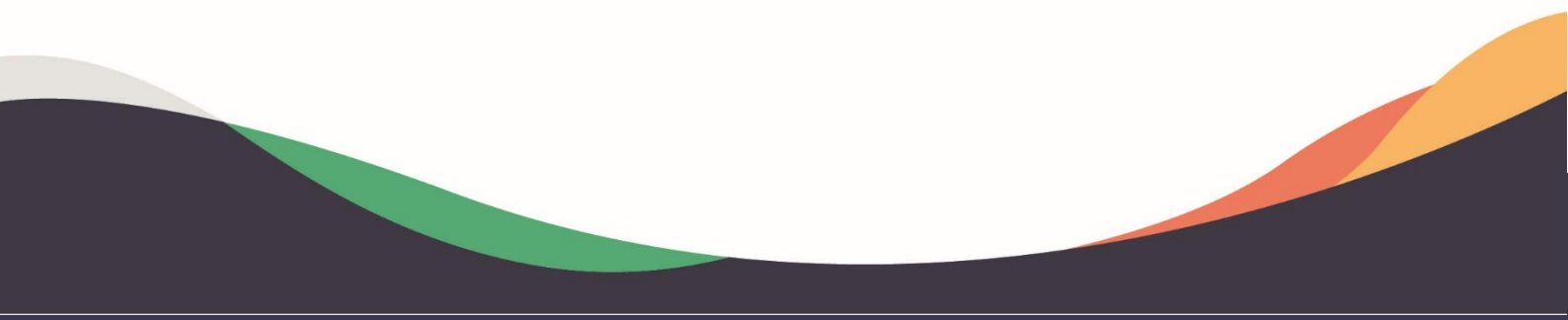




# Manual Técnico

Infraestructura



# Sobre a Wavin

A Wavin fornece soluções inovadoras ao setor de construção e infraestrutura em vários continentes. Com mais de 60 anos de experiência, vamos enfrentar alguns dos maiores desafios do mundo: abastecimento de água, saneamento, cidades resilientes ao clima e melhor desempenho da construção civil.

Tem o objetivo de criar mudanças positivas no mundo, e a nossa paixão é construir lugares onde as pessoas possam morar com mais qualidade e bem-estar. Colaboramos e nos engajamos com

líderes de cidades, engenheiros, urbanistas e instaladores para ajudar os municípios a se prepararem para o futuro e tornar as construções mais confortáveis e eficientes em termos de energia.

A Wavin faz parte da Orbia, uma comunidade de empresas unidas por um objetivo comum: melhorar a vida ao redor do mundo. Tem mais de 12 mil colaboradores em mais de 40 países em todo o mundo.

No Brasil, a Wavin tem atuação nos setores de construção e infraestrutura, por meio da fabricação de tubos e conexões e geotêxteis não tecido. A empresa atua em prol de suas diretrizes mundiais por meio das seguintes marcas comerciais: Amanco Wavin (tubos e conexões) e Bidim (geotêxteis não tecido). Ao todo, conta com mais de 2 mil colaboradores e sete fábricas: em Anápolis (GO), Joinville (SC – duas unidades), Ribeirão das Neves (MG), São José dos Campos (SP), Suape (PE) e Sumaré (SP). Sua sede administrativa está localizada em São Paulo, capital.



# Sobre a Amanco Wavin



A Amanco Wavin é uma das marcas comerciais da Wavin, primeira empresa a criar tubulação de pressão de PVC do mundo em 1955 em Zwolle, na Holanda. Hoje está presente em mais de 40 países e é líder na fabricação e no fornecimento de tubulações plásticas. Lançada em 2006 no Brasil, tem o propósito de cooperar para o bem-estar das pessoas e para o desenvolvimento sustentável da sociedade produzindo produtos inovadores e com alto padrão de qualidade. A marca atua nos mercados predial e de infraestrutura.

## Sumário

1. Definições .....	4
2. Tubos de Infraestrutura Amanco Wavin.....	5
3. Normas .....	25
4. Dimensionamento de Tubos .....	26
5. Dimensionamento de Sistemas.....	30
6. Resistência Química .....	40
7. Tubulações Enterradas.....	60
8. Tubulações Aparentes, Submersas e sob Travessias .....	71
9. Transporte, Manuseio e Estocagem .....	73
10. Transitórios Hidráulicos.....	78
11. Resistência a Fadiga .....	80
12. Empuxo Hidrostático e Hidrodinâmico .....	81
13. Curvatura em Tubulações .....	84
14. Escoramento de Valas.....	86
15. Instalações dos Tubos Amanco Wavin .....	88
16. Limpeza e Desinfecção .....	97

# 1. Definições

Para facilitar o entendimento dos conceitos utilizados neste manual, algumas definições e simbologias são necessárias para diferenciar as pressões a que estão sujeitos os componentes do sistema.

DE – Diâmetro externo: Designação numérica representando a dimensão da tubulação correspondente ao diâmetro externo (maior seção diametral circular da tubulação).

DN – Diâmetro nominal: Número utilizado para classificar, em dimensões, os elementos de tubulação. Não é objeto de medição nem de utilização para fins de cálculos.

SDR – Relação dimensional padrão (Standard Dimension Ratio): Relação entre o diâmetro externo da tubulação e sua espessura de parede (DE/e).

$\rho$  – Tensão hidrostática: Tensão induzida na parede do tubo, quando o tubo está sujeito a pressão interna de água.

$p_{adm}$  – Tensão hidrostática admissível: Tensão induzida na parede do tubo, utilizada para dimensionamento da tubulação, determinada

pela divisão entre a tensão hidrostática  $\rho$  e um coeficiente de segurança.

PP - Pressão de Serviço de Projeto: Máxima pressão de operação do sistema hidráulico projetado ou máxima pressão definida pelo projetista do sistema.

PN - Pressão Nominal (PN): Pressão de referência para os componentes do sistema, indicada pelo fabricante, expressa por um número inteiro de unidade de pressão.

PSA - Pressão de Serviço Admissível (PSA): Pressão máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, sob dadas condições de serviço sem sobrepressão.

PMA - Pressão Máxima de Serviço Admissível (PMA): Pressão máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, levando-se em conta os transientes hidráulicos.

PTS - Pressão de teste do sistema (PTS): Pressão hidrostática interna aplicada a uma tubulação recentemente assentada afim de assegurar a sua integridade e estanqueidade.

## 2. Tubos de Infraestrutura Amanco Wavin

### 2.1 Tubos PIAX (PVC-O)



#### 2.1.1 Introdução

Tubo PVC-O é uma revolução na condução de água e esgoto. O processo de orientação molecular modifica a estrutura do PVC-U, dando ao polímero uma orientação específica das suas cadeias macromoleculares, em uma direção ou plano determinado. Surgiu da necessidade de produtos com características melhores como:

- ✓ Tenacidade
- ✓ Rigidez
- ✓ Ductilidade
- ✓ Resistências à:
  - pressão hidrostática interna;
  - ao impacto;
  - ao cloreto de metileno;
  - compressão diametral;
  - deformação;
  - fadiga;
  - transmissão de fissuras.

A Amanco Wavin inova mais uma vez, lançando no Brasil o que há de mais moderno em tubos plásticos para condução de água e esgoto pressurizado nas redes de infraestrutura e irrigação.

Com um moderno processo de fabricação, os tubos Biax oferecem excelente

desempenho, segurança e garantia, com a confiabilidade da marca Amanco Wavin.

A linha Biax é composta por tubos ponta e bolsa de PVC Orientado (PVC-O), conforme as normas:

**NBR 15750** – Tubulações de PVC-O (cloreto de polivinila não plastificado orientado) para sistemas de transporte de água ou esgoto sob pressão — Requisitos e métodos de ensaios;

**NTS 0187** - Tubos e conexões de PVC – Requisitos complementares de desempenho às normas ABNT NBR 5647-1, 5647-2, 5647-3, 5647- 4 e 5647-5; ABNT NBR 7362-1 e 7362-2; ABNT NBR 7665 e ABNT NBR 15750;

**EB USMA 363** – Tubos PVC-O.

Está disponível nos diâmetros nominais: DN100, DN150, DN200, DN250, DN300, DN350 e DN400.

Junta Elástica Integrada Removível (JERI) à bolsa, em borracha EPDM para os tubos para água e NBR (Nitrílica) para os tubos de esgoto.

Os tubos Biax são intercambiáveis com os tubos de ferro fundido (norma NBR 7675) e tubos de PVC DEFoFo (norma NBR 7665). As conexões que compõem o sistema são de ferro fundido (norma NBR 7675), exceto a luva de correr que é em PVC, permitindo assim, o acoplamento das pontas dos tubos Biax nas bolsas dos tubos ou conexões de ferro fundido.

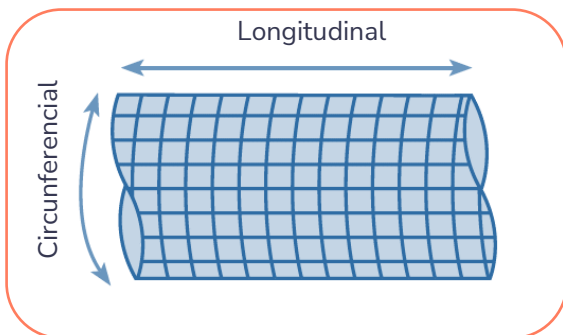
A Amanco Wavin é fabricante exclusiva do sistema PVC-O no Brasil.

A especificação do composto elastomérico atende a NBR 7676 - Elementos de vedação com base elastomérica termofixa para tubos, conexões, equipamentos, componentes e acessórios para água, esgotos, drenagem e águas pluviais e água quente – Requisitos.

### 2.1.2 Tecnologia

Anos de pesquisas sobre o processamento do PVC permitiram o desenvolvimento de um novo conceito de fabricação, incorporando a tecnologia de orientação molecular, com objetivo de obter tubos com melhorias notáveis em relação à resistência à tração, ductilidade, fadiga e tenacidade.

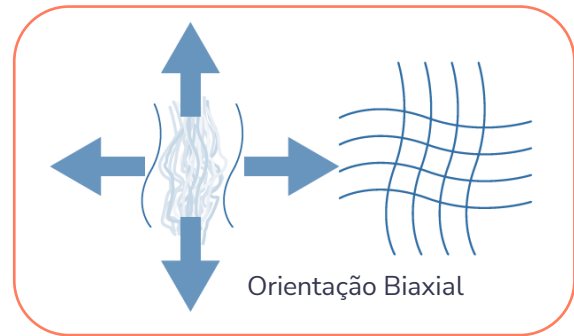
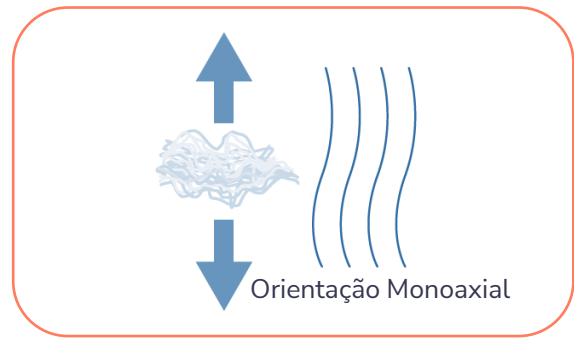
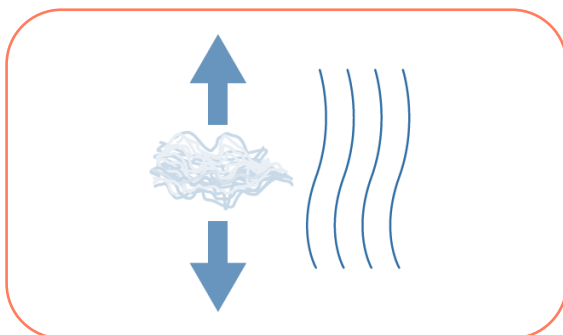
Através do processo de bi-orientação as moléculas do material são orientadas no sentido dos principais esforços solicitantes: circunferencial e longitudinal.



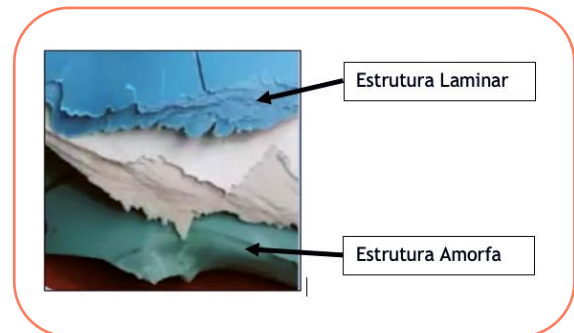
Como consequência da orientação molecular a estrutura de parede passa a ser constituída por finas camadas (laminar).

Com isto o tubo passa a ter uma excelente tenacidade, ou seja, resistência a transmissão da fissura por eventuais usos superficiais ou entalhes decorrentes do transporte, manuseio e instalação bem como elevada resistência a fadiga.

A associação de alta resistência a tração e a tenacidade (resistência a transmissão da fissura lenta ou rápida) resulta em uma estrutura extremamente robusta.



Quando o PVC de estrutura amorfa passa pelo processo de orientação molecular, se transforma em uma estrutura laminar, característica do PVC-O, que aumenta sua resistência.

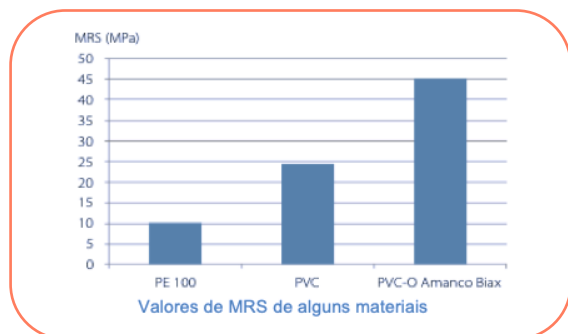


A Resistência ao crescimento de fissuras lentas ou rápidas nos tubos de PVC-O é superior a resistência dos tubos PVC-U convencionais conforme demonstra a ilustração abaixo.



O processo de orientação dos tubos Biax resulta em tubos de alto desempenho, destacando-se as seguintes características:

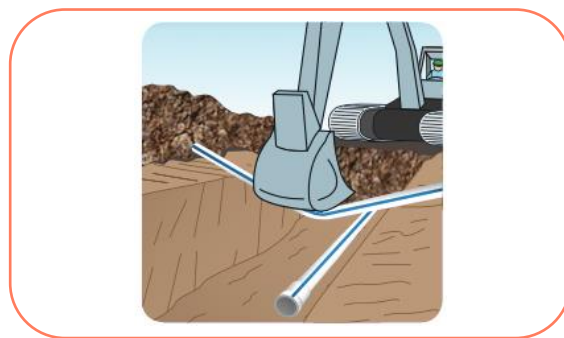
**Resistência:** o material dos tubos Biax apresenta resistência muito superior aos demais materiais termoplásticos disponíveis no mercado. O gráfico abaixo compara os valores de MRS (“Minimum Required Strength”, ou seja, a resistência a longo prazo dos materiais - 50 anos à temperatura de 20°C):



**Leveza:** em virtude da sua maior resistência e conseqüentemente menor espessura de parede, proporciona um tubo com menor peso, o que facilita o transporte, manuseio e instalação, dispensando equipamentos pesados. Alinhado ao acoplamento simples (ponta e bolsa com junta elástica) faz a diferença em termos de custo, desempenho e velocidade de instalação em relação a tubulações feitas com outros materiais, principalmente em relação aos tubos de ferro dúctil e polietileno.

**Robustez:** excelente resistência aos impactos decorrentes do transporte, manuseio e assentamento. Maior resistência à pressão interna do que materiais similares como PVC-U e Polietileno.

**Grande ductilidade:** (capacidade de deformação plástica), grande tenacidade (resistência à propagação da fissura) decorrente da constituição estrutural da parede, em camadas moleculares e grande resistência a tração. Esse conjunto de fatores incorpora excelente robustez ao tubo.

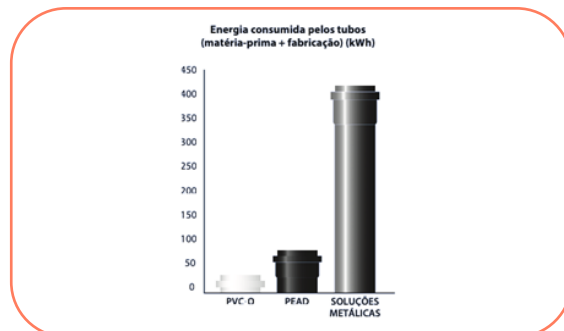


**Resistência à fadiga:** o fenômeno da fadiga devido às cargas cíclicas, está associado à formação e propagação de trincas nos materiais. O PVC-O, com sua estrutura em camadas, dificulta a propagação de trincas na direção radial, apresentando, em decorrência, elevada resistência à fadiga.

**Flexibilidade longitudinal:** devido ao processo de orientação biaxial, o tubo tem também ótima resistência no sentido axial, o que lhe confere resistência a cargas devido a movimentos de acomodação do solo, bem como a economia de curvas de 11° 15' em curvaturas de raio longo.

**Capacidade de vazão:** devido à alta resistência do PVC-O, os tubos Biax tem menor espessura de parede e, portanto, maior área de vazão em comparação aos tubos de PVC, Polietileno e mesmo a várias bitolas dos tubos de ferro fundido. Esta característica, associada à superfície interna extremamente lisa, confere aos tubos Biax excelente desempenho hidráulico.

**Solução sustentável:** os tubos Biax apresentam economia considerável de energia na sua fabricação, em comparação às soluções similares encontradas no mercado para esta aplicação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

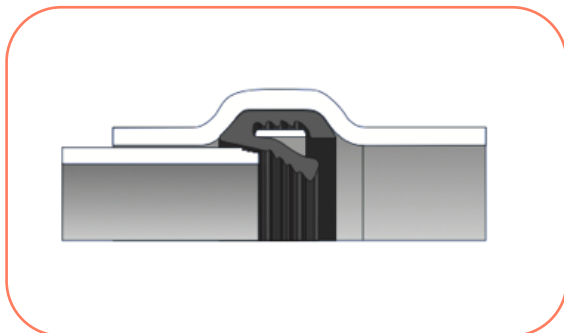


### 2.1.4 Sistema de Vedação

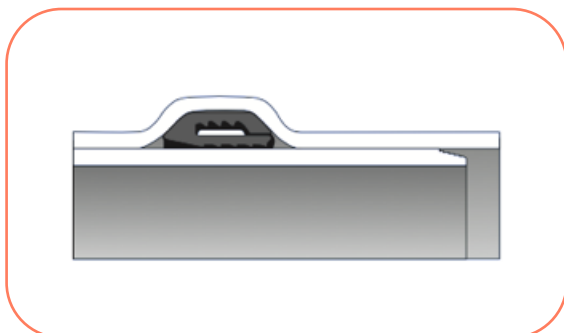
Os tubos Biax possuem sistema de vedação do tipo junta elástica, com anel integrado e removível. O anel é do tipo bilabial o que permite excelente desempenho tanto na condição de pressão hidrostática interna quanto a vácuo.



O anel bilabial integrado e removível possui duas funções na execução da junta elástica. O lábio auxiliar é utilizado para limpar a ponta do tubo que está sendo introduzida, eliminando qualquer resíduo que possa interferir na vedação.



Na execução da junta elástica, quando o tubo é totalmente introduzido, os lábios do anel se encontram e, pressionados, fecham a seção, dando total estanqueidade ao sistema.



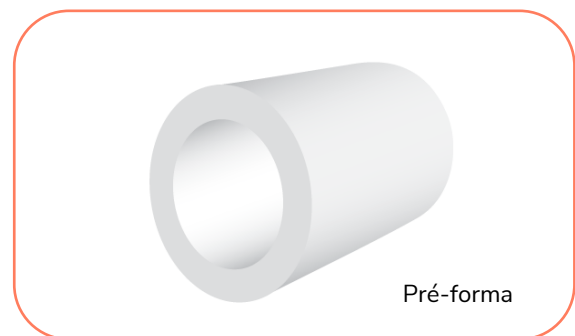
O anel de retenção (alma em polipropileno) fixa o anel de vedação na canaleta, impedindo o seu deslocamento, tanto durante o transporte e instalação dos tubos, quanto durante a sua operação.

### 2.1.5 Fabricação

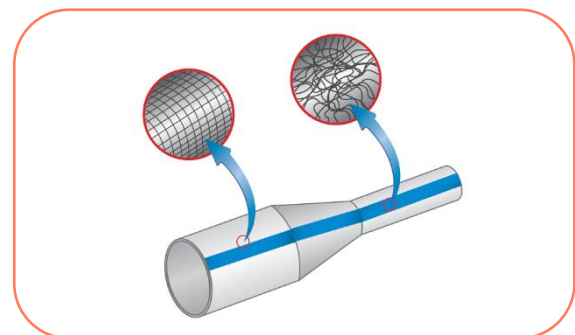
A fabricação ocorre em linha, através de um processo automático contínuo, que permite controle preciso dos seguintes fatores:

- Temperatura do composto de PVC ao longo de toda a linha.
- Espessura de parede e diâmetro externo do tubo.
- Grau de orientação circunferencial e longitudinal.

O processo inicia a partir da extrusão de um tubo de PVC de menor diâmetro e grande espessura de parede, denominado “pré-forma”.



Em seguida, esta pré-forma é aquecida e tem seu diâmetro interno expandido por um pino cônico, ao mesmo tempo em que é estendida axialmente, devido ao controle de velocidade das esteiras. O tubo é então imediatamente resfriado, para manter a orientação.

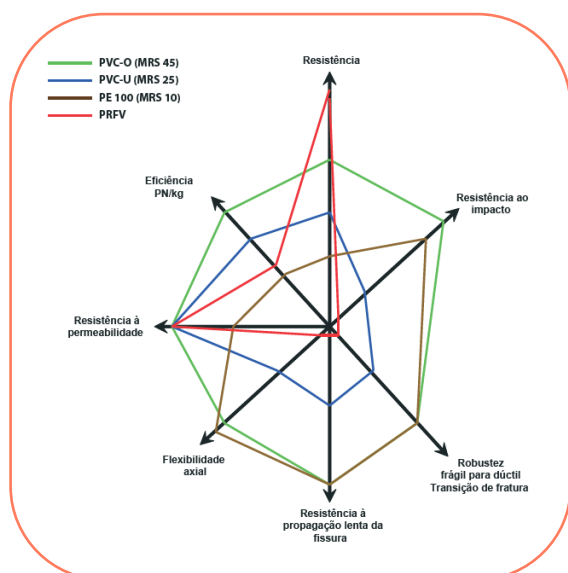




O tubo resultante, orientado biaxialmente, tem maior diâmetro e menor espessura de parede do que a pré-forma original, além de excelente acabamento na superfície interna.

Finalmente, o tubo é cortado no tamanho desejado e tem sua bolsa formada, preservando-se o mesmo nível de desempenho do tubo.

O conceito de fabricação dos tubos Biax aumenta significativamente a resistência mecânica, resistência à tração, a tenacidade (resistência ao impacto e resistência à propagação de fissuras) e a ductibilidade. O gráfico abaixo demonstra a característica de diferentes tubos termoplásticos.



### 2.1.6 Resistência a Pressão

Os valores da pressão de serviço do projeto e da pressão máxima do projeto hidráulico devem ser INFERIORES as respectivas pressões da tubulação PSA (Pressão de Serviço Admissível) e PMA (Pressão Máxima de Serviço Admissível).

A resistência a pressão dos tubos de plásticos varia conforme a temperatura do fluido transportado, sendo envolvidos os conceitos a seguir:

- ✓ Pressão de Serviço de Projeto
- ✓ Pressão Nominal (PN)
- ✓ Pressão de Serviço Admissível (PSA)

- ✓ Pressão Máxima de serviço Admissível (PMA)

#### 2.1.6.1 Pressão de Serviço de Projeto

Máxima pressão de operação do sistema hidráulico projetado ou máxima pressão definida pelo projetista do sistema.

#### 2.1.6.2 Pressão Nominal

Pressão de referência para os componentes do sistema, indicada pelo fabricante, expressa por um número inteiro de unidade de pressão para os tubos Biax:

Para o tubo PN 12,5:  
 $PN = 1,25 \text{ MPa}$

Para o tubo PN 16:  
 $PN = 1,60 \text{ MPa}$

#### 2.1.6.3 Pressão de Serviço Admissível (PSA)

Pressão máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, sob dadas condições de serviço sem sobrepressão;

- Para temperatura do fluido transportado até 25° C, a Pressão de Serviço Admissível é igual a Pressão Nominal da tubulação portanto:

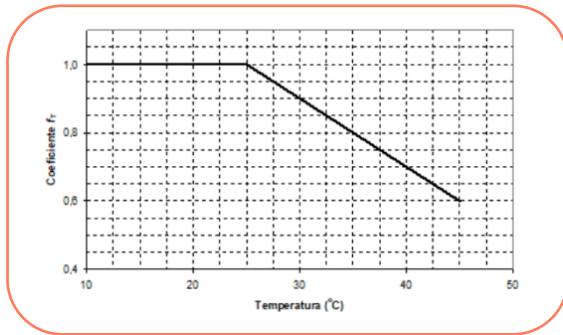
Para  $T \leq 25^\circ \text{ C}$ :

Para o tubo PN 12,5:  
 $PSA = PN = 1,25 \text{ Mpa}$

Para o tubo PN 16:  
 $PSA = PN = 1,60 \text{ MPa}$

- Para temperatura do fluido transportado superior a 25° C e inferior a 45° C a pressão de serviço admissível deve ser calculada utilizando o fator de correção suplementar  $f_T$ , conforme fórmula abaixo:

$$PSA = fT \times PN$$



Para  $T = 35^{\circ}C$

$$fT = 0,8 \text{ (vide gráfico)}$$

Para o tubo PN 12,5:

$$PSA = 0,8 \times 1,25 = 1,0 \text{ MPa}$$

Para o tubo PN 16:

$$PSA = 0,8 \times 1,6 = 1,28 \text{ MPa}$$

Classe do Tubo	PSA – Pressão de Serviço Admissível (Mpa)				
	T≤25°C	T=30°C	T=35°C	T=40°C	T=45°C
PN12,5	fT=1,00	fT=0,90	fT=0,80	fT=0,70	fT=0,60
PN16	1,25	1,13	1,00	0,88	0,75
PN16	1,60	1,44	1,28	1,12	0,96

### 2.1.6.4 Pressão Máxima de Serviço Admissível (PMA)

Pressão máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, levando-se em conta os transientes hidráulicos.

A pressão Máxima de Serviço Admissível (PMA) dos tubos Amanco Wavin Biax é de 1,5 vezes a pressão de serviço admissível (PSA).

Para  $T \leq 25^{\circ}C$ :

Para o tubo PN 12,5:

$$PMA = PSA \times 1,5 = 1,25 \times 1,5 \cong 1,9 \text{ MPa}$$

Para o tubo PN 16:

$$PMA = PSA \times 1,5 = 1,6 \times 1,5 = 2,4 \text{ MPa}$$

Para  $T = 35^{\circ}C$ :

Para o tubo PN 12,5:

$$PMA = PSA \times 1,5 = 1,0 \times 1,5 = 1,5 \text{ MPa}$$

Para o tubo PN 16:

$$PMA = PSA \times 1,5 = 1,28 \times 1,5 \cong 1,9 \text{ MPa}$$

Classe do Tubo	PMA – Pressão Máxima de Serviço Admissível (Mpa)				
	T≤25°C	T=30°C	T=35°C	T=40°C	T=45°C
PN12,5	1,90	1,70	1,50	1,30	1,10
PN16	2,40	2,20	1,90	1,70	1,40

### 2.1.7 Adequabilidade a Aplicação

Durante o transporte e manuseio dos tubos, poderá ocorrer impacto, bem como poderão ocorrer cargas pontuais devido ao assentamento dos tubos na vala. Além disso, ocorrem normalmente sobrepressões devido a operação das estações de bombeamento, válvulas e registros do sistema. Tais condições exigem tubos com alta robustez, ou seja, resistência à pressão interna, alta resistência ao impacto e alta tenacidade.

Os tubos Biax são ideais para este tipo de aplicação, com uma pressão de serviço de até 1,6 MPa (PN16) a 25°C, permitindo sobrepressões eventuais de até 1,5 vezes a pressão de serviço, ou seja, 2,4 MPa. Para temperaturas maiores, deve-se adotar um coeficiente de redução de pressão.

Os tubos Biax, devido à sua elevada resistência à fadiga, são indicados também para tubulações de bombeamento de esgoto, uma vez que, além das condições já citadas, estão também sujeitos a cargas cíclicas, devido às partidas frequentes das bombas.

## 2.2 Tubos DEFOFO (PVC-M)



### 2.2.1 Introdução

Os tubos DEFOFO são aplicados em sistemas de adução e distribuição de água bruta ou água tratada, bem como em sistemas de irrigação.

Os produtos são utilizados por empresas públicas e privadas responsáveis pela instalação e manutenção de redes.

Pelo processo de fabricação denominado extrusão, os tubos DEFOFO oferecem excelente desempenho, segurança e garantia, com a confiabilidade da marca Amanco Wavin.

Os tubos DEFOFO são intercambiáveis com os tubos de PVC-O (norma NBR 15750) e tubos de ferro fundido (norma NBR 7675). As conexões que compõem o sistema são de ferro fundido (NBR 7675), exceto a luva de correr que é em PVC, permitindo assim, o acoplamento das pontas dos tubos DEFOFO nas bolsas dos tubos ou conexões de ferro fundido.

A linha DEFOFO é composta por tubos ponta e bolsa de PVC-M conforme a norma:

**NBR 7665** - Sistemas de transporte de água ou de esgoto sob pressão — Tubos de PVC-M DEFOFO com junta elástica — Requisitos.

Está disponível no diâmetro nominal: DN 500.

Junta Elástica Integrada Removível (JERI) instalada na bolsa dos tubos, em borracha EPDM.

A especificação do composto elastomérico atende a NBR 7676 - Elementos de vedação com base elastomérica termofixa

para tubos, conexões, equipamentos, componentes e acessórios para água, esgotos, drenagem e águas pluviais e água quente – Requisitos.

### 2.2.2 Tecnologia

Os tubos DEFOFO são produzidos, pelo processo de extrusão, com composto de PVC com aditivação de Modificador de Impacto, caracterizando o PVC-M, que lhe confere suas propriedades.

### 2.2.3 Características

**Resistência:** o material dos tubos DEFOFO apresenta elevada resistência em relação a outros materiais termoplásticos disponíveis no mercado.

**Leveza:** seu baixo peso facilita o transporte, manuseio e instalação, dispensando equipamentos pesados. Alinhado ao acoplamento simples (ponta e bolsa com junta elástica) faz a diferença em termos de custo, desempenho e velocidade de instalação em relação a tubulações feitas com outros materiais, principalmente em relação aos tubos de ferro dúctil e polietileno.

**Robustez:** excelente resistência aos impactos decorrentes do transporte, manuseio e assentamento em função da aditivação do composto com modificador de impacto.

**Grande ductilidade** (capacidade de deformação plástica), grande tenacidade (resistência à propagação da fissura) e grande resistência a tração. Esse conjunto de fatores incorpora excelente robustez ao tubo.

**Resistência à fadiga:** o fenômeno da fadiga devido às cargas cíclicas, está associado à formação e propagação de trincas nos materiais. A estrutura do PVC-M (PVC com modificador de impacto) fornece uma excelente resistência à fadiga.

**Capacidade de vazão:** devido à excelente resistência do PVC-M, os tubos DEFOFO tem menor espessura de parede, e, portanto, maior área de vazão em comparação aos tubos de Polietileno e mesmo a várias bitolas dos tubos de ferro fundido. Esta característica, associada a superfície interna extremamente lisa, confere aos tubos DEFOFO excelente desempenho hidráulico.

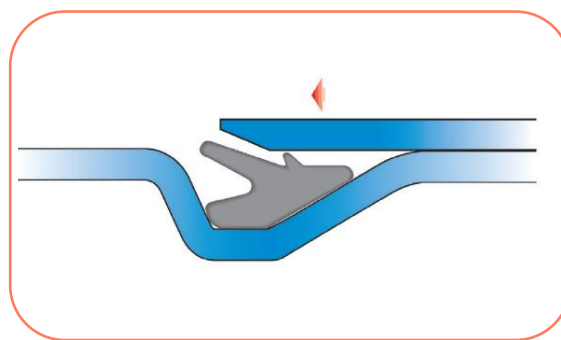
**Solução sustentável:** os tubos DEFOFO apresentam economia considerável de energia na sua fabricação, em comparação às soluções similares encontradas no mercado para esta aplicação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

#### 2.2.4 Sistema de Vedação

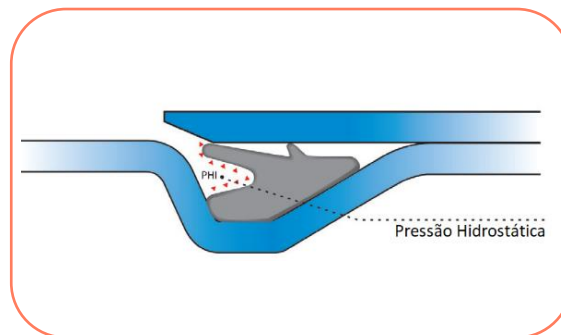
Os tubos DEFOFO possuem sistema de vedação do tipo junta elástica, com anel integrado e removível. O anel é do tipo bilabial o que permite excelente desempenho tanto na condição de pressão hidrostática interna quanto a vácuo.



O anel bilabial integrado e removível possui duas funções na execução da junta elástica. O lábio auxiliar é utilizado para limpar a ponta do tubo que está sendo introduzida, eliminando qualquer resíduo que possa interferir na vedação.



Na execução da junta elástica, quando o tubo é totalmente introduzido, o segundo lábio faz a vedação e oferece estanqueidade ao sistema. A concavidade da junta permite a atuação da pressão hidrostática (PHI) sobre o segundo lábio, pressionando-a sobre a parede da ponta do tubo, para formar o sistema totalmente estanque.



#### 2.2.5 Fabricação

A fabricação ocorre em linha, através de um processo automático contínuo, que permite controle preciso dos seguintes fatores:

- Temperatura do composto de PVC ao longo de toda a linha.
- Espessura de parede e diâmetro externo do tubo.

#### 2.2.6 Resistência a Pressão

Os valores da pressão de serviço do projeto e da pressão máxima do projeto hidráulico devem ser INFERIORES as respectivas pressões da tubulação PSA (Pressão de Serviço Admissível) e PMA (Pressão Máxima de Serviço Admissível).

A resistência a pressão dos tubos plásticos varia conforme a temperatura do fluido transportado, sendo envolvidos os seguintes conceitos:

- ✓ Pressão de Serviço de Projeto
- ✓ Pressão Nominal (PN)
- ✓ Pressão Máxima de serviço Admissível (PMA)
- ✓ Pressão de Serviço Admissível (PSA)

### 2.2.6.1 Pressão de Serviço de Projeto

Máxima pressão de operação do sistema hidráulico projetado ou máxima pressão definida pelo projetista do sistema.

### 2.2.6.2 Pressão Nominal

Pressão de referência para os componentes do sistema, indicada pelo fabricante, expressa por um número inteiro de unidade de pressão; para os tubos DEFOFO:

$$PN = PSA \text{ (à } 25^\circ \text{ C)}$$

Obs.: PN e PSA a ser determinado quando na elaboração do projeto do sistema (ver item 2.2.6.4).

### 2.2.6.3 Pressão Máxima de Serviço Admissível (PMA)

Pressão máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, levando-se em conta os transientes hidráulicos.

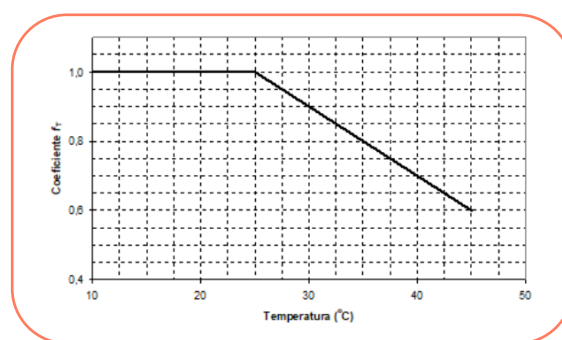
- Para temperatura do fluido transportado até 25° C, a Pressão Máxima de Serviço Admissível é igual:

Para  $T \leq 25^\circ \text{ C}$ :  

$$PMA = 1,0 \text{ MPa}$$

- Para temperatura do fluido transportado superior a 25° C e inferior a 45° C a Pressão Máxima de Serviço Admissível deve ser calculada utilizando o fator de correção suplementar  $f_T$ , conforme fórmula e exemplo abaixo:

$$PMA = f_T \times PMA \text{ (à } 25^\circ \text{ C)}$$



Para  $T = 35^\circ \text{ C}$   
 $f_T = 0,8$  (vide gráfico)

$$PMA = 0,8 \times 1,0 = 0,80 \text{ MPa}$$

Classe do Tubo	PMA – Pressão Máxima de Serviço Admissível (Mpa)				
	T≤25°C	T=30°C	T=35°C	T=40°C	T=45°C
PN10	fT=1,00	fT=0,90	fT=0,80	fT=0,70	fT=0,60

### 2.2.6.4 Pressão de Serviço Admissível (PMA)

Pressão máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, sob dadas condições de serviço sem sobrepessão;

- A Pressão de Serviço Admissível é igual a Pressão Máxima de Serviço Admissível (PMA) MENOS os transientes hidráulicos (TH), que variam de acordo com cada projeto.

$$PSA = PMA - TH$$

Exemplos:

Para  $T= 25^{\circ}\text{C}$   
 $PMA=1,0 \text{ MPa}$

$$PSA = 1,0 - TH$$

Para  $T= 35^{\circ}\text{C}$   
 $PMA=0,8 \text{ MPa}$

$$PSA = 0,8 - TH$$

### 2.2.7 Adequabilidade a Aplicação

A linha DEFOFO possui a principal função de aduzir água bruta ou potável em sistemas de adução e distribuição de água na classe de pressão 1,0 MPa, com garantia de estanqueidade evitando vazamentos ou contaminação da água tratada por infiltração.

## 2.3 Tubos e Conexões PBA



### 2.3.1 Introdução

A linha PBA destina-se à aplicação em sistemas de adução e distribuição de água à temperatura ambiente, em redes de abastecimento e distribuição de água.

Os produtos são utilizados por empresas públicas e privadas responsáveis pela instalação e manutenção de redes em centrais de condomínios e irrigação.

As aplicações são válidas para Pressões de Serviço de 1,0 MPa, 0,75 MPa e 0,60 MPa, à temperatura de 20°C.

Pelo processo de fabricação denominado extrusão, os tubos PBA oferecem excelente desempenho, segurança e garantia, com a confiabilidade da marca Amanco Wavin.

A linha PBA é composta por tubos e conexões ponta e bolsa de PVC-U conforme a norma:

**NBR 5647** – Sistemas para adução e distribuição de água – Tubos e conexões de PVC-U 6,3 com junta elástica e com diâmetros nominais até DN 100.

Está disponível nos diâmetros nominais:

DN50 / DE60

DN75 / DE85

DN100 / DE110

Junta Elástica Integrada Removível (JERI) instalada na bolsa dos tubos, em borracha EPDM.

A especificação do composto elastomérico atende a NBR 7676 - Elementos de vedação com base elastomérica termofixa para tubos, conexões, equipamentos,

componentes e acessórios para água, esgotos, drenagem e águas pluviais e água quente – Requisitos

### 2.3.2 Tecnologia

Os tubos PBA são produzidos, pelo processo de extrusão, com composto de PVC-U.

### 2.3.3 Características

**Resistência:** o composto de PVC-U dos tubos PBA apresenta elevada resistência.

**Leveza:** seu baixo peso facilita o transporte, manuseio e instalação, dispensando equipamentos pesados. Alinhado ao acoplamento simples (ponta e bolsa com junta elástica) faz a diferença em termos de custo, desempenho e velocidade de instalação em relação a tubulações feitas com outros materiais, principalmente em relação aos tubos de ferro dúctil e polietileno.

**Robustez:** excelente resistência aos impactos decorrentes do transporte, manuseio e assentamento.

**Solução sustentável:** os tubos PBA apresentam economia considerável de energia na sua fabricação, em comparação às soluções similares encontradas no mercado para esta aplicação, minimizando os impactos ao meio ambiente.

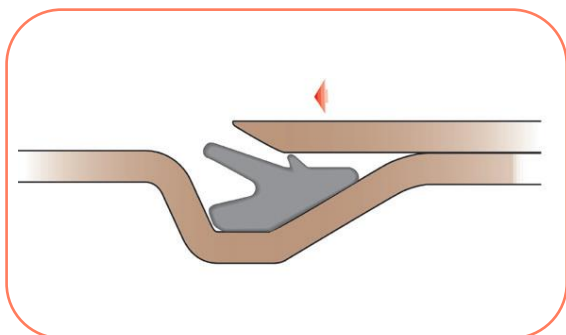
**Manutenção facilitada:** com uso da solução completa PBA Tubos e Conexões.

### 2.3.4 Sistema de Vedação

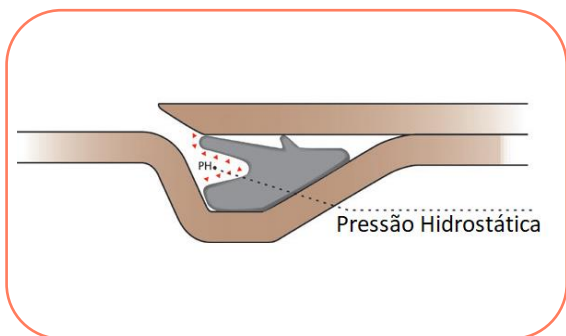
Os tubos PBA possuem sistema de vedação do tipo junta elástica, com anel integrado e removível. O anel é do tipo bilabial o que permite excelente desempenho tanto na condição de pressão hidrostática interna quanto a vácuo.



O anel bilabial integrado e removível possui duas funções na execução da junta elástica. O lábio auxiliar é utilizado para limpar a ponta do tubo que está sendo introduzida, eliminando qualquer resíduo que possa interferir na vedação.



Na execução da junta elástica, quando o tubo é totalmente introduzido, o segundo lábio faz a vedação e oferece estanqueidade ao sistema. A concavidade da junta permite a atuação da pressão hidrostática (PHI) sobre o segundo lábio, pressionando-a sobre a parede da ponta do tubo, para formar o sistema totalmente estanque.



### 2.3.5 Fabricação

A fabricação ocorre em linha, através de um processo automático contínuo, que permite controle preciso dos seguintes fatores:

- Temperatura do composto de PVC ao longo de toda a linha.
- Espessura de parede e diâmetro externo do tubo.

### 2.3.6 Resistência a Pressão

Os valores da pressão de serviço do projeto e da pressão máxima do projeto hidráulico devem ser INFERIORES as respectivas pressões da tubulação PSA (Pressão de Serviço Admissível) e PMA (Pressão Máxima de Serviço Admissível).

A resistência a pressão dos tubos plásticos varia conforme a temperatura do fluido transportado, sendo envolvido os seguintes conceitos:

- ✓ Pressão de Serviço de Projeto
- ✓ Pressão Nominal (PN)
- ✓ Pressão Máxima de serviço Admissível (PMA)
- ✓ Pressão de Serviço Admissível (PSA)
- ✓

#### 2.3.6.1 Pressão de Serviço de Projeto (PP)

Máxima pressão de operação do sistema hidráulico projetado ou máxima pressão definida pelo projetista do sistema.

#### 2.3.6.2 Pressão Nominal (PN)

Pressão de referência para os componentes do sistema, indicada pelo fabricante, expressa por um número inteiro de unidade de pressão; para os Tubos Amanco Wavin PBA:

$$PN = PSA \text{ (à } 25^\circ \text{ C)}$$



Obs.: PN e PSA a ser determinado quando na elaboração do projeto do sistema (ver item 2.3.6.4).

### 2.3.6.3 Pressão Máxima de Serviço Admissível (PMA)

Pressão Máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, lavando-se em conta os transientes hidráulicos;

- Para temperatura do fluido transportado até 25° C, a Pressão Máxima de Serviço Admissível é igual:

Para  $T \leq 25^\circ \text{C}$ :

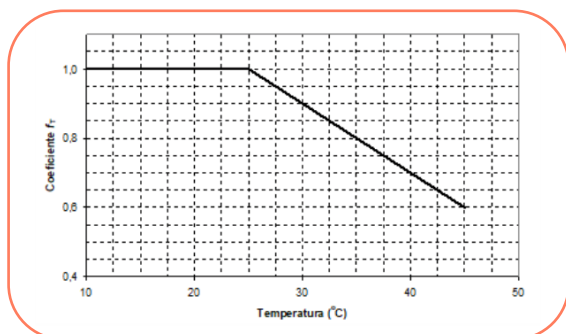
Para tubo Classe 12 (0,60 MPa)  
 $PMA = 0,6 \text{ MPa}$

Para tubo Classe 15 (0,75 MPa)  
 $PMA = 0,75 \text{ MPa}$

Para tubo Classe 20 (1,00 MPa)  
 $PMA = 1,00 \text{ MPa}$

- Para temperatura do fluido transportado superior a 25° C e inferior a 45° C a Pressão Máxima de Serviço Admissível deve ser calculada utilizando o fator de correção suplementar  $fT$ , conforme fórmula e exemplo abaixo:

$$PMA = fT \times PMA (\text{à } 25^\circ\text{C})$$



Para  $T = 35^\circ \text{C}$   
 $fT = 0,8$  (vide gráfico)

Para tubo Classe 12 (0,60 MPa)  
 $PMA = 0,8 \times 0,6 = 0,48 \text{ MPa}$

Para tubo Classe 15 (0,75 MPa)  
 $PMA = 0,8 \times 0,75 = 0,60 \text{ MPa}$

Para tubo Classe 20 (1,00 MPa)  
 $PMA = 0,8 \times 1,0 = 1,00 \text{ MPa}$

Classe do Tubo	PMA – Pressão Máxima de Serviço Admissível (Mpa)				
	T≤25°C fT=1,00	T=30°C fT=0,90	T=35°C fT=0,80	T=40°C fT=0,70	T=45°C fT=0,60
12	0,60	0,54	0,48	0,42	0,36
15	0,75	0,68	0,60	0,53	0,45
20	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60

### 2.3.6.4 Pressão de Serviço Admissível (PSA)

Pressão máxima de serviço que o sistema de tubulação pode suportar em uso contínuo, sob dadas condições de serviço sem sobrepressão;

- A Pressão de Serviço Admissível é igual a Pressão Máxima de Serviço Admissível (PMA) MENOS os transientes hidráulicos (TH), que variam de acordo com cada projeto.

$$PSA = PMA - TH$$

Exemplos:

Para tubo Classe 12 (0,60 MPa) à 25°C  
 $PMA=1,00$

$$PSA = 1,00 - TH$$

Para tubo Classe 15 (0,75 MPa) à 35°C  
 $PMA=0,60$

$$PSA = 0,60 - TH$$

Para tubo Classe 12 (0,60 MPa) à 40°C  
PMA=0,42

$$PSA = 0,42 - TH$$

### 2.3.7 Adequabilidade a Aplicação

A linha PBA Amanco Wavin possui a função de distribuir água bruta ou potável em sistemas de distribuição de água com opção de três (3) classes de pressão, com garantia de estanqueidade evitando vazamentos ou contaminação da água tratada por infiltração.

## 2.4 Tubos Ramal Predial (PEAD)



### 2.4.1 Introdução

A linha RAMAL PREDIAL destina-se à aplicação em sistemas de distribuição de água à temperatura ambiente, em redes de abastecimento e distribuição de água.

Os produtos são utilizados por empresas públicas e privadas responsáveis pela instalação e manutenção de redes em centrais de condomínios e irrigação.

As aplicações são válidas para Pressões de Serviço de 1,0 MPa, à temperatura de 20°C.

Pelo processo de fabricação denominado extrusão, os tubos Ramal Predial oferecem excelente desempenho, segurança e garantia, com a confiabilidade da marca Amanco Wavin.

A linha Ramal Predial é composta por tubos ponta e ponta de polietileno e conexões de compressão em polipropileno conforme as normas:

**NBR 15561** – Tubulação de polietileno PE 80 e PE 100 para transporte de água e esgoto sob pressão – Requisitos.

**NBR 15803** - Sistemas enterrados para distribuição e adução de água e transporte de esgoto sob pressão – Requisitos para conexões de compressão para junta mecânica, tê de serviço e tê de ligação para tubulação de polietileno de diâmetro externo nominal entre 20 mm e 160 mm.

Está disponível nos diâmetros nominais: DE 20 e DE 32.

Disponíveis em bobinas de 50 ou 100 metros.

Junta Elástica mecânica nas conexões.

### 2.4.2 Tecnologia

Os tubos Ligação Predial são produzidos, pelo processo de extrusão, com composto de Polietileno de Alta Densidade e por sua vez, as conexões de compressão são produzidas pelo processo de injeção com composto de Polipropileno.

### 2.4.3 Características

**Flexibilidade:** a grande flexibilidade dos tubos Ligação Predial faz com que o produto se adeque a qualquer topografia e absorva tensões provocadas por esforços externos, como acomodação do solo, tráfego intenso e cargas sobre rodas.

**Excelente desempenho hidráulico:** os tubos de polietileno Ligação Predial apresentam excelente desempenho hidráulico, devido a suas paredes internas lisas, o que diminui a perda de carga distribuída.

**Alta durabilidade:** possui longa durabilidade em relação aos outros materiais aplicados para a mesma finalidade.

**Praticidade:** os tubos de polietileno Ligação Predial são leves e flexíveis, o que facilita o seu transporte, instalação, manutenção e operação.

### 2.4.4 Sistema de Vedação

Como os tubos Ramal Predial são produzidos com as extremidades em ponta, sua união é feita com conexões mecânicas que possuem vedação com elastômeros em seu interior.

### 2.4.5 Fabricação

A fabricação ocorre em linha, através de um processo automático contínuo, que permite controle preciso dos seguintes fatores:

- Temperatura do composto de PVC ao longo de toda a linha.

- Espessura de parede e diâmetro externo do tubo.

#### 2.4.6 Adequabilidade a Aplicação

A linha Ramal Predial possui a função de distribuir água bruta ou potável em sistemas de distribuição de água, com garantia de estanqueidade evitando vazamentos ou contaminação da água tratada por infiltração.

## 2.5 Tubos Corrugados



### 2.5.1 Introdução

Os tubos e conexões Coletor Corrugado e Coletor Novafort destinam-se à aplicação em redes coletoras de esgoto doméstico, escoamento de resíduos industriais e águas pluviais.

São as linhas adotadas por empresas públicas e privadas responsáveis pela instalação e manutenção de redes de esgoto público e projetos industriais, amplamente aplicada também em redes de esgoto de condomínios.

Produzidos com o comprimento de montagem (CM) de 6,0 metros.

Coletor corrugado de cor ocre nas bitolas: DN 150, DN 200, DN 250, DN 300, DN 350 e DN 400.

Coletor Novafort de cor branca nas bitolas: DN 300, DN 400, DN 500, DN 630, DN 800 e DN 1000.

Atendem as classes de rigidez anelar nominal de 4.000 Pa ou 8.000 Pa.

As linhas Coletor Corrugado e Coletor Novafort são compostas por tubos ponta e bolsa de PVC-U conforme a norma:

**NBR ISO 21138** - Sistemas de tubulação plástica subterrânea não pressurizada para drenagem e esgoto – Sistemas de tubulações com parede estruturada de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE).

### 2.5.2 Tecnologia

Produzidos com extrusoras de alta tecnologia resultando em um tubo com dupla parede com geometrias distintas sendo que a composição destas duas camadas resulta em um tubo de alto desempenho.

### 2.5.3 Características

**Desempenho Hidráulico** - Os tubos são dimensionados para garantir excelente comportamento mecânico e eficiente condição de escoamento dos fluidos ao longo do tempo. As paredes internas lisas, associadas ao excelente sistema de juntas, garantem grandes vazões em pequenas declividades, reduzindo o volume de escavação de vala, escoramentos eventuais, profundidade de poços de visita e o número de estações elevatórias em regiões planas.

**Estanqueidade** - A tecnologia do sistema de vedação tipo Junta Elástica, com borracha NBR (Nitrílica), muito mais resistente às ações agressivas do esgoto, permite a composição de um sistema totalmente estanque e com excelente desempenho, mesmo em eventuais acomodações do solo, impedindo vazamentos ou infiltrações e eliminando totalmente os problemas de contaminação.

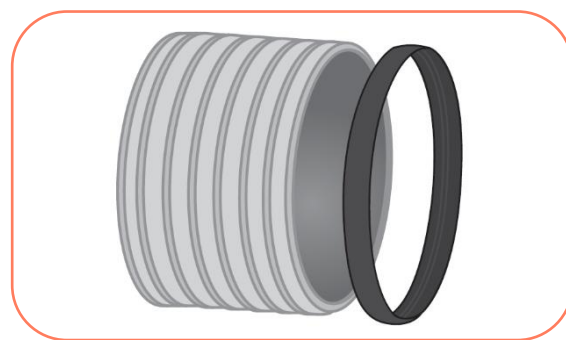
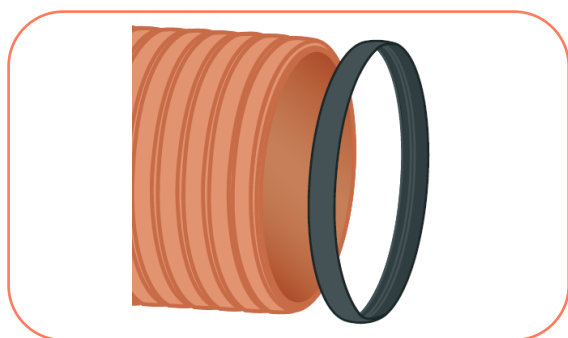
**Durabilidade e eficiência operacional** - Os tubos e conexões Coletor Corrugado e Coletor Novafort contam com longa durabilidade em relação aos outros materiais aplicados para a mesma finalidade. A linha de conexões do tipo BB (bolsa/bolsa), compatíveis com tubos de parede externa lisa e parede externa corrugada, viabiliza inúmeros projetos na área de saneamento, devido à flexibilidade de aplicação, durabilidade e características técnico-econômicas. Os tubos e conexões para redes coletoras são inertes às ações agressivas do solo e à corrosão interna, sendo dimensionados pra assegurar uma excelente resistência aos esforços mecânicos, sem sofrerem ovalizações prejudiciais excessivas.

**Compatibilidade de diâmetro** - Os tubos Coletor Corrugado e Coletor Novafort são intercambiáveis entre si e entre os tubos coletores existentes no mercado, eventualmente é necessário a utilização de uma conexão de uma das linhas, de acordo com as instruções técnicas de cada fabricante.

**Resistência a pressão hidrostática** - Diferentemente das soluções atuais para condução de esgoto e águas pluviais desenvolvidas para trabalhar apenas sob pressão atmosférica (gravidade), os tubos Coletor Corrugado e Coletor Novafort foram projetados para ir além, resistindo ainda à pressão de 0,2 MPa durante o período de 24hs em eventuais necessidades, como por exemplo em casos de obstrução da tubulação, minimizando riscos e danos ao sistema.

#### 2.5.4 Sistema de Vedação

Os tubos Coletor Corrugado e Coletor Novafort possuem sistema de vedação do tipo junta elástica, com anel de vedação aplicado no segundo vale das corrugações da superfície externa da ponta do tubo. Os anéis são produzidos em borracha do tipo NBR (Nitrílica), matéria-prima resistente às ações agressivas e químicas do esgoto, óleos e graxas. A junta elástica garante total estanqueidade e excelente desempenho unindo versatilidade de um sistema removível para as diversas necessidades dos projetos de Infraestrutura.



#### 2.5.5 Fabricação

Fabricados em extrusoras de alta tecnologia em Policloreto de Vinila (PVC) com parede formada por duas camadas em PVC rígido sendo a superfície interna lisa e a superfície externa corrugada, nas cores ocre (Coletor Corrugado) e branca (Coletor Novafort).

#### 2.5.6 Adequabilidade a Aplicação

As linhas Coletor Corrugado e Coletor Novafort esgoto e águas pluviais Amanco Wavin possuem a função de conduzir por gravidade efluentes sanitários, águas pluviais e despejos industriais com garantia de estanqueidade evitando vazamentos e contaminação de solo ou sobrecarga nos sistemas em função de infiltrações.

## 2.6 Tubos e Conexões Coletores



### 2.6.1 Introdução

Os tubos e conexões Amanco Wavin Coletor Maciço e Coletor Celular destinam-se à aplicação em redes coletoras de esgoto doméstico e escoamento de resíduos industriais e águas pluviais.

São as linhas adotadas por empresas públicas e privadas responsáveis pela instalação e manutenção de redes de esgoto público e projetos industriais, amplamente aplicada também em redes de esgoto de condomínios.

Produzidos com o comprimento de montagem (CM) de 6,0 metros.

A linha contempla as bitolas DN 100, DN 150, DN 200, DN 250, DN 300, DN 350 e DN 400 na cor ocre.

Classes de Rigidez anelar nominal:

- Coletor maciço:

≥ 3.500 Pa para bitolas até DN 200.

≥ 4.000 Pa para bitola superior ou igual a DN 250.

- Coletor celular:

≥ 4.000 Pa para bitola superior ou igual a DN 250

Os tubos Coletor Maciço ponta e bolsa, são produzidos em PVC-U conforme a norma:

**NBR 7362** – Sistemas enterrados para condução de esgoto.

Os tubos Coletor Celular ponta e bolsa, são produzidos em PVC-U conforme a norma:

**NBR 21138** - Sistemas de tubulação plástica subterrânea não pressurizada para drenagem e esgoto – Sistemas de tubulações com parede estruturada de policloreto de vinila

não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE).

### 2.6.2 Tecnologia

Produzidos com extrusoras de alta tecnologia resultando em tubos com superfícies externa e interna lisa, com parede maciça (coletor maciço) ou parede com núcleo celular expandido (coletor celular).

### 2.6.3 Características

**Desempenho Hidráulico:** Os tubos são dimensionados para garantir excelente comportamento mecânico e eficiente condição de escoamento dos fluidos ao longo do tempo. As paredes internas lisas, associadas ao excelente sistema de juntas, garantem grandes vazões em pequenas declividades, reduzindo o volume de escavação de vala, escoramentos eventuais, profundidade de poços de visita e o número de estações elevatórias em regiões planas.

**Estanqueidade:** A tecnologia do sistema de vedação tipo Junta Elástica, com borracha NBR (Nitrílica), muito mais resistente às ações agressivas do esgoto, permite a composição de um sistema totalmente estanque e com excelente desempenho, mesmo em eventuais acomodações do solo, impedindo vazamentos ou infiltrações e eliminando totalmente os problemas de contaminação.

**Durabilidade e eficiência operacional:** Os tubos e conexões Amanco Wavin Coletor Maciço e Celular contam com longa durabilidade em relação aos outros materiais aplicados para a mesma finalidade. A linha de conexões do tipo BB (bolsa/bolsa), compatíveis com tubos de paredes lisas e corrugados, viabiliza inúmeros projetos na área de saneamento, devido à flexibilidade de aplicação, durabilidade e características técnico-econômicas. Os tubos e conexões para redes coletoras são inertes às ações agressivas do solo e à corrosão interna, sendo

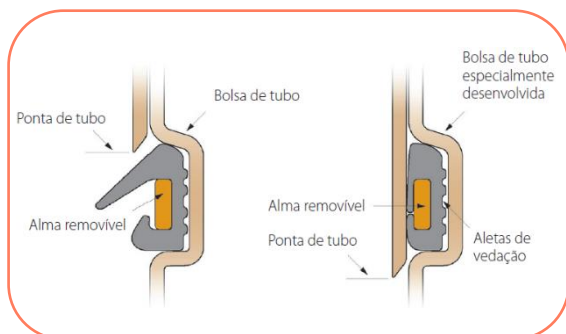
dimensionados para assegurar uma excelente resistência aos esforços mecânicos, sem sofrerem ovalizações prejudiciais excessivas.

**Compatibilidade de diâmetro:** Os tubos Coletor Maciço e Celular são intercambiáveis entre si e entre os tubos coletores existentes no mercado, entretanto, eventualmente é necessário a utilização de uma conexão, de acordo com as instruções técnicas de cada fabricante.

**Resistência a pressão hidrostática:** Diferentemente das soluções atuais para condução de esgoto e águas pluviais desenvolvidas para trabalhar apenas sob pressão atmosférica (gravidade), os tubos Coletor Maciço e Celular foram projetados para ir além, resistindo ainda à pressão de 0,2 MPa durante o período de 24hs em eventuais necessidades, como por exemplo em casos de obstrução da tubulação, minimizando riscos e danos ao sistema.

#### 2.6.4 Sistema de Vedação

Os tubos Coletor Maciço e Coletor Celular possuem sistema de vedação do tipo junta elástica, com anel aplicado na canaleta existente na bolsa dos tubos. Os anéis são produzidos em borracha do tipo NBR (Nitrílica), matéria-prima resistente às ações agressivas e químicas do esgoto, óleos e graxas. A junta elástica garante total estanqueidade e excelente desempenho unindo versatilidade de um sistema removível para as diversas necessidades dos projetos de Infraestrutura.



#### 2.6.5 Fabricação

Fabricados em Policloreto de Vinila (PVC) pelo processo de extrusão, em uma única camada no Coletor Maciço e em três (3) camadas no Coletor Celular, em PVC rígido sendo a superfície interna e a superfície externa lisas, na cor ocre.



#### 2.6.6 Adequabilidade a Aplicação

As linhas Coletor Maciço e Coletor Celular esgoto e águas pluviais possuem a função de conduzir por gravidade efluentes sanitários, águas pluviais e despejos industriais com garantia de estanqueidade evitando vazamentos e contaminação de solo ou sobrecarga nos sistemas em função de infiltrações.



### 3. Normas

Os tubos Amanco Wavin destinados à condução de água, esgoto e drenagem em redes de infraestrutura são normalizados, pelas principais normas abaixo relacionadas, não excluindo as normas complementares.

**NBR 7362** – Sistemas enterrados para condução de esgoto

**NBR 5647** – Sistemas para adução e distribuição de água – Tubos e conexões de PVC-U 6,3 com junta elástica e com diâmetros nominais até DN 100

**NBR 15750** - Tubulações de PVC-O (cloreto de polivinila não plastificado orientado) para sistemas de transporte de água ou esgoto sob pressão — Requisitos e métodos de ensaios

**NBR ISO 21138** – Sistemas de tubulação plástica subterrânea não pressurizada para drenagem e esgoto – Sistemas de tubulações com parede estruturada de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE)

**NBR 7665** - Sistemas de transporte de água ou de esgoto sob pressão — Tubos de PVC-M DEFOFO com junta elástica — Requisitos

**NBR 17015** - Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirígidos e flexíveis

**NTS 0187** - Tubos e conexões de PVC – Requisitos complementares de desempenho às normas ABNT NBR 5647-1, 5647-2, 5647-3, 5647-4 e 5647-5; ABNT NBR 7362-1 e 7362-2; ABNT NBR 7665 e ABNT NBR 15750

**NBR 15561** – Tubulação de polietileno PE 80 e PE 100 para transporte de água e esgoto sob pressão – Requisitos

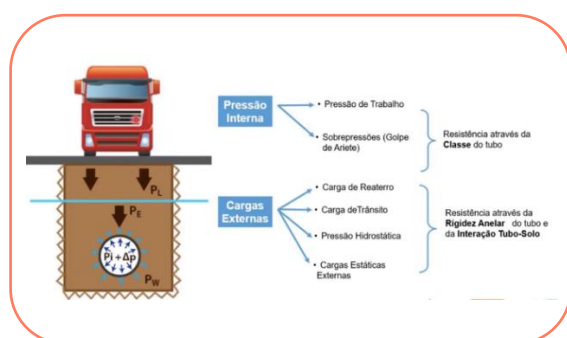
**NTS 048** - Tubo de Polietileno PE 80 para ramais prediais de água DE 20mm e DE 32mm

**EB USMA 363** – Tubos de PVC-O

Os tubos Amanco Wavin apresentam segurança e desempenho elevados e estanqueidade garantida, uma vez que atendem as normas específicas de cada produto.

## 4. Dimensionamento de Tubos

Os tubos enterrados estão sujeitos aos esforços devido as cargas de terra (PE), cargas de tráfego (PL) e pressão hidrostática interna, conforme ilustração abaixo.



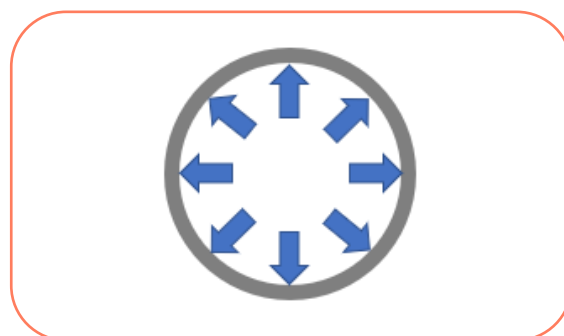
Em sistemas de condução de fluidos sob pressão interna, os principais esforços são a pressão de trabalho na tubulação e eventuais sobrepresões (transitórios hidráulicos/golpe de ariete), sendo a resistência dos tubos definida através da Classe de Pressão resistida pelo tubo. Neste caso a pressão externa do tubo (terra e tráfego) é desprezível em consideração a pressão interna do tubo.

Já nos sistemas de condução de fluidos sem pressão interna, os principais esforços são a pressão de terra e a pressão de tráfego, sendo a resistência dos tubos definida através da Rigidez Anelar do tubo e da Interação Tubo-Solo.

### 4.1 Tubos com Pressão Hidráulica Interna

#### 4.1.1 Pressão Atuante

O principal esforço que age sobre uma tubulação conduzindo água ou esgoto sob pressão (tubos Amanco Wavin PBA, DEFOFO, BIAx, LIGAÇÃO PREDIAL), é a pressão hidrostática interna.



Ela gera uma tensão circunferencial na parede do tubo, que pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$\sigma_{adm} = \frac{p * (de - e)}{2 * e}$$

onde:

$\sigma_{adm}$  = tensão circunferencial admissível na parede do tubo (MPa)

$p$  = pressão hidrostática interna (MPa)

$de$  = diâmetro externo médio do tubo (mm)

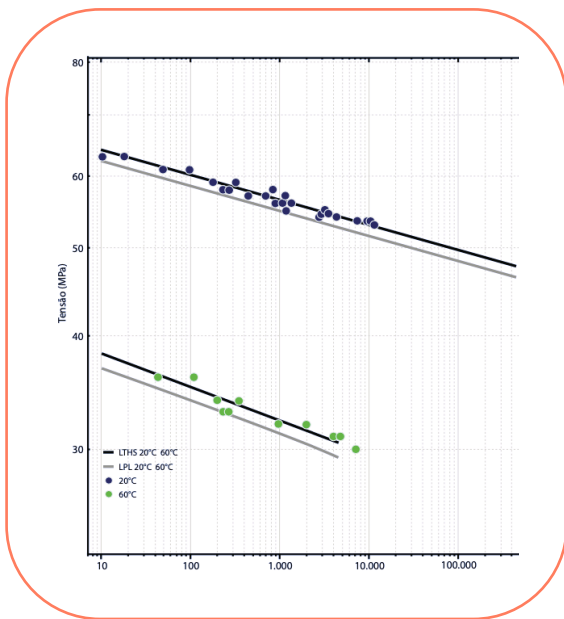
$e$  = espessura de parede mínima (mm)

Para que o tubo trabalhe adequadamente, a tensão circunferencial atuando em sua parede, não deverá exceder a resistência do material, ou seja, a sua tensão admissível ( $\sigma_{adm}$ ).

A resistência dos materiais plásticos depende do tempo e da temperatura. Para os tubos que transportam água, a sua resistência é determinada normalmente para um tempo de ruptura estimado de 50 anos, na temperatura de 20°C.

A norma ISO 9080 descreve o método para estimar esta resistência hidrostática a longo prazo de tubos de material plástico por extrapolação estatística.

Abaixo, exemplo da curva de regressão do tubo Amanco Wavin Biax.



$$\log \sigma = -0,027 * \log t + 1,80618$$

Esta resistência hidrostática estimada pela ISO 9080 é a  $\sigma_{LPL}$ , que é obtida através do ajuste de uma reta em um gráfico log x log de tensão e tempo.

Esta reta é obtida através dos valores de tensão de ruptura em tempos previamente estabelecidos até 10.000 horas (1,14 anos), e é extrapolada até 50 anos.

A  $\sigma_{LPL}$  é a quantidade em MPa com a dimensão de tensão, representando 97,5% do limite de confiança inferior da resistência hidrostática estimada na temperatura de 20°C, que para nosso caso (PVC-O Biax),  $\sigma_{LPL} = 46,46$  MPa.

Para estabelecer a tensão admissível  $\sigma_{adm}$  temos que utilizar a ISO 12162, que estabelece a classificação dos materiais termoplásticos em forma de tubo e especifica a designação do material (MRS), que é o valor ( $\sigma_{LPL}$ ), inferior da faixa do limite de confiança, conforme tabela 1 da ISO 12162, ou seja, MRS = 45 MPa para o tubo Amanco Wavin Biax como por exemplo.

Para materiais elásticos tradicionais o coeficiente de segurança pode ser definido como relacionado à máxima tensão ou carga permitida. O valor, no entanto, é válido para as condições iniciais. Para material elástico o

tradicional é considerado que as condições iniciais não se alteram no curso do tempo e conseqüentemente independente do tempo. Para tubos termoplásticos, o fator de segurança é para ser definido em relação ao tempo.

Portanto como previamente relatado, o coeficiente de segurança não tem nenhum significado para materiais termoplásticos.

Portanto o assim chamado coeficiente total de projeto ou serviço (C) foi introduzido. Este fator cobre os efeitos do manuseio, riscos, variação do material (tempo), etc. Com valor maior do que 1.

O fator C está relacionado a 50 anos de vida útil a 20°. O coeficiente total de projeto mínimo é determinado em acordo com a EN ISO 12162 e NBR 15750. Para o PVC-O C50= 1,6.

Portanto o valor da tensão admissível ( $\sigma_{adm}$ ) é igual á 28 MPa para o PVC-O.

$$\sigma_{adm} = \frac{45}{1,6} = 28 \text{ MPa}$$

Nota: Toda a metodologia acima para a obtenção da tensão admissível descrita está baseada na ABNT NBR 15750.

Usando-se a equação da tensão circunferencial admissível poderemos calcular a relação  $d_e/e$ , que é uma relação constante para todos os diâmetros de tubos de uma mesma classe de pressão para uma mesma tensão admissível e mesmo material, sendo possível definir a espessura de parede da tubulação.

Deve-se também considerar exigências mínimas de rigidez do tubo, como no caso da NBR 15750 onde a rigidez mínima exigida é 4 kN/m<sup>2</sup>.

Como exemplo para o tubo Amanco Wavin Biax para PN 16, teremos:

$$\frac{d_e}{e} = 1 + \frac{2 * \sigma_{adm}}{p}$$

onde:

$\sigma_{adm}$  = tensão circunferencial admissível na parede do tubo (MPa)

$p$  = pressão hidrostática interna (MPa)

$d_e$  = diâmetro externo médio do tubo (mm)

$e$  = espessura de parede mínima (mm)

Teremos:

$$\frac{de}{e} = 1 + \frac{2 * 28}{1,6} = 36$$

Ou seja:

$$e = \frac{de}{36}$$

Já para os tubos Amanco Wavin Biax PN 12,5 a relação DE/e é igual a 41 em função da rigidez mínima exigida pela norma NBR 15750.

Os plásticos, por serem materiais visco elásticos, apresentam resistência significativamente maior à carga de curto prazo como pode ser visto no gráfico da curva de regressão apresentada. Entretanto, é importante notar que não há um enfraquecimento do tubo ao longo do tempo, pois um tubo, mesmo sujeito por um longo tempo a sua pressão nominal, ainda mantém sua resistência a pressões mais alta de curto prazo, como se fosse um tubo novo, exemplo: Golpe de Aríete.

Deve-se observar que sendo a curva de regressão um gráfico log-log cuja linha tem pequena inclinação, significa que uma leve diminuição no valor da tensão, resultará em um aumento no tempo de ruptura estimado.

No caso do tubo Amanco Wavin DEFOFO, o valor do valor da tensão admissível ( $\sigma_{adm}$ ) é igual á 12 MPa, conforme NBR 7665, resultado da equação:

$$\sigma_{adm} = \frac{24}{2} = 12 \text{ MPa}$$

Já os tubos Amanco Wavin PBA possuem o valor da tensão admissível ( $\sigma_{adm}$ ) de no mínimo 6,3 MPa, conforme NBR 5647.

## 4.2 Tubos sem Pressão Hidráulica Interna

O principal esforço que age sobre uma tubulação conduzindo fluidos sem pressão interna (tubos Amanco Wavin Coletores Maciço, Celular, Corrugado e Novafort), é a pressão externa atuante na tubulação (cargas de solo + tráfego).

Sendo assim, o projeto estrutural da tubulação é realizado levando-se em conta a interação do tubo com o solo, considerando os pontos abaixo:

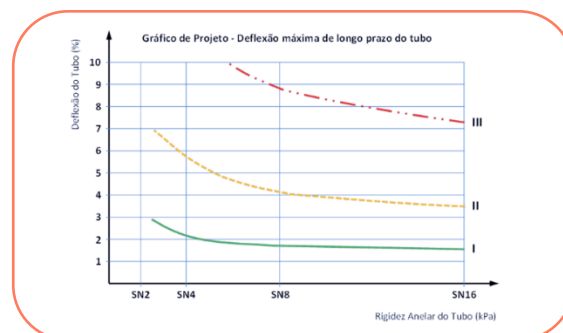
Em um sistema de tubos flexíveis enterrados, primeiramente, os projetistas precisam estabelecer as deflexões permitidas para as tubulações, baseados em suas experiências e/ou em referências normativas.

As normas brasileiras recomendam os limites de deflexões médios conforme abaixo:

Classe de Rigidez	Deflexão Média Inicial	Deflexão Média de Longo Prazo
SN4 e SN8	8%	10%

Um estudo intensivo da história de deflexão de tubos instalados em diferentes condições, de até 25 anos atrás, resultou na experiência como apresentada no gráfico da figura abaixo.

Para a deflexão indicada no gráfico de projeto, a tensão será muito abaixo do limite de projeto e não necessita ser levada em conta.



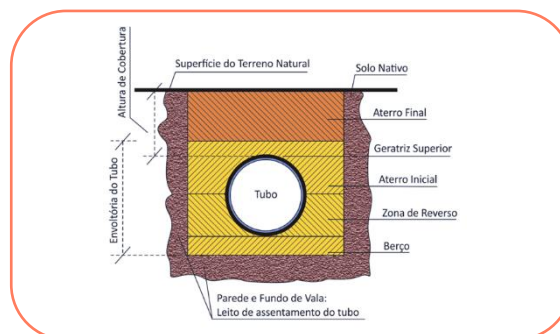
Sendo:

I - Boa Compactação

II - Moderada Compactação

III - Sem Compactação (não recomendado)

O gráfico de projeto serve como referência, mas não tem a intenção de substituir o cálculo estrutural nem limitar as condições de uso submetidos. As condições de validação são indicadas na tabela a seguir:



Parâmetro	Condições de Validação
Altura do reaterro	0,8m a 6,0m medidos a partir da geratriz superior do tubo.
Cargas de tráfego	Considerada existente.
Qualidade da instalação	<p>“Boa” Compactação (I)</p> <p>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%.</p>
Categoria da instalação “Boa”, “Moderada”, “Sem”- deve refletir o trabalho da mão-de-obra em que o projetista possa confiar. (as camadas de preenchimento da vala são detalhadas na figura a acima)	<p>“Boa” Compactação (II)</p> <p>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 se manter na faixa de 87% a 94%.</p>
	<p>Sem Compactação (III)</p> <p>As estacas/pranchas do escoramento lateral devem ser removidas antes da compactação, de acordo com as recomendações da 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).</p>

## 5. Dimensionamento de Sistemas

Os conceitos a seguir fornecem critérios de dimensionamento de sistemas de distribuição de água e coleta de esgoto, sendo um resumo teórico que visa municiar os projetistas de conceitos básicos para projetos de sistemas de distribuição e adução de água e redes de coleta de esgoto sanitário. Este material é orientativo e não exclui a necessidade de considerar outros critérios em função das particularidades de cada projeto.

### 5.1 Sistemas de Adução e Distribuição de Água

O escoamento de um fluido em uma tubulação depende basicamente da energia disponível (que pode ser fornecida por um desnível ou por meio de bombeamento), do diâmetro da tubulação e das perdas de carga ao longo do comprimento.

As perdas de carga, ou perda de energia, são causadas pelo atrito interno do fluido devido à sua viscosidade, bem como pelo atrito do fluido com as paredes da tubulação. Podem ser distribuídas uniformemente ao longo da tubulação, bem como localizadas, nos pontos em que há válvulas, conexões ou outros dispositivos que interferem no fluxo.

#### 5.1.1 Perdas de Carga Distribuídas

As perdas de carga distribuídas são calculadas pela fórmula de Darcy-Weisbach:

$$hf = f * \left(\frac{L}{di}\right) * \left(\frac{v^2}{2 * g}\right)$$

**hf** = perda de carga distribuída (mca)

**f** = coeficiente de perda de carga distribuída

**L** = comprimento da tubulação (m)

**di** = diâmetro interno da tubulação (m)

**V** = velocidade média do fluido (m/s)

**g** = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>)

O coeficiente **f** depende da rugosidade da superfície interna da tubulação e do número de Reynolds, sendo este último expresso por:

$$Re = V * \left(\frac{di}{\gamma}\right)$$

**Re** = número de Reynolds

**γ** = viscosidade cinemática do fluido (≈10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s para água a 20°C)

O número de Reynolds indica o regime do escoamento, sendo que para o escoamento de água em condutos relativamente lisos, aplica-se:

Re < 2000 : Regime laminar

2000 < Re < 4000 : Regime de transição

Re > 4000 : Regime turbulento

Equação da Continuidade

$$Q = \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) * V = \text{Constante}$$

O escoamento de água em tubulações, na prática, ocorre sempre no regime turbulento. Nesta situação, o coeficiente de perda de carga **f** é calculado pela equação de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( 0,27 \frac{K}{D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

**K** = rugosidade uniforme equivalente das paredes do tubo (m).

O valor K não é a rugosidade real do tubo, mas baseia-se no diâmetro de grãos de areia uniformes, utilizados como revestimento superficial de tubos nas experiências de Nikuradse, que dariam a mesma perda de carga.

Nota-se, que a influência da rugosidade na perda de carga do tubo é mais significativa para maiores valores do número de Reynolds, justamente onde ocorre a maioria das aplicações práticas.

Os tubos Amanco Wavin para sistemas conduzindo água ou esgoto, devido ao seu processo de fabricação, tem o diâmetro interno extremamente liso, resultando em valores muito baixos para a rugosidade uniforme equivalente. Além disso, como os tubos Amanco Wavin são altamente resistentes à corrosão e ao desgaste, não é necessário considerar o aumento da rugosidade com o envelhecimento, como ocorre com alguns outros tipos de tubulação.

Na Especificação Técnica do Comitê Europeu de Normalização CEN/TS 15223 - Plastics piping systems - Validated design parameters of buried thermoplastics piping systems o coeficiente de rugosidade dos tubos plásticos varia conforme abaixo:

para diâmetros  $\leq 100$ mm,  $k = 0,01$  mm  
para diâmetros  $> 100$  mm,  $k = 0,05$  mm

Literaturas brasileiras relatam que o coeficiente de rugosidade dos tubos plásticos varia conforme os valores abaixo:

para diâmetros  $\leq 200$ mm,  $k = 0,01$  mm  
para diâmetros  $> 200$  mm,  $k = 0,025$  a  $0,05$  mm

Uma faixa aceitável dos valores de K será:

para diâmetros  $\leq 100$ mm,  $k = 0,01$  a  $0,025$  mm  
para diâmetros  $> 100$  mm,  $k = 0,05$  a  $0,10$  mm

Em função do processo de fabricação dos tubos Amanco Wavin, sugerimos utilizar os seguintes valores:

Para tubos Biax:

Para diâmetros  $\leq 100$ mm,  $k = 0,01$  mm

Para diâmetros  $> 100$  mm,  $k = 0,03$  mm

Para tubos PBA e DEFOFO:

Para diâmetros  $\leq 100$ mm,  $k = 0,03$  mm

Para diâmetros  $> 100$  mm,  $k = 0,06$  mm

Para tubos ESGOTO:

Todos os diâmetros,  $k = 0,06$  mm

A influência da rugosidade pode ser avaliada tomando-se, por exemplo, duas tubulações DN 150, com o mesmo diâmetro interno e com a mesma velocidade de fluxo (2 m/s), mas com rugosidades diferentes: 0,1 mm e 0,03 mm.

O tubo com rugosidade 0,1 mm terá uma perda de carga de 23,85 m/km, enquanto o tubo com rugosidade 0,03 mm terá uma perda de carga de 20,24 m/km, ou seja, aproximadamente 18% menor.

Visando apresentar uma ordem de grandeza da perda de carga dos tubos Amanco Wavin, apresentamos abaixo os valores de vazão e perda de carga distribuída em metros para cada 100 metros.

Para valores intermediários, sugerimos que seja feito os cálculos conforme procedimentos acima.

Para Tubos Wavin BIAx

Bitola	Média dos diâmetros internos (mm)	Área interna média (m <sup>2</sup> )	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Re	K (m)	Perda de carga m/100m
100	111,8	0,009817	4	0,41	2,16E+04	0,00001	0,193
			9	0,92	4,87E+04		0,814
			14	1,43	7,58E+04		1,800
			25	2,55	1,35E+05		5,150
			35	3,57	1,89E+05		9,536
150	161,1	0,020384	9	0,44	3,32E+04	0,00003	0,145
			20	0,98	7,38E+04		0,608
			40	1,96	1,48E+05		2,168
			60	2,94	2,21E+05		4,609
			70	3,43	2,58E+05		6,153
200	210,4	0,034768	15	0,43	4,32E+04	0,00003	0,099
			35	1,01	1,01E+05		0,458
			55	1,58	1,58E+05		1,050
			95	2,73	2,74E+05		2,897
			110	3,16	3,17E+05		3,813
250	259,7	0,052971	25	0,47	7,38E+04	0,00003	0,086
			55	1,04	1,62E+05		0,361
			95	1,79	2,80E+05		0,993
			125	2,36	3,69E+05		1,659
			170	3,21	5,02E+05		2,960
300	309,0	0,074991	30	0,40	8,17E+04	0,00003	0,051
			120	1,60	3,27E+05		0,643
			250	3,33	6,81E+05		2,559
			280	3,73	7,62E+05		3,174
			220	2,93	5,99E+05		2,008
350	358,3	0,100829	40	0,40	1,00E+05	0,00003	0,041
			60	0,60	1,50E+05		0,086
			110	1,09	2,75E+05		0,262
			200	1,98	5,00E+05		0,799
			300	2,98	7,50E+05		1,717
400	406,6	0,129845	55	0,42	1,27E+05	0,00003	0,039
			120	0,92	2,77E+05		0,165
			250	1,93	5,77E+05		0,646
			280	2,16	6,46E+05		0,800
			540	4,16	1,25E+06		2,784



Para Tubos Amanco Wavin PBA e DEFOFO

Bitola	Média dos diâmetros internos (mm)	Área interna média (m <sup>2</sup> )	Vazão (l/s)	Velocidade (m/s)	Re	K (m)	Perda de carga m/100m
50	53,1	0,002217	1	0,45	2,40E+04	0,00003	0,511
			2	0,90	4,79E+04		1,796
			3	1,35	7,19E+04		3,796
			4	1,80	9,59E+04		6,494
			5,5	2,48	1,32E+05		11,833
75	75,2	0,004441	2	0,45	3,39E+04	0,00003	0,330
			4	0,90	6,77E+04		1,164
			6	1,35	1,02E+05		2,465
			8	1,80	1,35E+05		4,221
			11	2,48	1,86E+05		7,698
100	100,2	0,007878	4	0,51	5,09E+04	0,00003	0,287
			9	1,14	1,14E+05		1,270
			14	1,78	1,78E+05		2,899
			25	3,17	3,18E+05		8,698
			35	4,44	4,45E+05		16,582
150	156,4	0,019212	8	0,42	6,51E+04	0,00006	0,120
			20	1,04	1,63E+05		0,661
			40	2,08	3,26E+05		2,473
			60	3,12	4,88E+05		5,411
			70	3,64	5,70E+05		7,300
200	204,2	0,032749	15	0,46	9,35E+04	0,00006	0,103
			35	1,07	2,18E+05		0,501
			55	1,68	3,43E+05		1,184
			95	2,90	5,92E+05		3,390
			110	3,36	6,86E+05		4,505
250	252,0	0,049876	25	0,50	1,26E+05	0,00006	0,094
			55	1,10	2,78E+05		0,412
			95	1,90	4,80E+05		1,167
			125	2,51	6,32E+05		1,980
			170	3,41	8,59E+05		3,593
300	299,8	0,070592	30	0,42	1,27E+05	0,00006	0,056
			120	1,70	5,10E+05		0,761
			250	3,54	1,06E+06		3,139
			280	3,97	1,19E+06		3,914

			220	3,12	9,34E+05		2,449
			55	0,45	1,77E+05		0,045
			120	0,98	3,87E+05		0,192
400	394,6	0,122294	250	2,04	8,07E+05	0,00006	0,779
			280	2,29	9,03E+05		0,969
			540	4,42	1,74E+06		3,469
			90	0,48	2,34E+05		0,039
			200	1,06	5,20E+05		0,173
500	489,4	0,188113	300	1,59	7,80E+05	0,00006	0,374
			400	2,13	1,04E+06		0,649
			600	3,19	1,56E+06		1,423

### 5.1.2 Perdas de Carga Localizadas

As perdas de carga localizadas, em regime turbulento, podem ser expressas como:

$$h_l = K * \left( \frac{V^2}{2 * g} \right)$$

$h_l$  = perda de carga localizada (mca)

$K$  = coeficiente de perda de carga localizada

$V$  = velocidade média do fluido (m/s)

$g$  = aceleração da gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Os valores de  $K$  variam conforme o fabricante e também conforme a bitola das peças, já que o projeto das peças não se mantém exatamente similar para as várias bitolas. Entretanto, estas variações podem normalmente ser desprezadas em função do valor total da perda de carga do sistema, de modo que podemos adotar valores aproximados:

### 5.1.3 Tabela de Perdas de Carga Localizadas

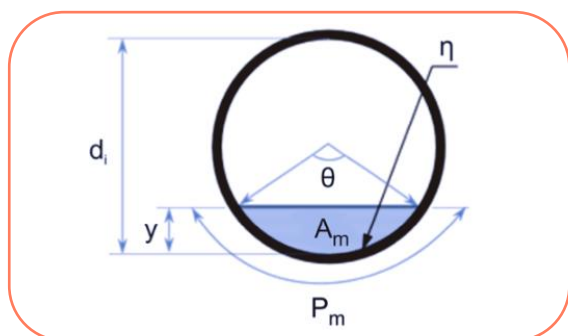
Descrição	Fator K
Curva 90° raio longo	0,4
Joelho 90°	0,75
Curva 45° raio longo	0,2
Joelho 45°	0,35
Curva 22°30'	0,1
Tê passagem direta	0,4
Tê saída lateral	1,0
Tê saída bilateral	1,8
Junção	0,4
Luva	0,04
Alargamento gradual	0,3
Redução gradual	0,1
Registro de gaveta aberto	0,17
Registro de esfera aberto	0,05
Registro globo aberto	6,0
Registro de ângulo aberto	2,0
Registro de diafragma aberto	2,3
Registro de borboleta aberto	0,5
Válvula de retenção de portinhola	2,0

Válvula em pé com crivo, com fechamento axial	6,5
Válvula em pé com crivo, com portinhola	2,5
Crivo	0,75
Saída de reservatório normal, com cantos vivos	0,5
Saída de reservatório com borda	0,8
Saída de reservatório com cantos arredondados	0,2
Entrada de reservatório, livre	1,0
Entrada de reservatório, afogada	0,9

## 5.2 Sistemas de Coleta de Esgoto e Drenagem

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 efeitos de cálculos hidráulicos, as variáveis a seguir devem ser consideradas.



$d_i$  = diâmetro interno do tubo (m)

$y$  = altura da lâmina d'água (m)

$A_m$  = área molhada (m<sup>2</sup>)

$P_m$  = perímetro molhado (m)

$\theta$  = ângulo da lâmina d'água (°)

$\eta$  = coeficiente de Manning

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 diâmetro interno e da declividade estabelecida para o tubo em seu sentido longitudinal, conforme equações apresentadas adiante neste manual.

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

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.

No caso de aplicações em redes de condução de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais, também 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 0,60 m/s para esgoto sanitário e 0,75 m/s para águas pluviais.

O valor de velocidade de fluxo máxima em projetos de redes coletoras de esgoto e de águas pluviais se situa na ordem de 6m/s para tubos de concreto e de até 8m/s para tubos metálicos de paredes corrugadas. Para os tubos plásticos, que são mais resistentes à abrasão, velocidades maiores poderão ser consideradas a critério do projetista, cabendo sempre alertar que no desemboque seja detalhada/construída uma estrutura adequada 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 a seguir no item dimensionamento hidráulico

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.

A velocidade mínima recomendada para linhas de esgoto é de 0,50 m/s, a fim de proporcionar uma ação de autolimpeza, ou seja, capacidade de arrastar partículas. Em casos especiais, pode-se empregar velocidades de 0,40 m/s nos trechos iniciais e com baixa vazão.

A velocidade máxima recomendada é de 5,0 m/s. Velocidades maiores devem considerar fatores especiais de dissipação de energia, a fim de evitar a erosão dos poços de visita ou de qualquer estrutura de concreto. Entretanto, os tubos Amanco Wavin Coletor podem transportar líquidos em velocidades maiores do que 7,00 m/s.

No caso de esgoto pluvial nessas condições, será preciso instalar grades ou estruturas que evitem a entrada de materiais rochosos de grandes dimensões cujo impacto possa avariar a tubulação.

## 5.2.1 Dimensionamento Hidráulico de Conduitos Livres

### Ângulo da Lâmina D'água ( $\theta$ )

O ângulo da lâmina d'água ( $\theta$ ) é calculado para um tubo de diâmetro interno  $d_i$  e altura de lâmina d'água  $y$ , aplicando-se a fórmula:

$$\theta = 2 * \arccos \left[ 1 - \left( 2 * \frac{y}{d_i} \right) \right]$$

$\theta$  = ângulo da lâmina d'água (°)

$y$  = altura da lâmina d'água (m)

$d_i$  = diâmetro interno do tubo (m)

### Área Molhada ( $A_m$ )

Uma vez obtido o ângulo da lâmina d'água, a área molhada ( $A_m$ ) é calculada aplicando-se a fórmula:

$$A_m = (\theta - \text{sen } \theta) * \frac{d_i^2}{8}$$

$A_m$  = área molhada (m<sup>2</sup>)

$\theta$  = ângulo da lâmina d'água (rad)

$d_i$  = diâmetro interno do tubo (m)

### Raio Hidráulico ( $R_h$ )

Também a partir do ângulo da lâmina d'água, o raio hidráulico ( $R_h$ ) é calculado aplicando-se a fórmula:

$$R_h = \left( 1 - \frac{\text{sen } \theta}{\theta} \right) * \frac{d_i}{4}$$

$R_h$  = raio hidráulico (m)

$\theta$  = ângulo da lâmina d'água (rad)

$d_i$  = diâmetro interno do tubo (m)

### Declividade (i)

A declividade da instalação 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.

### Velocidade de Fluxo (V)

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

$$V = \left(\frac{1}{\eta}\right) * R_h^{2/3} * i^{1/2}$$

$V$  = velocidade de fluxo (m/s)

$R_h$  = raio hidráulico (m)

$i$  = declividade do tubo (m/m)

$\eta$  = coeficiente de Manning

Um dos parâmetros mais importantes nesta equação é o coeficiente de Manning ( $\eta$ ). 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 plástico com parede lisa apresentam o valor  $\eta=0,010$ .

### 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:

$$Q = A_m * \left(\frac{1}{\eta}\right) * R_h^{2/3} * i^{1/2}$$

$Q$  = vazão (m<sup>3</sup>/s)

$A_m$  = área molhada (m<sup>2</sup>)

$R_h$  = raio hidráulico (m)

$i$  = declividade do tubo (m/m)

$\eta$  = coeficiente de Manning

### Tensão Trativa ( $\sigma_t$ )

A tensão trativa é calculada utilizando-se a fórmula:

$$\sigma_t = \gamma_l * R_h * i$$

$\sigma_t$  = tensão trativa (Pa)

$\gamma_l$  = peso específico do líquido (N/m<sup>3</sup>)

$R_h$  = raio hidráulico (m)

$i$  = declividade do tubo (m/m)

### 5.2.2 Considerações Gerais para Dimensionamento Hidráulico de Tubos para Redes de Esgoto e de Águas Pluviais

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.

### 5.2.3 Tabela de Vazão e Velocidade

A fim de exemplificar, segue abaixo tabela de vazão e velocidade para diferentes bitolas, algumas declividades e alturas de lâmina de fluido.

Premissas consideradas no exemplo:

Diâmetro interno – Considerado o valor médio dos diâmetros internos de cada tipo de tubo coletor Amando Wavin.

Lâmina de esgoto – Considerado as lâminas d'água de 0,5; 0,75; 0,938 e 0,813

Declividades da tubulação – Considerado 0,1%; 0,2%; 0,3%; 1%; 2% e 5%

Para  $\gamma/d = 0,500$

DN	DI (mm)	$\gamma/d$ (m)	$\theta$ (rad)	$\eta$	$A_m$ (m <sup>2</sup> )	$R_h$ (m <sup>2</sup> )	i (m/m)											
							0,1/100m		0,2/100m		0,3/100m		1/100m		2/100m		5/100m	
							V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
100	105,00	0,500	3,142	0,01	0,0043	0,0263	0,28	1,21	0,40	1,71	0,48	2,09	0,88	3,82	1,25	5,41	1,98	8,55
150	150,50	0,500	3,142	0,01	0,0089	0,0376	0,36	3,16	0,50	4,47	0,62	5,47	1,12	9,99	1,59	14,12	2,51	22,33
200	188,10	0,500	3,142	0,01	0,0139	0,0470	0,41	5,72	0,58	8,10	0,71	9,91	1,30	18,10	1,84	25,60	2,91	40,48
250	234,65	0,500	3,142	0,01	0,0216	0,0587	0,48	10,32	0,68	14,60	0,83	17,88	1,51	32,64	2,14	46,17	3,38	72,99
300	295,40	0,500	3,142	0,01	0,0343	0,0739	0,56	19,07	0,79	26,98	0,96	33,04	1,76	60,32	2,49	85,30	3,94	134,88
350	332,80	0,500	3,142	0,01	0,0435	0,0832	0,60	26,21	0,85	37,07	1,04	45,40	1,91	82,89	2,70	117,23	4,26	185,35
400	375,00	0,500	3,142	0,01	0,0552	0,0938	0,65	36,04	0,92	50,97	1,13	62,42	2,06	113,96	2,92	161,17	4,61	254,83
500	454,70	0,500	3,142	0,01	0,0812	0,1137	0,74	60,25	1,05	85,21	1,29	104,36	2,35	190,53	3,32	269,44	5,25	426,03
630	579,00	0,500	3,142	0,01	0,1316	0,1448	0,87	114,77	1,23	162,31	1,51	198,79	2,76	362,94	3,90	513,27	6,16	811,55
800	738,40	0,500	3,142	0,01	0,2141	0,1846	1,03	219,52	1,45	310,44	1,78	380,21	3,24	694,17	4,58	981,70	7,25	1.552,2
1000	921,00	0,500	3,142	0,01	0,3331	0,2303	1,19	395,71	1,68	559,62	2,06	685,39	3,76	1.251,3	5,31	1.769,7	8,40	2.798,1

Para  $\gamma/d = 0,750$

DN	DI (mm)	$\gamma/d$ (m)	$\theta$ (rad)	$\eta$	$A_m$ (m <sup>2</sup> )	$R_h$ (m <sup>2</sup> )	i (m/m)											
							0,1/100m		0,2/100m		0,3/100m		1/100m		2/100m		5/100m	
							V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
100	105,00	0,750	4,189	0,01	0,0070	0,0317	0,32	2,21	0,45	3,12	0,55	3,82	1,00	6,97	1,42	9,86	2,24	15,59
150	150,50	0,750	4,189	0,01	0,0143	0,0454	0,40	5,76	0,57	8,15	0,70	9,98	1,27	18,21	1,80	25,76	2,85	40,73
200	188,10	0,750	4,189	0,01	0,0224	0,0567	0,47	10,44	0,66	14,76	0,81	18,08	1,48	33,01	2,09	46,69	3,30	73,82
250	234,65	0,750	4,189	0,01	0,0348	0,0708	0,54	18,83	0,77	26,63	0,94	32,61	1,71	59,54	2,42	84,20	3,83	133,13
300	295,40	0,750	4,189	0,01	0,0551	0,0891	0,63	34,79	0,89	49,20	1,09	60,25	2,00	110,01	2,82	155,57	4,46	245,98
350	332,80	0,750	4,189	0,01	0,0700	0,1004	0,68	47,81	0,97	67,61	1,18	82,80	2,16	151,17	3,05	213,79	4,83	338,03
400	375,00	0,750	4,189	0,01	0,0889	0,1131	0,74	65,73	1,05	92,95	1,28	113,84	2,34	207,84	3,31	293,94	5,23	464,75
500	454,70	0,750	4,189	0,01	0,1306	0,1372	0,84	109,88	1,19	155,39	1,46	190,32	2,66	347,47	3,76	491,40	5,95	776,97
630	579,00	0,750	4,189	0,01	0,2118	0,1747	0,99	209,31	1,40	296,01	1,71	362,54	3,12	661,91	4,42	936,08	6,99	1.480,1
800	738,40	0,750	4,189	0,01	0,3445	0,2228	1,16	400,34	1,64	566,17	2,01	693,41	3,67	1.266,0	5,20	1.790,4	8,22	2.830,8
1000	921,00	0,750	4,189	0,01	0,5360	0,2779	1,35	721,68	1,90	1.020,6	2,33	1.250,0	4,26	2.282,2	6,02	3.227,5	9,52	5.103,1

Para  $\gamma/d = 0,938$  (máxima vazão)

DN	DI (mm)	$\gamma/d$ (m)	$\theta$ (rad)	$\eta$	$A_m$ (m <sup>2</sup> )	$R_h$ (m <sup>2</sup> )	i (m/m)											
							0,1/100m		0,2/100m		0,3/100m		1/100m		2/100m		5/100m	
							V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
100	105,00	0,938	5,277	0,01	0,0084	0,0305	0,31	2,60	0,44	3,68	0,53	4,51	0,98	8,23	1,38	11,63	2,18	18,40
150	150,50	0,938	5,277	0,01	0,0173	0,0437	0,39	6,79	0,55	9,61	0,68	11,77	1,24	21,49	1,75	30,39	2,77	48,05
200	188,10	0,938	5,277	0,01	0,0271	0,0546	0,45	12,32	0,64	17,42	0,79	21,33	1,44	38,94	2,03	55,08	3,22	87,08
250	234,65	0,938	5,277	0,01	0,0421	0,0681	0,53	22,21	0,75	31,41	0,91	38,47	1,67	70,23	2,36	99,32	3,73	157,04
300	295,40	0,938	5,277	0,01	0,0668	0,0857	0,61	41,04	0,87	58,03	1,06	71,08	1,94	129,77	2,75	183,52	4,35	290,17
350	332,80	0,938	5,277	0,01	0,0848	0,0965	0,67	56,39	0,94	79,75	1,15	97,68	2,10	178,33	2,98	252,20	4,71	398,77
400	375,00	0,938	5,277	0,01	0,1076	0,1088	0,72	77,53	1,02	109,65	1,25	134,29	2,28	245,18	3,22	346,74	5,09	548,25
500	454,70	0,938	5,277	0,01	0,1582	0,1319	0,82	129,62	1,16	183,31	1,42	224,51	2,59	409,90	3,66	579,68	5,79	916,56
630	579,00	0,938	5,277	0,01	0,2565	0,1679	0,96	246,92	1,36	349,19	1,67	427,67	3,04	780,82	4,30	1.104,2	6,81	1.746,0
800	738,40	0,938	5,277	0,01	0,4172	0,2142	1,13	472,27	1,60	667,89	1,96	817,99	3,58	1.493,4	5,06	2.112,0	8,00	3.339,4
1000	921,00	0,938	5,277	0,01	0,6491	0,2671	1,31	851,34	1,85	1.204,0	2,27	1.474,6	4,15	2.692,1	5,87	3.807,3	9,27	6.019,9

Para  $\gamma/d = 0,813$  (máxima velocidade)

DN	DI (mm)	$\gamma/d$ (m)	$\theta$ (rad)	$\eta$	$A_m$ (m <sup>2</sup> )	$R_h$ (m <sup>2</sup> )	i (m/m)											
							0,1/100m		0,2/100m		0,3/100m		1/100m		2/100m		5/100m	
							V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q	V	Q
100	105,00	0,813	4,494	0,01	0,0075	0,0320	0,32	2,40	0,45	3,40	0,55	4,16	1,01	7,59	1,42	10,74	2,25	16,98
150	150,50	0,813	4,494	0,01	0,0155	0,0458	0,40	6,27	0,57	8,87	0,70	10,86	1,28	19,83	1,81	28,04	2,86	44,34
200	188,10	0,813	4,494	0,01	0,0242	0,0572	0,47	11,36	0,66	16,07	0,81	19,68	1,49	35,94	2,10	50,82	3,32	80,36
250	234,65	0,813	4,494	0,01	0,0377	0,0714	0,54	20,49	0,77	28,98	0,94	35,50	1,72	64,81	2,43	91,65	3,85	144,91
300	295,40	0,813	4,494	0,01	0,0597	0,0899	0,63	37,87	0,90	53,55	1,10	65,59	2,01	119,75	2,84	169,35	4,49	267,76
350	332,80	0,813	4,494	0,01	0,0757	0,1013	0,69	52,04	0,97	73,59	1,19	90,13	2,17	164,56	3,07	232,72	4,86	367,97
400	375,00	0,813	4,494	0,01	0,0962	0,1141	0,74	71,55	1,05	101,18	1,29	123,92	2,35	226,25	3,33	319,96	5,26	505,90
500	454,70	0,813	4,494	0,01	0,1414	0,1384	0,85	119,61	1,20	169,15	1,47	207,17	2,68	378,24	3,78	534,91	5,98	845,77
630	579,00	0,813	4,494	0,01	0,2293	0,1762	0,99	227,85	1,41	322,22	1,72	394,64	3,14	720,51	4,44	1.019,0	7,03	1.611,1
800	738,40	0,813	4,494	0,01	0,3729	0,2247	1,17	435,79	1,65	616,30	2,02	754,81	3,70	1.378,1	5,23	1.948,9	8,26	3.081,5
1000	921,00	0,813	4,494	0,01	0,5801	0,2803	1,35	785,58	1,92	1.111,0	2,35	1.360,7	4,28	2.484,2	6,06	3.513,2	9,58	5.554,9

# 6. Resistência Química

## 6.1 O PVC

### 6.1.1 Aspectos Gerais

#### 6.1.1.1 Descoberta

O monômero cloreto de vinila (MCV) foi descoberto por Justus von Liebig em 1835, através da reação do dicloreto de etileno com hidróxido de potássio em solução alcoólica, sendo esse fato publicado por um de seus alunos Victor Regnault, que pensava ter obtido o PVC através da exposição do MCV à luz solar, quando na verdade tinha obtido o policloreto de vinilideno. Entretanto, o primeiro registro de polimerização foi em 1872 quando Eugen Baumann, através da indução do monômero por luz, relatou o surgimento de uma substância sólida branca, cujas características coincidiam com a do PVC.

#### 6.1.1.2 Indústria

Os primeiros tubos de PVC foram fabricados na Alemanha em 1934, sendo amplamente utilizados no transporte de água potável e esgotos e outras áreas.

Hoje, quase metade da produção do PVC é destinada à produção de tubos para aplicações municipais e industriais.

O PVC está cada dia mais presente no nosso dia-a-dia em função de suas características onde a matéria prima é utilizada amplamente em muitas aplicações, substituindo materiais tradicionais tornando-o uma alternativa viável e atrativa para muitos mercados, contribuindo no desenvolvimento sustentável e na qualidade de vida da população.

Com aproximadamente 70% da demanda no segmento da Construção Civil, o PVC possui sua principal aplicação na

fabricação de tubos e conexões, aplicação na qual se destacam por não sofrerem corrosão e terem alta durabilidade, evitando a perda de água, recurso escasso em todo mundo.

Na construção civil são utilizados para condução de água potável e esgoto, seja em instalações prediais ou infraestrutura, drenagem, irrigação, entre outros, e também, em larga escala, na substituição de tubulação antigas. Dentre as outras aplicações do PVC se destacam: portas, janelas, telhas, divisórias, perfis, revestimentos, pisos, forros, papéis de parede, piscinas, sidings, decks, sistema construtivo concreto PVC, entre outros.

Atualmente o PVC vem ganhando cada vez mais espaços nobres dos ambientes, atendendo às exigências técnicas e estéticas de projetos contemporâneos, seja para novas construções ou reformas. No Brasil, o PVC tem seu uso consolidado em projetos residenciais, comerciais, industriais e de infraestrutura.

Podendo ser flexível ou rígido, com diversas cores, é leve, fácil de instalar, resistente a temperatura e pressão, não propaga chamas, tem excelente isolamento térmico e acústico, é durável e possui um excelente custo-benefício, sendo 100% reciclável.

O PVC é largamente utilizado e sua presença tem se mostrado fundamental para o desenvolvimento de inovações e disseminação de soluções, seja em produtos da área médica, em tubos para condução de água e esgoto ou em embalagens de alimentos, calçados, brinquedos, fios e cabos, revestimentos, automóveis.

#### 6.1.1.3 A fabricação do PVC

\*fonte: Instituto Brasileiro do PVC

O PVC contém, em peso, 57% de cloro, obtido através da eletrólise do sal marinho (um



recurso natural inesgotável) e 43% de eteno, derivado do petróleo.

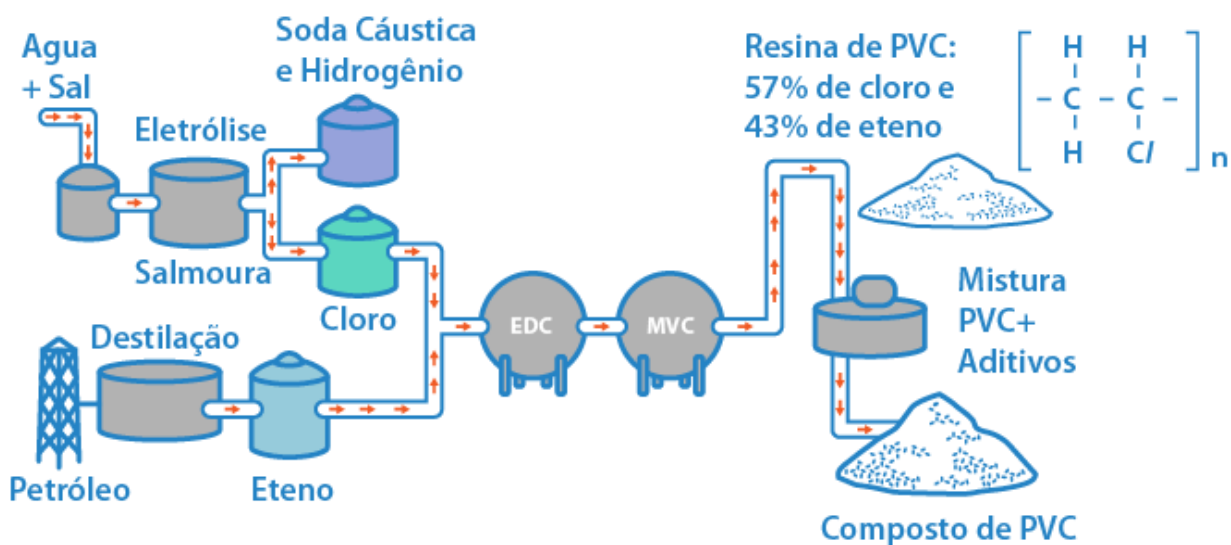
A eletrólise é a reação química resultante da passagem de uma corrente elétrica por água salgada (salmoura).

Para a obtenção do eteno, que representa apenas 43% desta resina, o óleo cru passa por uma destilação na qual é obtida a nafta leve. O eteno é gerado a partir do processo de craqueamento catalítico (quebra de moléculas grandes em moléculas menores com a ação de catalisadores para aceleração do processo) da nafta. Tanto o cloro como o eteno estão na fase gasosa e da reação dos dois é produzido o DCE (dicloro etano).

A partir do DCE, obtém-se o MCV (monômero cloreto de vinila). As moléculas de MCV são submetidas ao processo de polimerização, ou seja, elas se ligam formando uma molécula muito maior (polímero), conhecida como PVC (policloreto de vinila), que é um pó muito fino, de cor branca e totalmente inerte.

A resina de PVC, na sua forma pura, pós-fabricação, é um pó branco que sozinho não tem nenhuma aplicação industrial, pois não é processável devido às suas características físicas e químicas. Para a fabricação de produtos em PVC, é necessária a adição de produtos químicos (aditivos) à resina de PVC. A esta mistura dá-se o nome de composto de PVC. A operação de misturar resina e aditivos é chamada de formulação. O composto de PVC é, então, inserido em máquinas específicas (a depender do produto a ser fabricado) como extrusoras, injetoras, sopradoras, etc. onde serão transformados ou processados no produto desejado, como tubos, conexões, frascos, etc.

O tipo de resina e os aditivos utilizados determinarão as características finais dos produtos em PVC, que podem se apresentar nas formas rígida ou flexível, transparente ou opaco, dentre diversas outras características.



#### 6.1.1.4 Principais características do PVC

- Atóxico, inerte e seguro;
- Leve (1,4 g/cm<sup>3</sup>), o que facilita seu manuseio e aplicação;
- Resistente à ação de fungos, bactérias, insetos e roedores;
- Resistente à maioria dos reagentes químicos;
- Bom isolante térmico, elétrico e acústico;
- Sólido e resistente a choques;
- Impermeável a gases e líquidos;

- Resistente às intempéries (sol, chuva, vento e maresia);
- Durável: sua vida útil em construções é superior a 50 anos;
- Não propaga chamas: é autoextinguível;
- Versátil e ambientalmente correto;
- 100% Reciclável;
- Fabricado com baixo consumo de energia.

### 6.1.2 Resistência química do PVC

O produto em PVC tem uma resistência muito superior em relação à corrosão ou perda de suas propriedades de deflexão através de reações químicas com solos de aterro, em especial o ataque do gás sulfídrico gerado pelo esgoto.

O ataque químico que o PVC sofre é diferente do ataque em metais. Enquanto nos metais o ataque químico normalmente se limita à superfície, com eventual perda de massa, no PVC o ataque geralmente envolve absorção do reagente químico com posterior amolecimento ou inchamento do material, podendo até mesmo haver ganho de massa. Por outro lado, a perda de massa pode ocorrer em casos em que ocorra a dissolução do PVC pelo reagente químico.

### 6.1.3 Recomendações gerais

A tabela de resistência química do PVC apresentada, a seguir tem a finalidade de orientar os projetistas, construtores e usuários na utilização da Linha PVC com diversos outros fluidos.

#### Atenção!

As informações desta tabela devem ser utilizadas somente como um guia na seleção de

tubos para a compatibilidade química adequada. Antes da instalação definitiva, teste o tubo com os produtos químicos sob as condições específicas de sua aplicação. As escalas de avaliação de comportamento químico listadas nesta tabela seguem orientações especificadas pelos nossos fornecedores. Não efetue testes com elementos químicos desconhecidos ou não recomendados sem o consentimento e uma análise prévia dos profissionais da Amanco Wavin. Não orientamos que sejam utilizados tubos e conexões com elementos químicos fora das indicações presentes nesse catálogo. Combinações de substâncias químicas diferentes podem acarretar efeitos adversos na estrutura dos produtos. A lista a seguir contempla apenas substâncias isoladas e não aborda combinações químicas.

A tabela indica orientações e especificações de resistência química conforme dados e análises de nossos fornecedores de matéria-prima.

Para maiores informações sobre a resistência química do PVC em relação a produtos químicos e suas concentrações, consultar a ISO / TR 10358.

#### Cuidado!

Variações de comportamento químico devido a fatores como temperatura, pressão e concentração podem provocar falhas no produto, mesmo tendo obtido aprovação em um teste inicial. Ferimentos graves podem ocorrer. Use proteção adequada e/ou pessoal ao manusear produtos químicos.

A avaliação da resistência química de um composto de PVC deve levar em conta que o mesmo consiste da mistura homogênea de resinas e aditivos diversos (estabilizantes, lubrificantes, cargas, modificadores, pigmentos e, no caso dos flexíveis, plastificantes). Cada componente presente na formulação do composto apresenta um comportamento diferente frente a cada reagente químico, portanto a resistência química deve levar em conta particularidades de cada formulação.

### 6.1.4 Tabela de resistência química do PVC

Legenda:

**E:** Excelente

**B:** Boa

**R:** Regular

**NR:** Não recomendado

**I:** Informação não comprovada

Os dados dessa tabela não devem ser considerados definitivos, sendo apenas para uma ideia aproximada: havendo dúvida, será preciso fazer um teste, pondo-se em contato uma amostra da tubulação com o líquido a ser manejado.

Reativo	23 °C	60°C
Óleo de algodão	E	E
Óleo de mamona	E	E
Óleo de linhaça	E	E
Óleos lubrificantes	E	E
Óleos minerais	E	B
Óleos e Graxas	E	B
Acetaldeído	NR	NR
Acetato de Amila	NR	NR
Acetato de Butila	NR	NR
Acetato de Etila	NR	NR
Acetato de Chumbo	E	E
Acetato de Sódio	E	E
Acetato de Vinila	NR	NR
Acetileno	I	I
Acetona	NR	NR
Ácido Acético 80%	B	NR
Ácido Acético 20%	E	NR
Ácido Adípico	E	E
Ácido Antranquinonsulfônico	I	I
Ácido Arisulfônico	R	NR
Ácido Arsênico	E	B
Ácido Bencensulfônico	E	E
Ácido Benzoico	E	E

Ácido Bórico	E	E
Ácido Bromídrico 20%	E	E
Ácido Brômico	E	E
Ácido Butírico	R	NR
Ácido Carbônico	E	E
Ácido Cianídrico	E	E
Ácido Cítrico	E	E
Ácido Clorídrico 20%	I	I
Ácido Clorídrico 50%	E	E
Ácido Clorídrico 80%	E	E
Ácido Cloroacético 10%	B	R
Ácido Clorosulfônico	E	I
Ácido Creclíco 59%	B	NR
Ácido Crômico 10%	E	E
Ácido Crômico 30%	E	NR
Ácido Crômico 50%	B	NR
Ácido Diclocólico	E	E
Ácido Esteárico	B	B
Ácido Fluorídrico 10%	E	NR
Ácido Fluorídrico 50%	E	NR
Ácido Fórmico	E	NR
Ácido Fosfórico 25-85%	E	E
Ácido Gálico	E	E
Ácido Glicólico	E	E
Ácido Hipocloroso	E	E
Ácido Láctico 25%	E	E
Ácido Láurico	E	E
Ácido Linoleico	E	E
Ácido Malêico	E	E
Ácido Málico	E	E
Ácido Metilsulfônico	E	E
Ácido Nítrico 10%	E	NR
Ácido Nítrico 68%	NR	NR
Ácido Oleico	E	E
Ácido Oxálico	E	E
Ácido Palmítico 10%	E	E
Ácido Palmítico 70%	NR	NR
Ácido Peracético 40%	NR	NR

Ácido Perclórico 10%	E	E
Ácido Perclórico 70%	NR	NR
Ácido Pícrico	NR	NR
Ácido Selênico	I	I
Ácido Silícico	E	E
Ácido Sulfureto	E	E
Ácido Sulfúrico 10%	E	E
Ácido Sulfúrico 75%	E	E
Ácido Sulfúrico 90%	NR	NR
Ácido Sulfúrico 98%	NR	NR
Ácido Tânico	E	E
Ácido Tartânico	E	E
Ácidos Graxos	E	E
Acrilato de Etilo	NR	NR
Água de Bromo	R	NR
Água de Mar	E	E
Água Potável	E	E
Água Régia	R	NR
Álcool Alílico 96%	NR	NR
Álcool Amílico	R	NR
Álcool Butílico	B	NR
Álcool Etilico	E	E
Álcool Metílico	E	E
Álcool Propargílico	I	I
Álcool Propílico	B	NR
Amoníaco	E	NR
Anidrido Acético	NR	NR
Anilina	NR	NR
Antraquinona	E	I
Benzeno	NR	NR
Benzoato de Sódio	B	E
Bicarbonato de Potássio	E	E
Bicarbonato de Sódio	E	E
Bicromato de Potássio	E	E
Bifuride de Harmônio	E	E
Bissulfato de Sódio	I	I
Bissulfito de Cálcio	E	E
Bissulfito de Sódio	E	E

Branqueador (12.5% C12Art.)	B	R
Borato de Potássio	E	E
Borax	E	B
Bromato de Potássio	E	E
Bromo (liq.)	NR	NR
Brometo de Etileno	NR	NR
Brometo de Potássio	E	E
Brometo de Sódio	I	I
Butadieno	R	NR
Butano	I	I
Butanodiol	I	I
Carbonato de Amônia	E	E
Carbonato de Bário	E	E
Carbonato de Cálcio	E	E
Carbonato de Magnésio	E	E
Carbonato de Potássio	B	B
Carbonato de Sódio (S.Ash)	E	E
Celulose	R	NR
Cianeto de Cobre	E	E
Cianeto de Prata	E	E
Cianeto de Potássio	E	E
Cianeto de Sódio	E	E
Cianeto de Mercúrio	B	B
Ciclohexano	NR	NR
Ciclohexanol	NR	NR
Cloreto de Cálcio	E	E
Clorato de Sódio	I	I
Cloro (Aquoso)	E	NR
Cloro (Úmido)	E	R
Cloro (Seco)	E	NR
Clorobenzeno	NR	NR
Clorofórmio	NR	NR
Cloreto de Alila	NR	NR
Cloreto de Alumínio	E	E
Cloreto de Amônia	E	E
Cloreto de Amila	NR	NR
Cloreto de Bário	E	E
Cloreto de Cálcio	E	E

Cloreto de Cobre	E	E
Cloreto de Etila	NR	NR
Cloreto de Fenilidrazina	R	NR
Cloreto de Magnésio	E	E
Cloreto de Metileno	NR	NR
Cloreto de Metila	NR	NR
Cloreto de Níquel	E	E
Cloreto de Potássio	E	E
Cloreto de Sódio	E	E
Cloreto de Tionila	NR	NR
Cloreto de Zinco	E	E
Cloreto de Estanho	E	E
Cloreto Estanoso	E	E
Cloreto Férrico	E	E
Cloreto Ferroso	E	E
Cloreto Láurico	I	I
Cloreto Mercúrico	B	B
Cresol	NR	NR
Crotonaldeído	NR	NR
Dextrose	E	E
Dicloreto de Etileno	NR	NR
Dicromato de Potássio	E	E
Dicromato de Sódio	B	R
Dióxido de Enxofre (Úmido)	NR	NR
Dióxido de Enxofre (Seco)	E	E
Dióxido de Carbono	E	E
Dimetila Amina	NR	NR
Dissulfeto de Carbono	NR	NR
Éter Etilico	NR	NR
Etileno Glicol	E	E
Fenol	NR	NR
Ferricianeto de Potássio	E	E
Ferricianeto de Sódio	E	I
Ferricianeto de Sódio	E	E
Ferricianeto de Potássio	E	E
Flúor (Gás Úmido)	E	E
Fluoreto de Alumínio	E	E
Fluoreto de Amônia 25%	NR	NR

Fluoreto de Cobre	E	E
Fluoreto de Potássio	E	E
Fluoreto de Sódio	I	I
Formaldeído	E	R
Fosfato Dissódico	E	E
Fosfato Trissódico	E	E
Fosgeno (Gas)	E	E
Fosfato (Líquido)	NR	NR
Freon-12	I	I
Fructose	E	E
Frutas (sucos, polpas)	E	E
Furfural	NR	NR
Gás Natural	E	E
Gasolina	NR	NR
Gelatina	E	E
Glicerina ou Glicerol	E	E
Glicol	E	E
Glucose	E	E
Heptano	I	I
Hexano	NR	I
Hexanol (Terciário)	R	NR
Hidrogênio	E	E
Hidroquinina	E	E
Hidróxido de Alumínio	E	E
Hidróxido de Amônia	E	E
Hidróxido de Bário 10%	E	E
Hidróxido de Cálcio	E	E
Hidróxido de Magnésio	E	E
Hidróxido de Potássio	E	E
Hidróxido de Sódio	E	E
Hipoclorito de Cálcio	E	E
Hipoclorito de Sódio	E	E
Querosene	E	E
Metil-Etil-cetona	NR	NR
Monóxido de Carbono	E	E
Meta Fosfato de Amônia	E	E
Leite	E	E
Licor Branco	E	E

Licor Negro	E	E
Licor Ianning	E	E
Melaço	E	E
Mercúrio	B	B
Nafta	E	NR
Nicotina	I	I
Nitrato de Alumínio	E	E
Nitrato de Amônia	E	E
Nitrato de Cálcio	E	E
Nitrato de Cobre	E	E
Nitrato de Magnésio	E	E
Nitrato de Níquel	E	E
Nitrato de Potássio	E	E
Nitrato de Sódio	E	E
Nitrato de Zinco	E	E
Nitrato Férrico	E	E
Nitrato Mercurioso	B	B
Nitrobenzeno	NR	NR
Nitrito de Sódio	E	E
Ocenol	I	I
Oleum	NR	NR
Oxicloreto de Alumínio	E	E
Óxido Nitroso	E	E
Oxigênio	E	E
Pentóxido de Fósforo	I	I
Perborato de Potássio	E	E
Perclorato de Potássio	E	E
Permanganato de Potássio 10	B	B
Peróxido de Hidrogênio 30	E	I
Persulfato de Amônia	E	E
Persulfato de Potássio	E	E
Petróleo Cru	E	E
Potassa Cáustica	E	E
Propano	E	I
Soluções Eletrolíticas	E	E
Soluções Fotográficas	E	E
Soda Cáustica	E	E
Subcarbonato de Bismuto	E	E

Sulfato de Alumínio	E	E
Sulfato de Amônia	E	E
Sulfato de Bário	E	E
Sulfato de Cálcio	E	E
Sulfato de Cobre	E	E
Sulfato de Hidroxilamina	E	E
Sulfato de Magnésio	E	E
Sulfato de Metila	E	R
Sulfato de Níquel	E	E
Sulfato de Potássio	E	E
Sulfato de Sódio	E	E
Sulfato de Zinco	E	E
Sulfato Férrico	E	E
Sulfato Ferroso	E	E
Sulfito de Sódio	E	E
Sulfureto de Bário	E	R
Sulfureto de Hidrogênio	E	R
Sulfureto de Sódio	E	R
Tetracloroeto de Carbono	NR	NR
Tetracloroeto de Titana	B	NR
Tetra Etilo de Chumbo	I	I
Tiocianato de Amônia	E	E
Tissulfato de Sódio	E	E
Tolueno	NR	NR
Fosfato de tributilo	NR	NR
Tricloreto de Fósforo	NR	NR
Trietanol Amina	B	NR
Trietanol Propano	B	NR
Trióxido de Enxofre	B	E
Ureia	E	E
Vinagre	E	NR
Vinhos	E	E
Whisky	E	E
Xileno	NR	NR

## 6.2 O polietileno

### 6.2.1 Aspectos gerais

#### 6.2.1.1 Descoberta

O polietileno foi sintetizado pela primeira vez pelo químico alemão Hans von Pechmann em 1898. Quando seus colegas Eugen Bamberger e Friedrich Tschirner caracterizaram a substância gasosa e branca criada, descobriram grandes cadeias compostas por CH<sub>2</sub> e o denominaram "polietileno".

Em 27 de Março de 1933, o polietileno foi sintetizado tal como o conhecemos atualmente, por Reginald Gibson e Eric Fawcett, na Inglaterra. Isto foi possível aplicando-se uma pressão de cerca de 1400 bar e uma temperatura de 170 °C.

A pressão requerida para conseguir produzir a polimerização do etileno era muito alta, e por isso a investigação sobre catalisadores realizada pelo alemão Karl Ziegler e pelo italiano Giulio Natta, que originou o catalisador Ziegler-Natta, rendeu-lhes o prêmio Nobel em 1963 por sua contribuição científica à química. Com estes catalisadores, é possível a polimerização sob pressão normal.

O polietileno é o polímero com a estrutura química mais simples. Ele é obtido por meio da polimerização do eteno e por isso também pode ser conhecido como polieteno. Por ser constituído apenas de hidrogênio e carbono, o produto é atóxico e possui uma grande resistência química.

#### 6.2.1.2 Indústria

Os primeiros tubos de PEAD foram produzidos por volta de 1950 com a geração de compostos PE 32, PE 40 e PE 63, sendo que, os dois primeiros de baixa densidade e o último de alta densidade. Estes tubos eram usados nas aplicações de baixa a média pressões no transporte de fluidos e, por volta de 1960, o tipo PE 63 começou a ser utilizado para água potável, principalmente em ramais de sistemas

de abastecimento do Canadá e Estados Unidos. Na década de 1980 surge o composto PE 80.

Há mais de 60 anos, os tubos de PEAD PE 80 são utilizados em todo o mundo em ramais de distribuição de água, agregando vantagens econômicas e técnicas a diversos projetos.

#### 6.2.1.3 Fabricação do Polietileno

O Polietileno é formado por uma cadeia C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> ou CH<sub>2</sub>, em que carbonos e hidrogênios passam por um processo de polimerização com catalisadores utilizados sob pressões entre 10 a 15 atm.

Devido a sua natureza não polar, os polietilenos possuem alta estabilidade a agentes químicos e outros meios, sendo resistentes a soluções aquosas de sais, ácidos inorgânicos (exceto aos agentes oxidantes fortes, como os ácidos nítrico e sulfúrico fumegante) e álcalis. Até 60°C, os polietilenos são estáveis a muitos solventes químicos.

#### 6.2.1.4 Principais características do PEAD

- Elevada resistência ao impacto e à abrasão;
- Grande resistência química (praticamente imune à temperatura ambiente);
- Atóxico (excelente para transporte de água potável e alimentos);
- Impermeável;
- Flexibilidade (pode ser fornecido em bobinas e diminui peças no campo);
- Leveza (densidade aproximada 0,95 g/cm<sup>3</sup>);
- Imune às corrosões química e galvânica;
- Sistema de união por juntas mecânicas resistentes à tração;

- Tubos com reduzido número de juntas;
- Excelentes características hidráulicas (C = 150) e baixíssimo efeito de incrustações;
- Propicia maior velocidade de obra (permite uniões/soldagens fora da vala);
- Menor largura de vala, menor custo de assentamento, recobrimento e recapeamento;

- Versátil e ambientalmente correto;
- 100% Reciclável;
- Fabricado com baixo consumo de energia;
- Custo global de obra menor;
- Vida útil superior a 50 anos.

### 6.2.2 Resistência Química do PEAD

Testes de vida útil em sistemas fabricados de PEAD indicam uma vida útil superior a 50 anos

A resistência química nos tubos metálicos, a vida útil é geralmente determinada pela degradação por corrosão, química, galvânica ou eletrolítica. Já os tubos plásticos, como os de polietileno, não sofrem corrosão eletrolítica ou galvânica. Para os usos mais comuns, ou mesmo para a maioria dos produtos considerados agressivos a outros tubos, os poliolefinicos podem ser considerados materiais praticamente imunes ao ataque químico à temperatura ambiente. A resistência química deve ser avaliada considerando-se não apenas a solução do polímero, como a ação de tensoativos (stress cracking) e a permeabilidade. O Polietileno de alta densidade (PEAD) é muito parecido quanto à solubilidade e ao inchamento pela ação de substâncias químicas e não reagem com solventes, nem ocorre a formação de uma solução do polímero a temperatura ambiente.

### 6.2.3 Resistência Química do PEAD

A tabela de resistência química do PEAD apresentada a seguir, tem a finalidade de orientar os projetistas, construtores e usuários na utilização dos tubos para ramal predial Amanco Wavin com diversos outros fluidos.

**Atenção!**

As informações desta tabela devem ser utilizadas somente como um guia na seleção de tubos para a compatibilidade química adequada. Antes da instalação definitiva, teste o tubo com os produtos químicos sob as condições específicas de sua aplicação. As escalas de avaliação de comportamento químico listadas nesta tabela seguem orientações especificadas pelos nossos fornecedores. Não efetue testes com elementos químicos desconhecidos ou não recomendados sem o consentimento e uma análise prévia dos profissionais da Amanco Wavin. Não orientamos que sejam utilizados tubos e conexões com elementos químicos fora das indicações presentes nesse catálogo. Combinações de substâncias químicas diferentes podem acarretar efeitos adversos na estrutura dos produtos. A lista a seguir contempla apenas substâncias isoladas e não aborda combinações químicas.

A tabela indica orientações e especificações de resistência química conforme dados e análises de nossos fornecedores de matéria-prima.

Para maiores informações sobre a resistência química do PEAD em relação a produtos químicos e suas concentrações, consultar a ISO / TR 10358.

**Cuidado!**

Variações de comportamento químico devido a fatores como temperatura, pressão e concentração podem provocar falhas no produto, mesmo tendo obtido aprovação em um



teste inicial. Ferimentos graves podem ocorrer. Use proteção adequada e/ou pessoal ao manusear produtos químicos.

A avaliação da resistência química de um composto de PEAD deve levar em conta que o mesmo consiste da mistura homogênea de resinas e aditivos diversos (estabilizantes, lubrificantes, cargas, modificadores, pigmentos e, no caso dos flexíveis, plastificantes). Cada componente presente na formulação do composto apresenta um comportamento diferente frente a cada reagente químico, portanto a resistência química deve levar em conta particularidades de cada formulação.

#### 6.2.4 Tabela de Resistência Química do Polietileno

Legenda:

+ resistente (tensão no escoamento e alongamento na ruptura inalteradas)

o resistência limitada (tensão no escoamento e alongamento na ruptura levemente reduzidas)

- não resistente (tensões na ruptura significativamente reduzidos)

v possível descoloração

\* ou temperatura de ebulição

\*\* não é válido para uniões soldadas

Sat solução saturada aquosa

V baixa quantidade, vestígio

T todas as concentrações

Reativo	Conc. %	20 °C	60°C
Acetaldeído	T	+	o
Acetaldeído + ácido acético	90/10	+	
Acetamida		+	+
Acetato de etila		+	+
Acetato de amônio, aquoso	T	+	+
Acetato de chumbo, aquoso	T	+	+
Acetato de etila	P.A.	+	o

Acetato de sódio, aquoso	T	+	+
Acetato de vinila		+	+
Acetato isopropílico	100%	+	o
Acetileno		+	
Acetofenona		+	
Acetona	P.A.	+	+1*
Ácido acético	100%	+	o v
Ácido acético glacial	P.A.	+	o v
Ácido acético, aquoso	70%	+	+
Ácido acetoacético		+	
Ácido adípico, aquoso	Sat.	+	+
Ácido antraquinonossulfônico, aquoso		+	+
Ácido arsênico, aquoso	T	+	+
Ácido ascórbico		+	+
Ácido benzenossulfônico		+	+
Ácido benzóico, aquoso	T	+	+
Ácido bórico, aquoso	T	+	+
Ácido brômico	Conc.	-	
Ácido bromídrico, aquoso	50%	+	+
Ácido butírico, aquoso	T	+	o
Ácido carbólico (fenol)		+	+ v
Ácido carbônico, aquoso	T	+	+
Ácido carbônico, seco	100%	+	+
Ácido cítrico, aquoso	Sat.	+	+
Ácido clórico, aquoso	10%	+	+
Ácido clórico, aquoso	1%	+	+
Ácido clorídrico, aquoso	T	+	+
Ácido cloroacético (mono), aquoso	T	+	+
Ácido cloroacético, aquoso	≤ 85 %	+	+
Ácido clorossulfônico	P.A.	-	-
Ácido crômico, aquoso**	50%	o	- v
Ácido cromossulfúrico		-	
Ácido de bateria		+	+
Ácido hexafluorosilícico, aquoso	40%	+	+
Ácido de hidrófluorídrico, aquoso	40-85 %	+	o

Ácido de nicotina	≤ 10 %	+	
Ácido dicloroacético	P.A.	+	o v
Ácido dicloroacético	50%	+	+
Ácido diglicólico, aquoso	30%	+	+
Ácido dodecilbenzenossulfônico		+	o
Ácido fluorsilícico	T	+	+
Ácido fórmico, aquoso	85%	+	+
Ácido fórmico, aquoso	10%	+	+
Ácido fosfórico, aquoso	80 – 95 %	+	o v
Ácido fosfórico, aquoso	50%	+	+
Ácido ftálico, aquoso	50%	+	+
Ácido glicólico, aquoso	≤70 %	+	+
Ácido graxo		+	o
Ácido hidrocianídrico		+	+
Ácido hipocloroso		+ até o	o
Ácido isobutílico	P.A.	+	o
Ácido láctico, aquoso	Todos	+	+
Ácido maleico, aquoso	T	+	+
Ácido málico, aquoso	50%	+	+
Ácido metacrílico		+	+
Ácido metilbenzóico	Sat.	o	
Ácido metilsulfúrico	50%	+	+
Ácido monocloroacético		+	o
Ácido nítrico	95%	-	-
Ácido oléico		+	o
Ácido oxálico, aquoso	T	+	+
Ácido palmítico		+	+
Ácido perclórico, aquoso	70%	+	-
Ácido perclórico, aquoso	50%	+	o
Ácido perclórico, aquoso	20%	+	+
Ácido pícrico, aquoso	1%	+	
Ácido propiônico, aquoso	T	+	+
Ácido salicílico		+	+
Ácido silícico, aquoso	T	+	+
Ácido succínico, aquoso	50%	+	+
Ácido sulfúrico fumegante	V	-	

Ácido sulfúrico fumegante (H2SO4 + SO3)	T	-	
Ácido sulfúrico, aquoso	98%	o	-
Ácido sulfúrico, aquoso	80%	+	o
Ácido sulfúrico, aquoso	70%	+	o
Ácido sulfúrico, aquoso	≤50 %	+	+
Ácido sulfuroso		+	+
Ácido tânico (tanino), aquoso	10%	+	+
Ácido tartárico, aquoso	T	+	+
Ácido tioglicólico		+	+
Ácido tricloroacético	P.A.	+	o até -
Ácido tricloroacético, aquoso	50%	+	+
Ácido úrico		+	+
Ácido nítrico**	50%	o	-
Ácido nítrico**	25%	+	+
Ácidos graxos (>C6)		+	+ até o
Acrilonitrila	P.A.	+	+
Acronal®, dispersão	Comercial	+	o
Açúcar de cana, aquoso	T	+	+
Água amoniacal	T	+	+
Água de bromo	Sat. a frio	+	
Água de cal		+	+
Água do mar		+	+
Água mineral		+	+
Água potável, clorada		+	+
Água régia (HCl + HNO3)		-	
Água destilada		+	+
Aguardente		+	+
Aguarrás	P.A.	+	
Aktivin® (cloroamina, aquosa 1%)		+	+
Álcoois graxos		+	o
Álcool alílico (2-propenol-1)	96%	+	+
Álcool amílico (C5 álcool)	P.A.	+	+
Álcool benzílico		+	+

Álcool butílico		+	+
Álcool cetílico (hexadecanol)		+	+
Álcool de ceras	P.A.	o	o
Álcool de gordura de coco	P.A.	+	o
Álcool de isobutil (isobutanol)		+	+
Álcool etílico	96%	+	+
Álcool etílico + ácido acético (mistura de fermentação)	Conc. De uso	+	+
Álcool feniletílico		+	+
Álcool furfurílico		+	+ v
Álcool isoamílico	P.A.	+	o
Álcool metílico		+	+
Álcool nonílico (nonanol)		+	+
Álcool palmítico		+	+
Álcool propargílico, aquoso	7%	+	+
Alilacetato		+	+ até o
Alilcloroeto		o	-
Alúmen de cromo (sulfato crômico de potássio), aquoso	Sat.	+	+
Alúmen de cromo, aquoso	Sat.	+	+
Alúmen de ferro III (sulfato de amônio férrico), aquoso	Sat.	+	+
Alúmen, aquoso	T	+	+
Amidas de ácidos graxos		+	o
Amido, aquoso	T	+	+
Amilacetato	P.A.	+	+
Aminoácidos		+	+
2-aminoetanol (etanolamina)	P.A.	+	+
Amônia, gasosa		+	+
Amônia, líquida		+	
Anidrido acético	P.A.	+	o v
Anidrido arsênico		+	+
Anilina	T	+	+
Anisol		+	-

Antiespumantes		+	+ até o
Ar	P.A.	+	+
Asfalto		+	o v
Aspirina ®		+	
Banhos eletrolíticos para galvanotécnica		+ até o	o
Banhos fixantes fotográficos	Comercial	+	+
Benzaldeído em álcool isopropílico	1%	+	+
Benzaldeído, aquoso	T	+	+ até o
Benzeno	P.A.	o	-
Benzoato de sódio, aquoso	T	+	+
Betume		+	o v
Bicarbonato de amônio, aquoso	Sat.	+	+
Bicarbonato de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Bicarbonato de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Bicromato-ácido sulfúrico	Conc.	-	
Bissulfato de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Bissulfato de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Bissulfito de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Bissulfito de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Bissulfito licor		+	+
Borato de potássio, aquoso	1%	+	+
Borato de sódio		+	+
Borato de trimetil		+	o até -
Bórax (tetraborato de sódio), aquoso	Sat.	+	+
Bromato de potássio, aquoso	até 10 %	+	+
Brometo de hidrogênio, gasoso	P.A.	+	+
Brometo de lítio		+	+
Brometo de metila (bromometano), gasoso	P.A.	-	

Brometo de metila, gasoso	P.A.	-	
Brometo de potássio, aquoso	T	+	+
Brometo de sódio		+	+
Bromo, líquido	100%	-	
Bromoclorometano		-	
1,3-butadieno, gasoso	P.A.	o	-
Butandiol, aquoso	T	+	+
Butano, gasoso		+	
Butantriol, aquoso	T	+	+
2-Butendiol -1,4	P.A.	+	
Butilacrilato		+	o
Butilbenzilftalato		+	+
Butilenoglicol	P.A.	+	+
Butilfenol	P.A.	+	+
Butilfenona	P.A.	-	
Butilglicol	P.A.	+	
2-Butindiol-1,4	P.A.	+	
Butoxila® (metoxibutilacetato)		+	o
Cal		+	+
Cânfora		o	-
Carbazol		+	+
Carbonato de amônio, aquoso	T	+	+
Carbonato de cálcio		+	+
Carbonato de magnésio		+	+
Carbonato de potássio, aquoso	T	+	+
Carbonato de sódio, aquoso	T	+	+
Carbonato de zinco		+	+
Carbureto de cálcio		+	+
Cera de abelha		+	o até -
Ceras		+	+ até o
Cerveja		+	+
Cetonas		+ até o	o até -
Chucrute (repolho)		+	+
Chumbo-tetraetila		+	
Cianeto de cobre, aquoso	Sat.	+	

Cianeto de potássio, aquoso	T	+	+
Cianeto de sódio		+	+
Cianeto ferroso de sódio		+	+
Ciclanona (sulfonato de álcool graxo)	Comercial	+	+
Ciclohexano		+	+
Ciclohexanol		+	+
Ciclohexanona		+	o
Cidra		+	+
Clareador ótico		+	+
Clophen® A50 e A60		+	o até -
Cloral (tricloroacetaldeído)	P.A.	+	+
Cloral hidratado, aquoso	T	+	+ v
Clorato de cálcio, aquoso	Sat.	+	+
Clorato de potássio, aquoso	T	+	+
Clorato de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Cloreto benzílico		o	-
Cloreto benzoílico		o	o
Cloreto de alumínio, aquoso	T	+	+
Cloreto de antimônio, anidro		+	+
Cloreto de cálcio, aquoso	Sat.	+	+
Cloreto de cobre, aquoso	Sat.	+	+
Cloreto de estanho II, aquoso	T	+	+
Cloreto de estanho IV, aquoso	Sat.	+	+
Cloreto de Etileno		o	-
Cloreto de ferro III, aquoso	Sat.	+	+
Cloreto de hidrogênio, gás, seco e úmido		+	+
Cloreto de magnésio, aquoso	T	+	+
Cloreto de Mercúrio		+	+
Cloreto de metila (clorometano), gasoso	P.A.	o	
Cloreto de metileno (diclorometano)		o	o*
Cloreto de níquel		+	+

Cloreto de potássio, aquoso	T	+	+
Cloreto de sódio, aquoso	T	+	+
Cloreto de tionil		-	
Cloreto de vinilideno (1,1-dicloroetileno)	P.A.	-	
Cloreto sulfúreo (cloreto de sulfonil)		-	
Clorito de sódio, aquoso	50%	+	
Cloro gasoso, seco		o	-
Cloro gasoso, úmido		o	-
Cloro, líquido		-	
Cloro, solução aquosa (água de cloro)	Sat.	+	o
Cloroamina, aquoso	Sat.	+	
Clorobenzeno		o	-
Cloroetanol	P.A.	+	+ v
Clorofórmio	P.A.	o até -	-
Cloropicrina		+ até o	-
Cola		+	+
Cola animal	Comercial	+	+
Cola concentrada		+	+
Cola de amido (dextrina), aquoso	18%	+	+
Coloração do açúcar da cerveja	Comercial	+	+
Condensado de vapor saturado		+	+
Conhaque		+	
Creosoto		+	+ v
Cresol	100%	+	o v
Cresol, aquoso	Diluído	+	+ v
Cromato de potássio, aquoso	40%	+	+
Cromato de sódio		+	+
Crotonaldeído	P.A.	+	o
Decahidronaftalina (Dekalin®)	P.A.	+	o
Detergentes, sintéticos	Conc. de uso	+	+
Dextrina, aquosa	18%	+	+
Dextrose, aquosa	T	+	+

1,2-diaminoetano (etilenodiamina)	P.A.	+	+
Dibrometo de etileno		o	-
1,2-dibromoetano		o	-
Dibutilftalato (ftalato de butil)	P.A.	+	o
Cloreto de etila (cloroetano)	P.A.	o*	
Dicloreto de etileno (dicloroetano)		o	-
Dicloreto de propileno	100%	-	
Diclorobenzeno		o	-
Diclorodifeniltricloroetano (DDT, pó)		+	+
Dicloroetano		o	o
1,1-Dicloroetileno	P.A.	-	-
Diclorometano**		o	o*
Dicloropropano		o	-
Dicloropropeno		o	-
Dicromato de potássio, aquoso	T	+	+
Dicromato de sódio		+	+
Diesel, combustível		+	o
Dietilenoglicol		+	+
2-Dietilhexilftalato (DOP)		+	o
Difenilamina		+	o
Diisobutilcetona	P.A.	+	o até -
Diisocilftalato	P.A.	+	o
Dimetil formamida	P.A.	+	+ até o
Dimetilamina		+	o
Dimetilsulfóxido		+	+
Dinonilftalato (DNP)	P.A.	+	o
Diocilftalato		+	o
Dioxano		+	+
Dióxido de enxofre, aquoso	T	+	+
Dióxido de enxofre, gasoso		+	+
Dispersões de borracha (látex)		+	+
Dissulfeto de carbono		o	-

Dodecilbenzenossulfonato sódico		+	+
Emulsão de ácido poliacrílico		+	+
Emulsão de silicone	Comercial	+	+
Emulsificantes		+	+
Emulsões (fotográfico)		+	+
Emulsões de cera parafina	Comercial	+	o
Emulsões de Mowilith®		+	+
Emulsões fotográficas	Comercial	+	+
Epicloridrina		+	+
Espermacete		+	
Essências de óleos		+	+
Estearato de zinco		+	+
Éster adípico		+	o
Éster butílico de ácido acético (acetato de butila)	P.A.	+	o
Éster butílico de ácido glicólico		+	+
Éster de ácido clorofórmico		+	o
Éster dibutílico de ácido ftálico	P.A.	+	o
Éster ftálico		+	+ até o
Éster metílico de ácido acético	P.A.	+	
Éster metílico de ácido bórico		+	o até -
Éster metílico de ácido dicloroacético		+	+
Éster metílico de ácido salicílico		+	o
Éster metílico de ácido monocloroacético		+	+
Ésteres alifáticos	P.A.	+	+ até o
Estireno		o	-
Etano		+	+
Etanol	96%	+	+
Etanol desnaturado com tolueno	96%	+	

Etanolamina (2-aminoetanol)	P.A.	+	
Éter		+ até o	o*
Éter de petróleo		+	o
Éter dietílico	P.A.	+ até o	o*
Éter diisopropílico		+ até o	-
Éter isopropílico	P.A.	+ até o	-
Éter monobutílico de etilenoglicol (Butilenoglicol)	P.A.	+	
Etilbenzeno	P.A.	o	
Etileno		+	+
Etilenodiamina (1,2-diaminoetano)	P.A.	+	+
Etilenoglicol		+	+
2-Etil-hexanol		+	o
Euron® B		o	o
Euron® G		+	+
Extrato de café		+	+
Extratos taninos, vegetais	Comercial	+	
Fenilhidrazina	P.A.	o	o até -
Fenol		+	+ v
Ferricianeto de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Ferrocianeto de sódio		+	+
Ferri-/ferrocianeto de potássio, aquosos	T	+	+
Fluido hidráulico		+	o
Fluido para freios		+	+
Flúor, gasoso		-	
Fluoreto de cobre, aquoso	Sat.	+	+
Fluoreto de potássio, aquoso	T	+	+
Fluoreto de sódio		+	+
Fluorsilicato de magnésio		+	+
Formaldeído, aquoso	≤40 %	+	+
Formamida		+	+
Fosfato de amônio, aquoso	T	+	+
Fosfato de cálcio		+	+

Fosfato de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Fosfato de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Fosfato de tricresil		+	+
Fosfato de trioctil		+	o
Fosfato de trissódico		+	+
Fosfato dissódico		+	+
Fosfato tributílico		+	+
Fosfatos, aquoso	T	+	+
Fosgênio, gasoso		o	
Fosgênio, líquido	100%	-	
Frigen® 12 (Freon® 12)	100%	o	-
Frutose (açúcar da fruta), aquosa	T	+	+
Furfurol		+	o
Gás carbônico	100%	+	+
Gás, manufaturado	Comercial	+	
Gás, natural	P.A.	+	
Gases de escape que contêm ácido carbônico	T	+	+
Gases de escape que contêm fluoreto de hidrogênio	V	+	+
Gases de escape que contêm gás carbônico	T	+	+
Gases de escape que contêm monóxido de carbono	T	+	+
Gases de escape que contêm óxidos de nitrogênio	V	+	+
Gases de escape que contêm trióxido de enxofre			
Gasolina, grau regular (DIN 51635)		+	o
Gelatina		+	+
Geléia		+	+
Genantín®		+	+
Gim		+	
Glicerina, aquosa	T	+	+
Glicerinocloridrina		+	+
Glicerol		+	+

Glicol, aquoso	Comercial	+	+
Glicose, aquosa	T	+	+
Glycantin®		+	+
Grisiron® 8302		o	o
Grisiron® 8702		+	+
Halothan®		o	o até -
Heptano		+	o
Hexacianoferrato de potássio, aquoso	T	+	+
Hexametáfosfato de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Hexano		+	o
Hexanotriol		+	+
Hidrazina hidratada		+	+
Hidrocloreto de anilina, aquoso	T	+	+
Hidrocloreto de fenilhidrazina		+	-
Hidrogênio		+	+
Hidroquinona		+ v	+ v
Hidrossulfeto de amônio, aquoso	T	+	+
Hidrossulfito, aquoso	≤10 %	+	+
Hidróxido de alumínio		+	+
Hidróxido de bário, aquoso	T	+	+
Hidróxido de cálcio		+	+
Hidróxido de magnésio		+	+
Hidróxido de potássio		+	+
Hidróxido de potássio, aquoso	T	+	+
Hidróxido de potássio, solução	50%	+	+
Hidróxido de sódio, aquoso	T	+	+
Hidróxido de sódio, sólido		+	+
Hipoclorito de cálcio, aquoso (suspensão)	T	+	+
Hipoclorito de potássio, aquoso	Sat.	o	-
Hipoclorito de sódio, solução		+ até o	-

Iodeto de magnésio		+	+
Iodeto de potássio, aquoso	T	+	+
Iodo-iodeto de potássio	3 % iodo	+	+
Isooctano		+	o
Isopropanol (álcool isopropílico)	P.A.	+	+
Lactose (açúcar do leite)		+	+
Lama de ânodos de cromo		+	+
Lama de melado		+	+
Lama de zinco		+	+
Lanolina		+	+
Látex		+	+
Licor		+	+
Lima clorada		+	+
Líquido refrigerante e lubrificante para trabalho em metal		o	o
Líquidos de lavagem	Usual	+	+
Lysol®		+	o
Maionese		+	
Manteiga		+	
Margarina		+	+
Mel		+	+
Melado		+	+
Mentol		+	o
Mercúrio		+	+
Metafosfato de alumínio		+	+
Metafosfato de amônio		+	+
Metanol	P.A.	+	+
4-Metil pentanol-2		+	+ até o
Metilacrilato		+	+
Metilamina, aquoso	32%	+	
Metilbenzeno		o	-
2-Metilbutanol-2	P.A.	+	o
Metilciclohexano		o	o até -
Metiletilcetona	P.A.	+	o
Metilglicol		+	+
Metilisobutilcetona		+	o até -

Metilmetacrilato		+	+
Metilpirrolidina (n-)		+	+
Metilpropilcetona		+	o
Metoxibutanol		+	o
Metoxibutilacetato (Butoxila®)		+	+
Mingau		+	+
Mistura de nafta/benzeno	80/20	+	o
Monoclorobenzeno		o	-
Monóxido de carbono, gasoso	P.A.	+	+
Mordente para metais (decapante)		+	
Mordente para madeira	Conc. de uso	+	+ até o
Nafta		+	o
Naftaleno		+	-
Nicotina		+	+
Nitrato de amônio, aquoso	T	+	+
Nitrato de cálcio, aquoso	50%	+	+
Nitrato de cobre, aquoso	30%	+	+
Nitrato de ferro III, aquoso	Sat.	+	+
Nitrato de níquel		+	+
Nitrato de prata, aquoso	T	+	+
Nitrito de sódio, aquoso	T	+	+
Nitrobenzeno		+	o
Nitrocelulose		+	
n-propanol (álcool n-propílico)		+	+
Octilcresol	P.A.	o	-
Óleo animal		+	o
Óleo combustível		+	o
Óleo cru		+	o
Óleo de aguarrás	P.A.	+ até o	-
Óleo de agulha de pinho		+	
Óleo de alcatrão de hulha		+ v	o v
Óleo de amendoim	P.A.	+	
Óleo de azeitona		+	+
Óleo de cânfora		-	



Óleo de coco		+	o
Óleo de eixo		+ até o	o
Óleo de soja		+	+
Óleo de fígado de bacalhau		+	o
Óleo de linhaça	P.A.	+	+
Óleo de menta-pimenta		+	
Óleo de milho		+	o
Óleo de motor (óleo industrial)		+	+ até o
Óleo de noz de palma		+	
Óleo de nozes		+	o
Óleo de ricino		+	+
Óleo de semente de algodão	P.A.	+	+
Óleo de semente de anis		o	-
Óleo de silicone	P.A.	+	+
Óleo de transformador (óleo isolante)	P.A.	+	o
Óleo lubrificante		+	o
Óleo mineral	sem aditivos	+	+ até o
Óleo para máquinas		+	o
Óleo para motores de 2 tempos		+	o
Óleos aromáticos		o	-
Óleos etéricos		o	-
Óleos lubrificantes	P.A.	+	+ até o
o-Nitrotolueno		+	o
Oxicloreto de fósforo		+	o
Óxido de propileno		+	+
Óxido de zinco		+	+
Óxido difenílico		+	o
Oxigênio		+	+
Ozônio	50 ppm	o	-
Parafina, líquida		+	+
Paraformaldeído		+	+
Pentacloreto de antimônio		+	+
Pentóxido de fósforo	100%	+	+
Perborato de potássio		+	+

Perborato de sódio, aquoso	T	+	o
Perclorato de potássio, aquoso	1%	+	
Perclorato de potássio, aquoso	até 10 %	+	o
Perclorato de sódio, aquoso	T	+	+
Percloroetileno		o	-
Permanganato de potássio	20%	+	+ v
Permanganato de potássio, aquoso	até 6%	+	+ v
Peróxido de hidrogênio	100%	o	o
Peróxido de hidrogênio, aquoso	30%	o	-
Peróxido de hidrogênio, aquoso	10%	o	-
Peróxido de sódio, aquoso	10%	+	+
Peróxido de sódio, aquoso	Sat.	o	
Persulfato de potássio, aquoso	T	+	+
Petróleo		+	o
Piridina		+	o
Plastificantes		+	o
Plastificantes de poliéster		+	+ até o
Poliglicóis		+	+
Polpa de fruta		+	+
Polysolvan® O (éster butílico de ácido glicólico)		+	+
Preparado de vitaminas, seco (pó)		+	
Propano de trimetilol, aquoso		+	+
Propano, gasoso	P.A.	+	
Propanol (álcool propílico)		+	+
Propanol-(2) (álcool isopropílico)		+	+
Pseudocumeno		o	o
Querosene		+	o
Quinina		+	+

Removedor de esmalte		+	o
Resina fenólica, massa de modelagem		+	+
Resinas de Cumarona		+	+
Resinas de poliéster		o	-
Reveladores fotográficos		+ v	+ v
Sabão líquido		+	+
Sais de bismuto		+	+
Sais de cromo, aquoso	T	+	+
Sais de fertilizante, aquoso	T	+	+
Sais de prata, aquoso	Sat. A frio	+	+
Sal comum, aquoso	T	+	+
Sal de bário, aquoso	T	+	+
Sal de cobre, aquoso	Sat. A frio	+	+
Sal de Glauber, aquoso	T	+	+
Sal de magnésio, aquoso	T	+	+
Sal de mercúrio		+	+
Sal de níquel, aquoso		+	+
Sal de zinco, aquoso	T	+	+
Sal fixador, aquoso	T	+	+
Sal fixador, sólido		+	+
Salmoura	Sat.	+	+
Sebo		+	+
Sebo bovino		+	+ até o
Semente de anis		o	o até -
Silicato de sódio		+	+
Silicato de sódio, aquoso	T	+	+
Soda (carbonato de sódio), aquoso	T	+	+
Solução alcoólica		+	
Solução de hipoclorito de sódio com 12.5% de cloro** ativo		o	-
Solução de sabão, aquoso	T	+	+
Solução de soda cáustica	T	+	+
Soro de leite		+	+
Suco de frutas, fermentado		+	+

Suco de frutas, não fermentado	T	+	+
Suco de tomate		+	+
Suco do açúcar de beterraba		+	+
Sucos de frutas cítricas		+	+
Sulfeto de hidrogênio, aquoso	Sat.	+	+
Sulfato de alumínio, aquoso	Sat.	+	+
Sulfato de alumínio, sólido		+	+
Sulfato de amônio, aquoso	T	+	+
Sulfato de cálcio		+	+
Sulfato de cobre, aquoso	T	+	+
Sulfato de ferro, aquoso	Sat.	+	+
Sulfato de hidroxilamina, aquoso	12%	+	+
Sulfato de magnésio, aquoso	T	+	+
Sulfato de manganês		+	+
Sulfato de níquel, aquoso	T	+	+
Sulfato de potássio, aquoso	T	+	+
Sulfato de potássio-alumínio, aquoso	T	+	+
Sulfato de sódio, aquoso	Sat. A frio	+	+
Sulfato férrico, aquoso	Sat.	+	+
Sulfeto de cálcio, aquoso	≤ 10%	o	o
Sulfeto de hidrogênio, gasoso		+	+
Sulfeto de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Sulfeto de sódio, aquoso	T	+	+
Sulfito de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Tetraborato de sódio (bórax), aquoso	Sat.	+	+
Tetrabromometano		o até -	-
Tetracianocuprato de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Tetracloroeto de carbono		o	-
Tetracloroetano		o até -	-

Tetracloroetileno		o até -	-
Tetraclorometano (tetracloroeto de carbono)	P.A.	o	-
Tetrahidrofurano	P.A.	o até -	-
Tetrahidronaftaleno (Tetralin®)	P.A.	+	-
Tinta de escrever		+	+
Tintura de iodo	Comercial	+	o v
Tinturas		+ v	+ v
Tiocianato de amônio		+	+
Tiofeno		o	-
Tiosulfato de potássio, aquoso	Sat.	+	+
Tiosulfato de sódio, aquoso	Sat.	+	+
Tolueno	P.A.	o	-
Tricloreto de antimônio		+	+
Tricloreto de fósforo		-	-
Tricloroacetaldeído (cloral)	P.A.	+	+
Triclorobenzeno		-	-
Tricloroetileno	P.A.	o até -	-
Trietanolamina		+	+ v

Trietanolamina (2,2',2''-Nitrilotrietanol), aquoso	T	+	o
Trietanolamina (2,2',2''-nitrilotrietanol), aquoso	T	+	o
Trietilenoglicol		+	+
Trifluoreto de boro		+	+ até o
Trilon®		+	+
Trióxido de cromo, aquoso**	50%	o	- v
Trióxido de enxofre		-	
Tri-β-cloroetilfosfato		+	+
Tutogen® U		+	+
Tween® 20 e 80		+	-
Uísque		+	
Uréia, aquoso	≤33 %	+	+
Urina		+	+
Vapores de bromo		-	
Vinagre de vinho	Comercial	+	+
Vinho		+	
Vitamina C		+	
Xarope de amido		+	+
Xileno		o	-

# 7. Tubulações Enterradas

## 7.1 Tubos Rígidos, Semirrígidos e Flexíveis

Os tubos podem ser classificados como rígidos, semirrígidos ou flexíveis de acordo com sua capacidade mecânica de resistir a deflexões pré-estabelecidas da seção transversal, sem sofrer avarias permanentes, quando submetidos à compressão diametral.

Classificação do tubo	% Deflexão sem apresentar falhas estruturais	Tipos de tubos
Rígido	Deflexão < 0,1%	Concreto cerâmico
Semirrígido	$0,1\% \leq \text{Deflexão} \leq 3,0\%$	Ferro Fundido
Flexível	Deflexão > 3,0%	PVC

De acordo com esse conceito mecânico, os tubos BIAx, PBA, DEFOFO, COLETOR MACIÇO, COLETOR CELULAR, COLETOR CORRUGADO e COLETOR NOVAFORT são classificados como tubo flexível.

O conceito de tubo flexível não é referente ao sentido longitudinal da barra, mas sim sob o aspecto intrínseco da matéria prima, principalmente sua dureza.

## 7.2 Interação entre o Tubo e o Solo

Os tubos flexíveis Amanco Wavin se beneficiam da capacidade de se deformarem sob a ação de cargas, sem apresentarem danos estruturais. Esta deformação é conhecida como deflexão ou distorção que permite ao tubo se adaptar à forma do invólucro exterior, transferindo a maior parte da carga vertical recebida para a envoltória de solo.

## 7.3 Comportamento Estrutural

As tubulações quando enterradas sofrem esforços decorrentes da carga de terra, de tráfego e da pressão interna quando existir.

As tubulações que trabalham sem pressão interna sofrem esforços basicamente de compressão provocadas pela carga de terra e de tráfego. Quanto maior a profundidade, maior é o valor da carga de terra e menor o valor da carga de tráfego agindo na tubulação.

As tubulações que trabalham sob pressão interna também sofrem esforços adicionais devido à sua condição enterrada. Tais

esforços são basicamente de compressão, devido a carga de terra sobre o tubo, cargas externas, e de flexão, devido à leve deformação do tubo em consequência de tal carga. O efeito destas cargas é sentido principalmente após o tubo ser enterrado, enquanto não é submetido à pressão interna. Logo que a pressão interna é aplicada, ela atua no sentido de inibir estas cargas, causando um arredondamento praticamente completo do tubo.

Para tubos sob pressão interna, o efeito das cargas externas sobre um tubo é muito pequeno quando comparado à ação da pressão interna, e na maioria dos casos pode ser desprezado.

## 7.4 Princípio de Flexibilidade

A capacidade de carga dos tubos flexíveis Amanco Wavin PBA, DEFOFO, BIAx e COLETOR vem de sua flexibilidade: ao receberem cargas verticais, esses tubos defletem e geram apoio passivo ao solo circundante.

Essa deflexão livra a tubulação de grande parte da carga vertical, transmitindo-a ao solo através do mecanismo de arco estrutural. Esse mecanismo desenvolve uma reação horizontal que transforma o solo em elemento de apoio.

A grandeza da deflexão transversal que ocorre em um tubo flexível submetido a cargas externas depende de três fatores:

- Rigidez do tubo (PS ou R);
- Módulo de reação do solo E';
- Carga sobre o tubo (de tráfego e/ou do solo).

No início do século, Marston concluiu que esses fatores se relacionam da seguinte forma:

$$\text{Deflexão Vertical} = \left( \frac{\text{Carga (tráfego + Solo)}}{\text{Rigidez do tubo + Módulo de reação do solo}} \right)$$

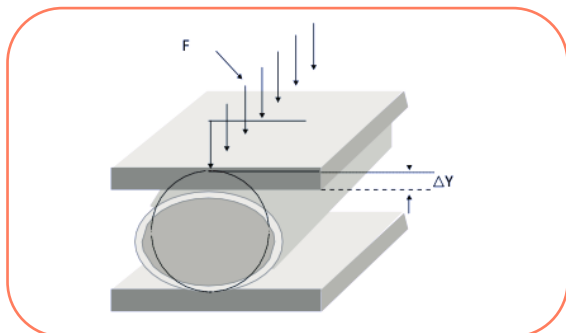
A seguir, explicaremos como cada um dos termos do lado direito dessa expressão influem no comportamento estrutural da tubulação.

### 7.5 Rigidez do Tubo

Rigidez do tubo (PS ou R) é a relação existente entre uma força vertical aplicada F e a deflexão horizontal  $\Delta y$  produzida, aplicada conforme a deflexão apontada nas normas pertinentes de cada tipo de tubulação ou seja:

$$PS = \frac{F}{\Delta Y}$$

A rigidez das tubulações Amanco Wavin Infraestrutura varia de 3,5 a 8 kg/cm<sup>2</sup>. Esses valores atendem os requisitos de tubulação.



### 7.6 Cargas sobre a Tubulação

O cálculo das cargas aplicadas a tubulações enterradas é feito conforme métodos convencionais de engenharia, sejam as de tráfego ou as de solo.

A Norma NBR14486 estabelece o cálculo das deformações diametrais devido à carga de terra e às cargas móveis, resumidas abaixo:

#### 7.6.1 Cargas Móveis

A pressão resultante do solo na geratriz superior da tubulação devido às cargas móveis pode ser calculada pela equação:

$$qm = c * f * p$$

onde:

**qm** = pressão devido às cargas móveis, em Pascals;

**c** = coeficiente de carga móvel, adimensional;

**f** = fator de impacto, adimensional;

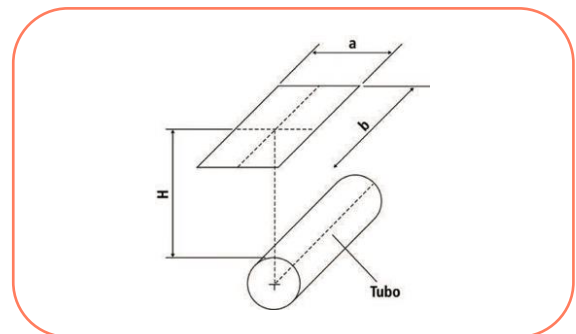
**p** = carga distribuída na superfície sobre uma área (a x b), em Pascals

Como fator de impacto (f) recomenda-se adotar:

f = 1,50 para rodovias, adimensional;

f = 1,75 para ferrovias, adimensional.

Como coeficiente de carga móvel pode-se adotar a tabela abaixo:



a/2H	b/2H															
	0,02	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,50	2,00	3,00	5,00
0,02	0,001	0,002	0,004	0,006	0,007	0,009	0,011	0,014	0,016	0,018	0,021	0,023	0,024	0,025	0,025	0,025
0,05	0,002	0,005	0,009	0,014	0,018	0,023	0,027	0,034	0,040	0,045	0,052	0,056	0,061	0,063	0,063	0,064
0,10	0,004	0,009	0,019	0,028	0,037	0,045	0,053	0,067	0,079	0,089	0,103	0,112	0,121	0,124	0,126	0,126
0,15	0,006	0,014	0,028	0,041	0,054	0,067	0,079	0,100	0,118	0,132	0,153	0,166	0,181	0,185	0,187	0,188
0,20	0,007	0,018	0,037	0,054	0,072	0,088	0,103	0,131	0,155	0,174	0,202	0,219	0,238	0,244	0,247	0,248
0,25	0,009	0,023	0,045	0,067	0,088	0,108	0,127	0,161	0,190	0,214	0,248	0,269	0,293	0,301	0,305	0,306
0,30	0,011	0,027	0,053	0,079	0,103	0,127	0,149	0,190	0,224	0,252	0,292	0,318	0,346	0,355	0,359	0,361
0,40	0,014	0,034	0,067	0,100	0,131	0,161	0,190	0,241	0,284	0,320	0,373	0,405	0,442	0,454	0,460	0,461
0,50	0,016	0,040	0,079	0,118	0,155	0,190	0,224	0,284	0,336	0,379	0,441	0,481	0,525	0,540	0,547	0,549
0,60	0,018	0,045	0,089	0,132	0,174	0,214	0,252	0,320	0,379	0,428	0,499	0,544	0,596	0,613	0,622	0,624
0,80	0,021	0,052	0,103	0,153	0,202	0,248	0,292	0,373	0,441	0,499	0,584	0,639	0,703	0,725	0,736	0,740
1,00	0,023	0,056	0,112	0,166	0,219	0,269	0,318	0,405	0,481	0,544	0,639	0,701	0,775	0,800	0,814	0,818
1,50	0,024	0,061	0,121	0,181	0,238	0,293	0,346	0,442	0,525	0,596	0,703	0,775	0,863	0,894	0,913	0,918
2,00	0,025	0,063	0,124	0,185	0,244	0,301	0,355	0,454	0,540	0,615	0,725	0,800	0,894	0,930	0,951	0,958
3,00	0,025	0,063	0,126	0,187	0,247	0,305	0,359	0,460	0,547	0,622	0,736	0,814	0,913	0,951	0,976	0,984
5,00	0,025	0,064	0,126	0,188	0,248	0,306	0,361	0,461	0,549	0,624	0,740	0,818	0,918	0,958	0,984	0,994

### 7.6.2 Cargas de Solo

Para a carga de solo, conservadoramente é usado o valor do prisma de carga:

$$P = \gamma * H$$

Sendo:

**P** = Carga de solo (Kgf/cm<sup>2</sup>)

**γ** = Peso específico do solo de reaterro (Kgf/cm<sup>3</sup>)

**H** = Altura da geratriz superior do tubo até a superfície (m)

No caso do nível de lençol freático, situar-se acima da tubulação, a pressão devido à carga de terra deve ser calculada pela expressão:

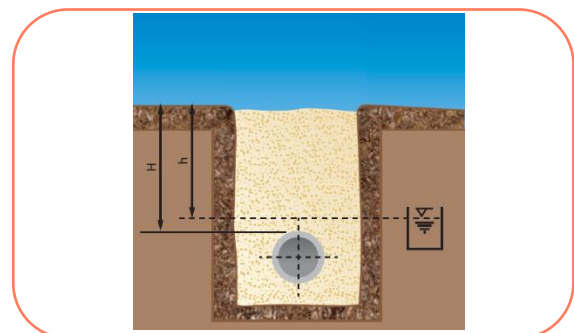
$$P = \gamma + (H - h)$$

**P** = Carga de solo (Kgf/cm<sup>2</sup>)

**γ** = Peso específico do solo de reaterro (Kgf/cm<sup>3</sup>)

**H** = Altura da geratriz superior do tubo até a superfície (m)

**h** = Altura do lençol freático (m)



## 7.7 Cargas de Solo

Entende-se por solo o material de preenchimento ao redor do tubo, cuja função estrutural é de proporcionar confinamento e apoio lateral. O módulo de reação do solo ( $E'$ ) é definido como a resposta passiva do solo à força horizontal que a tubulação exerce lateralmente em uma deflexão, como produto da deflexão vertical  $\Delta y$ . Do ponto de vista estrutural, é a

variável mais importante para o controle das deflexões verticais da tubulação.

O módulo de reação do solo ( $E'$ ) não pode ser determinado em campo. Deve ser obtido com o uso da Tabela abaixo (Howard), que relaciona o tipo de material de preenchimento, o grau de Compactação e a densidade relativa.

Tipo de solo para camadas (Sistema Unificado de Classificação)	$(E')$ para diferentes graus de compactação do recobrimento $\text{kg/cm}^2$ (psi)			
	Material lançado sem compactar	Compactação ligeira, <85% Proctor, Densidade relativa <40%	Compactação moderada, 85-95% Proctor, Densidade relativa de 40 a 70%	Compactação alta, >95% Proctor, Densidade relativa >70%
Solos de grão fino (LL>50)b				
Solos com plasticidade de média a alta CH, MH, CH-MH		Sem dados disponíveis, usar $E'=0$		
Solos de grão fino (LL>50)b				
Solos com plasticidade de média a nenhuma CL, ML, CL-ML, com menos de 25% de partículas de grão grosso	3,5 (50)	14,0 (200)	28,0 (400)	70,0 (1000)
Solos de grão fino (LL>50)b				
Solos com plasticidade de média a nenhuma CL, ML, CL-ML, com mais de 25% de partículas de grão grosso	7,0 (100)	28,0 (400)	70,0 (1000)	140,0 (2000)
Solos de grão grosso com finos, GM, GC, SM, SC com mais de 12% finos				
Solos de grão grosso sem finos, GW, GP, SW, SP com menos de 12% finos	14,0 (200)	70,0 (1000)	140,0 (2000)	210,0 (3000)
Pedra Quebrada	70,0 (1000)	210,0 (3000)	210,0 (3000)	210,0 (3000)

Exatidão em termos de porcentagem de deflexão

± 2

± 2

± 1

± 0,5

## 7.8 Compactação do Reaterro

O procedimento de compactação fornece ao solo melhorias em suas propriedades através da redução dos seus vazios pela aplicação de pressão, impacto ou vibração. É muito importante o engenheiro responsável garantir através da mão de obra que o processo correto de compactação ocorra após a instalação do produto.

Os tubos plásticos quando instalados, interagem com o solo envolvente. A deflexão diametral de um tubo plástico enterrado é influenciada por vários fatores, tais como: tipos de solo, qualidade da instalação, altura de recobrimento, nível do lençol freático, rigidez do tubo, cargas móveis, etc.



## 7.9 Deflexão

O cálculo da deflexão transversal para tubulações flexíveis tem por base as teorias de

Marston e Spangler. A Equação de Iowa modificada, descrita a seguir, pode determinar seu valor em termos de porcentagem em relação ao diâmetro exterior (DE)

$$\frac{\% \Delta y}{DE} = \frac{(D_l * K * P + K * W) * 100}{(0,149 * PS + 0,061 * E')}$$

Sendo:

DE = Diâmetro externo do tubo

DL = fator de deflexão no longo prazo = 1,0 (Aterro) ou 1,5 (Vala)

P = carga de solo, (kgf/cm<sup>2</sup>)

H = altura de reaterro acima da geratriz superior do tubo, (m)

W' = carga de tráfego, (kgf/cm<sup>2</sup>)

E' = módulo de reação do solo (kgf/cm<sup>2</sup>)

PS = rigidez da tubulação, (kgf/cm<sup>2</sup>)

K = Constante de assentamento – Adota-se normalmente o valor de 0,1

Os valores do módulo reativo do solo dependem do tipo de solo e do grau de Compactação do mesmo, podendo ser obtidos das tabelas abaixo, que constam da norma brasileira NBR 14486:

Classe	Tipo	Símbolo	Nomes Típicos
Solos granulares (menos de 50% passando na peneira n°200)	Pedregulho limpo	GW	Pedregulhos e misturas de areia e pedregulho bem graduados com pouco ou nenhum material fino
		GP	Pedregulhos e misturas de areia e pedregulho mal graduados com pouco ou nenhum material fino
	Pedregulho contendo material fino	GM	Pedregulho siltoso, misturas de pedregulho, areia e silte
		GC	Pedregulho argiloso, misturas de pedregulho, areia e argila
Areias (mais de 50% de fração	Areia limpa	SW	Areia e areia pedregulhosa - bem graduadas com pouco ou nenhum material fino



grossa não passa na peneira nº4)		SP	Areia e areia pedregulhosa - mal graduadas com pouco ou nenhum material fino
	Areia contendo material fino	SM	Areia siltosa, misturas de areia e silte
		SC	Areia argilosa, misturas de areia e argila
Solos finos (50% ou mais passando na peneira nº200)	Silte e argila (LL < 50)	ML	Silte inorgânico. areia muito fina, areia fina siltosa ou argilosa
		CL	Argila inorgânica de baixa e média plasticidade, argila pedregulhosa, arenosa e siltosa, argila magra
		OL	Silte orgânico, areias finas ou siltes micáceos ou diatomáceos, silte elástico
		MH	Silte inorgânico, areias finas ou siltes micáceos ou diatomáceos, silte elástico
	Silte e argila (LL > 50)	CH	Argila inorgânica de alta plasticidade, argila gorda
		OH	Argila orgânica de média a alta plasticidade
		PT	Turfa e outros solos altamente orgânicos
	Solos altamente orgânicos		

Nota: LL é o Limite de Liquidez

Baseado na classificação dos solos, a tabela abaixo apresenta os valores dos módulos

reativos do solo em função do grau de compactação do solo.

Tipo de Solo	Valor E (MPa), para vários graus de compactação			
	Solo sem compactação	PROCTOR		
		Baixo (<85%)	Moderado (85%-95%)	Alto (>95%)
Cascalho	7	21	21	21
Solos granulares com pouco ou nenhum material fino: GW, GP, SW e SP	1,4	7	14	21
Solos granulares com material fino: GM, GC, SM, SC solos finos com média ou nenhuma plasticidade (LL < 50): ML, CL, ML-CL com mais de 25% de material granular	0,7	2,8	7	14
Solos finos com média ou nenhuma plasticidade (LL < 50): ML, CL, ML-CL, com menos de 25% de material granular	0,35	1,4	2,8	7
Solos finos com média ou alta plasticidade (LL > 50): MH, CH, CH-MH	Não há dados seguros. Considera-se E = 0			

Nota: LL é o Limite de Liquidez

O valor do módulo de elasticidade do tubo dependerá do intervalo de tempo durante o qual a pressão externa age. Se a ação é de curto prazo, como no caso de um golpe de aríete, deverá ser usado o módulo de curto prazo; caso contrário, usa-se o módulo de longo prazo do material. O módulo também depende da temperatura, como pode ser visto na tabela abaixo:

	20°C	30°C	40°C
	3.500	3.780	3.655
<b>Curto Prazo</b>	a	a	a
	4.500	3.880	3.755
<b>Longo Prazo (50 anos)</b>	1.500	1.450	950
	a	a	a
	2.500	1.550	1.050

Como em todas as tubulações de PVC, é possível ocorrer o colapso (curva inversa) das mesmas em caso de deflexão transversal maior do que 30% do diâmetro externo conforme apontado por testes práticos. Assim, por segurança normalmente restringe-se a deflexão máxima permissível de longo prazo a 10% o que resulta em um coeficiente de segurança de 3 em relação ao colapso sem redução da capacidade hidráulica, nem efeitos na estabilidade estrutural.

Os tubos Amanco Wavin coletor de Esgoto (Celular, Maciço e Corrugados) utilizados em sistemas sem pressão, possuem uma rigidez mínima nominal variando de 3,5 KN/m<sup>2</sup> a 8,0 KN/m<sup>2</sup> conforme bitola e a tubulação. Estes valores estão em conformidade com as Normas NBR 7362 e NBR ISO 21138.

Estes valores atendem os limites recomendados de deflexão de projeto conforme as normas NBR ISO 21138 e NBR 7367, sendo uma deflexão média inicial de no máximo 8% e uma deflexão média de longo prazo de no máximo 10%.

Em 1996, a Associação Europeia de Tubos e Conexões Plásticas, TEPPFA (The European Plastics Pipe and Fittings

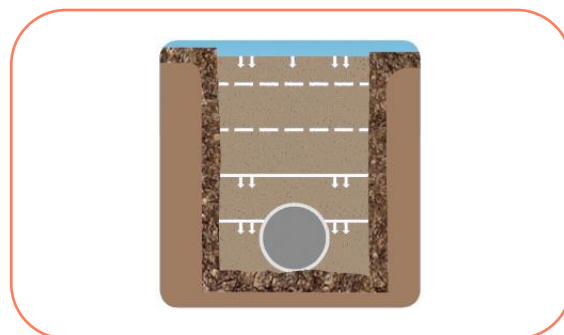
Association) estudou com diversos peritos independentes, o desempenho de tubos plásticos sob várias condições de instalação. A TEPPFA trabalhou focada em um único parâmetro – a deflexão do tubo.

No estudo de pesquisa foram identificados efeito dos parâmetros na deflexão e as práticas de instalação a seguir.

## 7.10 Práticas de Instalação

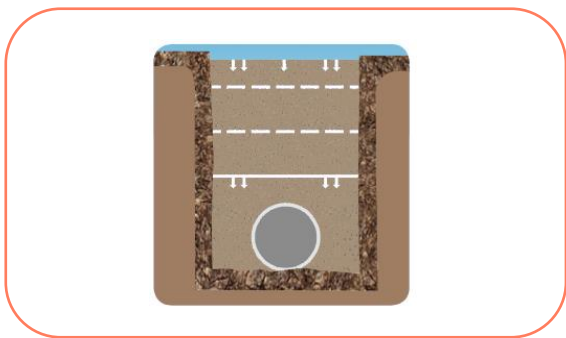
### 7.10.1 Compactação do solo Boa

O solo granular é colocado na base da vala e compactado, seguido pela colocação do solo granular em camadas de no máximo 30 cm, compactadas com cuidado. Uma camada de 15 cm de solo envolve o tubo antes do recobrimento da vala com qualquer tipo de solo compactado. Neste caso, os valores do Proctor padrão estão acima de 94%.



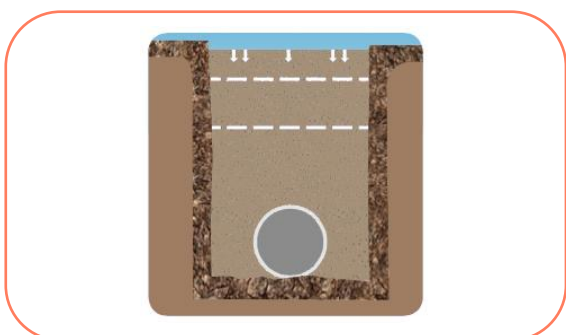
### 7.10.2 Compactação do solo Moderada

O solo granular da base é colocado em camadas com no máximo 50 cm de profundidade e compactada cuidadosamente. Em seguida, uma camada de 15 cm de solo deve envolver o tubo antes do recobrimento da vala com qualquer tipo de solo compactado. Neste caso, os valores do Proctor padrão estão na faixa de 87% a 94%.



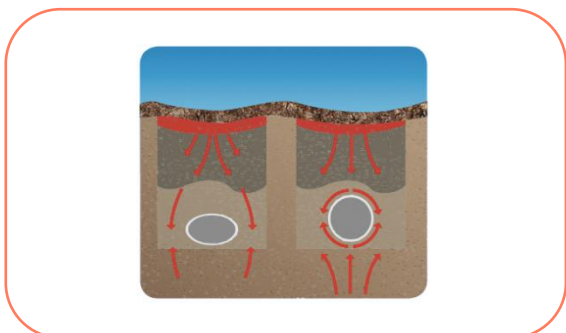
### 7.10.3 Nenhuma compactação do solo

O solo granular da base é colocado sem compactação.



Recomenda-se utilizar a qualidade de assentamento “boa” a “moderada”.

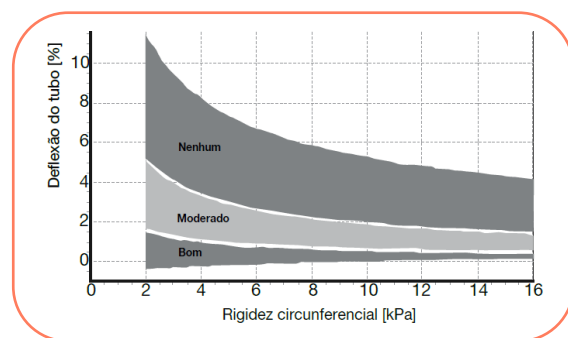
A figura abaixo mostra que independente da rigidez do tubo o rebaixamento do solo acontecerá e afetará o sistema no caso desta Compactação não estar adequada.



## 7.11 Estudos Europeus

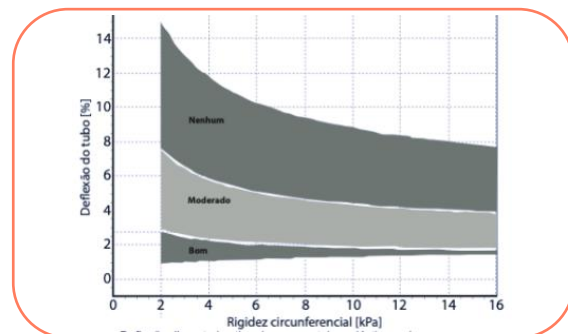
O estudo da Associação Europeia de Tubos e Conexões Plásticas, TEPPFA (The European Plastics Pipe and Fittings Association) realizado com tubulações plásticas enterradas conduzindo esgoto, sem pressão, mostrou que não é necessário um dimensionamento preciso para uma tubulação enterrada, desde que a tubulação tenha rigidez adequada e a instalação seja de boa qualidade.

O resultado deste trabalho é representado abaixo e mostra a deflexão diametral estimada de um tubo em função de sua rigidez circunferencial, logo após a instalação.



A deflexão diametral estimada para tubos plásticos a longo prazo é obtida adicionando-se os seguintes fatores de deflexão, conforme apresentado no gráfico a seguir:

- Para solos do tipo granular bem compactados: 1%.
- Para solos do tipo granular com compactação moderada: 2%.
- Para solos do tipo granular sem compactação: 3%.
- Para solos coesivos: 4%.



Esses gráficos aplicam-se a tubulações plásticas enterradas sujeitas a carga de tráfego, com profundidade de instalação de 0,8m a 6,0m. Caso não haja carga de tráfego, os tubos poderão ser instalados em profundidades menores.

A linha superior de cada região do gráfico indica a deflexão máxima estimada, enquanto a linha inferior indica a deflexão média esperada.

A inversão da curva em tubulações (colapso) pode ocorrer em caso de deflexão transversal maior do que 30% do diâmetro externo. Assim, por segurança normalmente restringe-se a deflexão máxima permissível de longo prazo a 7,5% para tubos o que resulta em um coeficiente de segurança de 4 em relação ao colapso sem redução da capacidade hidráulica, nem efeitos na estabilidade estrutural dos tubos Amanco Wavin Coletores de esgoto Maciço, Celular, Corrugado e Novafort.

Os tubos Amanco Wavin Biax, para uso em sistemas pressurizados, possuem rigidez de aproximadamente 7 kN/m<sup>2</sup>, e podemos obter a sua deflexão estimada logo após a instalação de 6,2% para solos granulares simplesmente despejados na vala logo após a instalação e no máximo 10,2% de deflexão estimada a longo prazo, para algumas situações de instalação, sem pressão interna conforme tabela abaixo:

Os tubos Amanco Wavin para sistemas

Tipo de solo	Compactação	Deflexão estimada, logo após a instalação	Deflexão estimada a longo prazo
Granular	Boa	0,0%	1,0%
Granular	Moderada	2,5%	4,5%
Granular	Despejado	6,2%	9,2%
Coesivo	Boa	6,2%	10,2%

pressurizados normalmente não ficarão um longo tempo sem pressão interna e, portanto, interessam apenas os valores de deflexão logo após a instalação, que resultaram inferiores ao limite de 7,5 %.

Entretanto, por segurança adicional, convém utilizar solos granulares no

envolvimento dos tubos, com compactação pelo menos moderada, de forma a garantir uma melhor qualidade de instalação, com excelente desempenho, mesmo sem pressão por um longo período.

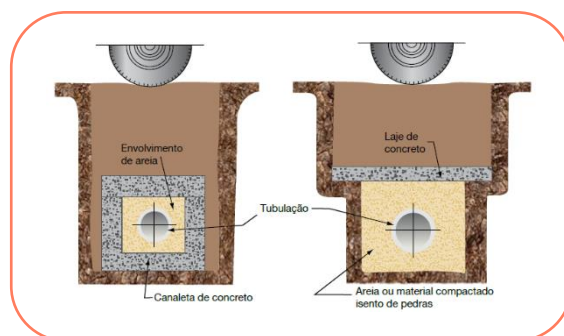
## 7.12 Cuidados especiais

Quando a tubulação estiver sujeita a deformações severas, cuidados especiais devem ser considerados no momento do seu envolvimento.

Nos trechos em que o recobrimento da tubulação for inferior a 1,0 metro ou quando a tubulação for assentada em ruas com pesadas cargas moveis, deve-se embutir os tubos coletores dentro de tubos com diâmetros superiores e apropriados para receber as cargas moveis, ou realizar a construção de lajes. Nestes casos, o tubo deve ser envolvido em material granular ou pó de pedra, permanecendo desvinculado dos elementos de proteção.

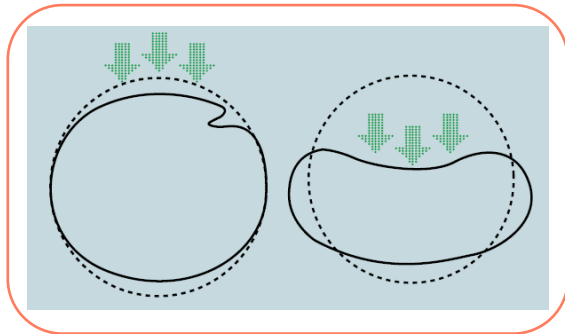
Nos trechos em que a tubulação for assentada em valas muito profundas, em condições tais que a carga de terra provocaria deformações diamétricas relativas superiores a 7,5% das condições de assentamento normal, deve-se envolver a tubulação em material granular, como pó de pedra e cascalho ou implantar uma laje de concreto a 30 cm acima da geratriz superior da tubulação.

Não é recomendável o envolvimento direto dos tubos de PVC com concreto, pois este envolvimento, trabalhando como viga contínua debaixo do solo, pode sofrer ruptura e trincas que podem danificar o tubo.



### 7.13 Colapso Devido ao Vácuo Interno e/ou Pressão Externa

Uma tubulação poderá estar sujeita ao colapso quando sob vácuo interno ou pressão externa, ou ambos simultaneamente.



A pressão crítica, em que o colapso é iminente, de uma tubulação sem apoio externo (quando há apenas pressão hidrostática, como por exemplo no caso de tubulações não enterradas, sujeitas a vácuo interno ou travessia subaquática), é dada por:

$$P_{cri} = \frac{2 * E}{\left[ (1 - \mu^2) * \left( \frac{d_n}{e_n} - 1 \right) * 3 \right]}$$

Sendo:

**P<sub>cri</sub>** = pressão crítica de colapso do tubo, sem apoio lateral (MPa)

**μ** = coeficiente de Poisson do material do tubo

**d<sub>n</sub>** = diâmetro externo nominal do tubo (mm)

**e<sub>n</sub>** = espessura de parede nominal do tubo (mm)

**E** = módulo de elasticidade do tubo (MPa)

Como a relação d<sub>n</sub>/e<sub>n</sub> é constante para cada linha de tubos Amanco Wavin e para cada classe de pressão, todas as bitolas de cada linha e classe de pressão de tubos apresentam a mesma resistência ao colapso.

O valor do módulo de elasticidade do tubo dependerá do intervalo de tempo durante o qual a pressão externa (ou vácuo interno) age. Se a ação é de curto prazo, como no caso de um golpe de aríete, deverá ser usado o módulo de curto prazo; caso contrário, usa-se o módulo de longo prazo do material. O módulo também

depende da temperatura, como pode ser visto na tabela abaixo:

	20°C	30°C	40°C
	3.500	3.780	3.655
<b>Curto Prazo</b>	a	a	a
	4.500	3.880	3.755
<b>Longo Prazo (50 anos)</b>	1.500	1.450	950
	a	a	a
	2.500	1.550	1.050

No caso de tubulação enterrada, o solo de envolvimento, embora exerça uma pressão sobre a superfície externa da tubulação, também funciona como apoio para a mesma, ajudando-a a resistir ao colapso. Neste caso, a pressão crítica de colapso pode ser expressa por:

$$P_{scri} = 1,15 * \sqrt{(P_{cri} * E')}$$

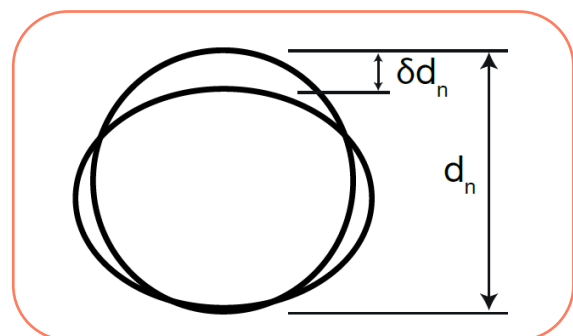
Sendo:

**P<sub>scri</sub>** = pressão crítica de colapso do tubo, quando enterrado (MPa).

**E'** = módulo reativo do solo de envolvimento (MPa).

As equações acima consideram uma tubulação como sendo perfeitamente cilíndrica. Para tubulações com certa ovalização, a pressão crítica de colapso será menor, sendo necessário o uso de coeficientes de correção.

No caso da equação da pressão crítica de colapso do tubo, sem apoio lateral (P<sub>cri</sub>), tal correção foi desenvolvida por Timoshenko. Os valores dos coeficientes de correção, para os tubos Amanco Wavin, podem ser obtidos a partir da tabela abaixo:



Deformação diametral relativa $\delta d_n/d_n$ (%)	40°C
1	0,924
2	0,859
3	0,803
4	0,755
5	0,712
6	0,674
7	0,639
8	0,609
9	0,581
10	0,555

$$P_{crio} = C * P_{cri}$$

Sendo:

**P<sub>crio</sub>** = pressão crítica de colapso para tubulação ovalizada, sem apoio externo.

**C** = coeficiente de correção da pressão crítica de colapso, aplicável a tubos ovalizados, sem apoio externo.

No caso da pressão crítica de colapso do tubo, quando enterrado (**P<sub>scrio</sub>**) o coeficiente de correção, segundo Janson, pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$C_s = \left( \frac{1 - 3 * \delta d_n}{d_n} \right)$$

$$P_{scrio} = C_s * P_{crio}$$

Sendo:

**P<sub>scrio</sub>** = pressão crítica de colapso para tubulação ovalizada, enterrada.

**C<sub>s</sub>** = coeficiente de correção da pressão crítica de colapso, aplicável a tubulações enterradas.

**δd<sub>n</sub>/d<sub>n</sub>** = deformação diametral relativa.

Considerando-se a temperatura ambiente como sendo 20°C, pela aplicação da equação da pressão crítica de colapso do tubo, sem apoio lateral, poderemos determinar a sua pressão crítica de colapso quando sujeitos a uma supressão devido ao golpe de aríete

desprezando o suporte fornecido pelo solo de envolvimento lateral temos como exemplo nos tubos Amanco Wavin Biax:

$$P_{cri} = \frac{2 * 4000}{[(1 - 0,452) * (36 - 1)^3]} = 0,234 \text{ MPa}$$

Ou seja, os tubos Amanco Wavin Biax resistem 2,34 vezes mais à pior condição teórica de supressão, que seria vácuo total (0,1 MPa). Na prática, a subpressão não atinge o vácuo total, chegando no máximo à pressão de vapor do líquido conduzido.

A norma europeia EN 805 especifica que as tubulações de adução e distribuição de água devem ser projetadas para suportar uma subpressão de 0,08 MPa.

Considerando-se o suporte do solo de envolvimento lateral (por exemplo, o valor de E' = 7 MPa, para solo granular com material fino, com compactação moderada), e ovalização máxima permissível para o tubo (7,5%) obtemos a pressão crítica de colapso através da equação:

$$P_{scrio} = C_s * P_{scri}$$

$$P_{scrio} = (1 - 3 * 0,075) * 1,15 * (0,234 * 7)$$

$$P_{scrio} = 1,14 \text{ MPa}$$

ou seja, a pressão crítica de colapso, neste caso, é mais de 10 vezes superior ao vácuo total.

# 8. Tubulações Aparentes, Submersas e sob Travessias

## 9.1 Tubulações aparentes

Nas situações em que as canalizações devem permanecer aparentes, seja na horizontal ou na vertical, é necessário realizar um projeto específico e verificar as seguintes condições:

- Proteção adequada e segura para evitar choques na tubulação;
- Que a tubulação não sofra os efeitos de esforços provenientes de deformações ou recalques da estrutura em que está apoiada ou fixada;
- Que a tubulação seja assentada em uma viga com seção em “U”, com dimensões que permitam envolvê-la com material granular;
- Espaçamento entre apoios dimensionados adequadamente, caso a tubulação tiver que ser apoiada, por braçadeiras ou apoio;
- Suportes de apoio dimensionados;
- Análise do coeficiente de dilatação térmica e flexibilidade.

Recomendamos que os tubos em PVC Amanco Wavin não sejam instalados sob insolação direta. Havendo esta necessidade recomendamos a instalação de uma proteção contra os raios UV em toda a tubulação.

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

Assim, as calhas, como as usadas em instalações elétricas, são desejáveis, pois a tubulação poderia ser instalada de maneira a poder mover-se, sem necessidade de suportes

mais vantajados e resistentes a esforços de dilatação. Utilizam-se apenas suportes-guia para que a tubulação não saia da calha ao mover-se.

Entretanto, nem sempre essa instalação é possível ou mais adequada, sendo também utilizadas as instalações fixadas em suportes espaçados ou pilares de concreto e mantidos por colares que suportem os esforços atuantes.

Nesses casos é fundamental que os esforços sobre os suportes e a tubulação sejam avaliados para que não ocorram flechas indesejáveis da tubulação, rupturas de conexões ou soldas, a quebra dos suportes ou mesmo vazamentos em juntas.

A superfície de apoio do tubo no pilar deve ser convenientemente preparada para assegurar um bom contato, interpondo argamassa ou outro material plástico, como por exemplo, manta de Neoprene. Normalmente prevê-se um pilar para cada tubo.

Quando a tubulação tiver que ser apoiada, o espaçamento entre esses apoios deve atender a tabela abaixo.

DN	Espaçamento Máximo
100	1,8 m
150	2,3 m
200	2,7 m
250	3,2 m
300	3,7 m
350	4,0 m
400	4,4 m
500	4,8 m
630	5,3 m
800	5,9 m
1000	6,6 m

Para fixação aérea na posição vertical, recomendamos adotar o espaçamento apontado na tabela acima (DN's 100 à 400mm);

Para fixação aérea na posição horizontal, pode-se adotar os seguintes espaçamentos de no mínimo:

- 4 apoios nos diâmetros de 100 à 200mm;
- 3 apoios nos diâmetros de 250 à 400mm.

Importante: Os espaçamentos devem ser uniformemente distribuídos, tendo como ponto de partida o apoio fixo posicionado adjacente a bolsa do tubo e/ou havendo conexões derivantes ou mudança de direção (ex: Tês, Selas, Curvas e etc.).

No caso de fixação aérea de tubos com diâmetros acima de 400mm, recomendamos adotar:

- posição vertical, o mínimo de 3 apoios por tubo (distribuídos uniformemente);
- posição horizontal, apoio em base contínua.

## 9.2 Tubulações Submersas

Nas instalações submersas, devem ser consideradas, em projeto específico, no mínimo as seguintes condições:

- Empuxo;
- Forças devidas às correntes de fundo que causam arraste da tubulação;
- Forças devidas às variações de maré e resultantes das correntes de ondas marítimas;
- Capacidade de suporte do solo;
- Dimensionamento de apoios;
- Dimensionamento da ancoragem dos tubos nos apoios.

## 9.3 Tubulações em Travessia de Rodovias ou Ferrovias

Em instalações em travessias de rodovias ou ferrovias é necessário um projeto adequado específico em função das cargas atuantes e vibrações.

Não recomendamos a instalação simples em travessias rodoviárias ou ferroviárias.

Recomendamos a instalação das tubulações Amanco Wavin sob travessias rodoviárias ou ferroviárias, utilizando tubos camisas ou túneis. A instalação das tubulações no interior dos túneis ou tubos-camisas deve empregar os métodos e equipamentos adequados para cada tipo de travessia, e sua execução deve ser conforme o projeto devidamente aprovado. Devem ser atendidos os detalhes de projeto, incluindo as caixas de manobra, terminais, drenagem e eventuais berços de apoio.



# 9. Transporte, Manuseio e Estocagem

O Transporte, Manuseio e Estocagem dos tubos e conexões Amanco Wavin devem ser realizados cuidadosamente, para garantir a segurança dos colaboradores e dos produtos, de modo a preservar a saúde dos colaboradores e a integridade dos tubos e conexões.

As orientações a seguir visam propiciar uma forma segura de transportar, manusear e estocar os tubos e conexões Amanco Wavin.

## 9.1 Transporte

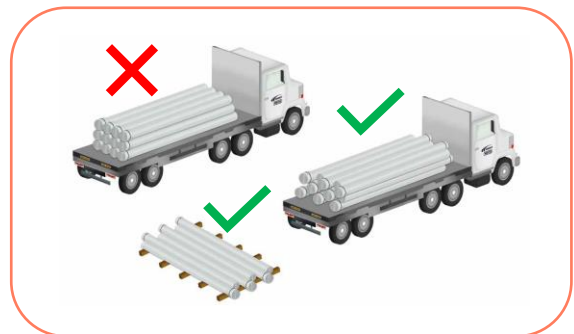
O carregamento dos caminhões deve ser executado de maneira tal que nenhum dano ou deformação se produza nos tubos durante o transporte, no qual os mesmos devem ser apoiados em toda sua extensão e evitar a sobreposição das bolsas, curvar os tubos, balanços e lançamento dos tubos sobre o solo. Lembrando que os tubos não podem ser arrastados ou batidos, evitando choques e rolamento dos materiais.

Durante o transporte dos tubos e conexões Amanco Wavin 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, parafusos, pregos, que possam existir na plataforma do caminhão, seja em seu assoalho ou nas superfícies laterais.

Os veículos utilizados no transporte devem ter dimensões compatíveis com o comprimento dos tubos, sendo na maioria dos transportes utilizados caminhões de plataforma aberta ou baú, no entanto, para tubulações de grandes diâmetros e algumas entregas especiais, os reboques de plataforma baixa podem ser uma opção, destacando que independentemente do tipo de transporte, a plataforma de transporte deve estar livre de

objetos pontiagudos e/ou cortantes que possam danificar a tubulação.

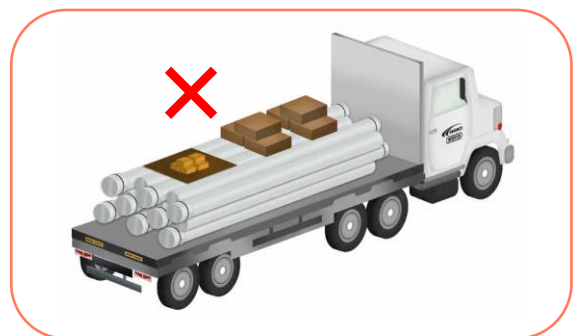
Os tubos devem ser acomodados na carroceria dos caminhões com as bolsas e as pontas alternadas. Cada camada será composta por tubos justapostos, alternadamente orientados, de modo que as bolsas sobressaiam completamente das pontas dos outros tubos.



Para que as bolsas da primeira camada de tubos não fiquem em contato com o assoalho da carroceria, utilizam-se sarrafos para compensar a altura das bolsas, colocando em posição transversal aos tubos e espaçados em 1,50 m.

Os tubos com diâmetros menores que 110 mm podem ser agrupados em feixes, facilitando sobremodo o trabalho e reduzindo o tempo de organização da carga. A amarração dos feixes deve ser feita com fita plástica.

Não transportar caixas ou outros materiais ou ferramentas sobre a pilha de tubos.



Evitar que parte da tubulação fique em balanço na carroceria principalmente em longos trajetos de deslocamento.



Caso seja necessário proteger a tubulação não se deve utilizar lona fechada diretamente sobre os tubos, para evitar um aumento expressivo da temperatura abaixo da lona. Caso seja necessário utilizar a proteção, garantir que haja um afastamento de no mínimo 30 a 50 cm na parte superior e laterais dos tubos para permitir a ventilação.

As bobinas dos tubos ligação predial deve ser transportadas em pé ou empilhadas, respeitando a altura máxima de 1,5 metros.



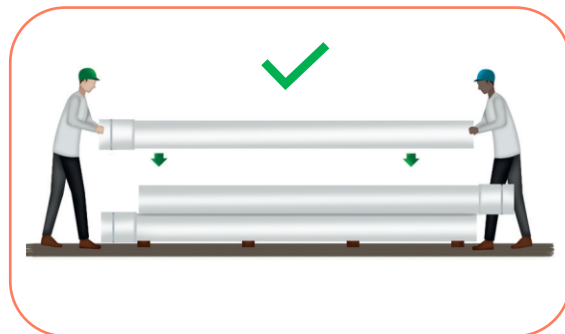
## 9.2 Manuseio

Ao movimentar os tubos e conexões Amanco Wavin nas operações de carga, descarga, estocagem, transporte até a vala, deve-se evitar que ocorram choques, batidas, atrito das embalagens de conexões e acessórios ou contatos com elementos que possam comprometer a integridade dos mesmos, tais como: pedras, quinas, objetos cortantes ou pontiagudos com arestas vivas, etc.

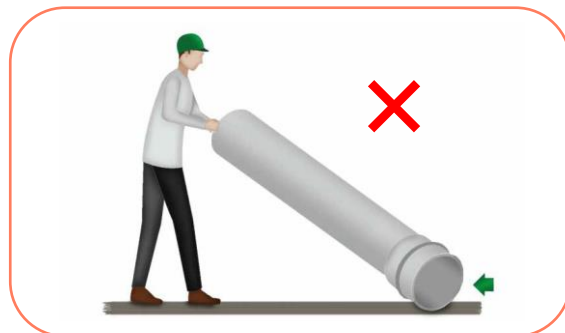
O descarregamento dos tubos e conexões dos caminhões deve ser feito com cuidado, preferencialmente de modo manual,

não devendo permitir que os tubos ou conexões sejam lançados/jogados do alto da carroceria diretamente ao solo a fim de evitar danos, evitando também eventuais danos ao arrastar tubos na carroceria dos caminhões.

Para evitar danos, NÃO se deve deixar cair a tubulação.



Para não dificultar / impedir a operação de união das pontas com as bolsas dos tubos, ou até mesmo comprometer a estanqueidade do sistema, não arraste ou bata as extremidades dos tubos contra o chão ou outra superfície rígida.



A tubulação suporta o manejo normal da obra e pode ser facilmente carregada/descarregada manualmente (diâmetros até 450mm) ou com equipamento (500mm até 1.000mm) fazendo uso de cordas ou cintas de nylon. O uso de qualquer material metálico, como correntes ou cabos de aço, NÃO

é recomendado, pois pode danificar as tubulações.

O carregamento/descarregamento sempre deverá ser supervisionado quando for realizado através de equipamentos ou mesmo manualmente. No caso de uso de cordas ou cintas de nylon, recomenda-se instalá-las em dois pontos de apoio na tubulação. Adicionalmente, as cordas ou cintas de amarração não devem ser removidas até que a tubulação esteja estabilizada no local previsto ou tenha sido segurada para prevenir o seu deslizamento ou até queda.

Os pontos acima devem ser considerados em todo tipo de manuseio, seja no recebimento do material, na movimentação para o local da obra e também no momento da instalação.

Os tubos devem ser colocados na vala por, no mínimo, dois homens, impedindo seu arraste no chão e, principalmente, choques de suas extremidades com corpos rígidos.

### 9.3 Estocagem

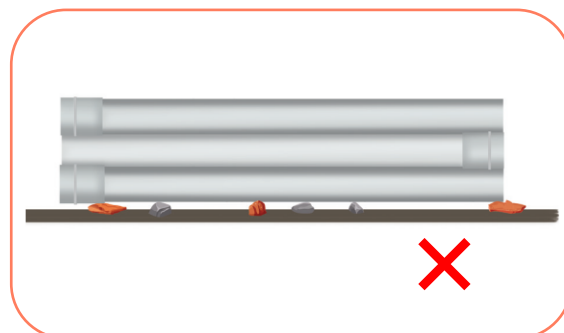
Deve-se estocar os tubos e conexões preferencialmente em locais sombreados, de fácil acesso e livres da ação direta ou de exposição contínua ao sol e intempéries, evitando possíveis deformações e descolorações provocadas pelo aquecimento excessivo.

Os tubos devem ser empilhados com cuidado, evitando-se esforços e tensionamento das bolsas e no corpo dos tubos;

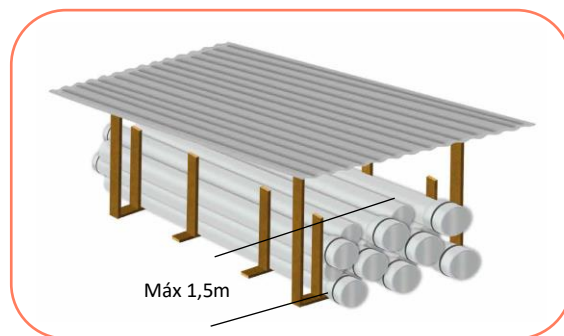


O armazenamento / estocagem dos tubos e conexões Amanco Wavin deve ser em locais isentos de quaisquer elementos que possam danificar o material tais como:

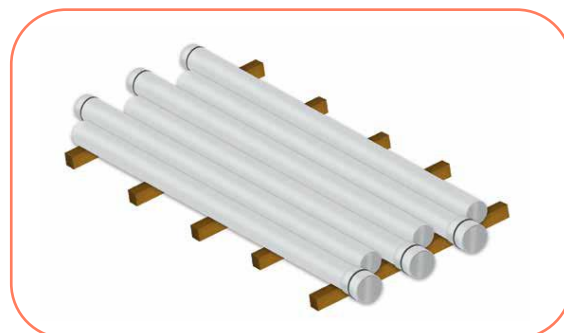
superfícies rígidas com arestas vivas, objetos cortantes ou pontiagudos, pedras, etc.



Admite-se um empilhamento com altura máxima de 1,50 metros, independente da bitola ou espessura dos tubos.



As barras de tubo devem ser dispostas em camadas, na forma horizontal a uma altura máxima de até 1,5 metros ou sobre pallets com empilhamento recomendável não superior a 2 unidades, não devendo ficar expostos a céu aberto por um período superior a 6 (seis) meses.



A exposição a intempéries, principalmente aos raios ultravioleta por tempo prolongado, pode alterar a resistência ao impacto no transporte e manuseio dos tubos e a vida útil dos anéis. Desta forma, no caso de

armazenamento por um período superior a seis meses, os tubos devem ser cobertos.

**NOTA:** A exposição às intempéries não altera as propriedades de resistência à tração e o módulo de elasticidade dos tubos.

As conexões devem ser estocadas por um período de, no máximo 6 (seis) meses, a partir da data da sua fabricação, quando estiverem sob a exposição de raios solares e/ou intempéries.

Quando os tubos ficarem estocados por longos períodos, devem permanecer ao abrigo do sol, evitando-se possíveis ovalizações ou deformações provocadas pelo seu aquecimento excessivo;

O local para estocagem deverá ser plano, com declividade mínima, limpo, livre de pedras ou objetos salientes e com ventilação, recomenda-se uso de lonas ou serem guardados sob abrigos para uma proteção eficaz como uma estrutura de madeiras de fácil desmontagem e sobre esta, uma cobertura com telhas, de maneira que os tubos fiquem distantes do telhado de 30 a 50 cm para que o calor não os danifique.

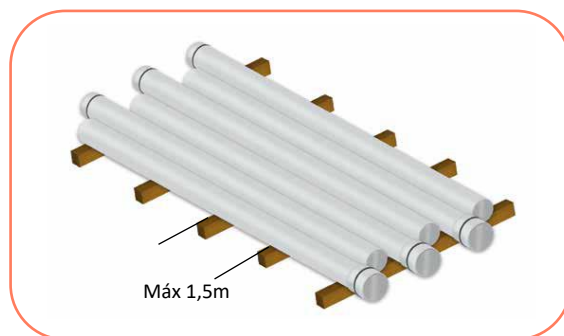


Caso utilize lona ou telas flexíveis (com por exemplo tela de monofilamento de polietileno de alta densidade com negro de fumo e percentual de sombreamento de 80%), garantir que haja um afastamento de no mínimo 30 a 50 cm na parte superior e laterais dos tubos para permitir a ventilação.

Tubos de diferentes diâmetros devem ser empilhados separadamente. Quando isto não for possível, deve-se colocar os tubos de diâmetros nominais maiores na parte inferior da pilha.

Armazene a tubulação tão perto quanto possível de sua localização final, afastada de tráfego de veículos e atividades de construção;

Para que as bolsas da primeira camada de tubos não fiquem em contato com tablado de madeira contínua, utilizar sarrafos ou travessas de madeira para compensar a altura das bolsas, colocando em posição transversal aos tubos e espaçados em 1,50 m.



As pilhas deverão ser em forma de pirâmide, sobrepostas ou tipo fogueira evitando empilhar a tubulação a mais de 1,50m de altura;

#### a) Pirâmide



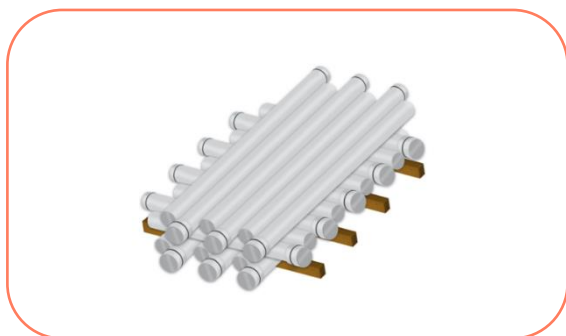
Para que as bolsas da primeira camada de tubos não fiquem em contato com o solo, utilizar sarrafos ou travessas de madeira para compensar a altura das bolsas, colocando em posição transversal aos tubos e espaçados em 1,50 m.

#### b) Sobrepostas



- Utilizar sarrafos ou travessas de madeira para compensar a altura das bolsas, colocando em posição transversal aos tubos e espaçados em 1,50 m.
- Os tubos devem ser colocados com as bolsas alternadas de cada lado. As demais fileiras de tubo devem ser dispostas umas sobre as outras, alternando as bolsas;
- Lateralmente a pilha, devem ser instaladas escoras verticais espaçadas a cada metro para apoio lateral das camadas de tubos.

c) Empilhamento em fogueiras



Realizado por meio da utilização de cruzamento longitudinal dos tubos para amarração das pilhas, sem a utilização de suportes laterais, utilizando sarrafos de madeira no sentido transversal a primeira camada espaçados de 1,5 m.

#### 9.4 Anéis de Vedação

Para evitar danos aos anéis de vedação é recomendável proteger as bolsas da radiação solar nos tubos que possuem os anéis de vedação já alojados nas bolsas, bem como tamponar os tubos para evitar a entrada de qualquer material estranho, como terra, folhagem, madeira, animais, etc. Estes tubos não podem ser usados como locais de armazenamento de ferramentas ou de quaisquer outros materiais.

Os anéis fornecidos em embalagens plásticas devem ser armazenados em suas embalagens originais sempre em lugares seguros e preferencialmente não exposto ao sol e contato com agentes químicos agressivos

como, por exemplo, solventes e só devem ser levados ao local da obra no momento do uso.

#### 9.5 Conexões e Pasta Lubrificante

As conexões, Tils e pasta lubrificante devem ser armazenados em suas embalagens originais sempre em lugares seguros e preferencialmente não exposto ao sol e contato com agentes químicos agressivos como, por exemplo, solventes e só devem ser levados ao local da obra no momento do uso;

Estocar pastas lubrificantes em local protegido do fogo ou do calor excessivo;

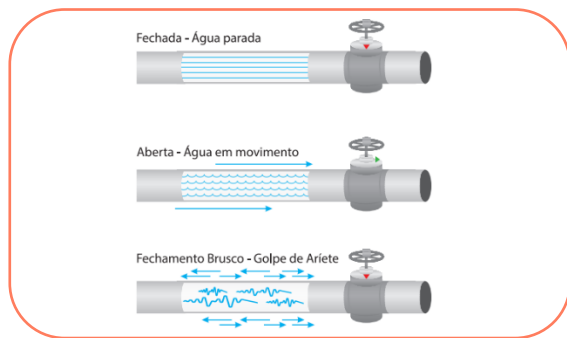
**NOTA:** Recomenda-se que estes lugares sejam mantidos limpos, secos, abrigados de luz e com temperatura controlada a  $\pm 20$  °C.

Para as bobinas dos tubos ligação predial, empilhar no máximo 10 bobinas. As bobinas devem ser empilhadas uma a uma, manualmente, respeitando a alguma máxima de 1,5 metros.

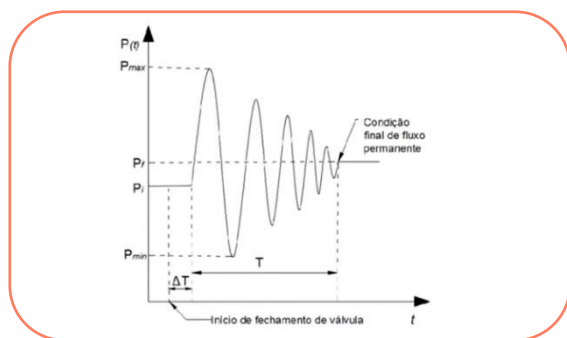
Quando os tubos ficarem ao longo da vala, devem permanecer pelo menor tempo possível, a fim de evitar acidentes, choques ou deformações.

# 10. Transitórios Hidráulicos

Transitórios hidráulicos (também conhecido como golpe de aríete) são variações repentinas de pressão, que acontecem esporadicamente, causadas por mudanças rápidas da velocidade do fluido na tubulação, ocasionadas por alguma perturbação, voluntária ou involuntária, tais como operações de abertura ou fechamento de válvulas/registros, falhas mecânicas de dispositivos de proteção e controle, parada de bombas causadas por queda de energia no motor.



O gráfico abaixo da pressão ao longo do tempo, representa a onda de pressão que ocorre após o fechamento do fluxo, desde o início do fechamento de uma válvula até o retorno para a condição de fluxo regular.



Sendo:

**Pi** = Pressão no instante inicial com fluxo regular

**Pf** = Pressão após o transiente hidráulico

**Pmáx** = Máxima pressão positiva provocada pelo transiente hidráulico

**Pmín** = Mínima pressão provocada pelo transiente (pressão negativa)

Tais variações são oscilações bruscas em torno da pressão de operação, podendo ocorrer vácuo na tubulação, caso a intensidade do golpe de aríete seja elevada e a pressão de operação relativamente baixa.

Suas principais causas são:

- Entrada em operação e desligamento de bombas;
- Abertura e fechamento de válvulas/registros;
- Movimentação do ar que se encontra na tubulação ou sua admissão e expulsão através de ventosas.

A análise dos transientes hidráulicos deve seguir a norma ABNT NBR 12215-1 – Projeto de adutora de água Parte 01 – Conduto forçado.

Para tubulações longas sujeitas a variações rápidas na velocidade do fluido, a intensidade do golpe de aríete pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$\Delta p = \pm \frac{a * \Delta V}{g}$$

Sendo:

**Δp** = intensidade do golpe de aríete (variação da pressão em torno da pressão de operação) (m.c.a.).

**a** = celeridade (m/s).

**ΔV** = variação da velocidade do fluido na tubulação (m/s).

**g** = aceleração da gravidade (m/s<sup>2</sup>).

A celeridade, que é a velocidade de propagação da onda de pressão na tubulação, é dada por:

$$a = \frac{\sqrt{\left(\frac{K}{\rho}\right)}}{\sqrt{1 + \frac{K * DE * c}{E * e_n}}}$$

Sendo:

**K** = módulo de elasticidade volumétrico do fluido (Pa) (2,15x10<sup>9</sup> a 2,50x10<sup>9</sup> Pa)

**ρ** = massa específica do fluido (kg/m<sup>3</sup>).

E = módulo de elasticidade do material do tubo (Pa).

DE = diâmetro externo nominal do tubo (mm).

$e_n$  = espessura de parede nominal do tubo (mm).

c = 1 (conduto assentado com junta de dilatação em toda a extensão).

Das equações acima vemos que a celeridade, e, portanto, a intensidade do golpe de aríete, depende do módulo de elasticidade do material do tubo. Assim, tubos rígidos, como ferro fundido ou concreto, geram golpes de aríete muito mais intensos do que os tubos plásticos, pois estes, devido à sua flexibilidade, absorvem melhor as ondas de pressão. Além disso, como a resistência a curto prazo dos plásticos é bem superior à resistência à longo prazo, eles dispõem de uma segurança adicional para resistir aos golpes de aríete.

O módulo de elasticidade do PVC diminui ligeiramente com a temperatura, como pode ser visto na tabela abaixo.

	20°C	30°C	40°C
<b>Curto Prazo</b>	3.500	3.780	3.655
	a	a	a
	4.500	3.880	3.755
<b>Longo Prazo (50 anos)</b>	1.500	1.450	950
	a	a	a
	2.500	1.550	1.050

As equações acima aplicam-se a tubulações livres. No caso de tubulações enterradas, o solo de envolvimento atua como um fator de incremento de rigidez do sistema. Recomenda-se assim, para tubulações enterradas, considerar um aumento de 10% na intensidade do golpe de aríete.

Para definir a tubulação bem como a classe de pressão da mesma, deve-se observar a pressão máxima de serviço admissível - PMA (pressão de serviço admissível mais o transiente hidráulico) dos tubos DEFOFO, PBA e BIAIX da Amanco Wavin apresentadas nas respetivas fichas técnicas.

Os golpes de aríete devem sempre que possível ser minimizados, através da adoção das seguintes medidas:

- Utilização de tubulações de maior diâmetro;
- Uso de volantes de inércia e de controles de partida e parada nos motores, para partidas e paradas suaves das bombas;
- Abertura e fechamento de válvulas de forma lenta;
- Evitar a entrada de ar, através de um dimensionamento cuidadoso das entradas de sucção das bombas;
- Evitar a entrada de ar nas tubulações, através de enchimento lento da tubulação, quando de sua entrada em operação;
- Uso adequado de ventosas nas partes altas da tubulação, para retirada do ar que poderá se acumular nestes pontos;
- Válvulas de alívio;
- TAU – Tanque de amortecimento unilateral;
- RHO - Reservatórios hidropneumáticos;
- Válvulas de retenção;
- Válvulas de bloqueio;
- Chaminés de equilíbrio.

Transientes hidráulicos são fenômenos complexos, principalmente em redes de tubulações com inúmeras válvulas, bombas e ventosas, dependendo das características destes elementos, bem como de outras variáveis como, por exemplo, a perda de carga, o tipo de solo de envolvimento e o seu grau de compactação.

As equações acima aplicam-se a situações mais simples, sendo recomendável a colaboração de pessoal especializado quando se tratar de sistemas complexos.

Os dispositivos empregados para atenuar os efeitos do golpe de aríete numa instalação deverão ser dimensionados, especificados e locados adequadamente conforme o projeto.

Sugerimos ainda que seja sempre repassada ao operador do sistema, que as operações de ligar e desligar de bombas sejam sempre realizadas com o registro na saída da bomba FECHADO, evitando assim os golpes produzidos nestas operações.

# 11. Resistência a Fadiga

Quando o transiente hidráulico (golpe de ariete), em vez de ser esporádico, assume um caráter repetitivo, com determinada frequência, temos o que se chama de variação cíclica da pressão ou carregamento cíclico. Os materiais, de modo geral, tendem a romper com tensões mais baixas do que o seu limite de resistência, quando submetidos a carregamentos deste tipo. Neste caso, faz-se necessário uma verificação da resistência à fadiga da tubulação.

Tais situações ocorrem em várias aplicações, como por exemplo em irrigação e em bombeamento de esgoto.

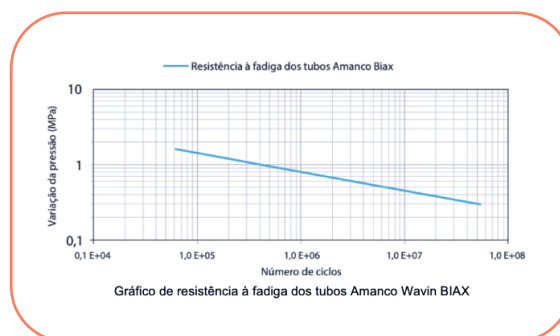
Aplicações em que ocorre acionamento e parada de bombas algumas vezes por dia, também devem ser verificadas.

Normalmente as bombas dispõem de controles de partida e parada nos motores, de forma a minimizar as sobrepressões. Estas sobrepressões, como são repetitivas, são consideradas no dimensionamento à fadiga da tubulação. Entretanto, caso haja uma parada brusca das bombas devido à falta de energia, como se trata de evento isolado, sem característica repetitiva, a sobrepressão (que é normalmente maior do que a de uma parada normal) deve ser considerada como golpe de aríete, sendo tratada como visto no item anterior.

As variações lentas de pressão que ocorrem normalmente ao longo do dia nas redes de distribuição de água, não precisam ser consideradas.

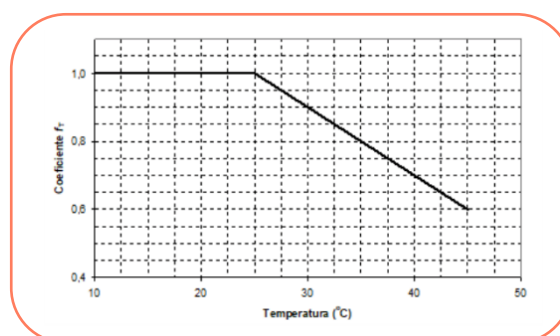
O número de ciclos que uma tubulação pode resistir sob a ação de uma pressão variável depende muito mais da variação da pressão (diferença entre a pressão máxima e a pressão mínima) do que do valor médio da pressão atuante.

O número de ciclos que uma tubulação pode resistir é obtido através de testes práticos, sendo, como exemplo no caso dos tubos Amanco Wavin Biax, expresso pelo gráfico a seguir:



O diagrama representa o número mínimo de ciclos. Normalmente não é necessário o uso de coeficientes de segurança, já que os valores médios são bem superiores.

A pressão máxima não deverá ultrapassar a 1,5 vezes a pressão nominal da tubulação no caso dos tubos Amanco Wavin Biax, isto é, não deverá ultrapassar a 2,4 MPa, para temperaturas de até 25°C. Para temperaturas superiores, o valor deverá ser corrigido usando-se o coeficiente de correção do gráfico abaixo:



A fadiga em tubulações pode ser minimizada através das seguintes medidas:

- Diminuindo a intensidade dos picos de pressão, seguindo-se as recomendações vistas anteriormente para minimizar os golpes de aríete.
- Limitando o número de ciclos, através da utilização de poços de sucção e/ou reservatórios de maior tamanho, que resultam em menor número de partidas das bombas.

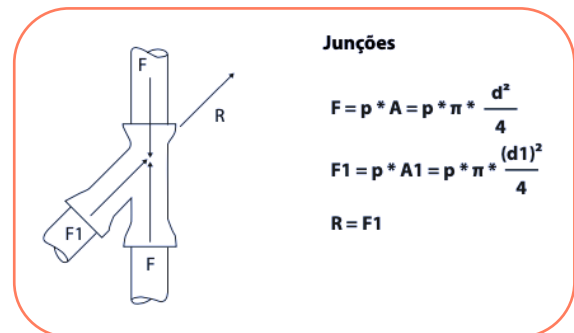
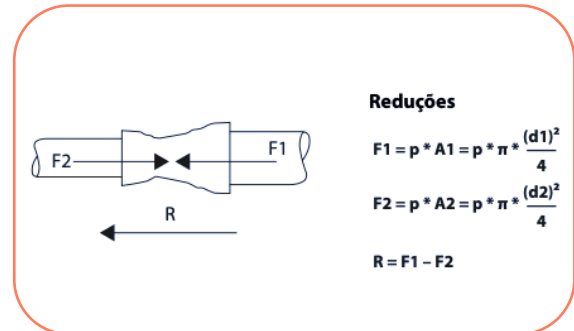
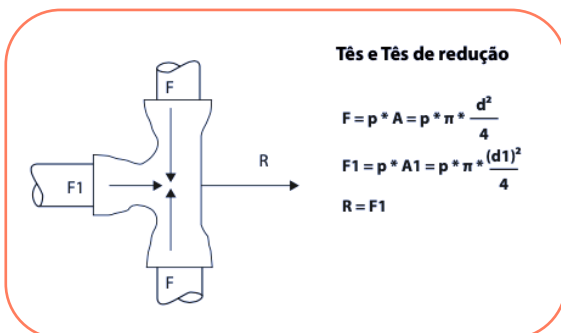
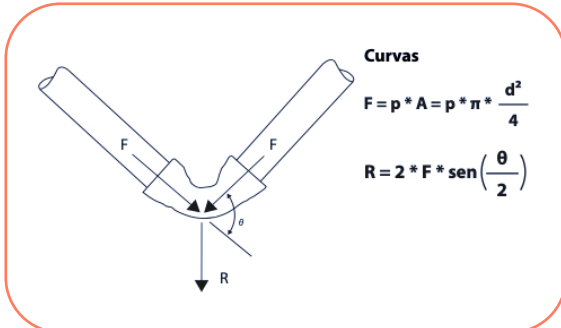


# 12. Empuxo Hidrostático e Hidrodinâmico

## 12.1 Empuxo Hidrostático

É a resultante de forças desbalanceadas atuantes sobre a tubulação, devido à pressão interna do fluido. Ocorre sempre que há uma mudança de direção ou de bitola da tubulação, como em curvas, tês e reduções, assim como em caps ou válvulas quando fechadas total ou parcialmente. Os esforços resultantes do empuxo hidrostático tendem a deslocar os componentes da tubulação, devendo ser impedido através de juntas travadas ou de blocos de ancoragem, já que as juntas elásticas são deslizantes e não oferecem resistência a tal movimento.

As figuras abaixo mostram as forças atuantes sobre alguns tipos de conexões e o empuxo hidrostático resultante:



## 12.2 Empuxo Hidrodinâmico

É casado pela mudança da quantidade de movimento do fluido conduzido, ou seja, ocorre quando há mudança de direção ou de velocidade do fluido.

A quantidade de movimento do fluido em uma determinada seção da tubulação, é expressa por:

$$M = m * V = \rho * Q * V = \rho * (A_i * V) * V = \rho * A_i * V^2$$

M = quantidade de movimento.

m = vazão em massa.

V = velocidade do fluido.

$\rho$  = massa específica do fluido.

$A_i$  = área da seção transversal interna da tubulação.

Em todas as situações ilustradas, sempre que haja velocidade do fluxo, haverá também empuxo hidrodinâmico. A única exceção é o cap, em que não há velocidade.

No caso de curvas, por exemplo, o empuxo hidrodinâmico é calculado por:

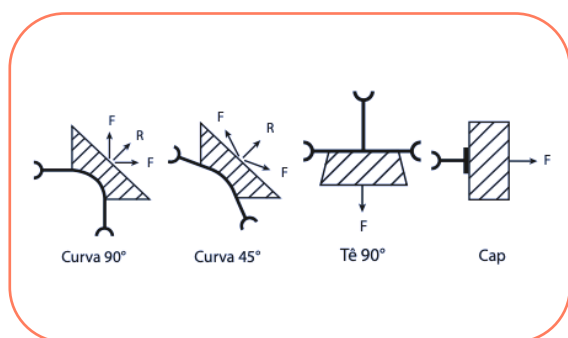
$$R = 2 * \rho * A_i * V^2 * \text{sen} \left( \frac{\theta}{2} \right)$$

O empuxo hidrodinâmico, nas velocidades usualmente empregadas nas tubulações, é desprezível quando comparado com o empuxo hidrostático, sendo normalmente desprezado.

O solo que envolve a tubulação deverá oferecer resistência ao empuxo, impedindo o movimento dos componentes do sistema. Como estes componentes têm uma área de contato relativamente restrita, a pressão sobre o solo seria elevada, podendo ultrapassar sua capacidade de suporte. Assim, utilizam-se os blocos de ancoragem, executados normalmente em concreto, que tem a função de melhorar a transferência do empuxo ao solo, através do aumento da área de contato, e, portanto, da diminuição da pressão resultante sobre o solo, de modo que este possa suportar com segurança o empuxo. Em alguns casos é utilizado também o peso do bloco de concreto e a força de atrito entre o bloco e o solo, como fatores de resistência ao empuxo.

### 12.3 Bloco de Ancoragem

#### 12.3.1 Dimensionamento da área de contato com o solo



O dimensionamento da área de contato do bloco de ancoragem com o solo, dependerá do empuxo e da capacidade de suporte do solo.

A capacidade de suporte do solo poderá ser estimada através da tabela a seguir, válida para empuxo horizontal em tubulações

enterradas a pelo menos 0,6 m de profundidade.

Tipo de solo	Capacidade de suporte (kPa)
Solo orgânico, turfa, etc.	0
Argila mole	25
Areia	50
Areia com cascalho	75
Areia com cascalho e argila	100
Areia com cascalho, ligados com argila	200
Solos duros	250

$$Ab = \frac{R}{(1000 * C_s)}$$

**Ab** = área de contato do bloco de ancoragem com o solo, perpendicular a direção do empuxo (m<sup>2</sup>)

**R** = empuxo hidrostático (N)

**Cs** = capacidade de suporte do solo (kPa)

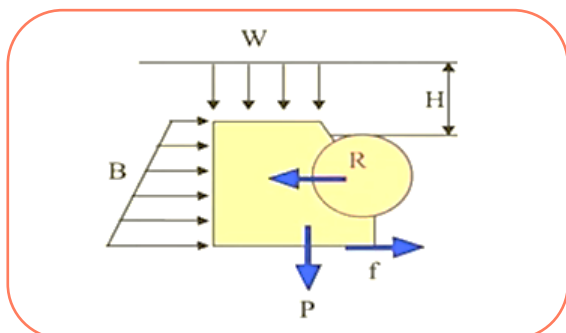
Obs.:

- Os blocos de ancoragem devem ser dimensionados para suportar o empuxo máximo, que ocorre quando a tubulação está submetida à máxima pressão hidrostática interna. Esta poderá ser decorrente de uma sobrepressão devido a um golpe de aríete previsto ou poderá ser a pressão de teste da tubulação, antes de entrar em operação.
- O bloco de ancoragem deverá envolver apenas a conexão, e não o tubo. Assim, as juntas elásticas da conexão fornecerão a flexibilidade necessária para compensar eventuais recalques diferenciais devido à pressão do bloco de ancoragem sobre o solo. As juntas, estando livres, permitirão também a observação de eventual vazamento durante o teste de estanqueidade da tubulação.

#### 12.3.2 Dimensionamento pelo atrito entre solo e bloco

Considerando o peso do bloco de ancoragem, o dimensionamento depende das

características do concreto utilizado, sendo o dimensionamento baseado no conceito abaixo:



Sendo:

**R** = força resultante;

**P** = peso do bloco;

**W** = peso do aterro;

**B** = apoio sobre a parede da vala;

**F** = atrito sobre o solo;

**M** = momento de tombamento.

Nas redes de adução e distribuição de água, os empuxos aparecem:

- A cada extremidade de uma tubulação – Caps;
- A cada mudança de direção – Curvas
- A cada mudança de diâmetro – Reduções;
- A cada derivação – Tês.

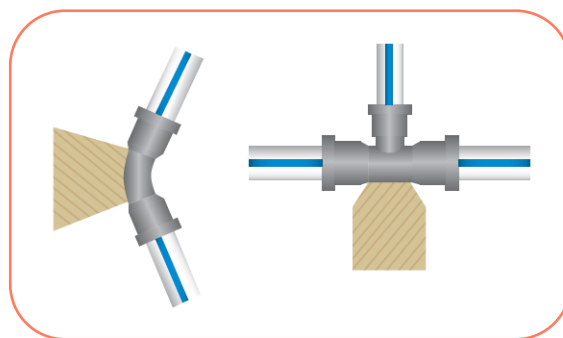
Todos os caps, curvas, reduções, tês devem ser protegidos, para garantia da perfeita estanqueidade das juntas elásticas dos tubos.

A proteção deve ser feita no sentido do peso próprio da peça e dos possíveis esforços longitudinais ou transversais, mantendo a tubulação livre desses esforços ou deformações, esforços estes que não são absorvidos pela junta elástica das conexões.

As juntas elásticas devem ser mantidas visíveis para que seja possível a verificação do ensaio de estanqueidade, a fim de garantir a estanqueidade do sistema, evitando infiltração e vazamentos.

A utilização de blocos de ancoragem de concreto é a técnica mais utilizada para equilibrar os esforços de empuxo hidráulico de uma canalização com bolsas, sob pressão.

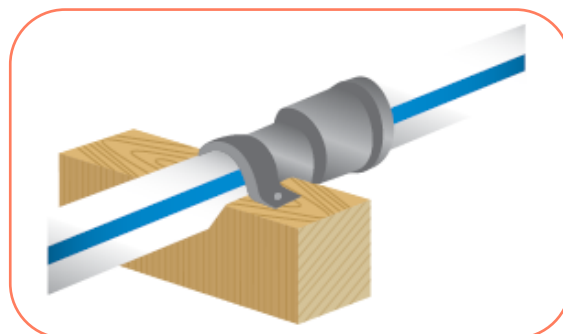
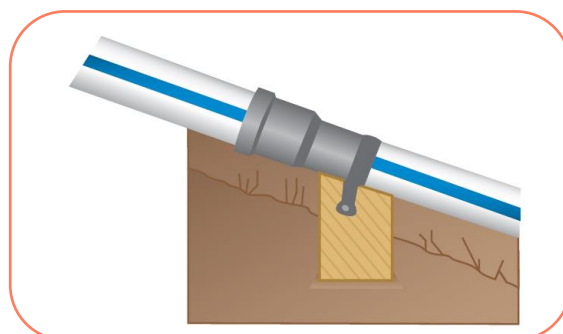
As ilustrações abaixo apresentam alguns exemplos do posicionamento dos blocos de ancoragem.



No caso de declividades acentuadas, superiores a 20%, deve-se prever a ancoragem da tubulação de uma forma geral, evitando qualquer deslocamento da linha da rede coletora.

Do mesmo modo, nos trechos em plano inclinado, tomar as medidas necessárias para evitar qualquer deslocamento da linha.

Quando existem obstáculos ou quando os terrenos são de má qualidade, impossibilitando a construção dos blocos de ancoragem, a alternativa é utilizar a técnica de travamento das juntas.



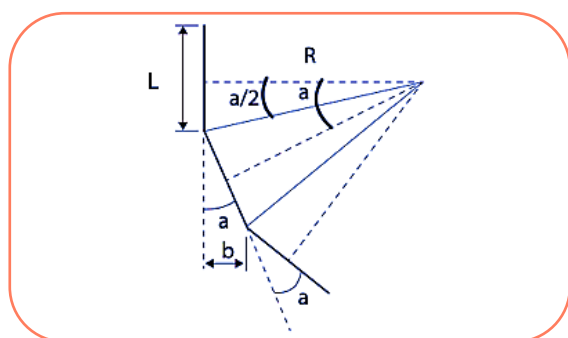
O dimensionamento desses elementos exige cálculos específicos para a determinação das suas características e dimensões.

# 13. Curvatura em Tubulações

Na instalação de tubulações de PVC, curvaturas de raio longo podem ser conseguidas aproveitando-se a deflexão angular permitida em cada junta elástica, assim como uma flexão controlada do próprio tubo.

## 13.1 Curvatura através da Deflexão Angular das Juntas:

Cada junta poderá ser defletida de 1°, obtendo-se desta forma uma poligonal de raio de curvatura suave para a tubulação. Deve-se notar que as juntas dos tubos Amanco Wavin Biax são testadas para ter estanqueidade perfeita com deflexão mínima de 2°, de modo que a curvatura assim obtida é segura.



Curvatura da tubulação através da deflexão nas juntas dos tubos.

Da figura acima, temos o raio resultante:

$$R = \frac{\left(\frac{L}{2}\right)}{\operatorname{tg}\left(\frac{a}{2}\right)}$$

Onde:

R = raio da linha de centro do tubo, resultante da deflexão angular das juntas dos tubos (m);

L = comprimento de cada tubo (m);

a = ângulo de deflexão em cada junta (°).

O deslocamento lateral da extremidade de cada tubo, devido à deflexão de um ângulo "a" será:

$$b = L * \operatorname{sen}(a)$$

As duas equações acima aplicadas aos tubos Amanco Wavin (L = 6 m e a = 1°), fornecem:

$$R = 343,77 \approx 344 \text{ m}$$

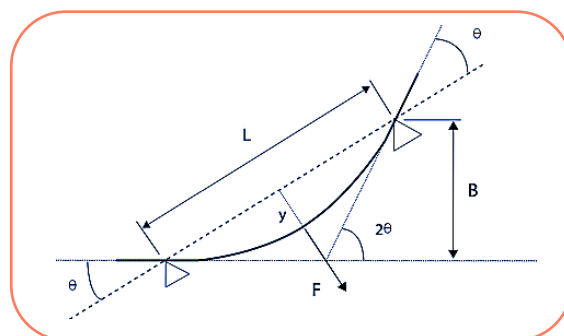
$$b \approx 0,105 \text{ m} = 10,5 \text{ cm}$$

## 13.2 Curvatura através da Flexão do Tubo

O raio de curvatura será limitado pela tensão axial máxima induzida pela flexão. Esta tensão ocorre na geratriz da superfície externa do tubo e age juntamente com outras tensões axiais causadas por acomodações do solo, contrações térmicas e pelo efeito Poisson. Seguimos as recomendações da norma ENV 1452-6, que especifica o raio mínimo de curvatura como 300 vezes o diâmetro externo do tubo.

Não se deve utilizar a bolsa como apoio para se curvar os tubos. Assim, o tubo terá as extremidades retas, sendo curvado apenas na parte intermediária.

Para se conseguir a curvatura, apoia-se o tubo em pontos próximos da extremidade, usando-se sacos de areia ou material de reaterro para mantê-lo na posição, exercendo-se então uma força no meio do vão, para curvá-lo. A situação é equivalente a uma viga bi-apoiada, com uma carga concentrada no meio do vão. O tubo será curvado em forma de uma parábola suave, sendo o raio mínimo localizado no meio do vão.



A força necessária, a flecha no meio do vão e o ângulo de deflexão nas extremidades, são calculados pelas seguintes expressões:

$$F = \left( \frac{4 * E * I}{R * L} \right)$$

$$I = \left( \frac{\pi}{64} \right) * [d_n^4 - (d_n - 2 * e_n) * 4]$$

$$y = \left( \frac{F * L^3}{48 * E * I} \right)$$

$$\theta = \frac{F * L^2 * \left( \frac{180}{\pi} \right)}{(16 * E * I)}$$

F = força necessária para curvar o tubo (N)  
 E = módulo de elasticidade axial de curto prazo do material do tubo (3x10<sup>9</sup> Pa para o PVC-O)  
 I = momento de inércia da seção do tubo, em relação à linha neutra (m<sup>4</sup>)  
 R = raio da linha de centro do tubo, no meio do vão (m)  
 L = comprimento do tubo a ser curvado (distância entre apoios) (m)  
 dn = diâmetro externo nominal do tubo (m)  
 en = espessura de parede nominal do tubo (m)  
 y = flecha no meio do vão, decorrente da curvatura do tubo (m)  
 θ = ângulo de deflexão nas extremidades do tubo (°)

A tabela a seguir apresenta, como exemplo, tais valores calculados para a linha Amanco Wavin Biax, considerando-se um comprimento de curvatura de 5 m (deixando-se 0,5 m em cada extremidade do tubo, para que as juntas não sejam forçadas) e um raio mínimo no meio do vão igual a 300\*DE. O ângulo de 2\*θ corresponde à deflexão total do tubo (θ em cada extremidade).

DN	F (Kgf)	y (cm)	θ (°)	2θ (°)	B (cm)
100	14	5,9	2,0	4,0	17,7
150	40	4,1	1,4	2,8	12,3
200	90	3,1	1,1	2,2	9,4
250	168	2,5	0,9	1,8	7,6
300	282	2,1	0,7	1,4	6,0

Da tabela apresentada, nota-se que a força necessária para o curvamento, aumenta significativamente com a bitola do tubo. Assim, tubos de bitola superior a DN 200 exigem as devidas precauções.

Não é recomendável o uso de colares de tomada ou Tês de ligação ou de serviço ou outros dispositivos em tubos curvados. Caso seja necessário ter derivação no trecho, recomenda-se efetuar a curvatura da tubulação usando-se apenas a deflexão angular das juntas.

# 14. Escoramento de Valas

## 14.1 Considerações Gerais

É obrigatório o escoramento para valas de profundidade superior a 1,25m, conforme estabelece a portaria no 3214 do Ministério do Trabalho, de 08/06/1978, regulamentada pela NR 18 e pela portaria nº 17, de 07/07/83.

Em todos os serviços de escavação, deve-se seguir a Norma NBR 9061 – Segurança de escavação a céu aberto.

O projeto do escoramento deve seguir a NBR 12266 - Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana – Procedimento

A execução do escoramento deve seguir as normas ABNT:

- NBR 17015 – Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis.

Em valas com profundidade inferior a 1,25m deve ser utilizado escoramento sempre que as paredes laterais forem constituídas de solo passível de desmoronamento, bem como nos casos em que, devido aos serviços de escavação, constate-se a possibilidade de alteração da estabilidade do que estiver próximo à região dos serviços.

A definição do tipo de escoramento a empregar depende da qualidade do terreno, da profundidade da vala e das condições locais

A remoção do escoramento deve ser feita cuidadosamente e a medida que for sendo feito o reaterro seguindo as recomendações das normas acima.

## 14.2 Tipos de Escoramento

A seguir destacamos os tipos mais comuns de escoramento utilizados:

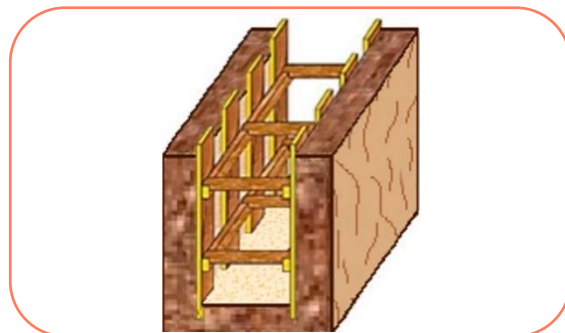
### 14.2.1 Tipos de Pontaletamento

Constituído de pranchas/tábuas de madeira dispostas verticalmente, espaçadas entre si e travadas horizontalmente por estroncas, de madeira, madeira roliça ou ainda metálicas, instaladas horizontalmente.



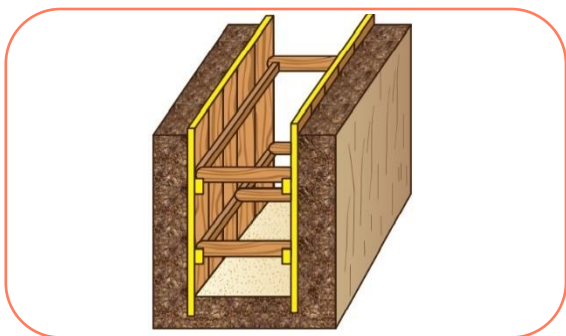
### 14.2.2 Tipo Descontínuo

Constituído de pranchas/tábuas de madeira dispostas verticalmente espaçadas entre si, fixadas por longarinas instaladas horizontalmente em toda extensão da vala e travadas com estroncas de madeira ou metálicas.



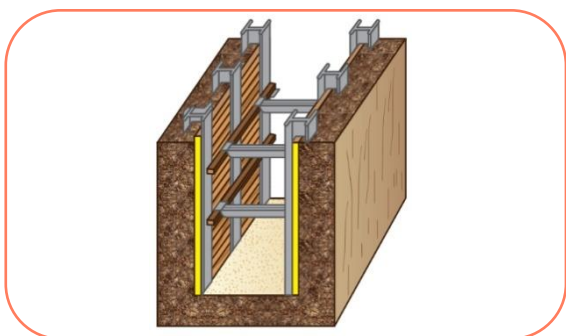
### 14.2.3 Tipo Contínuo

Constituído de pranchas/tábuas ou pranchas tipo macho-fêmea de madeira dispostas contíguas verticalmente e travadas por longarinas horizontais em toda a extensão da vala que por sua vez são travadas com estroncas horizontais de madeira ou metálicas espaçadas entre si.



#### 14.2.4 Tipo metálico-madeira

Constituído de perfis metálicos tipo "H", pranchões de madeira, longarinas e estroncas metálicas ou de madeira.



Além dos tipos acima, podem ser utilizados outros tipos de escoramentos dependendo do tipo de solo e da profundidade da vala, conforme abaixo.

#### 14.2.5 Tipo estaca prancha metálica

As estacas pranchas são perfis metálicos verticais, que permitem o acoplamento de várias peças sucessivas, por meio de encaixe tipo macho-fêmea e o travamento executado com longarinas e estroncas metálicas ou de madeira.

#### 14.2.6 Tipo caixa metálica

Estrutura metálica única (tipo gaiola) constituída de chapas e perfis metálicos modulados e montados de tal forma a propiciar um espaço seguro dentro da vala que possibilite o desenvolvimento de todos os trabalhos pertinentes ao assentamento da tubulação, podendo ser articulada ou não.

#### 14.2.7 Tipo pontaleamento metálico

As superfícies laterais da vala são contidas por perfis metálicos dispostos aos pares, vertical e simetricamente ao longo das paredes laterais da vala, travados horizontalmente por estroncas ou cilindros metálicos com dispositivo hidráulico ou mecânico, com a finalidade de aplicar pressão ativa nos perfis colocados ao longo da vala.

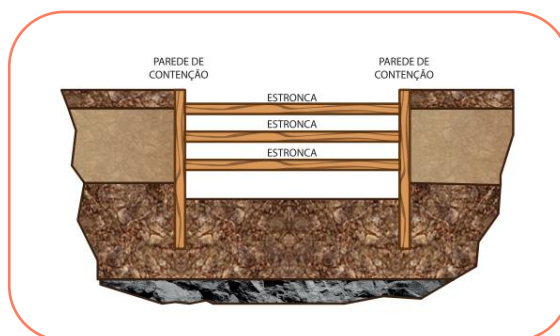
#### 14.3 Cuidados na ancoragem

O dimensionamento do escoramento, de modo a garantir a estabilidade da vala e a segurança dos instaladores depende do tipo de solo e das dimensões da vala e deve seguir as recomendações normativas.

As operações de montagem e desmontagem do escoramento devem ser com cuidados de modo a não afetar a junta da tubulação já executada, bem como não deve comprometer a integridade da tubulação.

Quando ao sistema de escoramento tipo Caixa metálica o deslocamento da caixa não pode ser efetuado com movimento horizontal no nível de assentamento da tubulação, e sim primeiramente com movimento vertical até no mínimo de 30cm acima da geratriz superior externa da tubulação, para posterior deslocamento horizontal. Recomenda-se durante a movimentação do escoramento tipo caixa manter a tubulação já assentada travada por meio de "tirfor" / catraca ou para diâmetros menores com pontalete, para evitar o desacoplamento.

A retirada das estacas da vala escorada deve ser um processo gradual, onde, possibilite a compactação por camadas dos vazios deixados pela remoção das mesmas.



# 15. Instalações dos Tubos Amanco Wavin

## 15.1 Considerações Gerais

Durante a instalação dos tubos e conexões Amanco Wavin, é indispensável a proteção contra riscos de acidentes, devendo ser cumprido o estabelecido na legislação vigente, com uso obrigatório e correto de equipamentos de proteção individual (EPI) e dos equipamentos de proteção coletiva (EPC), visando preservar a integridade física de todas as pessoas envolvidas na obra.

A execução de adutoras, redes de distribuição de água, rede de drenagem ou rede de coleta de esgotos com tubos e conexões Amanco Wavin deve obedecer ao projeto executivo bem como deve se atentar no mínimo aos requisitos prescritos nas Normas Regulamentadoras:

- **NR 8** – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção
  - **NR 18** – Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção
  - **NR 19** – Explosivos
  - **NR 21** – Trabalho a céu aberto
- Bem como nas Normas Brasileiras abaixo:
- **NBR 9061** - segurança de escavação a céu aberto
  - **NBR 7367** - Projeto e assentamento de tubulações de PVC rígido para sistemas de esgoto sanitário
  - **NBR 17015** - Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis

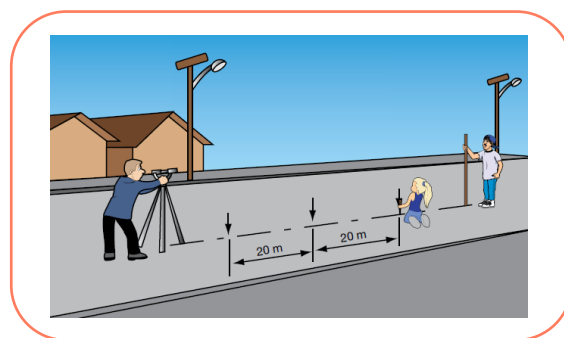
Além destes documentos listados acima, é importante considerar as informações técnicas a seguir.

## 15.2 Preparo da Vala

A locação e o nivelamento topográfico devem ser executados antes do início da obra ou de trechos da obra, e consistem em demarcar no terreno, os pontos determinados em projeto de uma rede, para que esta possa ser executada exatamente no local planejado, devendo locar o eixo das valas a serem escavadas, indicando os pontos notáveis como conexões, registros, poços de inspeção, caixas de passagem, etc., bem como a largura e a profundidade (cota) da escavação.

A tubulação a ser assentada deve ter seu eixo demarcado a cada 20 m e conseqüentemente suas cotas de fundo da vala devem ser também verificadas neste espaço.

As cotas da geratriz superior da tubulação instalada devem ser verificadas logo após o assentamento e também antes do reaterro, para que eventuais correções possam ser feitas.



## 15.3 Escavação da Vala

A escavação das valas deve obedecer às regras da boa técnica, abertas de jusante para montante, devendo-se utilizar escoramento (para conter as paredes laterais da vala), sempre que necessário;

As valas podem ser escavadas mecânica ou manualmente, atendendo a



critérios técnicos e de segurança, conforme a norma em vigor.

As escavações devem obedecer às dimensões de largura e profundidade estabelecidas no projeto, considerando a existência ou não de escoramento. Em situações em que o fundo da vala possuir material rochoso ou irregular, aplicar uma camada de areia e compactar, assegurando o nivelamento e a integridade dos tubos a serem instalados.

A inclinação dos tubos, quando necessária, é dimensionada em função da vazão e velocidade e devem ser assentados obedecendo às especificações de projeto

A largura da vala deverá ser suficiente para o trabalho dos operários e para que seja possível a compactação adequada do solo de reaterro nas laterais do tubo.

Durante a escavação da vala, todo entulho resultante da quebra do pavimento ou eventual base de revestimento do solo deve ser afastado da sua borda, para evitar o uso indevido no envolvimento da tubulação.

#### 15.4 Largura e profundidade da Vala

As dimensões da largura e profundidade da vala deverão seguir o projeto técnico, bem como as orientações das normas brasileiras.

A largura mínima da vala para os tubos Amanco Wavin varia conforme a profundidade e o diâmetro da tubulação. É importante que haja um espaço entre as geratrizes laterais da tubulação e a parede da vala de no mínimo 25 cm para que seja possível efetuar o reaterro e a compactação do solo de envolvimento lateral da tubulação.

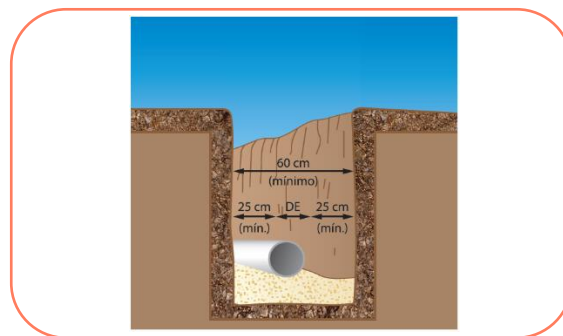
Recomenda-se adotar as larguras da vala conforme tabela abaixo:

Profundidade	Largura da vala
< 2,0 m	0,60m
2 a 4 m	0,80m
> 4,0 m	Mínimo 0,80m

A largura da vala no nível de assentamento do tubo é função das cargas externas que atuam sobre a tubulação, considerando o tipo de solo base e o envolvimento a ser dado ao tubo.

A profundidade mínima de instalação do tubo (distância da superfície do solo até a geratriz superior do tubo) deverá ser de:

Assentamento	Recobrimento mínimo
No passeio	0,60 m
Com tráfego leve	0,80 m
Com tráfego intenso e pesado	1,20 m
Sob ferrovias	1,50 m



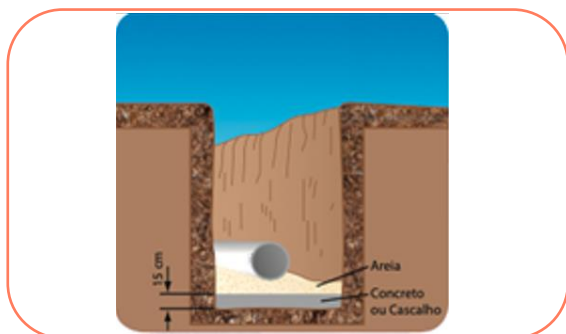
#### 15.5 Fundo da Vala

O fundo da vala deverá ser regularizado, de modo a prover suporte adequado para os tubos. Deverá ser isento de pedras, saliências e reentrâncias. As eventuais reentrâncias devem ser preenchidas utilizando-se areia ou material equivalente compactado, tal que fique nas mesmas condições de suporte do fundo da vala normal.

Deve ser preparado para receber a tubulação sendo necessário observar as recomendações específicas do projetista para tal.

No caso de solo argiloso, tabatinga ou lodo, sem condições mecânicas mínimas para assentamento dos tubos, deve-se executar uma base de cascalho ou concreto convenientemente estaqueada. A tubulação sobre tais bases devem ser assentada, apoiada sobre berço de areia ou material escolhido,

tomando-se os cuidados necessários (uso de material bem graduado ou de manta geotêxtil) se houver possibilidade de migração do material nativo para o berço. É também aconselhável que a largura da vala seja um pouco maior, para que a pressão lateral transferida ao solo nativo seja mínima.

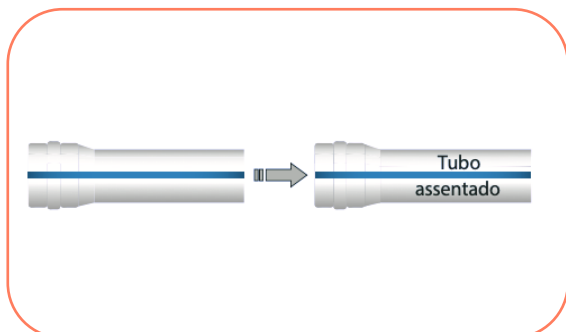


As escavações em rocha decomposta, pedras soltas e rocha viva devem ser feitas abaixo do nível inferior dos tubos. No fundo da vala deve ser executado um leito de areia, isento de pedras, de no mínimo 15 cm sob os tubos.

### 15.6 Assentamento da Tubulação

Preferencialmente, cada tubo assentado deve ter como extremidade livre uma bolsa, na qual será acoplada a ponta do tubo subsequente. Isto permitirá uma montagem mais limpa, evitando-se problemas de contaminação e estanqueidade.

É recomendável, mas não essencial, que o fluxo de água ou esgoto na tubulação se dê da ponta de um tubo para a bolsa do tubo seguinte.



### 15.7 Considerações sobre o Assentamento

No caso de transição entre o tubo Amanco Wavin Biax ou DEFOFO e o tubo de ferro fundido, recomenda-se sempre introduzir a ponta do tubo Amanco Wavin na bolsa do tubo de ferro fundido. As pontas dos tubos de ferro fundido tem maiores variações dimensionais, inadequadas ao projeto das bolsas dos tubos Amanco Wavin;

O sentido de montagem dos trechos deve ser de preferência caminhando-se das pontas dos tubos para as bolsas ou seja, cada tubo assentado deve ter como extremidade livre uma bolsa, onde deve ser acoplada a ponta do tubo subsequente;



Uma curvatura de raio longo da tubulação poderá ser obtida mediante deflexão angular nas juntas ou então mediante curvatura a frio dos tubos;

Não é conveniente o uso de aquecimento dos tubos para a obtenção de curvas;

Deve-se impedir o arrasto dos tubos no chão, durante o transporte de descida dos tubos na vala;

Os tubos devem ser assentados com a sua geratriz inferior, coincidindo com o eixo do berço (todo o corpo do tubo deve estar apoiado no berço), de modo que as bolsas fiquem nas escavações previamente preparadas, assegurando um apoio contínuo do corpo do tubo. A região da bolsa deve ser escavada no fundo da vala de modo a manter o corpo do tubo totalmente apoiado.

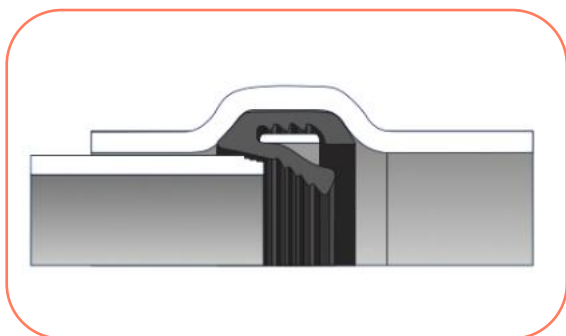
Verificar se o chanfro da ponta do tubo não foi danificado (ou o tubo foi cortado). Caso necessário, corrigi-lo com uma grossa ou lima.



### 15.8 Execução da Junta Elástica

Verificar se o anel de vedação se encontra na posição correta;

O anel JERI (Junta Elástica Removível Integrada), dos tubos que utilizam estes anéis, pode ser removível da bolsa e recolocado na canaleta, caso a sua posição não esteja correta.



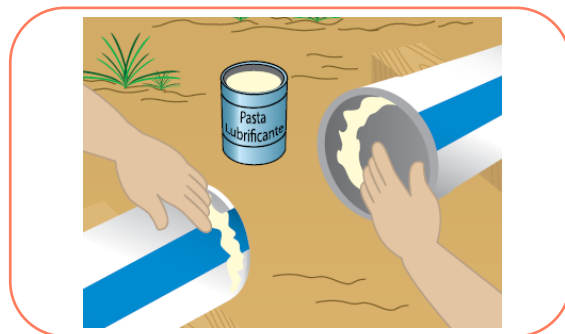
Por sua vez, o anel JEI (Junta Elástica Integrada) dos tubos que são fornecidos já com este anel incorporado na bolsa, não podem ser removidos da canaleta.

Nas conexões, proceda a colocação do anel de vedação JERI ou O'ring conforme o procedimento detalhado no item – colocação do anel na bolsa.



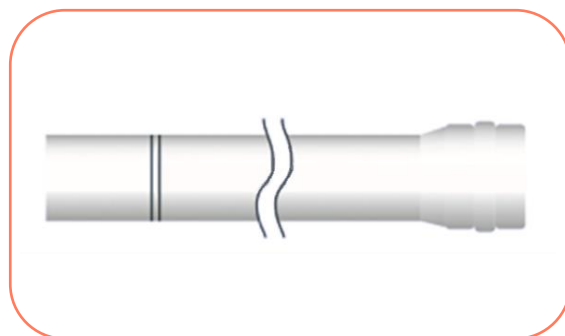
Aplicar a Pasta Lubrificante Amanco Wavin na parte visível do anel de vedação e na ponta do tubo, para facilitar a montagem;

Não usar óleo ou graxa como lubrificante, pois podem danificar o anel de vedação.

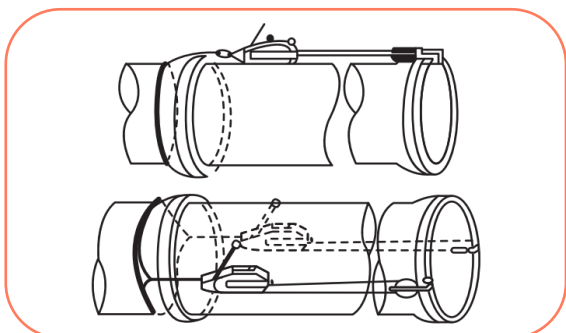


Introduzir a ponta do tubo na bolsa observando as marcações, que indicam quanto a ponta deve ser introduzida na bolsa.

Se a instalação estiver sendo feita em uma barra de tubo, observar que na extremidade (ponta) do tubo, existe uma marcação indicando a faixa da profundidade de encaixe na bolsa. Se por algum motivo, houve a necessidade de corte de um segmento do tubo, meça a profundidade da bolsa e marque na extremidade do tubo. Isso lhe auxiliará na visualização da inserção máxima de montagem;



A montagem deve ser manual, ou quando necessário, poderá ser utilizada uma alavanca ou um equipamento de tração (tirfor), protegendo-se a extremidade do tubo em contato com a alavanca, com um calço de madeira.

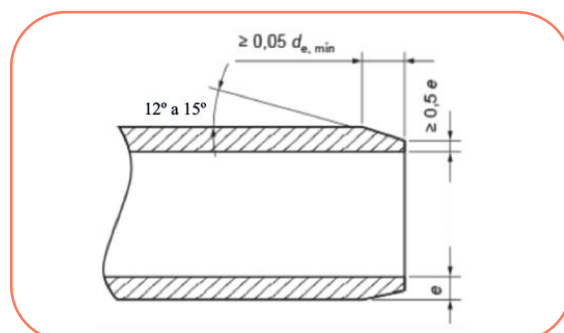


OBS. O uso da concha de retroescavadeira para propiciar o encaixe da tubulação é PROIBIDO, conforme as normas brasileiras, uma vez que pode danificar a bolsa do tubo que está sendo encaixado, bem como dificulta o controle para que a ponta do tubo não seja acoplada 100% no interior da bolsa, pois é necessário manter uma folga para a dilatação da tubulação. Mesmo existindo a marcação das duas faixas para delimitar o quanto deve ser introduzido a ponta na bolsa, com a força da retro não é possível controlar o quanto foi introduzido e propiciar um recuo necessário para a dilatação.

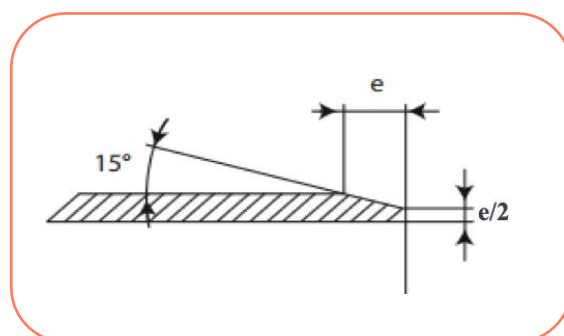


A ponta dos tubos Amanco Wavin para água ou esgoto de parede maciça ou celular já é fornecida devidamente chanfrada para facilitar a montagem da junta elástica. Quando se corta tubos na obra, deve-se efetuar o

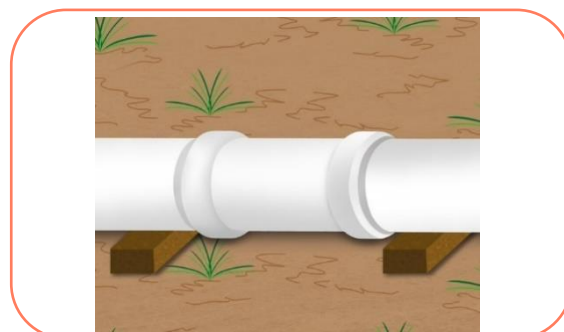
chanfro na ponta cortada, com as seguintes dimensões aproximadas:



As conexões de ferro fundido têm normalmente a profundidade de bolsa menor que a dos tubos Amanco Wavin Biax. Assim, quando se efetua a montagem de pontas de tubos em conexões de ferro fundido, a ponta deverá ser introduzida até o final da bolsa. Além disso, o chanfro utilizado na ponta dos tubos deverá ter o seu comprimento reduzido, conforme a figura abaixo:



A montagem da tubulação entre dois pontos fixos deve ser feita utilizando-se Luvas de Correr;



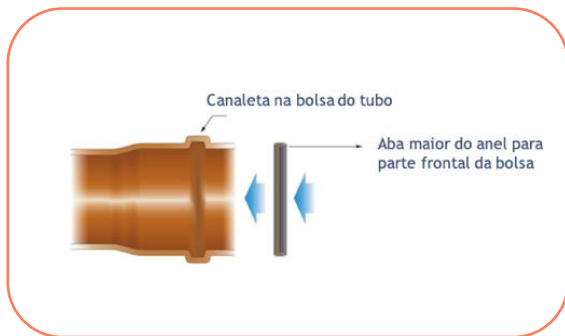
## 15.9 Acoplamento do Anéis de Vedação

### 15.9.1 Tubos Amanco Wavin, Biax, Coletor Maciço e Coletor Solar

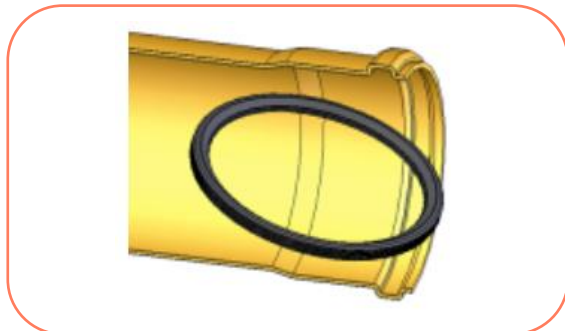
Para acoplar corretamente o Anel JERI nos Tubos Amanco Wavin, utiliza-se o Método do Plano Inclinado, conforme os passos seguidos abaixo:

Passo 1 – Limpe o interior da bolsa e da virola com um pano úmido ou estopa;

Passo 2 - Posicione o anel, de forma que a aba maior do mesmo seja direcionada para a parte frontal da bolsa.



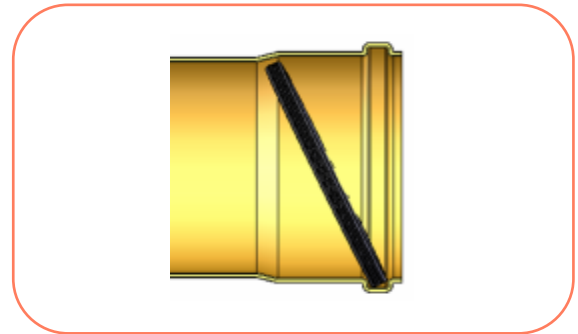
Passo 3– Com a alma plástica voltada para baixo, ovalize suavemente o anel e introduza-o na posição horizontal no Tubo Amanco Wavin;



Passo 4 – Incline gradativamente o Anel JERI posicionando-o dentro da canaleta;



Passo 5 – Oriente um dos lados do Anel JERI a alojar-se completamente dentro da canaleta;



Passo 6– Puxe o anel lubrificado escorregando-o pela parte superior do Tubo Amanco Wavin;

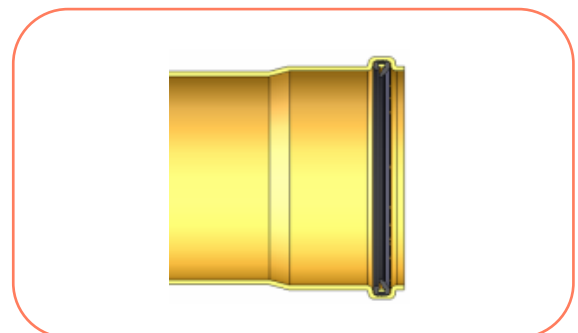


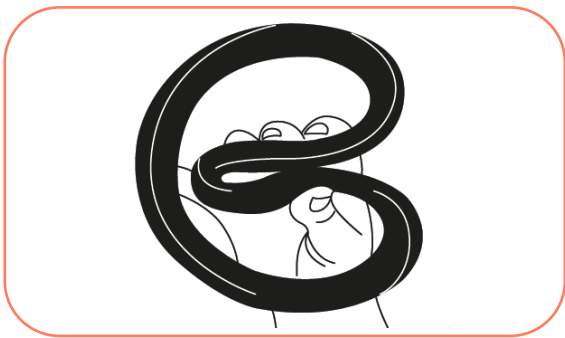
Passo 7 – Acomode a parte superior do Anel JERI na canaleta do Tubo Amanco Wavin.

### 15.9.2 Tubos Amanco Wavin DEFOFO e PBA

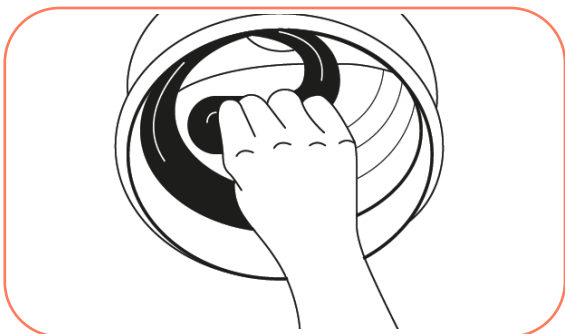
Passo 1 – Limpe o interior da bolsa e da virola com um pano úmido;

Passo 2 - Faça uma pequena dobra no anel com os dedos, deixando-o no formato conforme abaixo;

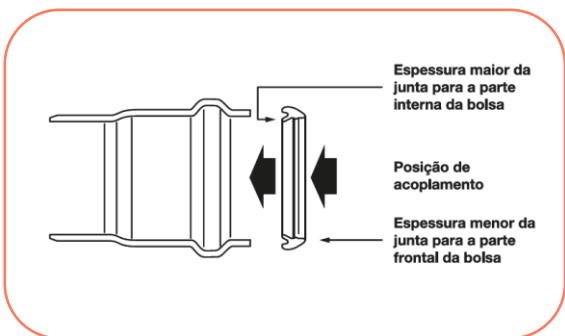




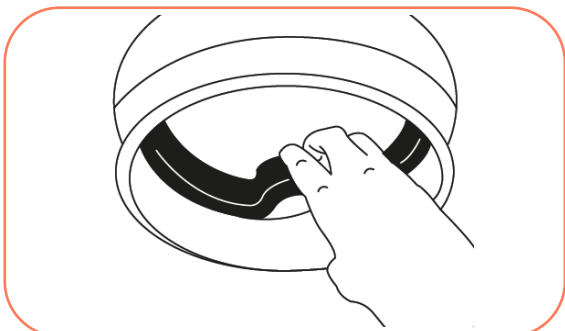
Passo 3 - Introduza primeiramente a região não dobrada do anel na canaleta do tubo Amanco Wavin;



Passo 4 - Observe a posição de acoplamento. Os dois lábios do anel devem ser direcionados para dentro do tubo Amanco Wavin;



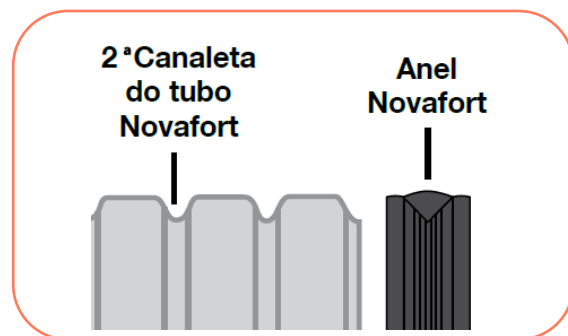
Passo 5 - Acomode a região dobrada na canaleta do tubo, pressionando gradativamente até obter um perfeito alojamento deste anel na bolsa.



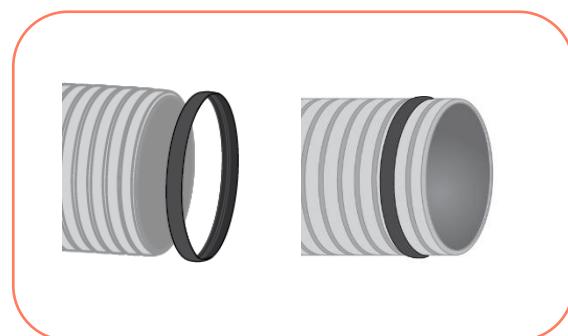
### 15.9.3 Tubos Wavin Corrugado e Novafort

Passo 1 – Limpar com pano úmido a ponta do tubo, até a quinta corrugação;

Passo 2 - Posicione o anel de vedação no segundo vale da corrugação a partir da extremidade da ponta do tubo Amanco Wavin Corrugado ou do Novafort;



Passo 3 – Acomode o restante do anel no restante do vale;



Passo 4 – Confirmar se o todo o anel está posicionado no interior do vale da corrugação.

### 15.10 Derivações

As derivações devem ser executadas com colares de tomada ou Tês de serviço de largura adequada, que abracem o tubo em toda a sua circunferência e que tenham batentes que impeçam um aperto excessivo sobre o tubo.

As conexões de ramais de esgoto devem ser executadas com as selas com trava ou sela compacta conforme a bitola do tubo coletor receptor do esgoto.

Não é recomendável efetuar derivações em tubos curvados. Caso seja necessário ter

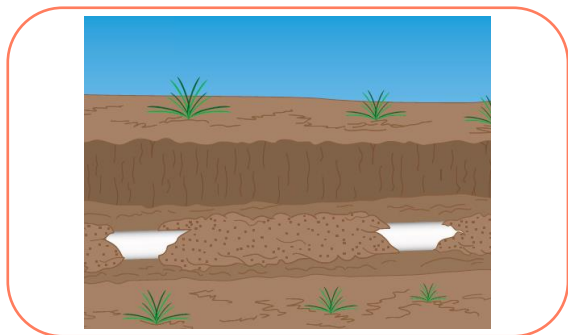
derivação no trecho, recomenda-se efetuar a curvatura da tubulação usando-se apenas a deflexão angular das juntas.

### 15.11 Ancoragem

Em todos os pontos da tubulação em que existam curvas, derivações, reduções, registros, entre outros, devem ser executadas ancoragens.

### 15.12 Estanqueidade das Juntas

Antes do reaterro final da vala, todas as juntas executadas devem ser verificadas quanto à sua estanqueidade. As verificações devem ser feitas de preferência entre derivações e no máximo a cada 500 m de tubulação.



Após o assentamento dos tubos, seu envolvimento e ancoragem das conexões, mantendo-se todas as juntas inspecionáveis, a tubulação deve ser pressurizada com água até que seja atingida 1,5 vez a pressão de serviço do tubo, no ponto de cota geométrica mais baixa. Em nenhum ponto da linha a pressão hidrostática interna de ensaio pode ser inferior a 0,2 MPa.

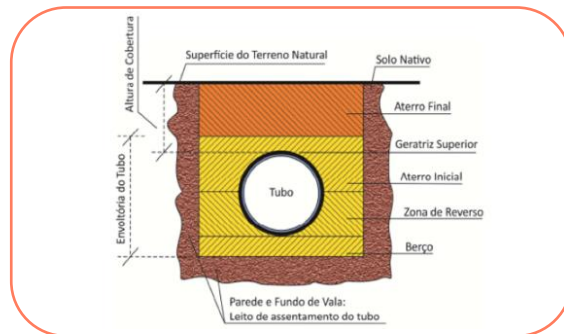
Manter a pressurização estável na linha no mínimo durante 30 min.

### 15.13 Reaterro

Os tubos e conexões Amanco Wavin das linhas PBA, DEFOFO, BIAX, COLETOR MACIÇO, COLETOR CORRUGADO, NOVAFORT e LIGAÇÃO PREDIAL devem ser

envolvidos com solo conforme recomendações do projetista e considerações abaixo:

#### 15.13.1 Partes integrantes de uma instalação típica de tubos enterrados



Berço é a camada de apoio do tubo. No caso de tubos rígidos pode ser constituído por uma camada compactada de solo de reaterro ou executado em concreto quando o solo original não tiver sustentação.

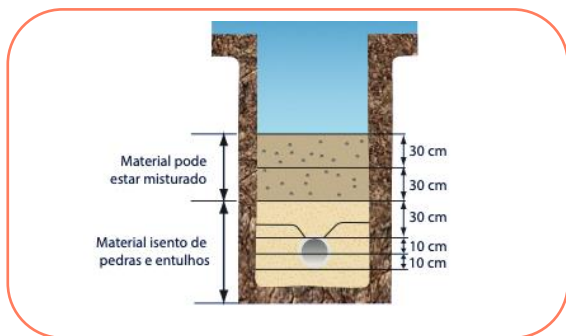
Aterro inicial e Zona de reverso são regiões da envoltória que necessitam de uma execução criteriosa para que o sistema tubular enterrado apresente o desempenho desejado.

Envoltória é a denominação dada ao material compactado adjacente ao tubo, que inclui o berço, a zona de reverso e o aterro inicial. A envoltória exerce função estrutural de grande importância, onde a capacidade de sustentação das cargas impostas depende um suporte lateral adequado.

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, quando aplicável.

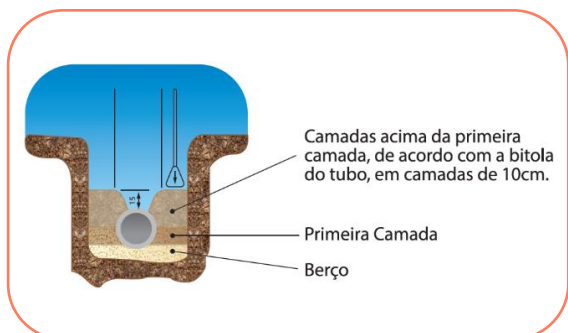
Solo nativo é o espaço de solo composto por matéria que se apresenta firme, compacta, consistente, sem falhas, onde será aberta a vala para instalação do tubo. O leito de assentamento do tubo compreende as paredes e o fundo da vala. No caso de instalação de tubo em aterro sobre nativo, deve-se realizar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

A tubulação deve ser recoberta com material selecionado (isento de pedras e entulho), pelo menos até 30 cm acima da geratriz superior do tubo.



O reaterro deve ser feito em camadas de no máximo 10 cm, compactando-se manualmente apenas nas laterais do tubo, até que se atinja uma altura de 15 cm acima do tubo. A partir daí, o reaterro prossegue em camadas de no máximo 30 cm, compactando-se com equipamento apropriado em toda a largura da vala, de modo a se obter o mesmo estado do terreno lateral.

Ao se colocar o material de reaterro, deve-se tomar o devido cuidado para que não fiquem vazios junto à tubulação.



Quando a vala tiver escoramento, este deve ser retirado progressivamente à medida em que se efetua a compactação, de modo que não ocorram vazios no solo, devido à retirada do escoramento, conforme item 14.3

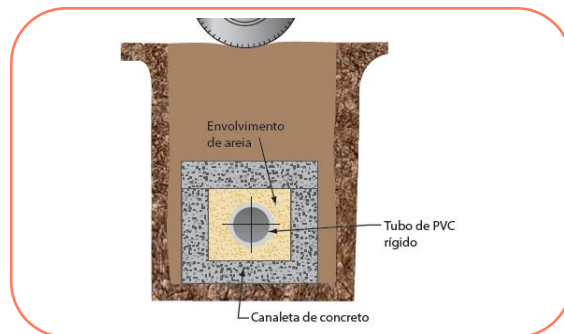
Não devem ser utilizadas rodas de máquinas na compactação da vala.

### 15.13.2 Envolvimentos Especiais

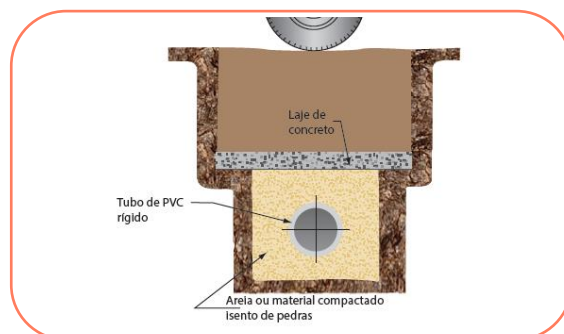
Quando a profundidade de instalação do tubo for inferior a 80 cm, ou quando a tubulação atravessar ruas com pesadas cargas de tráfego, ferrovias, etc., devem ser tomadas medidas especiais de proteção aos tubos

Amanco Wavin. Neste caso, sugere-se como opções:

**Opção 1** - Execução de canaletas, com envolvimento do tubo em material granular e uma tampa de concreto armado.



**Opção 2** – Execução de laje de concreto armado.



Não é recomendável o envolvimento direto dos tubos Amanco Wavin com concreto, pois este envolvimento, trabalhando como viga contínua debaixo do solo, pode sofrer ruptura ou trincas que podem danificar o tubo.



# 16. Limpeza e Desinfecção

## 16.1 Limpeza

Nas redes de distribuição de água tratada, após a instalação é necessário fazer a limpeza da rede com água potável, conforme as normas específicas.

## 16.2 Desinfecção

Nas redes de distribuição de água tratada, após a limpeza é necessário fazer a desinfecção da rede, conforme as normas específicas.

**wavin**