projetistas e instaladores e não substitui os critérios de engenharia, os regulamentos de segurança ou quaisquer outras leis e disposições locais, bem como as especificações e instruções do projetista, autoridade final em todas as etapas de trabalhos de engenharia.

No item 2 são apresentadas características técnicas e dimensionais dos tubos KNTS Drain e acessórios.

No item 3 são apresentados os parâmetros e fórmulas que possibilitam o cálculo de deflexões verticais e de performance hidráulica dos tubos.

Os tubos KNTS Drain devem ser instalados levando-se em consideração o assentamento e o suporte de reaterro do tubo conforme as orientações contidas no item 4, uma vez que o sucesso da construção de redes com tubos não rígidos depende principalmente do tipo de execução (vala ou aterro) e do comportamento do solo de envoltória e recobrimento. O tubo e o material de envoltória/recobrimento formam um sistema tubo-solo, pois tubos não rígidos enterrados constituem estruturas que interagem fortemente com o solo circundante. Para propiciar informação aos não familiarizados com a área de geotecnia, nesse item são abordados alguns conceitos de mecânica dos solos, de modo a proporcionar o embasamento mínimo necessário para a compreensão de uma correta instalação, envolvendo materiais, cuidados e métodos que agregam segurança na execução do sistema de tubulação em campo.

A instalação deve ser feita de modo criterioso e adequado, objetivando maximizar os resultados das inúmeras vantagens que os tubos KNTS Drain proporcionam.

2. Características Técnicas e Dimensionais – Tubo e acessórios

O KNTS Drain é um tubo corrugado de dupla parede, sendo a interna lisa e a externa corrugada anelar, fabricado em PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Desenvolvido para uso em instalação enterrada, é aplicado em drenagem pluvial e condução de águas subterrâneas. O KNTS Drain proporciona maiores velocidades de escoamento e vazões no sistema de tubulações, quando comparado a maioria de tubos fabricados com outros materiais.

É fabricado em barra de 6 metros com bolsa integrada e anel de vedação fornecido posicionado na extremidade da barra. A junção entre tubos, do tipo junta elástica, apresenta facilidade e rapidez de montagem. Permite dilatações e deflexões angulares na rede que facilitam as acomodações da tubulação ao traçado do projeto, reduzindo o emprego de conexões.

Figura 1 - Fabricação do Tubo KNTS Drain

Disponível na classe de rigidez SN4 (4KN/m2) conforme norma ISO 9969 nos diâmetros nominais de 250 a 1200 (Tabela 2); o KNTS Drain apresenta alto desempenho mecânico, possibilitando a realização de instalação segura, quando respeitados os parâmetros de projeto e orientações de instalação contidas neste manual.

O KNTS Drain é fabricado em conformidade com elevados padrões de exigências, atendendo a norma DNIT 094/2014-EM: Tubos de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) e poliolefínicos (PE e PP) para drenagem em rodovia - Especificação de material.

São características do KNTS Drain:

- **Leveza**: reduz significativamente os riscos de acidentes com pessoal e a necessidade de maquinário pesado nas etapas de transporte, manuseio e assentamento em vala;
- **Barra de 6 metros**: torna a instalação mais rápida se comparado a outros tubos de mesma aplicação, proporcionando ganho significativo de produtividade na obra;
- **Elevada resistência química**: possibilita a instalação em solos com salinidade elevada; imunidade a passagem acidental de líquidos agressivos;
- **Baixa rugosidade**: seu coeficiente de Manning igual a 0,010 possibilita a redução da declividade de instalação e/ou, em muitos casos, a redução do

diâmetro interno de galerias previamente projetadas para tubos de rugosidade maior, sem sacrifício da vazão de projeto;

- **Alta resistência a impacto**: reduz a zero a perda de material por quebras decorrentes de quedas e eventuais choques mecânicos durante as etapas de movimentação / transporte / instalação na obra;
- **Junta tipo ponta-bolsa-anel de vedação**: o perfil do tubo KNTS Drain, regular ao longo de toda seção, permite um encaixe perfeito entre ponta-bolsa-anel de vedação, proporcionando elevada estanqueidade à rede;

O KNTS Drain é também fabricado no tipo perfurado, destinando-se à aplicação em dispositivos drenantes de captação de águas subterrâneas em rodovias, ferrovias, aeroportos, campos esportivos e outras obras de infraestrutura onde se faz necessário o controle de águas infiltradas ou provenientes da elevação de lençol freático. Neste caso deve-se especificar **Tubo KNTS Drain Perfurado** (para esta opção, o anel de vedação não é fornecido em conjunto com a barra).

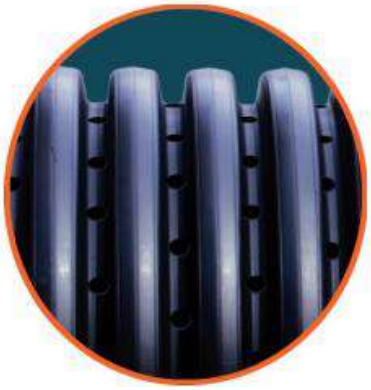


Figura 2 - Tubo KNTS Drain Perfurado

2.1 Matéria prima

2.1.1. Polietileno

O Polietileno (PE) é um plástico obtido pela união de inúmeras moléculas de etileno (monômeros), através da reação de polimerização, gerando uma grande macromolécula, a qual, por sua vez, confere a este material as características próprias de um polímero. Polímeros que são constituídos unicamente de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos) são classificados como poliolefinas. O PE é a poliolefina que possui a mais simples estrutura molecular e é o plástico mais utilizado atualmente no mundo.

Dentre as vantagens do PE, podemos destacar:

- leveza;
- alta resistência química;
- excelente elasticidade;

- alta resistência à abrasão;
- alta resistência ao impacto, mesmo em baixas temperaturas.

2.1.2. Tipos de PE em Função da Densidade

O PE é notável pela sua extensa faixa de densidade e, de acordo com esta propriedade, pode ser dividido em:

Nome do Polímero	Sigla
Polietileno de Alta Densidade	PEAD
Polietileno de Média Densidade	PEMD
Polietileno de Baixa Densidade	PEBD

O PE utilizado para a fabricação do tubo KNTS Drain possui o valor típico de densidade de aproximadamente 0,95 g/cm³ o que o classifica como Tubo PEAD. Devido a essa característica, aliada à estrutura corrugada do tubo, o produto final apresenta destacada leveza quando comparado com tubos para mesma aplicação fabricados com outros materiais.

2.1.3. Resistência Química do PE

O PE possui uma estrutura apolar similar a dos hidrocarbonetos parafínicos e por esta razão, esse polímero possui excelente resistência a substâncias químicas.

O PE é resistente a soluções aquosas de sais, ácidos diluídos e álcalis. Apenas agentes fortemente oxidantes, tais como peróxidos altamente concentrados e ácidos ou halogênios atacam o PE após um período de exposição prolongado.

Tal resistência não exclui, entretanto, a possibilidade de que, sob certas condições, as propriedades mecânicas do PE possam ser influenciadas pela ação de compostos químicos. Para informações mais específicas e detalhadas, recomendamos consultar a norma ISO/TR 10358 “Plastics pipes and fittings - Combined chemical - resistance classification table”. Algumas informações sobre a Resistência Química do PE estão indicadas na Tabela 1.

Produto	Temperatura		Produto	Temperatura	
	20 °C	60 °C		20 °C	60 °C
Acetato de chumbo	E	E	Cloreto de sódio	E	E
Acetona 100%	E	E,D	Cloreto de zinco	E	E
Ácido acético glacial	E	G,D,c,f	Cloro (gás e líquido)	F	N
Ácido bromídrico 100%	E	E	Clorobenzeno	G	F,D,d,c
Ácido carbônico	E	E	Clorofórmio	G	F,D,d,c
Ácido carboxílico	E	E	Detergentes	E	E,c
Ácido cianídrico	E	E	Diclorobenzeno	F	F
Ácido clorídrico	E	E,d	Dioctilftalato	E	G,c
Ácido clorosulfônico	F	N	Dióxido de enxofre líquido	F	N
Ácido crômico 80%	E	F,D	Enxofre	E	E
Ácido fluorídrico 1-75%	E	E	Essência de terebentina	G	G
Ácido fosfórico 30-90%	E	G,D	Ésteres alifáticos	E	G
Ácido glicólico 55-70%	E	E	Éter	G	F
Ácido nítrico 50%	G,D	F,D,f	Éter de petróleo	G,d,i	F,d
Ácido nítrico 95%	N,F,f	N,c	Flúor gasoso 100%	N	N
Ácido perclórico 70%	E	F,D	Gasolina	E	G,c
Ácido salicílico	E	E	Hidróxido de amônia 30%	E	E
Ácido sulfocrômico	F	F,f	Hidróxido potássio conc.	E	E,c
Ácido sulfúrico 50%	E	E	Hidróxido de sódio conc.	E	E,c
Ácido sulfúrico 98%	G,D	F,D,f	Hipoclorito de cálcio sat.	E	E
Ácido sulfuroso	E	E	Hipoclorito de sódio 15%	E	E,D,d
Ácido tartárico	E	E	Iso-octano	G	G
Ácido tricloroacético 50%	E	E	Metiletilcetona	E	F
Ácido tricloroacético 100%	E	F	Nafta	E	G
Acrilonitrila	E	E	Nitrato de amônia saturado	E	E
Água do mar	E	E	Nitrato de prata	E	E
Álcool benzílico	E	E	Nitrato de sódio	E	E
Álcool butílico	E	E	Nitrobenzeno	F	N,c
Álcool etílico 96%	E	E	Óleo comestível	E	E
Álcool metílico	E	E	Óleo diesel	E	G
Amônia	E,D,d	E,D,d	Pentóxido de fósforo	E	E
Anidrico acético	E	G,D	Permanganato de potássio	D,E	E
Anilina	E	G	Peróxido de hidrogênio 30%	E	E,d
Benzeno	G,d	G,d,i	Petróleo	E	E
Benzoato de sódio	E	E	Querosene	G	G,c
Bicromato de potássio 40%	E	E,D	Sais de níquel	E	E
Borato de sódio	E	E	Sulfatos metálicos	E	E
Branqueadores	E	G,c	Sulfeto de sódio	E	E
Bromo líquido	F	N	Tetracloreto de carbono	G,d,i	F,d,c
Carbonato de sódio	E	E	Tricloroetileno	F,D	N,D
Cloreto de amônia	E	E	Xileno (xilol)	G,d,i	F,c,d

Tabela 1 - Resistência Química do PE

LEGENDA:

D - Descoloração.
E - Exposição durante 30 dias, sem perda de características, podendo tolerar o contato por muitos anos.
F - Alguns sinais de ataque após 07 dias em contato com o produto.
G - Ligeira absorção após 30 dias de exposição, sem comprometer as propriedades mecânicas.
N - Não recomendado. Detectado sinais de ataque entre minutos a horas, após o início de exposição.
c - Fendilhamen
d - Deformação
f - Fragilização
i - Inchamento.

2.1.4. Resistência do PEAD

Abrasão O PEAD possui excelente resistência à abrasão quando comparado com outros materiais utilizados na fabricação de tubos para aplicações em infraestrutura.

Para avaliar essa propriedade foi desenvolvido um método de ensaio, que ficou conhecido como Teste de Abrasão de Darmstadt, padronizado na norma DIN 19534.

Amostras de tubos de diferentes materiais foram submetidas ao mesmo ensaio de abrasão e os resultados encontrados estão apresentados na Figura 3.

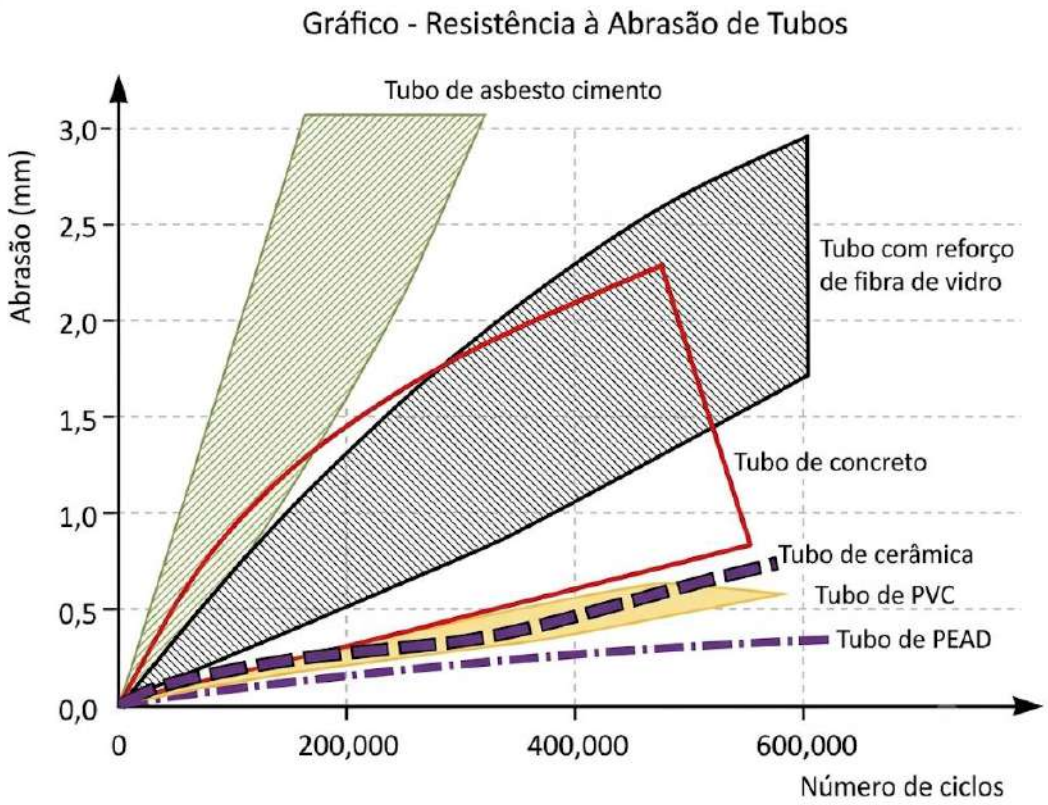


Figura 3 - Gráfico de Abrasão (DIN 19534) - Universidade de Darmstadt

2.1.5. Outras característica

O PEAD é um material dúctil e com excelente resistência ao alongamento na ruptura, o que permite que os tubos fabricados com esse material se deformem com o eventual movimento/acomodação do solo, sem apresentar quebras ou trincas.

O PEAD utilizado na fabricação do tubo KNTS Drain, apresenta valores típicos de resistência ao alongamento na ruptura acima de 350% e módulo de elasticidade na ordem de 800 MPa.

2.1.6. Temperatura de operação

O tubo KNTS Drain foi projetado e dimensionado para trabalhar enterrado e não pressurizado. Devido a essas condições e à baixa condutividade térmica do PEAD, espera-se que a superfície externa do tubo esteja a uma temperatura mais baixa do que a máxima do fluído em seu interior.

Os limites de temperatura de operação podem variar entre 0 e 40 °C, sendo admitido o trabalho em temperatura máxima de até 60 °C em regime esporádico. A referência à temperatura deve ser sempre considerada para o fluído e não para o tubo.

Dentro desse contexto, é de fundamental importância considerar a propriedade de resistência química do PEAD e também do material de fabricação do anel de vedação; portanto devem ser observadas as condições e limites definidos para cada um dos materiais que compõe o sistema de tubulação. Por isso pode ser necessário reduzir o limite máximo de temperatura devido à compatibilidade química entre o fluido e os materiais da tubulação para os casos em que o líquido conduzido seja diferente de águas pluviais ou subterrâneas.

Como todo plástico, o PEAD também sofre influência em suas propriedades sob o efeito de temperatura. Um aumento na temperatura reduz a rigidez do material e uma diminuição na temperatura aumenta sua rigidez. Ainda assim, não são esperadas implicações no manuseio e instalação dos tubos corrugados uma vez que, à medida que o tubo esfria até a temperatura ambiente do solo, as características originais de rigidez retornam.

Durante a instalação, quando forem observadas condições extremas entre a temperatura na superfície do tubo e a temperatura no ambiente da vala, recomenda-se, após a execução das junções, recobrir o trecho executado para evitar o deslocamento das juntas devido ao coeficiente de expansão térmica linear do PEAD.

2.2. Tubo KNTS Drain

O KNTS Drain é fabricado nas dimensões e classe de rigidez apresentadas na Figura 4 e Tabela 2 a seguir:

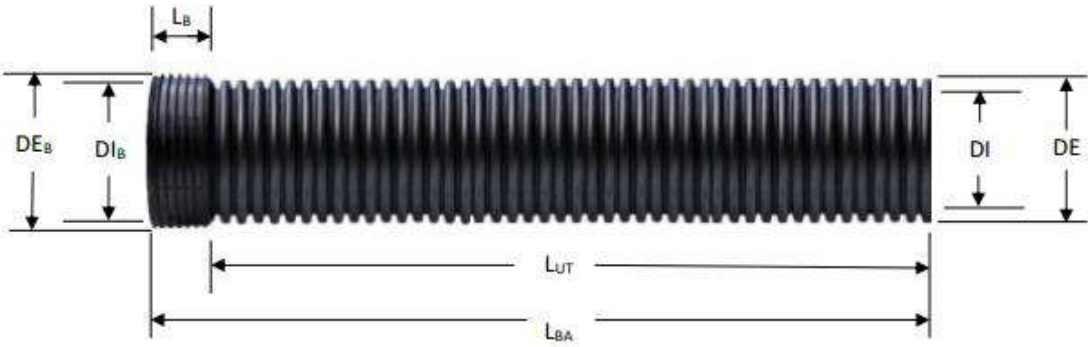


Figura 4 - Tubo KNTS Drain

Quadro de medidas de Referência							
Série DN/DI (mm)	Classe de Rigidez	Medidas do Tubo	Medidas da Bolsa			Comprimento total da barra	Comprimento útil da barra
	SN (kN/m² ou kPa)	DE (mm)	DEB (mm)	DIB (mm)	LB (mm)	LBA (m)	LUT (m)
250	4	296	315	298	140	6,03	5,89
300	4	371	395	372	160	6,04	5,88
400	4	465	495	469	170	6,07	5,90
500	4	586	621	592	200	6,07	5,87
600	4	704	740	711	240	6,07	5,83
800	4	903	965	905	350	6,08	5,73
1000	4	1141	1230	1150	480	6,10	5,62
1200	4	1387	1495	1400	400	6,11	5,71
Nota: Série DN/DI. Diâmetro Nominal corresponde ao Diâmetro Interno.							

Tabela 2- Quadro de Medidas do Tubo KNTS Drain

2.3. Acessórios

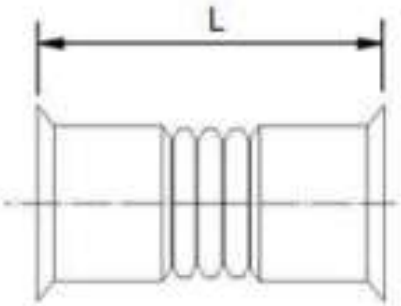
A Kanaflex disponibiliza para a linha KNTS Drain uma ampla variedade de acessórios que objetivam proporcionar flexibilidade e versatilidade para necessidades específicas de conexões em sistemas tubulares.

Os acessórios são fabricados a partir de seções do próprio tubo, por processo de soldagem, garantindo estanqueidade e elevada resistência nas junções.

Mediante consulta, a Kanaflex pode fabricar/fornecer outros tipos de acessórios para Tubos KNTS Drain através de processo de segmentação, garantindo a mesma estanqueidade das junções entre tubos.

2.3.1. Conexão Bolsa Bolsa

Peça em PEAD, de seção interna circular, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal. A estanqueidade é assegurada pelo anel de vedação que vai alojado no primeiro vale de corrugação na ponta do tubo.

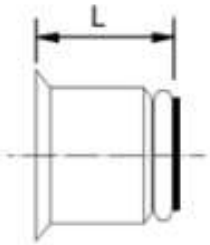


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	383
300	4	456
400	4	490
500	4	583
600	4	714
800	4	945
1000	4	1339
1200	4	1223

Figura 5 - Conexão Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.2. Tampão

Peça em PEAD, de seção interna circular, destinada ao tamponamento de tubos KNTS Drain para evitar a entrada de elementos estranhos em seu interior no início ou final da linha.

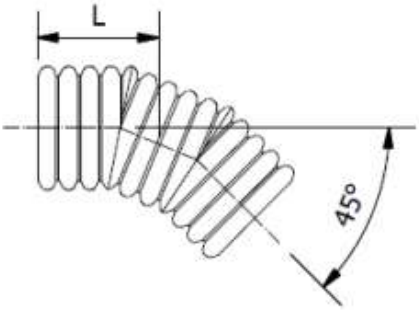


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	178
300	4	204
400	4	217
500	4	258
600	4	315
800	4	473
1000	4	670
1200	4	611

Figura 6 - Tampão KNTS Drain

2.3.3. Curva 45° Ponta Ponta

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Ponta, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

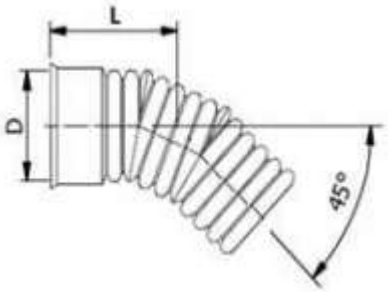


DN	SN (kN/m2)	Dimensões
		L (mm)
250	4	299
300	4	341
400	4	391
500	4	462
600	4	584
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 7 - Curva 45° Ponta Ponta KNTS Drain

2.3.4. Curva 45° Ponta Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

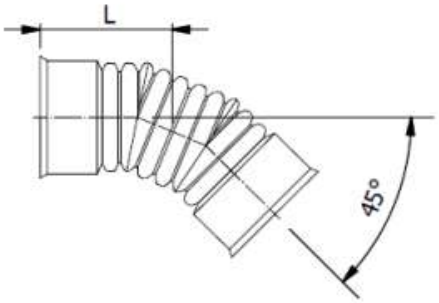


DN	SN (kN/m2)	Dimensões
		L (mm)
250	4	322
300	4	399
400	4	438
500	4	517
600	4	645
800	4	820
1000	4	1181
1200	4	1258

Figura 8 - Curva 45° Ponta Bolsa KNTS Drain

2.3.5. Curva 45° Bolsa Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Bolsa Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

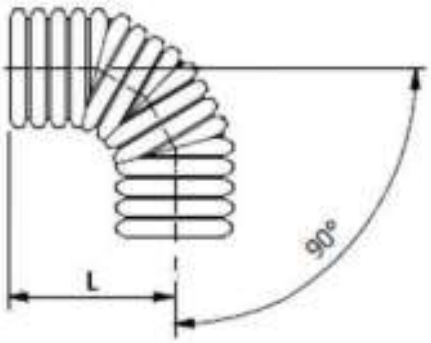


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	322
300	4	399
400	4	438
500	4	517
600	4	645
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 9- Curva 45° Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.6. Curva 90° Ponta Ponta

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

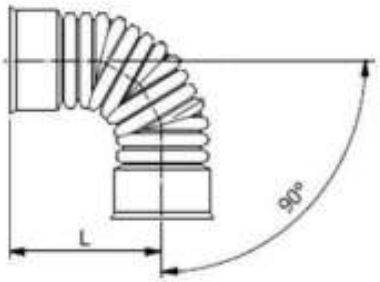


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	491
300	4	526
400	4	597
500	4	701
600	4	890
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 10 - Curva 90° Ponta Ponta KNTS Drain

2.3.7. Curva 90° Bolsa Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Bolsa Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 90° entre os eixos longitudinais dos tubos.

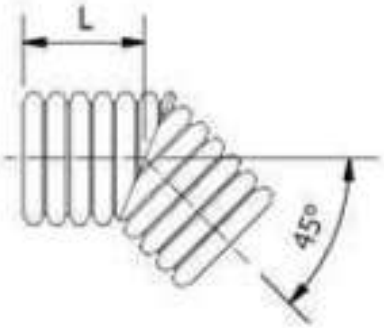


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	514
300	4	584
400	4	644
500	4	756
600	4	951
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 11 - Curva 90° Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.8. Joelho 45° Ponta Ponta

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Ponta, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

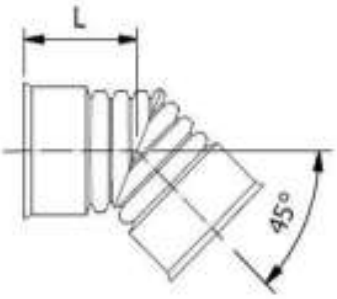


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	246
300	4	326
400	4	369
500	4	436
600	4	552
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 12 - Joelho 45° Ponta Ponta KNTS Drain

2.3.9. Joelho 45° Bolsa Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Bolsa Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

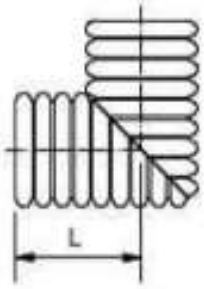


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	306
300	4	379
400	4	414
500	4	488
600	4	609
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 13 - Joelho 45° Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.10. Joelho 90° Ponta Ponta

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Ponta, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 90° entre os eixos longitudinais dos tubos.

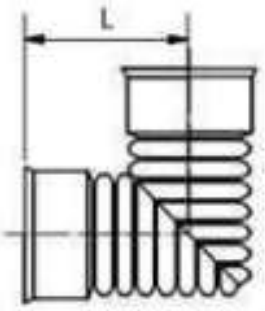


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	358
300	4	419
400	4	530
500	4	620
600	4	789
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 14 - Joelho 90° Ponta Ponta KNTS Drain

2.3.11. Joelho 90° Bolsa Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Bolsa Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando um ângulo de 90° entre os eixos longitudinais dos tubos.

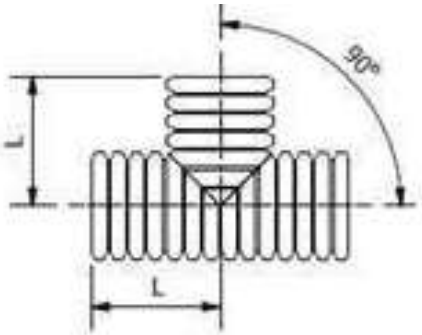


DN	SN (kN/m2)	Dimensões
		L (mm)
250	4	380
300	4	477
400	4	577
500	4	675
600	4	850
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 15 - Joelho 90° Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.12. Junção "Tee" Ponta Ponta Ponta

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Ponta Ponta, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando ângulo de 90° entre os eixos longitudinais dos tubos.

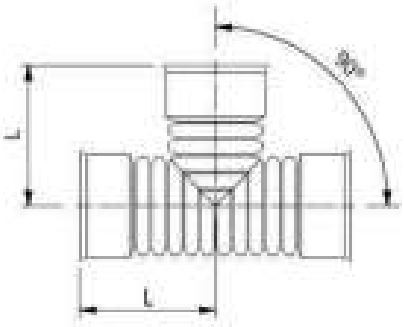


DN	SN (kN/m2)	Dimensões
		L (mm)
250	4	338
300	4	437
400	4	509
500	4	608
600	4	761
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 16 - Junção "Tee" Ponta Ponta Ponta KNTS Drain

2.3.13. Junção “Tee” Bolsa Bolsa Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Bolsa Bolsa Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando ângulo de 90° entre os eixos longitudinais dos tubos.

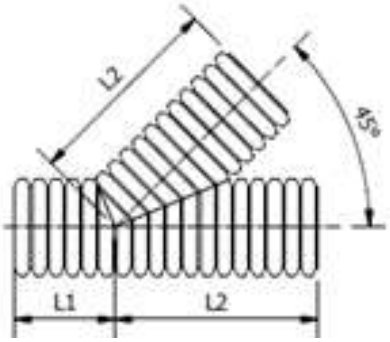


DN	SN (kN/m2)	Dimensões L (mm)
250	4	398
300	4	495
400	4	556
500	4	663
600	4	822
800	4	Sob consulta
1000	4	
1200	4	

Figura 17 - Junção “Tee” Bolsa Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.14. Junção “Y” Ponta Ponta Ponta

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Ponta Ponta, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

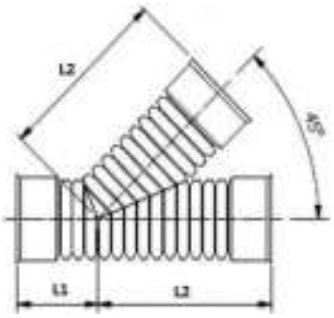


DN	SN (kN/m2)	Dimensões(mm)	
		L_1	L_2
250	4	263	563
300	4	291	679
400	4	339	791
500	4	405	1013
600	4	507	1268

Figura 18 - Junção “Y” Ponta Ponta Ponta KNTS Drain

2.3.15. Junção “Y” Bolsa Bolsa Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Bolsa Bolsa Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de mesmo diâmetro nominal, formando ângulo de 45° entre os eixos longitudinais dos tubos.

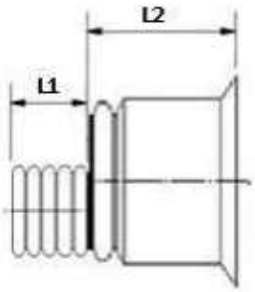


DN	SN (kN/m2)	Dimensões(mm)	
		L1	L2
250	4	285	585
300	4	349	737
400	4	386	895
500	4	460	1068
600	4	568	1329

Figura 19 - Junção “Y” Bolsa Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.16. Redução Excêntrica Ponta Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Ponta Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de diferentes diâmetros nominais.

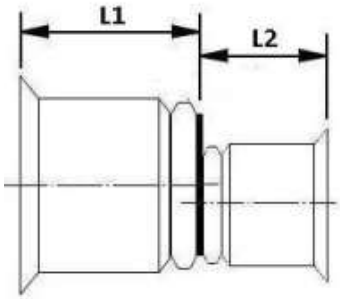


DN	SN (kN/m2)	Dimensões	
		L1	L2
300x250	4	188	204
400x250	4	188	217
400x300	4	194	217
500x250	4	188	258
500x300	4	194	258
500x400	4	226	258
600x250	4	188	315
600x300	4	194	315
600x400	4	226	315
600x500	4	270	315

Figura 20 - Redução Excêntrica Ponta Bolsa KNTS Drain

2.3.17. Redução Excêntrica Bolsa Bolsa

Peça em PEAD de seção interna circular no formato Bolsa Bolsa, destinada a junção de tubos KNTS Drain de diferentes diâmetros nominais.



DN	SN (kN/m2)	Dimensões	
		L_1	L_2
300x250	4	204	173
400x250	4	217	173
400x300	4	217	204
500x250	4	258	173
500x300	4	258	204
500x400	4	258	217
600x250	4	315	173
600x300	4	315	204
600x400	4	315	217
600x500	4	315	258

Figura 21 - Redução Excêntrica Bolsa Bolsa KNTS Drain

2.3.18. Anel de Vedação

Peça circular não toroidal, fabricada em borracha, a ser instalada no vale da corrugação da extremidade de ponta do tubo, destinada a vedar e dar estanqueidade aos tubos KNTS Drain nas junções conforme Figura 21.

Figura 22 - Anel de Vedação KNTS Drain

2.3.19. Pasta Lubrificante Kanalub

Kanalub é uma pasta neutra à base de ácidos graxos saponificados de grande poder lubrificante, a ser aplicada no interior da bolsa e no anel de vedação, para facilitar o deslizamento do anel na bolsa durante a execução da junção. Jamais devem ser utilizadas graxas ou óleos derivados de petróleo, de modo a evitar danos à borracha dos anéis de vedação e/ou riscos ao meio ambiente.

Figura 23 - Pasta Lubrificante Kanalub

A embalagem da Pasta Lubrificante Kanalub, do tipo pote, contém 900 gramas e para quantificação de uso na obra deve ser considerada a Tabela 3.

DN do Tubo	Número de junções por pote de Kanalub
250	24
300	22
400	20
500	18
600	15
800	12
1000	8
1200	6

Tabela 3 - Quantificação de Pasta Kanalub para uso na instalação.

3. Dimensionamento

As informações de dimensionamento contidas neste item são orientações baseadas em normas técnicas em vigor e em literatura técnica acadêmica.

As informações e fórmulas apresentadas no item 3.1 tem por objetivo a compreensão dos parâmetros levados em consideração para o dimensionamento mecânico do tubo KNTS Drain bem como as condições em que interage com o solo de modo a que sua deflexão vertical durante e após a instalação venha a permanecer dentro de limites estabelecidos na etapa de projeto.

As informações e fórmulas apresentadas no item 3.2 possibilitam calcular a performance hidráulica dos tubos KNTS Drain.

3.1. Dimensionamento Mecânico e Influência de Cargas Externas

O estudo de cargas externas atuando sobre tubulações enterradas foi desenvolvido teórica e experimentalmente por A. Marston. O conceito base do estudo é de que a carga devida ao peso da coluna de aterro sobre o tubo instalado enterrado em vala é modificada pelo efeito de arco através do qual parte desse peso é transferido para os prismas laterais adjacentes, do que resultará que a carga sobre o tubo pode ser menor do que o peso da coluna de aterro atuando sobre o mesmo. Para o desenvolvimento do estudo houve necessidade de se estabelecer algumas definições essenciais como a Rigidez de Tubos e as Condições de Instalação.

3.1.1. Classificação de Rigidez de Tubos

Relativamente ao grau de rigidez, os tubos podem ser classificados como rígidos, semi-rígidos ou não-rígidos de acordo com as deformações horizontais ou verticais que as seções transversais possam atingir sem sofrer danos permanentes, conforme a Tabela 4.

Classificação do tubo	% Deflexão sem apresentar danos estruturais	Exemplos
Rígido	**Deflexão < 0,1 %**	**Concreto, cerâmico**
Semi-Rígido	**0,1 % ≤ Deflexão ≤ 3,0 %**	**Ferro fundido**
Não-Rígido	**Deflexão > 3,0 %**	**PEAD, Aço, ferro dúctil**

Tabela 4 - Classificação de tubos quanto à sua deflexão

Essa classificação foi posteriormente modificada pelo Dr. Spangler (Universidade de Iowa) que reduziu os tipos de tubos a rígidos e não-rígidos.

De acordo com esse conceito mecânico, o tubo KNTS Drain é classificado como tubo não-rígido. O conceito de tubo não-rígido não é referente ao sentido longitudinal da barra, mas sim à sua seção transversal.

3.1.2. Condições de Instalação e Interação entre o Tubo e o Solo

Quanto às condições de instalação, tubos enterrados podem ser assentados dentro de uma vala ou em terreno que servirá de base para um aterro. Na figura 24 são ilustradas as três condições básicas de instalação. Tubos não-rígidos são projetados para instalação em solos firmes, portanto ideais para instalação em vala aberta em terreno natural estável.

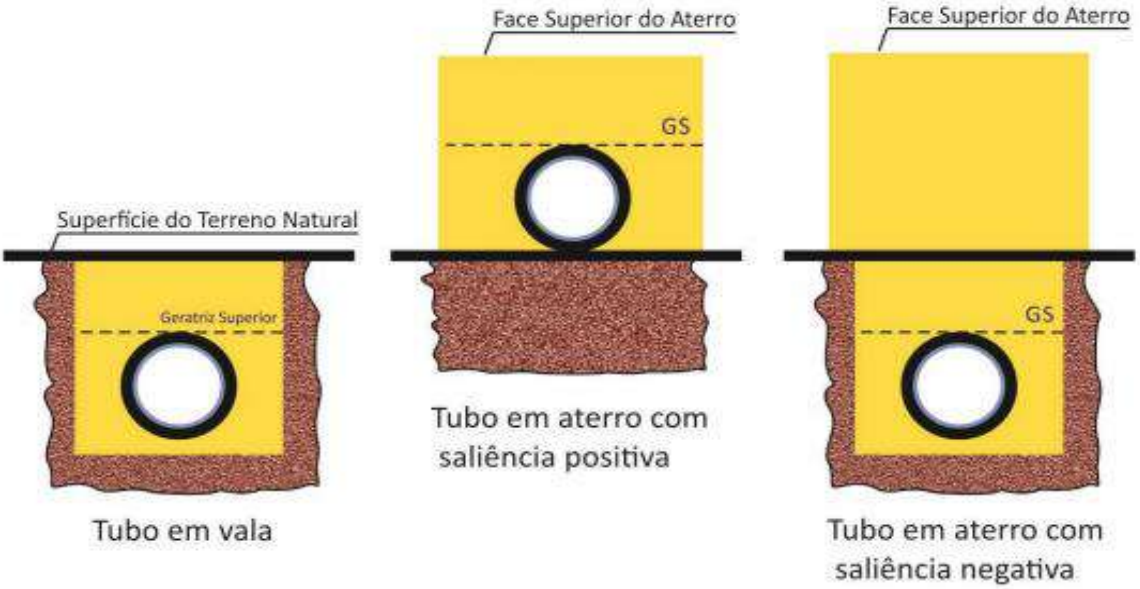


Figura 24 - Condições de Instalação de tubos em vala ou aterro

A instalação de tubos em vala pressupõe o tubo assentado em vala relativamente estreita, escavada em solos passivos e não perturbados, a qual posteriormente é aterrada.

O conceito de vala relativamente estreita, pode ser estabelecido pela proporção largura de vala variando de 1,5 a 2,0 vezes o diâmetro externo do tubo (ideal é a largura = DE + 2x400mm). Quando a largura de vala ultrapassa tais limites, basicamente passa a existir a condição de aterro e cuidados especiais devem ser levados em conta para a instalação de tubo não-rígido.

A instalação de tubo em terreno que serve de base para um aterro comporta duas subdivisões:

- O assentamento do tubo sobre o terreno natural que recebe o aterro, mas que tem a sua geratriz superior situada acima da cota do terreno, como ilustrado para "tubo em aterro com saliência positiva". No caso de necessidade de instalação de tubo não-rígido em aterro sobre terreno natural, primeiro deve-se realizar o aterro e sua adequada compactação, para posteriormente ser realizada abertura de vala e lançamento do tubo.

- O assentamento do tubo no terreno que recebe o aterro, mas que tem a sua geratriz superior situada abaixo da cota natural do terreno, como ilustrado para "tubo em aterro com saliência negativa".

Os estudos desenvolvidos por Spangler resultaram na seguinte proposição: "redes de tubos enterrados derivam sua capacidade de suportar cargas da inerente resistência de cada tubo às cargas verticais externas e da pressão lateral de aterro (envoltória) sobre os lados do tubo, a qual causa tensões nos anéis dos tubos na direção oposta à produzida pela carga vertical".

Para tubos não-rígidos tem sido experimentado e utilizado o limite de largura de vala igual 2 x DE, que oferece boas condições para a construção/assentamento, sendo que desconhece-se quaisquer problemas no emprego da valoração ora citada, quando o tubo é instalado em conformidade com as demais recomendações deste manual.

Como referência ilustrativa de aplicação podem ser citados os bueiros de rodovias, que se dividem basicamente em dois tipos: bueiros de greide e bueiros de grota.

Bueiro de Greide constiui uma aplicação clássica de "tubo em vala" ou " tubo em aterro com saliência negativa". É destinado à condução de águas eventuais (sarjetas e ravinas) onde a entrada d'água é normalmente feita através de caixas coletoras e sendo empregado para permitir a transposição de fluxo d´água coletada por dispositivos de drenagem superficial, notadamente sarjetas. Pode coletar também os fluxos

provenientes de talvegues naturais ou ravinas interceptadas pela rodovia em segmentos de corte.

Bueiro de Grota constitui uma aplicação clássica de "tubo em aterro com saliência positiva". Instala-se em fundo de talvegues e é destinado a águas permanentes. No caso de obra de maior porte corresponde a cursos d´água permanentes de córregos e canais já existentes, e consequentemente, de grande responsabilidade.

***Ravina** – escoamento de grande concentração de águas pelas encostas. Constitui depressão no solo produzida pelo trabalho erosivo dessas águas de escoamento. As ravinas são normalmente classificadas como de menor escala do que as voçorocas, vales e cânions.

***Talvegue** – caminho por onde águas de nascentes passam. Linha sinuosa em fundo de vale, resultante da interseção dos planos de duas vertentes e na qual se concentram as águas que delas descem.

O tubo KNTS Drain se beneficia de sua capacidade de se deformar ou modificar sob a ação de cargas, sem apresentarem danos estruturais, conforme ilustrado na Figura 25.

Esta deformação é conhecida como deflexão, que permite ao tubo se adaptar à forma do invólucro exterior, transferindo a maior parte da carga vertical recebida para a envoltória.

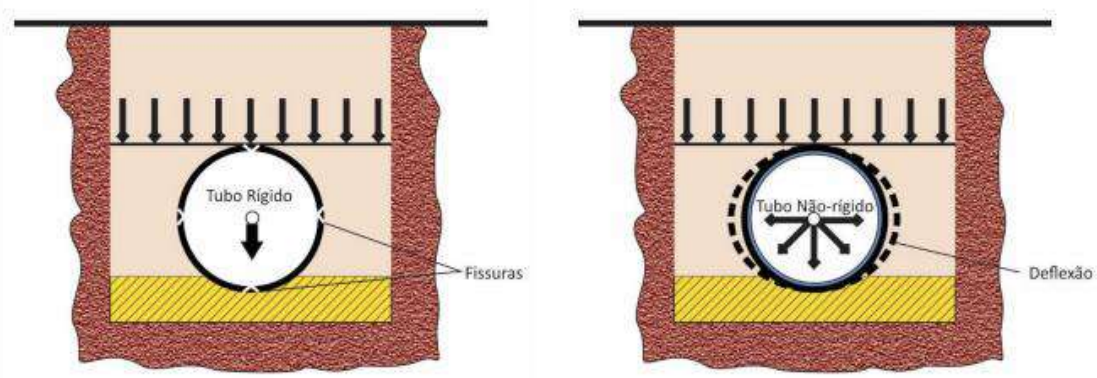


Figura 25 – Comportamento dos tubos sob ação de carga vertical

Tanto os tubos rígidos quanto os não-rígidos requerem um solo apropriado, embora a interação do tubo com o solo seja diferente em cada um dos casos.

No caso de tubo rígido a carga de topo é transferida para o fundo da vala (base de assentamento ou berço). Já no tubo não-rígido, a carga é distribuída pelo solo circundante, daí a se dizer que o tubo interage com o solo.

A Figura 26 ilustra a interação solo/tubo e a transferência de carga nos dois tipos de tubos:

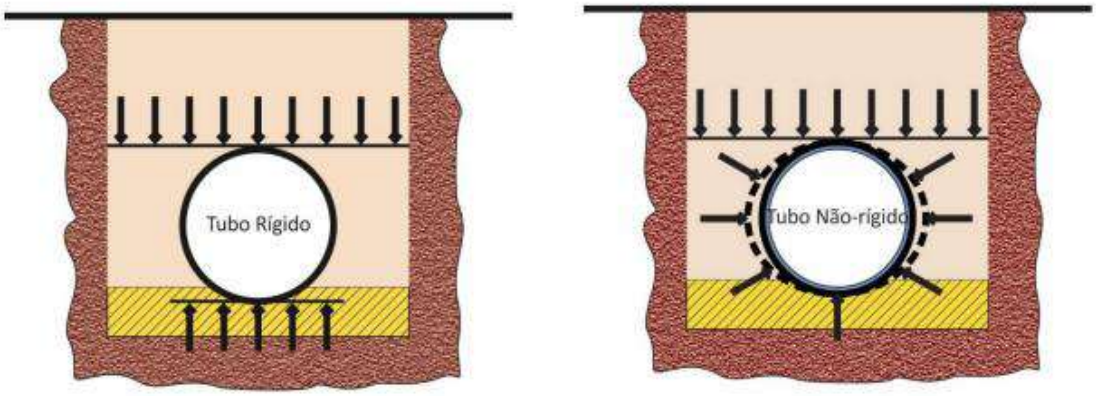


Figura 26 – Interação Solo / Tubo (tubo com o solo de envoltória)

Um tubo rígido é, quase sempre, muitas vezes mais rígido do que o solo de envoltória, conduzindo a necessidade de suportar cargas de solo muito maior do que a carga de prisma por sobre o tubo.

Por outro lado, um tubo não-rígido não é tão rígido quanto o solo de reaterro, forçando assim uma mobilização do solo de envolvimento lateral (envoltória), a fim de suportar o peso das cargas de tráfego e de solo.

3.1.3. Projeto Estrutural do Tubo

Para definição da classe de rigidez aplicável em um sistema de tubos não-rígidos enterrados, primeiramente, os projetistas precisam estabelecer as deflexões permitidas para as tubulações, baseados em suas experiências e/ou em referências normativas.

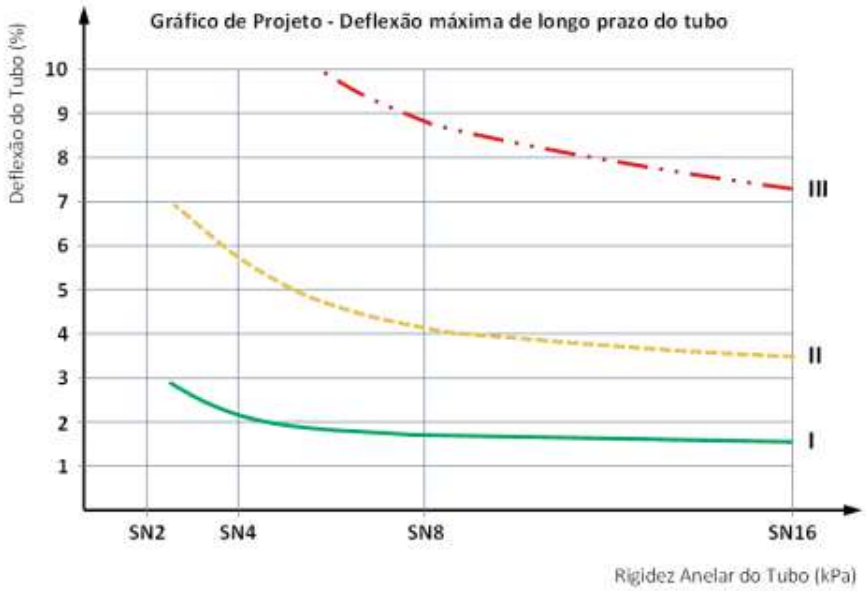
A prática no mercado brasileiro é a adoção de uma deflexão vertical inicial máxima de 5%, porém normas internacionais recomendam os limites de deflexões conforme a Tabela 5. Principalmente por razões de preservação da estanqueidade das junções, os valores calculados de deflexão vertical não devem ultrapassar tais limites.

Classe de Rigidez	Deflexão Vertical Média Inicial	Deflexão Vertical Média de Longo Prazo
SN 4	8%	10%

Tabela 5 - Limites recomendados de deflexão de projeto

Um estudo intensivo de registros/observações de deflexão vertical de tubos não-rígidos instalados em diferentes condições, ao longo de mais de 25 anos, resultou na experiência como apresentada no Gráfico de Projeto da Figura 27.

Para as três condições de compactação de envoltória durante a instalação, pode-se estimar a ordem de grandeza da deflexão vertical e se escolher a classe de rigidez do tubo a ser utilizado. As condições de validação para a estimativa são detalhadas na Tabela 6.



Legenda:
I - Boa Compactação / II - Moderada Compactação / III - Sem Compactação (não recomendado)

Figura 27 - Gráfico de Projeto

O Gráfico de Projeto serve apenas como referência informativa para o projetista e não tem a intenção de substituir o cálculo estrutural, nem limitar as condições a que os tubos podem ser submetidos.

Parâmetro	Condições de validação
Altura de reaterro (*)	0,8 a 6,0 m medidos a partir da geratriz superior do tubo.
Cargas de tráfego	Considerada existente.
Qualidade da instalação **Categoria da instalação "Boa", "Moderada", "Sem" - deve refletir o trabalho da mão-deobra em que o projetista possa confiar.** **(as camadas de preenchimento da vala são detalhadas na Figura 26).**	**"Boa" Compactação (I)** Na vala, o solo de preenchimento do tipo granular na envoltória do tubo, é colocado, cuidadosamente, em camadas de no máximo 30 cm, devendo cada camada ser compactada antes de receber a camada seguinte. A partir da geratriz superior, o tubo deve ser coberto por uma camada de pelo menos 15 cm e também compactada, a qual é considerada parte integrante da envoltória do tubo. A camada de aterro final, sobre a envoltória do tubo, é preenchida com material de envoltória ou solo nativo e depois compactada. Os valores típicos para a densidade Proctor devem ser acima de 94%.
	"Moderada" Compactação (II) Na vala, o solo de preenchimento do tipo granular na envoltória do tubo, é colocado, cuidadosamente, em camadas de no máximo 50 cm, devendo cada camada ser compactada antes de receber a camada seguinte. A partir da geratriz superior, o tubo deve ser coberto por uma camada de pelo menos 15 cm e também compactada, a qual também é considerada parte integrante da envoltória do tubo. A camada de aterro final, sobre a camada de envoltória do tubo, é preenchida com material de envoltória ou solo nativo e depois compactada. Os valores típicos para a densidade Proctor devem se manter na faixa de 87% a 94%.
	Sem Compactação (III) As estacas/pranchas do escoramento lateral devem ser removidas antes da compactação, de acordo com as recomendações da Norma EN 1610:1997. Se, no entanto, as estacas/pranchas forem removidas depois da compactação, deve-se considerar que o nível de compactação "Boa" ou "Moderada" será reduzido para o grau Sem Compactação (III).

Tabela 6 - Condições de validação do Gráfico de Projeto

(*) Nota: A altura de reaterro pode ser inferior a 0,8m em instalações onde a carga de tráfego envolva veículos leves, bem como não ocorra a condição de lençol freático elevado que possa gerar empuxo na linha de tubo enterrado.

Do mesmo modo alturas de reaterro podem ser superiores a 6,0m levando-se em consideração os cuidados no cálculo da deflexão vertical.

Na Figura 28 são detalhadas, em corte transversal, as principais partes/etapas integrantes de uma instalação típica de tubo enterrado para abertura de vala com paredes verticais, em solo nativo (ou aterro compactado). A terminologia das partes indicadas no desenho é a utilizada no texto deste manual.

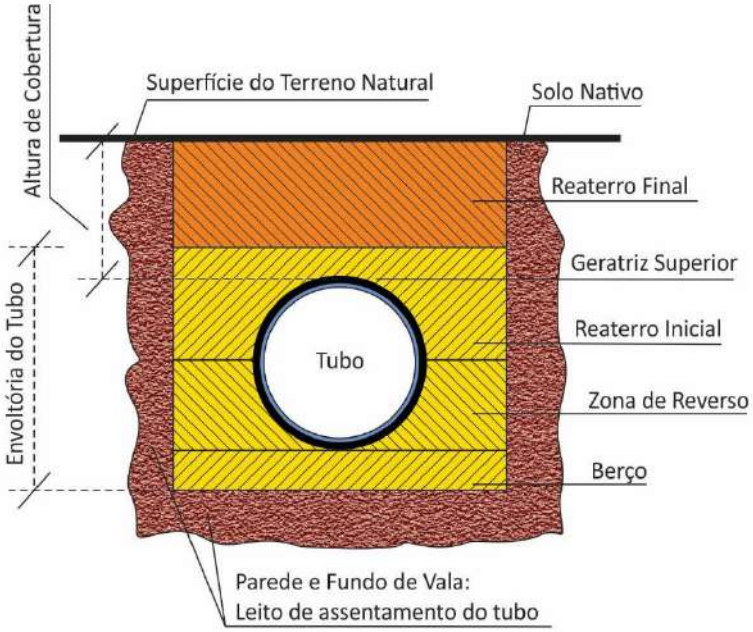


Figura 28 – Tubo enterrado – definição das partes integrantes de uma instalação típica

Solo nativo é o espaço de solo composto por material que se apresenta firme, compacta, consistente, sem falhas, onde será aberta a vala para instalação do tubo. O leito de assentamento do tubo compreende as paredes e o fundo da vala. No caso de instalação de tubo em aterro sobre solo nativo, deve-se realizar primeiramente a adequada compactação do aterro e a seguir a abertura de vala para instalação do tubo.

Envoltória é a denominação dada ao material compactado adjacente ao tubo, que inclui a zona de reverso, o aterro inicial e a camada imediatamente acima da geratriz superior. A envoltória, na instalação de tubo não-rígido, exerce função estrutural de grande importância, onde a capacidade de sustentação das cargas impostas depende de um suporte lateral adequado.

Berço é a camada de apoio do tubo. No caso de tubos não-rígidos, a camada de berço deve ser realizada com material granular, preferencialmente areia não compactada, para assentamento da corrugação. Pode-se utilizar brita zero ou um (DN>400), ou solo argiloso desde que não ocorra presença de água/lençol freático aflorando no fundo da vala. Em havendo presença de água no fundo da vala, não é recomendado o uso de argilas, devido risco de perda de consistência do solo, e da respectiva interação de sustentação tubo-solo.

Zona de reverso, aterro inicial e camada compactada imediatamente acima da geratriz superior são regiões da envoltória que necessitam de uma execução muito criteriosa para que o sistema tubular não-rígido enterrado apresente o desempenho desejado.

Altura de cobertura é a espessura total das camadas compactadas do solo de cobertura, a partir da geratriz superior do tubo na vala até a superfície do terreno natural, ou até a superfície do aterro, caso venha a ocorrer aterro acima do nível da superfície do terreno natural.

3.1.4. Estrutura Solo / Tubo (Marston-Spangler)

Os Drs. Spangler e Marston, da Universidade de Iowa - EUA, analisaram o desempenho de uma estrutura solo/tubo não-rígido para predizer matematicamente a deflexão vertical do tubo, em resposta à carga (de tráfego e de solo), ao aterro (compactação e tipo de solo) e ao tubo (material de fabricação e geometria).
A equação resultante desse estudo ficou conhecida como equação de Spangler ou fórmula de Iowa:

Deflexão = Carga(s) no tubo / (Rigidez do tubo + Rigidez do solo)

Após a instalação, a acomodação do solo circundante (envoltória do tubo) se desenvolve com o tempo, devido ao carregamento externo e ao modo de assentamento do tubo.

A experiência mostra que a deflexão vertical máxima tende a ser alcançada entre 1 a 3 anos após a instalação, dependendo dos materiais de envoltória e aterro final, da qualidade do trabalho de compactação do solo e das cargas externas. Devido a isso, o cálculo da deflexão vertical apresentado nesse manual considera somente as propriedades de curto prazo (inicial) do produto.

A Figura 29 ilustra o comportamento da deflexão vertical do tubo na instalação e após a instalação, considerando a influência da carga de tráfego.

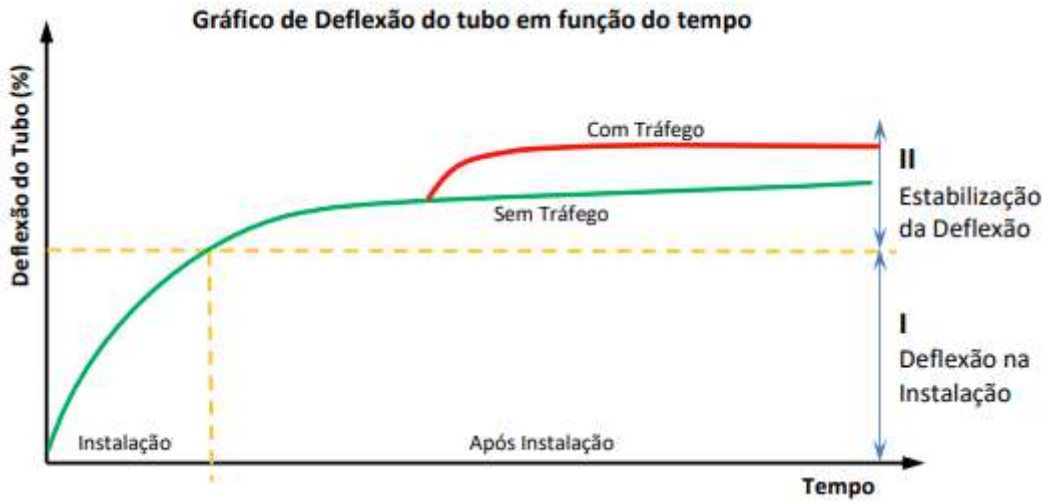


Figura 29 - Gráfico de deflexão do tubo no momento da instalação e após sua instalação

Pesquisas indicam que a deflexão adicional, até o sistema atingir sua estabilização, pode variar de 1,5 a 2 vezes a deflexão resultante da instalação. Essa variação estabelece o fator de autocompactação a ser considerado no calculo da deflexão vertical, e é detalhado no item 3.1.5.5.

3.1.5. Cálculo da Deflexão Vertical do Tubo - ΔDv

A equação de Spangler foi modificada com base em estudos conduzidos por diversos pesquisadores, entre os quais, os Drs. Barnard e Watkins, que simplificaram a equação original e estabeleceram a fórmula modificada de Iowa:

$$\Delta D_v = b_1.(C.P_s+P_t) / (8.SN+0{,}061.E_R)$$

ΔD_v = deflexão vertical, [%]
b_1 = fator de distribuição de carga
C = fator de autocompactação
P_s = carga de solo, [kN]
P_t = carga de tráfego, [kN]
SN = rigidez anelar do tubo, [kN/m²]
E_R = módulo de rigidez do solo, [kN/m²]

Estudos demonstram que a carga vertical que atua sobre um tubo não-rígido colocado numa vala, é inferior ao peso do material de cobertura. As fórmulas que se apresentam a seguir possibilitam o cálculo das variáveis que compõem a fórmula modificada de Iowa, com base na norma alemã ATV-DVWK-A127 considerando tubo instalado em vala com paredes verticais.

3.1.5.1. Carga de Solo (Carga Estática) – PS

A carga de solo atuante na tubulação pode ser calculada segundo a teoria de Silo, onde é considerado um fator de correção da carga de solo originado pela auto-sustentação do terreno.

$$PS = SC . g . H$$

Ps = carga vertical do solo, [kN/m²].
g = peso específico do material de enchimento, [kN/m³].
H = profundidade da vala até a geratriz superior do tubo (m)
SC = coeficiente de correção da carga de solo (-)

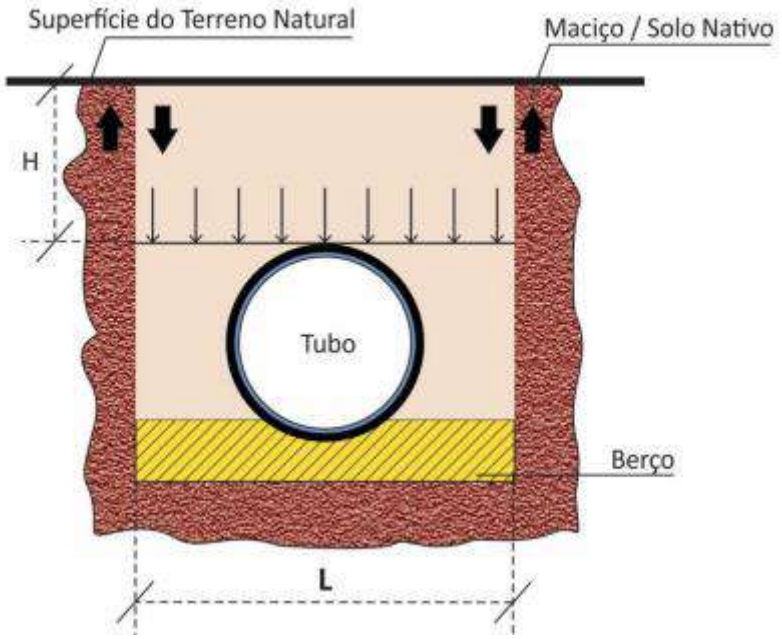


Figura 30 - Carga de solo atuante

3.1.5.2. Coeficiente de Correção de Carga de Solo – SC

O coeficiente de correção da carga de solo, para valas de paredes verticais ou aproximadamente verticais, é calculado de acordo com a fórmula a seguir:

$$SC = (1 - e^{-2.K_1.tg(d).H/L}) / (2.K_1.tg(d).H/L)$$

SC = coeficiente de correção da carga de solo.
d = ângulo de fricção efetivo entre o solo de enchimento e a parede da vala (graus).
K_1 = relação entre os esforços horizontais e verticais existentes no material de enchimento da vala.
H = profundidade da vala até a geratriz superior do tubo (m)
L = largura da vala (m).

As condições de execução da envoltória, especificamente o grau de compactação e as propriedades do material de envoltória, são de fundamental importância para um bom desempenho da tubulação frente às cargas a que estará sujeita.

Os parâmetros "δ" e "K1", em função da qualidade de execução da envoltória, estão indicados na Tabela 7.

Condições de recobrimento		K_1	δ
C1	Envoltória e aterro final compactados por camadas contra a parede de vala em solo natural, com verificação da densidade Proctor (Dp).	0,5	δ = Ψ
C2	Envoltória e aterro final compactados por camadas contra a parede de vala em solo natural, sem verificação da densidade Proctor (Dp).	0,5	δ = 2/3Ψ
C3	Envoltória e aterro final em valas escoradas verticalmente e sem compactação.	0,5	δ = 1/3Ψ
C4	Valas construídas verticalmente, suportadas por placas de madeiras ou outro tipo de equipamento de contenção.	0,5	δ = 0

Nota: Ψ - ângulo de fricção interna do material da envoltória

Tabela 7 – Parâmetros "δ" e "K1" para condições de recobrimento

Alguns tipos de solos utilizáveis em envoltória e seus respectivos valores de peso específico e ângulo de fricção interna, estão indicados na Tabela 8.

Tipos de Solo	γ Peso específico (KN/m³)	Ψ Ângulo de fricção interna (°)

SOLOS NÃO COESIVOS		
Cascalho + pedrisco	21	35,0
Cascalho + areia	21	35,0
Areia densa	20	35,0
Areia semi-densa	20	32,5
Areia solta	19	30,0
SOLOS COESIVOS		
Argila arenosa rígida	22	22,5
Argila arenosa mole	21	22,5
Argila semi-sólida	21	15,0
Argila rígida	20	15,0

Tabela 8 - Tipos de solos utilizáveis em envoltória – Peso específico e ângulo de fricção

Os tipos de solos mais adequados para utilização em envoltória de tubo não-rígido são a areia, brita de pequena granulometria ou mistura cascalho/pedriscos/areia entre os solos não coesivos. Cuidado especial na utilização de solos não coesivos deve ser levado em consideração para tubos com baixa altura de recobrimento, sem camada capa impermeável de acabamento do piso na superfície e risco de elevação de lençol freático ou entrada/infiltração de água de chuva ou outras por superfície na vala, que possam provocar empuxo. Os solos coesivos, principalmente argilas são aplicáveis em valas onde não haja risco de presença excessiva de água, podendo acarretar a perda de plasticidade do material de envoltória/recobrimento, com consequente perda da capacidade de sustentação lateral do solo.

3.1.5.3. Módulo de Rigidez do Material de Envoltória e Aterro Final - ER

A medida da qualidade de compactação do solo é dada pela “Densidade Proctor” (Dp), que representa a relação entre a densidade do material de envoltória do tubo e a do solo natural. Recomenda-se a utilização do grau de compactação Proctor de no mínimo 95%, tanto para solos coesivos quanto para solos não coesivos. Uma outra composição de grupos de solo, classificados de acordo com a norma DIN 18196, é apresentada na Tabela 9.

Grupo	Tipo de Solo
1	Solos não coesivos
2	Solos ligeiramente coesivos
3	Solos coesivos com misturas (areia coesiva e cascalho)
4	Solos coesivos

Tabela 9 - Composição dos Grupos de Solo

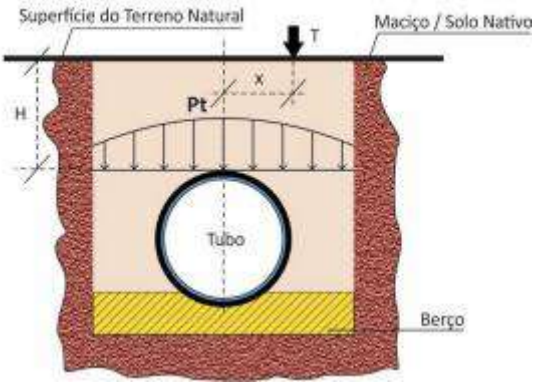
O módulo de rigidez do material de enchimento (ER), em função de seu grau de compactação (Densidade Proctor - Dp), para os diversos grupos de solos classificados segundo a Tabela 9, estão indicados na Tabela 10.

Grupo de Solo	ER - Módulo de rigidez do material de envoltória e aterro final (KN/m² ou KPa)					
	Dp = 85%	Dp = 90%	Dp = 92%	Dp = 95%	Dp = 97%	Dp = 100%
1	2.000	6.000	9.000	16.000	23.000	40.000
2	1.200	3.000	4.000	8.000	11.000	20.000
3	800	2.000	3.000	5.000	8.000	13.000
4	600	1.500	2.000	4.000	6.000	10.000

Tabela 10 - Módulo de rigidez do material de envoltória e aterro final, em função da densidade Proctor

3.1.5.4. Carga de Tráfego (Carga Dinâmica) - Pt

As cargas de tráfego produzidas na superfície do terreno são transmitidas para o subsolo. O acréscimo de tensão vertical, relativo a carga de tráfego, atuante no plano



tangencial à geratriz superior do tubo pode ser determinado através da equação a seguir. Quanto mais rasa for a vala, maior será o esforço da carga de tráfego. A equação não é aplicável para valores de H < 0,5 m.

Figura 31 - Carga de tráfego

$$P_t = (3.T) / \{2 . \pi . H^2 . [1 + (x^2/H^2)]^{5/2}\}$$

Pt = carga de tráfego [kN/m²].

T = carga de tráfego esperada [kN].

H = profundidade da vala até a geratriz superior do tubo [m].

x = distância relativa ao eixo do tubo, onde a carga de tráfego vai incidir [m].

Valores da carga de tráfego esperada (T) podem ser considerados de acordo com a Tabela 11.

Tipo de Tráfego	Carga de Tráfego Esperada Total (kN)	Carga de Tráfego Esperada por Roda (kN)
Pesado	600	100
Médio	300	50
Leve	120	40 nas rodas traseiras 20 nas rodas dianteiras

Tabela 11 - Carga de tráfego esperada (T)

3.1.5.5. Fatores de Autocompactação e de Distribuição de Carga no Berço

O fator de autocompactação (C) é utilizado para correção da deflexão vertical do tubo até o solo atingir a condição de estabilização de acomodação ao longo do tempo. O valor de 1,5 deve ser adotado para compactações moderadas e o valor de 2,0 deve ser adotado para compactações moderadas com baixa altura de recobrimento.

O modo de execução do berço influencia diretamente na deflexão vertical que o tubo sofre após a instalação. O fator de distribuição de carga no berço (b1) é um coeficiente de suporte do tubo, aplicável ao cálculo da deflexão vertical (vide equação no item 3.1.5.) e está relacionado ao ângulo “a” formado pela acomodação do tubo na camada de berço conforme ilustrado na Figura 32.

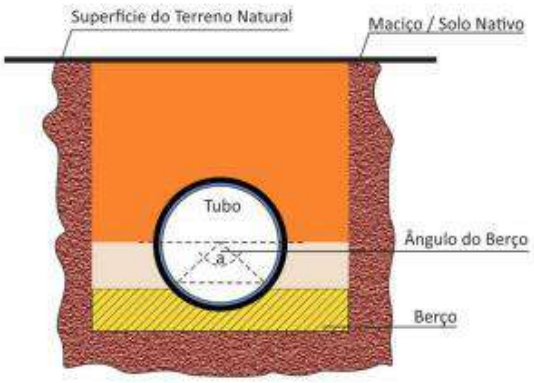


Figura 32 – Ângulo do berço

Ângulo do Berço (α)	Fator de Distribuição de Carga (b1)
0°	0,110
30°	0,108
45°	0,105
60°	0,102
90°	0,096
120°	0,090
180°	0,083

3.1.5.6. Classe de Rigidez ou Rigidez Anelar Nominal

Os tubos corrugados são classificados pela sua rigidez anelar, que é determinada de acordo com a Norma ISO 9969.

O termo "SN" (Nominal Ring Stiffness) indica a rigidez anelar nominal do tubo, ou seja, a rigidez mínima apresentada pelo tubo, sendo os valores de "SN" apresentados em kN/m² (ou KPa).

O tubo KNTS Drain é fabricado na classe de rigidez SN4 e apresenta uma rigidez anelar mínima de 4 kN/m² (ou KPa), compatível com os níveis de deflexão sob as condições de validação ambas abordadas no item 3.1.3.

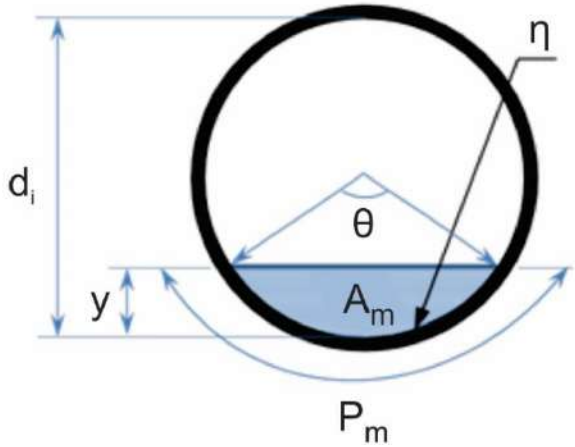
3.2. Dimensionamento Hidráulico

3.2.1. Condutos Livres – Lâmina D´água e Velocidade de Fluxo

Tubos e canais funcionam como condutos livres quando na superfície do líquido escoado reina a pressão atmosférica. Canais são considerados condutos livres abertos, e tubos para aplicação em drenagem ou esgotamento, nesta condição de pressão, são considerados condutos livres fechados.

Em um sistema de tubulações para drenagem ou esgotamento por gravidade, o escoamento do líquido é geralmente não-uniforme (variado). No entanto, a hipótese de um fluxo uniforme é postulada de modo a simplificar a análise hidráulica do sistema.

Para efeito de cálculos hidráulicos, as variáveis da Figura 33 devem ser consideradas.



d_i = diâmetro interno do tubo, [m]
y = altura da lâmina d'água, [m]
A_m = área molhada, [m²]
P_m = perímetro molhado, [m]
θ = ângulo da lâmina d'água, [°]
η = coeficiente de *Manning*, [-]

Figura 33 - Variáveis para dimensionamento hidráulico

Os principais parâmetros de interesse para dimensionamento de condutos livres fechados são a velocidade de fluxo em seu interior e a vazão (volume de líquido escoado por unidade de tempo). Estes parâmetros são calculados, para cada diâmetro interno de tubo, a partir da altura da lâmina d´água admitida em seu interior, do coeficiente de rugosidade do tubo, do diâmetro interno e da declividade estabelecida para o tubo em seu sentido longitudinal, conforme equações apresentadas adiante neste manual.

A velocidade de fluxo máxima, no interior de um conduto livre fechado, ocorre quando a altura da lâmina d´água é da ordem de 81,3% do diâmetro interno (y/di = 0,813). A vazão máxima ocorre quando a altura da lâmina d´água é da ordem de 93,8% do diâmetro interno (y/di = 0,938).

A seleção do diâmetro do tubo geralmente é feita com base na vazão desejada, resguardando as limitações de projeto com relação à declividade.

Quando um tubo for selecionado de acordo com esse critério, é importante assegurar que no interior da tubulação ocorra uma velocidade de fluxo mínima, a fim de evitar a deposição de matéria sólida na parte inferior interna do tubo, o que poderia causar um retardamento ou comprometimento do transporte normal do fluxo.

É importante considerar, além da vazão mínima para qualquer trecho da rede, a velocidade de fluxo mínima e máxima admitidas para a rede. O valor mínimo de vazão a ser considerado em projeto, conforme estabelecido na Norma ABNT NBR 9690, é de 1,5

l/s. Os valores considerados na prática para a velocidade de fluxo mínima são geralmente 0,60m/s para esgoto sanitário e 0,75m/s para águas pluviais. O valor de velocidade de fluxo máximo em projetos de redes coletoras de esgoto e de águas pluviais se situa na ordem de 5m/s para tubos de concreto e de 8m/s para tubos metálicos de paredes corrugadas. Para os tubos PEAD, que são mais resistentes a abrasão (vide figura 3), a velocidade de fluxo na ordem de 8m/s ou superior não constitui limitação. Velocidades maiores podem ser consideradas a critério do projetista, cabendo neste caso alertar que a montante (e/ou no meio do percurso) deve ser prevista caixa decantadora/dispositivo de retenção de sólidos, bem como no desemboque seja detalhada e construída uma estrutura adequada de dissipação de energia para que não haja erosão no corpo receptor.

Em alguns projetos, o conceito de considerar a velocidade mínima tem sido substituído pelo critério do cálculo da tensão trativa, ou de arraste, que pode ser definida como a componente tangencial do peso do líquido sobre a parcela de área correspondente ao raio hidráulico, que atua sobre o material aí sedimentado promovendo o seu arraste. A fórmula para cálculo da tensão trativa é apresentada no item 3.2.1.1.7. deste Manual.

Para tubos plásticos de parede interna lisa, o valor de tensão trativa mínima geralmente utilizado é de 0,60 Pa em redes de esgoto e de 1,00 Pa em redes de águas pluviais.

3.2.1.1. Dimensionamento Hidráulico de Condutos Livres

3.2.1.1.1. Ângulo da Lâmina D´água

O ângulo da lâmina d'água (θ) é calculado para um tubo de diâmetro interno di e altura de lâmina d´água y, aplicando-se a fórmula:

$$q = 2 \cdot \arccos[1 - (2 \cdot y/di)]$$

q = ângulo da lâmina d´água (rad)
y = altura da lâmina d'água (m)
d_i = diâmetro interno do tubo (m)

3.2.1.1.2. Área Molhada (Am)

Uma vez obtido o ângulo da lâmina d´agua, a área molhada (Am) é calculada aplicando-se a fórmula:

$$A_m = (q - \text{sen}q) \cdot d_i^2/8$$

A_m = área molhada (m²)
q = ângulo da lâmina d´água (rad)
d_i = diâmetro interno do tubo (m)

3.2.1.1.3. Raio Hidráulico (Rh)

Também a partir do ângulo da lâmina d´agua, o raio hidráulico (RH) é calculado aplicando-se a fórmula:

$$R_h = (1 - \text{sen}q / q) \cdot d_i/4$$

R_h = raio hidráulico (m)
q = ângulo da lâmina d´água (rad)
d_i = diâmetro interno do tubo (m)

3.2.1.1.4. Declividade (i)

A declividade da instalaçao deve seguir a topografia do terreno ou ser definida pelo projetista da rede de tubos. A minimização da declividade adotada reduz as profundidades das valas e os custos de escavação.

3.2.1.1.5. Velocidade de Fluxo (V)

A equação mais frequentemente utilizada para o cálculo da velocidade de fluxo em condutos livres é a fórmula de Manning.

$$V = (1/\eta) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

V = velocidade de fluxo (m/s)
R_h = raio hidráulico (m)
i = declividade do tubo (m/m)
η = coeficiente de *Manning (-)*

Um dos parâmetros mais importantes nesta equação é o coeficiente de Manning (η). Quanto mais baixo seu valor, maior é a velocidade de fluxo no interior do tubo, para determinada declividade.

O coeficiente de Manning varia de acordo com o tipo de tubo e o material empregado na sua fabricação. Para fins práticos e efeito de cálculo, tubos de PE com parede lisa apresentam o valor de η=0,010.

3.2.1.1.6. Vazão (Q)

A vazão, em um tubo funcionando como conduto livre, para líquidos não viscosos, é calculada multiplicando-se a área molhada pela velocidade de fluxo, conforme a fórmula.

$$Q = A_m \cdot (1/\eta) \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Q = vazão (m^3/s)
A_m = área molhada (m^2)

R_h = raio hidráulico (m)
i = declividade do tubo (m/m)
η = coeficiente de *Manning (-)*

3.2.1.1.7. Tensão Trativa

A tensão trativa (σt) é calculada utilizando-se a fórmula:

$$\sigma_t = \gamma_l \cdot R_h \cdot i$$

σ_t = tensão trativa (Pa)
γ_l = peso específico do líquido (N/m³)
R_h = raio hidráulico (m)
i = declividade do tubo (m/m)

3.2.1.1.8. Considerações Gerais para Dimensionamento Hidráulico

No dimensionamento de tubos para redes em que são definidas a vazão inicial e final de projeto, estes devem ser dimensionados para a vazão final, sendo que os valores de velocidades máxima e mínima de fluxo assim como a tensão trativa devem ser verificadas se estão dentro dos limites estabelecidos tanto na condição final como na condição inicial de vazão definida para a rede. Recomenda-se que, sempre que possível, o tubo seja verificado para a vazão final com altura de lâmina d´água igual a 81,3% de seu diâmetro interno, condição esta que permite avaliar a máxima velocidade de fluxo no interior e saída do sistema.

A Kanaflex disponibiliza para projetistas e interessados uma Planilha de Cálculo KNTS Drain como apoio no dimensionamento e na avaliação de todos os parâmetros de interesse do projeto, bem como simulações de variação de declividade ou da relação altura de lâmina d´água/diâmetro interno (y/di) para projeto de redes com utilização de tubos KNTS Drain.

DN (mm)	y/d	θ	η	A (m²)	I (%)	0,10%		0,20%		0,30%		0,40%		0,50%	
					Rh m	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s
250	0,938	302,327	0,010	0,0494	0,074	0,56	27,43	0,79	38,80	0,96	47,52	1,11	54,87	1,24	61,35
300				0,0774	0,092	0,65	49,95	0,91	70,64	1,12	86,52	1,29	99,90	1,44	111,70
400				0,1224	0,116	0,75	92,10	1,06	130,24	1,30	159,51	1,50	184,19	1,68	205,93
500				0,1936	0,146	0,88	169,66	1,24	239,94	1,52	293,87	1,75	339,33	1,96	379,38
600				0,2810	0,176	0,99	278,83	1,40	394,32	1,72	482,95	1,98	557,66	2,22	623,48
800				0,4848	0,231	1,19	577,00	1,68	816,01	2,06	999,40	2,38	1.154,01	2,66	1.290,22
1000				0,7485	0,287	1,38	1.029,44	1,95	1.455,85	2,38	1.783,04	2,75	2.058,88	3,08	2.301,89
1200				1,0872	0,346	1,56	1.693,61	2,20	2.395,13	2,70	2.933,42	3,12	3.387,22	3,48	3.787,03

Tabela 12 a - Velocidade de Fluxo e Vazão Máxima para Diferentes Declividades (Parte 1/2)

DN (mm)	y/d	θ	η	A (m²)	I (%)	1,00%		2,00%		3,00%		4,00%		5,00%	
					Rh m	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s	V m/s	Q l/s
250	0,938	302,327	0,010	0,0494	0,074	1,76	86,76	2,49	122,69	3,04	150,27	3,51	173,51	3,93	193,99
300				0,0774	0,092	2,04	157,96	2,89	223,39	3,54	273,60	4,08	315,92	4,56	353,21
400				0,1224	0,116	2,38	291,23	3,36	411,86	4,12	504,43	4,76	582,46	5,32	651,21
500				0,1936	0,146	2,77	536,53	3,92	758,76	4,80	929,29	5,54	1.073,05	6,20	1.199,71
600				0,2810	0,176	3,14	881,73	4,44	1.246,96	5,43	1.527,21	6,28	1.763,47	7,02	1.971,61
800				0,4848	0,231	3,76	1.824,64	5,32	2.580,44	6,52	3.160,38	7,53	3.649,29	8,42	4.080,03
1000				0,7485	0,287	4,35	3.255,37	6,15	4.603,79	7,53	5.638,46	8,70	6.510,74	9,73	7.279,23
1200				1,0872	0,346	4,93	5.355,67	6,97	7.574,05	8,53	9.276,28	9,85	10.711,33	11,01	11.975,63

Tabela 12 b - Velocidade de Fluxo e Vazão Máxima para Diferentes Declividades (Parte 2/2)

Nota: A Vazão Máxima ocorre quando y/di = 0,938 e a Velocidade Máxima ocorre quando y/di = 0,813.

Para outras declividades e/ou relações y/di, mediante solicitação a Kanaflex disponibiliza planilha para o cálculo da Velocidade de Fluxo e Vazão.

4. Instalação

Considerando-se que tubos não-rígidos para instalações enterradas são projetados levando-se em conta o leito (solo nativo ou aterro compactado) e envoltória, o tubo e o material de assentamento formam, juntos, um sistema tubo-solo adequado a fornecer o suporte para a instalação. Assim, é importante que no processo construtivo da rede de tubos enterrados, definido na etapa de projeto do sistema tubular, haja o embasamento ou projeto geotécnico.

As recomendações de cálculo estrutural deste manual são baseadas em instalação do tubo não-rígido em valas com paredes verticais aberta em terreno natural estável. Para aplicação em aterro, a instalação do tubo deve ocorrer após a etapa de compactação do solo de terraplenagem e posterior abertura da vala, conforme já abordado anteriormente.

4.1. Considerações Gerais sobre Solo e Propriedades Geotécnicas

O conhecimento de propriedades geotécnicas do solo nativo, no leito, nas zonas de envoltória e de aterro final são muito importantes, com relação ao local e condições de escavação, bem como a possibilidade de aproveitamento do solo local na envoltória do tubo. A análise do solo nativo, quando feita na etapa de projetos, possibilita também a identificação de alterações sazonais no solo, como por exemplo, a presença de água.

4.1.1. Solo de Abertura e Preenchimento da Vala

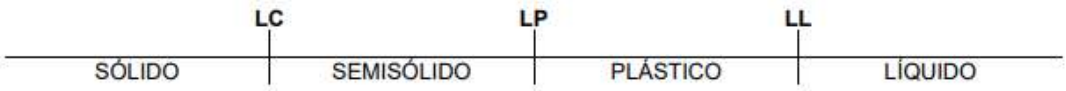
O material nativo ou aterro compactado onde será aberta a vala, deve confinar adequadamente as camadas de envoltória e cobertura do tubo (berço, zona de reverso, aterro inicial e aterro final), de forma a proporcionar ao mesmo o suporte necessário a uma instalação que venha a apresentar condições adequadas de comportamento ao longo de sua vida útil.

Nos casos em que os solos nativos não apresentam materiais adequados para execução do berço e envoltória do tubo, ocorre a necessidade de importação de material.

A caracterização de solos compreende basicamente o conhecimento de três fatores:

a) Os aspectos de sua estrutura trifásica, ou seja, as proporções de partículas sólidas, a água e o ar presentes nos poros. No seu estado mais geral o solo é um elemento composto de partículas sólidas que ao se organizarem, formam uma matriz porosa cujos vazios podem estar preenchidos com água e/ou ar. Quando todos os vazios estão cheios d´água o solo é denominado “saturado”; quando estão preenchidos apenas com ar é dito “solo seco”. Na condição intermediária, o solo é denominado “não saturado”.
b) Os aspectos da curva granulométrica, que é obtida por meio da separação do solo em várias frações, conforme o tamanho das partículas. A classificação dos solos conforme o tamanho das partículas se divide em Pedregulho (cascalho e pedrisco/brita), Areia, Silte e Argila, tomando-se como referência a norma ABNT NBR 6502. As classes Pedregulho e Areia formam os solos grossos, também denominados de solos não coesivos. Os solos siltosos e argilosos apresentam partículas de diâmetro muito pequeno, invisíveis a olho nú e são também denominados de solos coesivos.

c) Os índices de consistência estabelecedores dos limites de consistência, que são teores de umidade a partir dos quais o material de solo passa de um estado físico para outro. No caso das argilas as partículas, devido a sua forma geométrica e constituição química, possuem grande avidez por água, a qual influencia muito na consistência do solo. Os limites de consistência, ou limites de Atterberg, variam de sólido a líquido, passando pelo estado de plasticidade, segundo os teores de umidade. A determinação do limite de liquidez é normalizada pela ABNT NBR 6459 e o limite de plasticidade pela ABNT NBR 7180.



Limites de Atterberg ou de consistência de um solo.

Na escavação de valas, os solos devem possuir um determinado teor de material fino de boa plasticidade para dispensar o uso de escoramentos. Materiais isentos de finos e solos argilosos de menor consistência quase sempre requerem alguma forma de contenção das paredes.

Estudos geotécnicos visando a implantação de estruturas enterradas normalmente envolvem a investigação do subsolo de modo a permitir um conhecimento adequado da composição do terreno, bem como o nível do lençol freático. Há várias formas de investigação do subsolo, sendo os mais usuais para projetos de tubos enterrados as sondagens a trado e a sondagem de simples reconhecimento.

A sondagem de simples reconhecimento (SPT - Standard Penetration Test) é uma atividade que além de permitir a determinação da estratigrafia do terreno, juntamente com a posição do nível de água, possibilita a obtenção do índice de resistência à penetração do solo. A resistência do solo ou contagem de golpes (ensaio SPT) é um indicador referencial para avaliação da firmeza e consistência do solo nativo.

4.1.2. Solos para uso na Envoltória do Tubo

Solos de aterro que são granulares em essência fornecem rigidez relativamente alta com mínimo de esforço de compactação; solos granulares compactados apresentam pequena tendência a deslocar ou consolidar com o tempo. Solos não coesivos são menos sensíveis à umidade, tanto por ocasião da colocação como durante o uso a longo prazo.

Se as partículas forem na maioria argila, os solos são mais sensíveis à umidade reduzindo a rigidez, fazendo com que o solo se desloque ao longo do tempo. Neste caso,

maior esforço de compactação é necessário para atingir a densidade requerida. Considerando solos a um limite de liquidez (LL) máximo de 40%, os solos altamente sensíveis à umidade e plásticos devem ser eliminados de aplicação para envoltória.

Solos granulares dos tipos pedrisco, brita, cascalho e areia são fáceis de usar como envoltória e reaterro e muito confiáveis. Apresentam sensibilidade baixa à umidade e o aterro pode ser facilmente compactado com o uso de compactador de placa vibratória, em camadas de 20 a 30 cm. Em valas com presença de água onde seja usado combinação com solos de cascalho, um geotêxtil com função filtrante/separação deve ser usado para evitar a migração de partículas e subsequente perda de suporte do tubo.

Solos do tipo areia siltosa são aceitáveis como material de envoltória/reaterro para instalação de tubos. No caso de valas abertas em solo de areia siltosa o mesmo pode ser diretamente reutilizado como material de aterro na zona do tubo. Precaução deve ser tomada com esses solos, já que os mesmos podem ser sensíveis à umidade. Controle de umidade pode ser requerido, quando compactar o solo para atingir a densidade desejada, com razoável energia de compactação.

Solos dos tipos areia siltosa/argilosa e silte arenoso/argiloso são materiais aceitáveis em envoltória/reaterro, entretanto, sua rigidez relativamente baixa prejudica seu uso em instalações mais profundas que podem tornar-se saturadas, impedindo a compactação adequada em locais onde água parada esteja presente. Cuidado extra deve ser tomado na colocação e compactação do aterro sob o tubo.

Solo coesivo pode ser usado na zona de envoltória do tubo com as seguintes precauções:

- O teor de umidade deve ser controlado durante a colocação e compactação. Não se deve molhar o solo argiloso durante a compactação das camadas quando aplicá-la na envoltória e/ou reaterro. O processo de adensamento deve ser aplicado na utilização de materiais como areia ou pó de brita;
- Não deve ser usado em instalação com fundações instáveis ou com presença de água na vala;
- Esforço extra será necessário para colocação e compactação do reaterro na zona de reverso;
- Testes de compactação devem ser efetuados periodicamente durante a instalação para assegurar que a compactação relativa apropriada foi alcançada;
- Cuidados devem ser tomados para não causar aumento no diâmetro vertical do tubo devido ao excesso de esforço de compactação lateral.]

4.1.3. Compactação de Solos para Uso em Envoltória e Aterro final

Em geral, o grau de compactação mínimo especificado para as camadas é de 94% em relação a energia normal Proctor.

Em solos com maior fração de finos a compactação da envoltória deve ser feita com soquetes portáteis (manuais ou mecânicos). Em solos granulares a compactação é mais eficiente se executada por equipamentos com placa vibratória.

4.2. Procedimento de Instalação

4.2.1. Abertura e Preparação da Vala

Na instalação de tubulações enterradas, as paredes da vala devem ser preferencialmente verticais e sua largura pode ser determinada pelo diâmetro do tubo KNTS Drain a ser instalado, pela qualidade do solo local, materiais de preenchimento, níveis de cargas e de compactação. A altura da camada de envoltória sobre a geratriz superior do tubo, Figura 27, é recomendada de no mínimo 30 cm e, por sobre essa, a altura da camada de aterro final não deve ser inferior a 30 cm até a cota de superfície do terreno natural, ou cota superior da camada de piso/revestimento asfáltico. Em situações onde ocorra tráfego constante de veículos e/ou aterro por sobre a cota superior da vala, a altura das camadas de reaterro poderá variar, sendo calculada em função do limite de deflexão vertical admitido em projeto para os tubos, conforme abordado nos itens 3.1.4 e 3.1.5.

4.2.2. Escavação de Vala

A escavação da vala deve seguir as especificações construtivas da obra. Se a escavação for mecanizada no todo ou em parte, os tipos de equipamentos a serem utilizados nessa etapa devem ser previamente definidos levando-se em consideração o tipo e o volume de material a ser escavado, a profundidade e a largura da escavação, a necessidade de escoramento das paredes, a forma de apoio do tubo, o espaço disponível entre o tubo instalado e as paredes da vala para realização da adequada compactação, o tipo de escoramento e sua retirada, entre outros fatores. O uso de retro escavadeiras ou valetadeiras é muito vantajoso, exceto quando rochas ou outras interferências impedirem o uso das mesmas. No início da escavação da vala deve-se afastar o entulho resultante da quebra de pavimento para longe da borda da mesma, para evitar o uso indevido na posterior etapa de execução da envoltória do tubo. Durante a escavação, o

material isento de pedras ou entulhos deve ser colocado fora dos limites da vala, a fim de se evitar eventuais desabamentos para o interior da mesma.

4.2.3. Largura de Vala

A largura da vala deve ser calculada de modo a permitir os serviços de instalação do tubo e a compactação do solo adjacente. O espaço entre o tubo e as paredes laterais da vala deve ser superior à largura dos equipamentos necessários de compactação (placas vibratórias, soquetes manuais ou mecânicos).

A largura de vala sugerida para instalação dos tubos KNTS Drain, salvo especificação em contrário no projeto, é indicada abaixo:

Largura de vala = Diâmetro externo do tubo + 2 x 400 mm.

4.2.4. Profundidade de Vala

A escavação da vala deve ultrapassar a profundidade do projeto em no mínimo 15 cm, de modo a permitir a colocação da camada de berço, regularizadora, sobre a qual o tubo é assentado.

O fundo da vala sobre o qual será lançada a camada berço deve ser uniforme, isento de pedras ou outros objetos que possam vir a causar tensões ou danos aos tubos a serem instalados, sempre obedecendo a declividade prevista no projeto.

Em algumas situações, pode ser necessária a substituição parcial do solo de fundo da vala por um material de melhor qualidade ou mesmo base em concreto, devendo sempre ser lançada, sobre tal base, a camada de berço.

4.2.5. Alinhamento e Declividade

O controle de declividade de fundo e dos alinhamentos na vala deve ser realizado de modo criterioso, seguindo o estabelecido em projeto, principalmente em instalações que operam por gravidade.

4.2.6. Valas com Escoramento

As valas que demandam escoramentos necessitam de atenção especial, devendo inclusive serem supervisionadas pelo engenheiro responsável. Os pranchões de

escoramento metálicos ou de madeira, dispostos de modo a impedir a fuga do material contido para dentro da vala, podem ser reaproveitados ou retirados do local após o reaterro da vala. No caso de reaproveitamento dos pranchões, deve-se certificar que o aterro não será danificado durante a remoção, e os vazios deixados devem ser preenchidos sendo adequadamente compactados.

4.2.7. Valas com Presença de Água ou Instalação da Tubulação sob Lençol Freático

Conforme já abordado no item 4.1.1, no seu estado mais geral o solo é um elemento composto de partículas sólidas que ao se organizarem, formam uma matriz porosa cujos vazios podem estar preenchidos com água e/ou ar. Quando todos os vazios estão cheios d´água o solo é denominado “saturado”; quando estão preenchidos apenas com ar é dito “solo seco”. Na condição intermediária, o solo é denominado “não saturado”.

Valas escavadas abaixo do nível d´água do terreno requerem operações de rebaixamento do lençol freático para que a estabilidade da escavação seja mantida. Deve-se utilizar um sistema adequado com bombas de sucção para o rebaixamento do nível d´água. O nível d´água deve ser mantido abaixo da cota de escavação até que o material de aterro atinja uma altura igual ou superior ao nível freático original a fim de que a vala permaneça estável. Durante o rebaixamento do nível d´água medidas preventivas devem ser adotadas com a finalidade de evitar o carreamento de finos e a criação de vazios no solo.

Tubos total ou parcialmente submersos são submetidos a empuxo (força de flutuação ou FF) e nesse caso cuidados devem ser tomados para evitar que a tubulação possa vir a se movimentar ou flutuar, com risco de ruptura nas juntas e comprometimento da instalação. O uso de bags de lastro é aconselhável em tais situações. Uma tubulação

flutua quando o empuxo sobre a mesma for maior que as forças que a ancoram (puxam/empurram para baixo).

Figura 34: Fluxograma de avaliação de risco de flutuação para tubo enterrado

As forças de ancoragem, contrárias à flutuação do tubo, cuja soma pode ser chamada de Empuxo Negativo (E_n), são as referentes ao peso de solo seco (Pse), peso de solo saturado (Pss), peso do tubo (Pt) e peso do fluido no interior do tubo (P_{FL}).

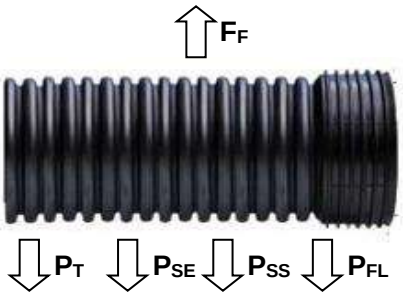


Figura 35 – Forças atuantes em tubos submersos ou em solos saturados

Por questões de segurança de cálculo recomenda-se considerar o tubo vazio, ou seja PFL = 0, ao se efetuar o cálculo das forças de ancoragem (E_N).

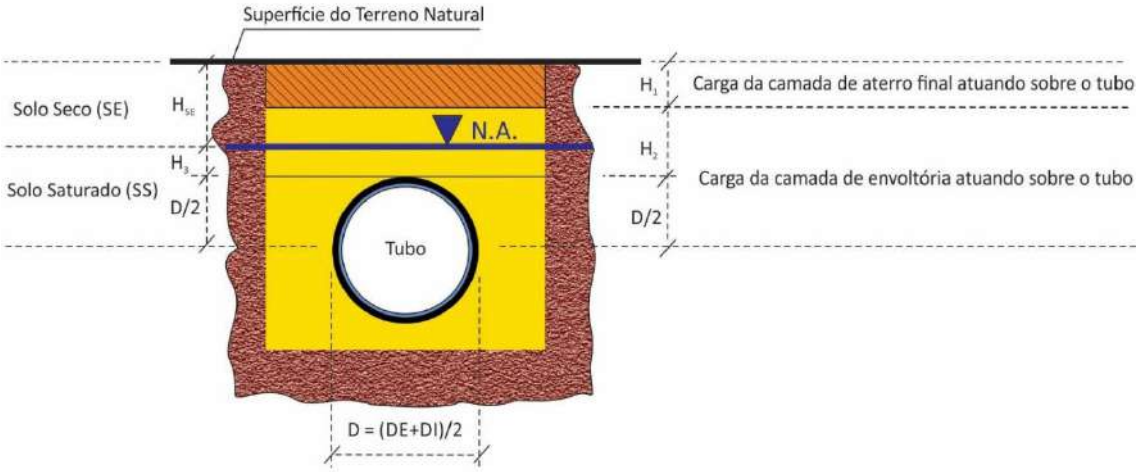


Figura 36 – Seção transversal ilustrativa de vala com presença de água

Para que a tubulaçao não flutue, a seguinte condição deve ser mantida: FF < EN.

DN	F_F (N/ml)	F_R - P_T (N/ml)
250	594	562
300	930	881
400	1.470	1.392
500	2.333	2.205
600	3.380	3.192

800	5.648	5.358
1000	8.883	8.428
1200	13.040	12.427

Nota: Consideradas aceleração da gravidade = 10m/s² e densidade das águas subterrâneas = 1000kg/m³

Tabela 13 – Força de flutuação e peso do tubo KNTS Drain

4.2.8. Envoltória do Tubo - Recomendações Construtivas

O material utilizado na envoltória deve ser isento de fragmentos de rocha. Solos de alta plasticidade ou com alto teor de matéria orgânica também devem ser evitados. Do mesmo modo deve-se também evitar, na envoltória, o uso de materiais sujeitos a erosão, que possam ser facilmente carreados por líquidos oriundos de eventuais falhas nas juntas, o que poderia ocasionar a abertura de vazios e colocar a estrutura em risco.

A seguir são descritos os processos executivos para a envoltória do tubo, de acordo com a Figura 28.

4.2.8.1. Camada de Berço

A primeira camada de lançamento na vala, o berço, é o apoio da tubulação e tem a função de proporcionar uma distribuição de tensões uniforme nas zonas inferiores do perímetro do tubo. O berço também tem a função de regularizar o local de apoio do fundo do tubo, evitando superfícies irregulares e materiais pontiagudos ao longo da instalação. O material recomendado para a camada de berço é a areia não compactada, podendo ser utilizado também material argiloso, desde que não haja presença de água ou lençol freático aflorando no fundo da vala.

Nos casos em que o fundo da vala apresentar solo instável, faz-se necessário procedimento de estabilização para assentamento dos tubos, como por exemplo, a construção de uma fundação para reduzir possíveis diferenças de assentamento do fundo da vala. Tal fundação pode ser realizada com a utilização de pó de pedra ou cascalho, dependendo da severidade das condições de solo do fundo da vala, sem no entanto apresentar altura menor que 15 cm.

O berço deve ser rebaixado em cava sob cada localização de bolsa do tubo, de modo a manter o alinhamento na parte inferior da tubulação. A espessura do berço deve ser de 15 cm para apoio em solo ou em rocha. É ideal que o berço tenha compressibilidade igual à do aterro compactado das camadas de aterro nas zonas de reverso e aterro inicial, para que o sistema se deforme de maneira uniforme durante o processo construtivo. Após o berço ser nivelado, a sua área central pode ser afofada, em uma profundidade de até 5 cm, para assentamento dos tubos KNTS com preenchimento dos vales da corrugação da parede externa.

4.2.8.2. Camada Zona do Reverso e do Aterro Inicial

A zona de reverso, por ser um local de difícil acesso, deve receber atenção especial durante o preenchimento e compactação. A disposição do material na zona de reverso do tubo deve ser feita com uma pá e a compactação com um soquete portátil (manual ou mecânico). Deve-se proceder a compactação cuidadosamente, de modo a garantir o completo contato do material com o tubo, evitando-se assim, futuras deflexões excessivas na tubulação. Nas zonas de reverso e de aterro inicial até a geratriz superior do tubo as camadas uniformes devem ser colocadas e compactadas simultaneamente em ambos os lados do mesmo. Em hipótese alguma deve ser realizada a compactação em elevações diferentes nas laterais do tubo. Para enchimento lateral, a compactação geralmente progride melhor quando o aterro é compactado primeiramente junto à parede da vala e depois na direção do tubo. O número de repetidas aplicações do equipamento de compactação, numa razão de movimentação constante, aumentará a compactação relativa. Se o equipamento for mudado, o número de passes para atingir a compactação relativa especificada pode ser afetado. Devido às características, vibradores de placas mais pesados e mais largos compactam mais fundo e em um grau mais alto que os mais leves e mais estreitos. Do mesmo modo, os compactadores de impacto menores e mais leves possuem uma menor profundidade efetiva que os maiores, mais pesados.

4.2.8.3. Compactação das Camadas

As profundidades de instalação, máxima e mínima permitidas, serão determinadas pela seleção de material e nível de compactação do aterro na zona do tubo. Quanto mais firme for o solo, em maior profundidade o tubo pode ser instalado, atendendo a uma deflexão limitada no projeto.

No item 4.1.2 é apresentada uma abordagem mais detalhada sobre tipos de solo e níveis de compactação.

Recomenda-se cautela durante a atividade de compactação, visto que os equipamentos podem gerar esforços dinâmicos capazes de danificar ou desalinhar os tubos durante a instalação. Nunca devem ser desferidos golpes diretos na tubulação, bem como cuidados devem ser tomados para que o formato ou alinhamento dos tubos não sejam modificados pelo excesso de compactação.

Para ajustar o método de instalação do tubo a uma condição ótima com um determinado tipo de aterro, algumas observações devem ser feitas na fase de instalação dos primeiros trechos de tubos, correlacionando a resultante compactação relativa como função do tipo de solo, método de colocação e compactação do solo nas zonas da vala e áreas de enchimento lateral dos tubos, altura de camadas de enchimento utilizadas, teor de umidade e número de passadas. Tais observações possibilitam adquirir boa sensibilidade para definir os esforços necessários durante a instalação.

A verificação do aumento do diâmetro vertical do tubo constitui uma referência razoável para avaliação do esforço de compactação usado durante a instalação, quando o aterro deve ser adequadamente colocado e compactado na área de vala do tubo. Excessivos níveis de compactação lateral podem resultar num aumento vertical indesejado do diâmetro. Ocorrendo essa situação, os níveis de compactação lateral devem ser revistos, antes de se dar prosseguimento à instalação.

A compactação sobre o topo do tubo deve garantir que exista material suficiente para não impactar no tubo. Pelo menos 30 cm de cobertura devem ser considerados quando usar um compactador de placa vibratória operado manualmente.

4.3. Assentamento do Tubo

O assentamento do tubo deve ser feito de forma cuidadosa, respeitando-se as declividades e alinhamentos.

4.3.1. Posicionamento do Tubo na Vala

Tubos até DN400 poderão ser descarregados e baixados na vala manualmente; do DN500 à 1200 devem ser baixados com auxílio de equipamento mecânico usando-se

cintas de nylon fixadas em dois pontos do tubo. Equipamentos mecânicos poderão ser utilizados também para facilitar as junções.

Se houver movimentação de equipamentos pesados da obra no entorno da vala, deve ser mantida uma distância de 1 a 2 m do eixo de lançamento da tubulação, para que danos sejam evitados na fase de instalação.

4.3.2. Tubos Paralelos em Vala

Quando dois tubos são instalados paralelos na mesma vala, o espaçamento recomendado entre eles é apresentado na Tabela 14:

Tabela 14 – Espaçamento recomendado entre tubos

Se for preciso instalar mais de dois tubos paralelos na rede, recomenda-se que sejam escavadas diferentes valas espaçadas de 1,0m com a ocupação de até 2 tubos por vala. Esta recomendação tem por objetivo limitar a largura de vala à condição de interação tubo-solo para não comprometimento dos limites de deflexão vertical dos tubos conforme abordado neste Manual. No caso em que se faz necessária a instalação de tubos de diferentes diâmetros na mesma vala, recomenda-se que a parte inferior deles seja assentada no mesmo nível. Não sendo possível, deve-se utilizar material de envoltória adequado, para preenchimento do espaço desde o fundo da vala até a cota para formação do berço da parte mais baixa do tubo mais elevado. Esse material, assim como o material entre tubos, deve ser compactado para assegurar a condição de interação tubo-solo.

4.3.3. Instalação de Tubos em Terreno com Acentuada Declividade

Diâmetro nominal do tubo	Espaçamento recomendado entre tubos
Até DN600	**300 mm**
> DN600	**DE/2**

O ângulo no qual declividades possam apresentar instabilidade depende da qualidade do solo, assim como o risco de condições instáveis para a instalação aumenta significativamente com o ângulo da declividade. De modo geral tubos enterrados não devem ser instalados em declividades maiores que 15 graus, ou em áreas onde rampa apresentar instabilidade.

Declividade acentuada implica também no aumento da velocidade de fluxo, sendo que tubos PEAD admitem velocidade de fluxo bem superior aos limites de recomendação

em Normas para tubos de concreto. Vide abordagem da velocidade de fluxo no item 3.2.1 deste manual.

Para instalações enterradas, os tubos podem ser instalados em declividades maiores que 15 graus em circunstâncias especiais, desde que:

- A estabilidade, a longo prazo, da instalação possa ser assegurada com um projeto geotécnico apropriado;
- Os tubos sejam enterrados utilizando-se envoltória de material granular coesivo, com alta resistência ao cisalhamento ou a resistência ao cisalhamento possa ser assegurada por outros meios. As camadas de envoltória e aterro final devem ser compactadas com pelo menos 94% Proctor Normal;
- Os tubos devem ser instalados em alinhamento reto e com a menor folga possível entre tubos;
- A instalação seja adequadamente drenada de modo a evitar desmoronamento de materiais e assegurar resistência do solo ao cisalhamento.

A estabilidade individual de cada tubo deve ser monitorada durante toda a fase de instalação, principalmente com controle da folga em cada junção de tubo.

4.3.4. Tubos salientes ou com geratriz superior acima da cota do terreno natural

Conforme abordado no item ***3.1.2.***, constitui uma condição especial de instalação que não é considerada do tipo “em vala”. Como exemplo pode ser citado bueiro de estrada de ferro e de rodovia. Dois cuidados especiais devem ser levados em consideração na decisão desse tipo de aplicação: as paredes laterais nem sempre fornecem a condição de estabilidade apresentada por paredes laterais de vala escavada em solo natural, podendo ser necessária a construção de estrutura de sustentação do tipo gabião ou outra que apresente comportamento equivalente a paredes em vala escavada. Na maioria dos casos não existem caixas de terminação nas extremidades do trecho de tubos. Riscos de crescimento e queima de vegetação se existir no local de instalação, devem ser considerados.

4.3.5. Junção de Tubos e Acessórios

O método de junção baseia-se na colocação do anel de vedação no vale da 1a corrugação da ponta de um tubo e encaixe na bolsa de outro tubo ou acessório. O desempenho da junta elástica (pressão hidrostática conforme EN1277) é menor ou igual a 0,5 Bar.

A seguir são descritos passo a passo, os procedimentos para correta junção de tubos e acessórios, de modo a garantir a estanqueidade do sistema.

1° Passo: Preparação das superfícies a serem unidas.

- Limpar com pano úmido a bolsa que receberá a ponta do tubo com o anel de vedação;
- Na extremidade do tubo, remover a proteção que envolve o anel de vedação e verificar sua integridade, bem como se está posicionado no vale da 1ª corrugação;
- Limpar a ponta e o anel de **v**edação.

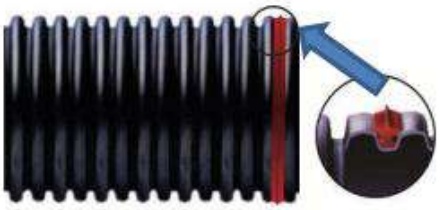


Figura 37 - Detalhe do anel de vedação instalado

Nota: A cor vermelha do anel é ilustrativa. É fornecido na cor preta

2 ° Passo: Lubrificação.

- Lubrificar o anel de vedação e a bolsa do tubo com pasta lubrificante Kanalub;

Figura 38 - Aplicação da pasta lubrificante

3° Passo: Alinhamento dos tubos.

- Alinhar os tubos vertical e horizontalmente;

- Aproximar a ponta da bolsa.

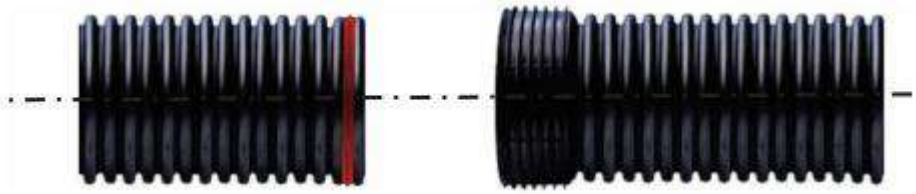


Figura 39 - Alinhamentos dos tubos

- A inserção da ponta na bolsa é feita através de encaixe rápido (após lubrificação) conforme as condições do parágrafo seguinte, empurrando-se ou tracionando-se uma barra de tubo em direção à outra até a completa inserção da ponta na bolsa;
- Para tubos até DN600, pode ser utilizada uma alavanca e anteparo de madeira para facilitar esse deslocamento conforme demonstrado na Figura 40. O anteparo de madeira tem por finalidade evitar esforços concentrados sobre a parede da ponta ou da bolsa do tubo.

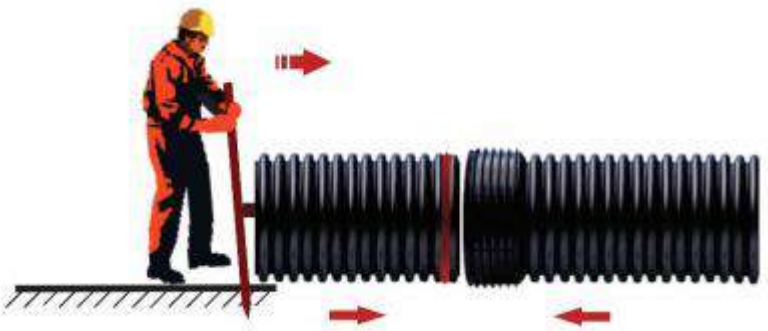


Figura 40 - Introdução da ponta na bolsa

- Para tubos a partir do DN600 (inclusive) a inserção da ponta na bolsa (após lubrificação) pode ser realizada com o auxílio mecânico de uma pá escavadeira, colocando-se um anteparo de madeira como citado no parágrafo anterior, empurrando uma barra de tubo em direção à outra. A inserção da ponta na bolsa, principalmente na instalação de acessórios tipo

curva, pode ser realizada com o auxílio de cintas de nylon com largura mínima de 3 cm, as quais devem ser posicionadas abraçando o corpo do tubo (nunca na bolsa), em cada parte a ser unida. Com o auxílio de catracas de aperto, tracionar as cintas para aproximação dos tubos, até a completa inserção ponta-bolsa.

4.3.6. Deflexão Angular na Junção

A junção de tubos KNTS Drain, do tipo junta elástica (ponta/bolsa/anel de vedação), permite deflexões angulares dentro de certos limites, para ajustes do alinhamento e traçado durante a etapa de montagem e ao longo do tempo, de modo a absorver pequenas movimentações de solo, sem comprometimento da estanqueidade.

A junção, de fácil montagem, proporciona também mobilidade, já que permite dilatações longitudinais com a movimentação do anel no interior da bolsa. Tubos estruturados de dupla parede não são projetados para que a barra trabalhe sob flexão, somente sob compressão.

Conforme o diâmetro nominal do tubo, cada junção permite um determinado limite de deflexão angular. Importante que os tubos sejam assentados, sobre camada berço na vala, em posição de perfeito alinhamento e somente após a montagem completa da junção e da envoltória do tubo até a geratriz superior é que se deverá proceder a deflexão angular até os limites indicados na tabela 15, de modo a não colocar em risco a integridade estrutural dos tubos, uma vez que cada junção, sob esforços de deflexão, transfere parte das tensões para as paredes dos tubos.

DN do Tubo	Deflexão Angular Máxima por Junção (grau)
até 300	**2,0**
400 a 600	**1,5**
800 a 1200	**1,0**

Tabela 15 – Deflexão Angular

4.3.7. Ancoragem de Acessórios e Envelope de Tubos em Concreto

Quando os tubos ou conexões precisarem ser revestidos em concreto, tal como blocos para suportar cargas atípicas ou blocos de ancoragem de acessórios em ângulo, cuidados especiais devem ser tomados de modo complementar às demais orientações de instalação citadas neste manual. Para ancoragem do tubo ou acessórios KNTS, durante a concretagem estes estarão sujeitos a elevados esforços de empuxo/flutuação.

Assim, para restrição da movimentação possível de ser causada por tais esforços, pode-se realizar a amarração do tubo/acessório a uma base de ancoragem conforme ilustrado na figura 42. As amarrações podem ser feitas com cinta de polyester plana, largura mínima de 3 cm, forte o suficiente para suportar as forças de flutuação, espaçados no máximo a cada 2 m. As cintas devem ser tracionadas o suficiente para impedir a flutuação, sem aperto excessivo que possa causar deflexão adicional do tubo/acessório.

Na construção de blocos de ancoragem de acessórios em curva, recomenda-se deixar as juntas livres, sem o envelopamento em concreto.

Figura 42 – Ancoragem

A utilização de bags de lastro, conforme abordado no item 4.2.7, é outro modo de se evitar a movimentação dos tubos em períodos de cura de concreto.

4.4. Recomposição do Pavimento

O recobrimento da tubulação deve ser feito em camadas de 30 cm de espessura, compactadas, formando uma cota mínima de 80 cm acima da geratriz superior do tubo, com material isento de pedras ou objetos cortantes e pontiagudos com arestas vivas. O restante do recobrimento pode ser feito com material granular do próprio local escavado, compactado em camadas de 30 cm de espessura. Caso o material escavado não atinja o grau de compactação necessário de 94% Proctor Normal, substituir o material da camada de aterro final por outro de melhor qualidade.

Deve-se prever acabamento no desemboque da tubulação como muro de ala e dissipador de energia, protegendo a rede contra vandalismo, fogo ou velocidade de fluido elevada.

4.5. Chegada e Saída em Caixa de Passagem ou PV

O acabamento da chegada ou saída do tubo na Caixa de Passagem ou PV deve ser feito sempre com o lado ponta do tubo. Assim, para o primeiro tubo de saída a ser lançado a partir da caixa, recomenda-se cortar a barra próximo ao meio, utilizar a metade ponta-ponta e reservar a metade ponta-bolsa para terminação na caixa seguinte, de modo que não haja descarte da bolsa no inicio da saída do trecho. Seguir lançando as demais barras no sentido do fluxo. É recomendado que sejam acomodadas no mínimo três corrugações do tubo na parede lateral da caixa. As corrugações dos tubos de maiores diâmetros provavelmente extrapolam a largura da caixa, devendo-se então ser reforçada a parede externa da caixa com uma camada de 20cm de concreto.

Figura 43 – Chegada em Caixa

5. Manuseio e Transporte

Durante o transporte e manuseio dos tubos, deve-se evitar que ocorram choques ou contatos com elementos que possam comprometer a integridade dos mesmos, tais como: objetos cortantes ou pontiagudos com arestas vivas, pedras, etc.

O descarregamento deverá ser efetuado cuidadosamente, não devendo permitir que os tubos sejam lançados diretamente ao solo a fim de evitar amassamentos, rompimentos, perfurações dos mesmos ou concentração de cargas num único ponto, vide Figuras 44 e 45.

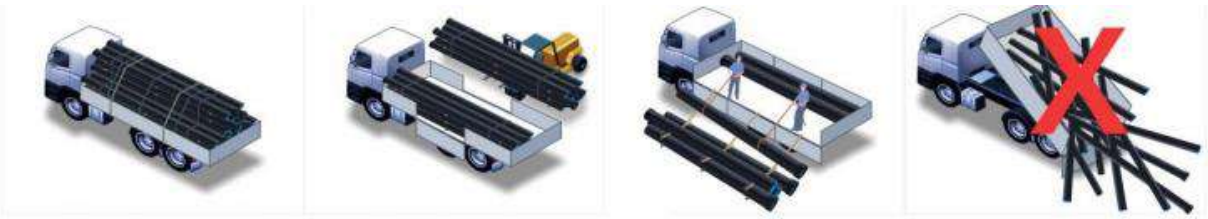


Figura 44 - Cuidados no transporte e descarregamento

Para diâmetros de até 400 mm o descarregamento poderá ser efetuado manualmente e para tubos de 500 mm até 1200 mm, com o auxílio de equipamentos usando-se cintas de nylon.

Figura 45 - Descarregamento e movimentação manual e com cintas de nylon

O uso de qualquer outro material para içamento, como correntes ou cabos de aço não são recomendáveis pois podem danificar os tubos.

Capacidade ocupacional por caminhão *(largura = 2,4 m e altura = 2,8 m)*								
DN	**Truck 8 m (52 m³)**		**Baú 10 m (69 m³)**		**Carreta 12 m (81 m³)**		**Carretinha 14 m (110 m³)**	
	(m)	**(barras)**	**(m)**	**(barras)**	**(m)**	**(barras)**	**(m)**	**(barras)**
250	**474**	**79**	**474**	**79**	**948**	**158**	**948**	**158**
300	**288**	**48**	**288**	**48**	**576**	**96**	**576**	**96**
400	**150**	**25**	**150**	**25**	**360**	**60**	**360**	**60**
500	**114**	**19**	**114**	**19**	**228**	**38**	**228**	**38**
600	**72**	**12**	**72**	**12**	**144**	**24**	**144**	**24**
800	**36**	**6**	**36**	**6**	**72**	**12**	**72**	**12**
1000	**24**	**4**	**24**	**4**	**48**	**8**	**48**	**8**
1200	**12**	**2**	**12**	**2**	**24**	**4**	**24**	**4**

Tabela 16 - Capacidade ocupacional por caminhão

6. Armazenamento e Estocagem

A estocagem/armazenamento dos tubos KNTS Drain deve ser efetuada apoiada em peças de madeira, em locais de chão firme e plano, isentos de quaisquer elementos que

possam danificar o material, tais como: superfícies rígidas com arestas vivas, objetos cortantes ou pontiagudos, pedras, entulhos, etc.

Evitar golpes nas pontas dos tubos para que não haja qualquer tipo de dano. Não arrastar os tubos. As bolsas dos tubos devem estar livres para fora da pilha de armazenagem, alternadas entre um e outro tubo.

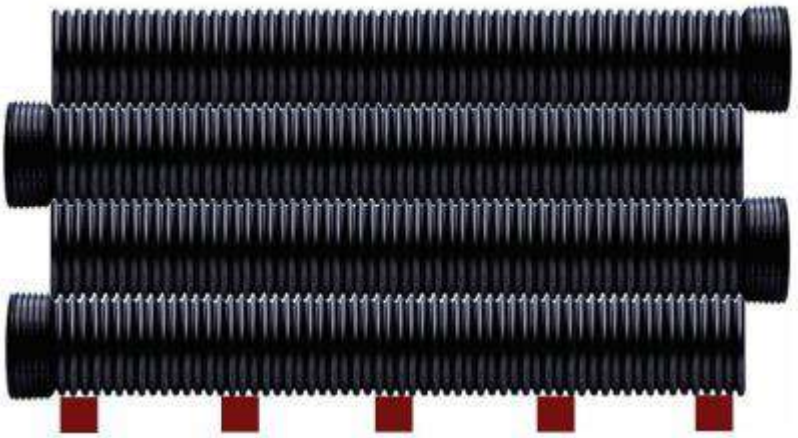


Figura 46 - Acomodação sobre caibros de madeira

Os tubos não devem ser estocados diretamente ao solo, para evitar deformações. Os mesmos devem ser dispostos na forma horizontal, onde a primeira camada deve ser colocada sobre peças transversais de madeira com mínimo de 10 cm de largura, espaçadas a cada 50 cm no máximo (Figura 46).

Devem ser colocadas estacas verticais, espaçadas de metro em metro para apoio lateral das camadas de tubos ou usar calços largos de vigas de madeira.
Não armazenar os tubos próximos de fontes de calor e evitar contatos com agentes químicos agressivos como solventes de uma forma geral.

Estocar a uma altura máxima de três metros a fim de facilitar a colocação e a retirada dos tubos da última camada, não devendo ficar expostos a céu aberto por um período superior a 12 (doze) meses.

Caso haja necessidade de se permanecer além do período acima estipulado, recomenda-se estocar os tubos e conexões em locais cobertos e ventilados ou cobrir com lonas para uma proteção mais eficaz evitando a incidência direta dos raios solares.

7. Aspectos da Qualidade

7.1. Padrões Normativos do Tubo KNTS Drain

O sistema de tubulações KNTS Drain atende aos mais rigorosos padrões internacionais de produtos, definidos pela International Organization for Standardization (ISO) e European Committee for Standardization (CEN).

As características e requisitos dos produtos KNTS Drain são determinadas de acordo com a seguintes normas:

- DNIT 094/2014-EM.
- EN 681, parte 1.

7.2. Identificação do Produto

Os tubos KNTS Drain são marcados de forma legível e indelével com as seguintes informações:

- Kanaflex / KNTS Drain (nome da empresa e da linha de produto);
- Dimensão nominal (DN/ID);
- Rigidez Anelar (SN);
- Material (PE);
- Código de rastreabilidade (lote);

7.3. Controle da Qualidade do KNTS Drain

A Kanaflex mantem um rigoroso sistema de controle da qualidade de seus produtos KNTS Drain, assegurando desde o uso de matérias-primas adequadas assim como o atendimento dos requisitos de controle de processo de fabricação e desempenho de seus tubos, conexões e acessórios.

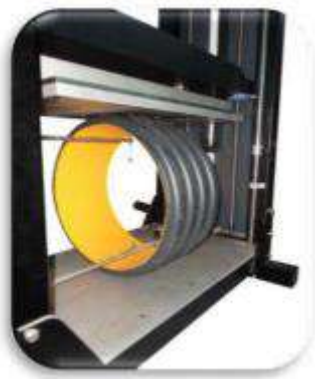
7.3.1. Controle da Matéria-prima

Antes da produção, as matérias-primas são avaliadas quanto ao ensaio de Índice de fluidez e de densidade, para assegurar condições adequadas de processamento e resistência mecânica para o produto.

Ao lado, foto do Plastômetro (equipamento para determinação do Índice de fluidez das resinas de polietileno, de acordo com as normas ISO1133 e NBR9053).

Figura 47 – Controle de matéria-prima

7.3.2. Controle do Produto no Processo de Fabricação



Durante o processo de fabricação, são avaliadas as características dimensionais e mecânicas, de todo lote produzido, para assegurar que o produto atenderá o desempenho esperado para sua aplicação final.

Ao lado, foto do equipamento para determinação da resistência à compressão (equipamento para determinação da Rigidez Anelar / Ring Stiffness, de acordo com as normas ISO9969).

Figura 48 – Controle de produto e processo de fabricação

7.3.3. Inspeção Final

A avaliação final compreende a verificação do atendimento dos requisitos de cada produto, de acordo com seus códigos, descritivos e sua marcação.

Para cada lote de produto é emitido um Certificado de Conformidade, contendo a descrição completa do produto, nota fiscal, padrão normativo e o atendimento aos principais requisitos avaliados para cada lote do produto.

Figura 49 – Inspeção final

8. Bibliografia

Norma ABNT NBR 6502 - Rochas e solos.

Norma ABNT NBR 6459 - Solo - Determinação do limite de liquidez.

Norma ABNT NBR 7180 - Solo - Determinação do limite de plasticidade.

Norma ASTM D-2321 -Standard Practice for Underground Installation of Thermoplastic Pipe for Sewers and Other Gravity-Flow Applications.

Norma ATV-DVWK-A 127 - Static Calculation of Drains and Sewers.

Norma EN 681 - Elastomeric seals - Materials requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications - Part 1: Vulcanized rubber.

Norma DNIT 094/2014-EM: Tubos de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) e poliolefínicos (PE e PP) para drenagem em rodovia – Especificação de material.

Norma ISO 1133 - Plastics - Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and the melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics.

Norma ISO 9969 - Thermoplastics pipes - Determination of ring stiffness.

Benedito Bueno, Yuri Costa. Dutos enterrados – aspectos geotécnicos, Oficina de textos, SP, 2012.

Danieletto, José Roberto. Manual de Tubulações de Polietileno e Polipropileno – Características, Dimensionamento e Instalação, Linha Aberta Comunicações, 2014.

Marston, A; Anderson, A. The theory of loads on pipes in ditches and tests of cement and clay tile and sewer pipe. Bulletin 31, Iowa Engineering Experiment Station, 1913.

Spangler, M. G. The structural design of flexible pipe culverts. Bulletin 112, Iowa Engineering Experiment Station, 1941.

Spangler, M. G. Theory of lods on negative projecting conduits. Proceedings of HRB, 1950.

Notas:

1) A Kanaflex S.A. Indústria de Plásticos possui como princípio o melhoramento contínuo dos produtos de sua fabricação. Eventuais alterações poderão ser feitas neste manual técnico, sem prévio aviso, objetivando o seu aperfeiçoamento.
2) Este manual técnico tem o intuito de colaborar com os usuários de KNTS Drain na execução de tubulação subterrânea enterrada. Caso ocorram dúvidas não contempladas neste manual, contate a Kanaflex.
3) A Kanaflex possui e disponibiliza o serviço de assistência técnica no início da obra. Este serviço tem o objetivo de orientar os instaladores quanto ao procedimento correto da instalação do tubo e não pode ser considerada como uma fiscalização. Nossos técnicos não interferem nos procedimentos de engenharia e projeto, que são responsabilidades das empreiteiras, projetistas e instaladoras.

Dúvidas?

Entre em contato

+55 11 99376-6351

www.kanaflex.com.br

mkt@kanaflex.com.br

Kanaflex®