

# TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

HENAUTH, R. C. S.\*; VASCONCELOS, R. S.\*

**Henauth, R. C. S. Graduada em Eng<sup>a</sup> Química pela Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP; Mestranda em Desenvolvimento de Processos Ambientais – DPA (UNICAP)**

**e-mail: [rosangelahenauth@yahoo.com.br](mailto:rosangelahenauth@yahoo.com.br)**

**Vasconcelos, R. S. Técnico em Química Industrial pelo Centro Federal de Tecnologia de Pernambuco – CEFET/PE; Graduado em Eng<sup>a</sup> Química pela Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP; Mestrando em Desenvolvimento de Processos Ambientais – DPA (UNICAP)**

**e-mail: [robsonsv12@yahoo.com.br](mailto:robsonsv12@yahoo.com.br)**

## **RESUMO**

A grande maioria dos mecanismos de deterioração em ligas ferrosas resulta em perda de espessura localizada e formação de danos que fragilizam a estrutura do equipamento. A partir do estudo dos mecanismos de degradação presentes com a aplicação das ligas metálicas, atualmente empregadas, pretende-se avaliar a utilização de materiais alternativos e averiguar as opções para aplicação em equipamentos e tubulações de processo. O presente trabalho de pesquisa tem por objetivo, apresentar as características gerais dessa classe de materiais.

**Palavras – chave:** Tubulações Industriais, Ligas, Tubos.

## **ABSTRACT**

Most of the deterioration mechanisms in ferrous alloys results in loss of thickness and the formation of localized damages which weaken the structure of the machine. From the study of degradation mechanisms present in the application of the alloys currently employed, we intend to evaluate the use of alternative materials and investigate the options for investment in equipment and process piping. This research work aims to present the general characteristics of this class of materials.

**Keywords:** Industrial pipes, alloys, tubes.

## INTRODUÇÃO

O emprego de tubulações pelo homem antecede, provavelmente, a história escrita. Foram descobertos vestígios ou redes completas de tubulações nas ruínas da Babilônia, da China antiga, de Pompéia entre outras. Os primeiros tubos metálicos foram feitos de chumbo, séculos antes da Era Cristã. Por volta do século XVII começaram a aparecer os tubos de ferro fundido para água, havendo tubulações desse tempo ainda em funcionamento como, por exemplo, instalações para as fontes dos jardins de Versalhes, na França. Os tubos de aço, que hoje dominam largamente quase todos os campos de aplicação industrial, são de desenvolvimento relativamente recente, datando de 1825 o primeiro tubo desse material, fabricado na Inglaterra. Só em 1886, com a primeira patente dos irmãos *Mannesmann*, do “Laminador oblíquo”, foi possível produzir economicamente tubos de aço sem costura. Nessa época os tubos de aço eram necessários, principalmente, para resistir às pressões cada vez mais altas das tubulações de vapor (TELLES, 1979).

A escolha de um material adequado para uma determinada aplicação é sempre um problema complexo, cuja solução depende principalmente da pressão e temperatura de trabalho do fluido conduzido (aspectos de corrosão e contaminação), do custo, do maior ou menor grau de segurança necessário, das sobrecargas externas que existirem, e também, em certos casos, da resistência ao escoamento (perdas de carga) (TELLES, 1979). Para atender às especificações técnicas e satisfazer aos requisitos de segurança necessários, foram desenvolvidos nos últimos anos materiais, bem como processos de soldagem especiais que evoluíram com o segmento (TELLES, 2001).

Telles (1979) afirma que os tubos são de fundamental importância para a indústria. Empregam-se hoje em dia uma variedade muito grande de materiais para a fabricação de tubos. A A.S.M.T. (*American Society For Testing And Materials*) especifica mais de 500 tipos diferentes de materiais, como mostrado na tabela a seguir (TELLES, 2001).

Todos os metais e ligas estão sujeitos à corrosão. Não há nenhum material que possa ser empregado em todas as aplicações. O ouro, por exemplo, conhecido por sua

excelente resistência à ação da atmosfera, será corroído se exposto ao mercúrio, em temperatura ambiente. Por outro lado, o ferro não é corroído por mercúrio, mas enferruja rapidamente em presença do ar atmosférico. A maioria dos componentes metálicos deteriora-se com o uso, se em exposição a ambientes oxidantes ou corrosivos. Como é impraticável eliminar a corrosão, o segredo de um bom projeto de engenharia, geralmente, está nos processos de controle da corrosão. Podendo, esta, ser definida como a deterioração, que ocorre quando um metal reage com o meio ambiente (FERREIRA, 2002).

Associando a resistência mecânica do aço ou do ferro fundido, a resistência química e a propriedade de atoxidade dos plásticos, pode-se empregar este sistema de tubulação para atender os mais críticos problemas de transporte em meios corrosivos (ZATTONI, 2011).

Tradicionalmente, às normas de fabricação de equipamentos de processo designa preferencialmente a utilização de metais ferrosos. No século XX foi evidenciada a supervalorização atribuída ao grupo dos materiais metálicos. Nesse mesmo período foram consolidados os organismos de regulamentação atuais. Pode-se observar, também, uma tendência no aumento do emprego de materiais poliméricos e compósitos (BRAVIM, 2009).

## **TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS**

As tubulações industriais (Figuras 1, 2 e 3), de uma forma geral, são compostas pelo conjunto de tubos (Figuras 4 e 5) e seus acessórios, como por exemplo, as válvulas industriais (Figuras 6 e 7), que são dispositivos destinados a estabelecer, controlar e interromper o fluxo em uma tubulação (REDDO, 2008).



Figura 1 – Sistema implantado



Figura 2 – Sistema em fase de montagem



Figura 3 – Sistema de tubulação em fase de acabamento



Figura 4 – Tubos metálicos



Figura 5 – Tubos em concreto



Figura 6 – Válvulas metálicas



Figura 7 – Válvulas termoplásticas

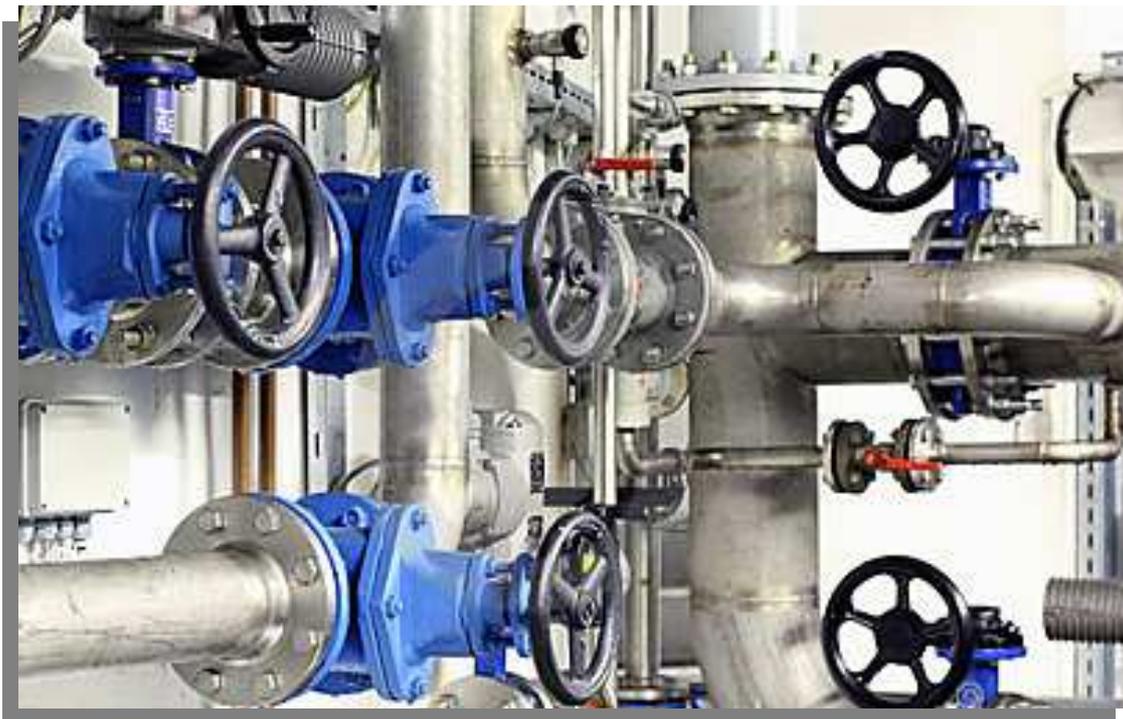


Figura 8 – Válvulas industriais instaladas

## TUBOS E TUBULAÇÕES

Tubos são dutos fechados, destinados principalmente ao transporte de fluidos. A grande maioria dos tubos funciona como condutos forçados (Figura 9), isto é, sem superfície livre, com o fluido tomando toda a área da seção transversal. Fazem exceção apenas tubulações de esgoto (Figura 10), e às vezes as de água, que trabalham com superfície livre, como canais (TELLES, 2001).



Figura 9 – Tubo funcionando como conduto forçado



Figura 10 – Tubo de esgoto funcionando com superfície livre

Ainda de acordo com Telles (2001), chama-se de “tubulação” um conjunto de tubos e de seus diversos acessórios, como pode ser observado nas figuras 11 e 12. A necessidade da existência das tubulações decorre principalmente do fato de o ponto de geração ou de armazenagem dos fluidos estar, em geral, distante do seu ponto de utilização. Usam-se tubulações para o transporte de todos os materiais capazes de escoar,

isto é, todos os fluidos conhecidos, líquidos ou gasosos, assim como materiais pastosos e fluidos em suspensão, todos em toda a faixa de variação de pressões e temperaturas usuais na indústria: desde o vácuo absoluto até cerca de 1000 MPa ( $\cong 100 \text{ Kg/mm}^2$ ), e desde próximo do zero absoluto até as temperaturas de metais em fusão.



Figura 11 – Sistema de tubulação industrial instalado (Válvulas e conexões)



Figura 12 – Sistema de tubulação industrial com seus acessórios

Diariamente, incontáveis quilômetros de tubulações, de diversos tipos de materiais, são construídos no mundo para os mais variados usos industriais e civis. As tubulações formam verdadeiras redes, comparáveis a sistemas de rodovias que, embora não tão óbvio, são definitivamente muito mais intrincadas e transportam fluidos que se tornaram essenciais para nós (BRAVIM, 2009).

A importância das tubulações na indústria é enorme, todas elas têm redes de tubulações de maior ou menor valor, e quase todas essas redes são essenciais ao funcionamento da indústria. A importância é ainda maior nas chamadas indústrias de processo (Figura 13), nas quais as tubulações são os elementos químicos de ligação entre

os equipamentos (vasos de pressão, reatores, tanques, bombas, trocadores de calor), por onde circulam os fluidos de processo e de utilidades. Nessas indústrias, o valor das tubulações representa, em média, 20 a 25% do custo total da instalação industrial, a montagem das tubulações atinge, em média, 45 a 50% do custo total da montagem de todos os equipamentos, e o projeto das tubulações vale, em média, 20% do custo total do projeto da indústria (TELLES, 1994).



Figura 13 – Sistema de tubulação em uma indústria

### ***CLASSIFICAÇÃO DAS TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS***

Segundo Nunes (1990), a indústria emprega uma grande variedade de tubulações, podendo ser classificadas, de acordo com a figura 14:

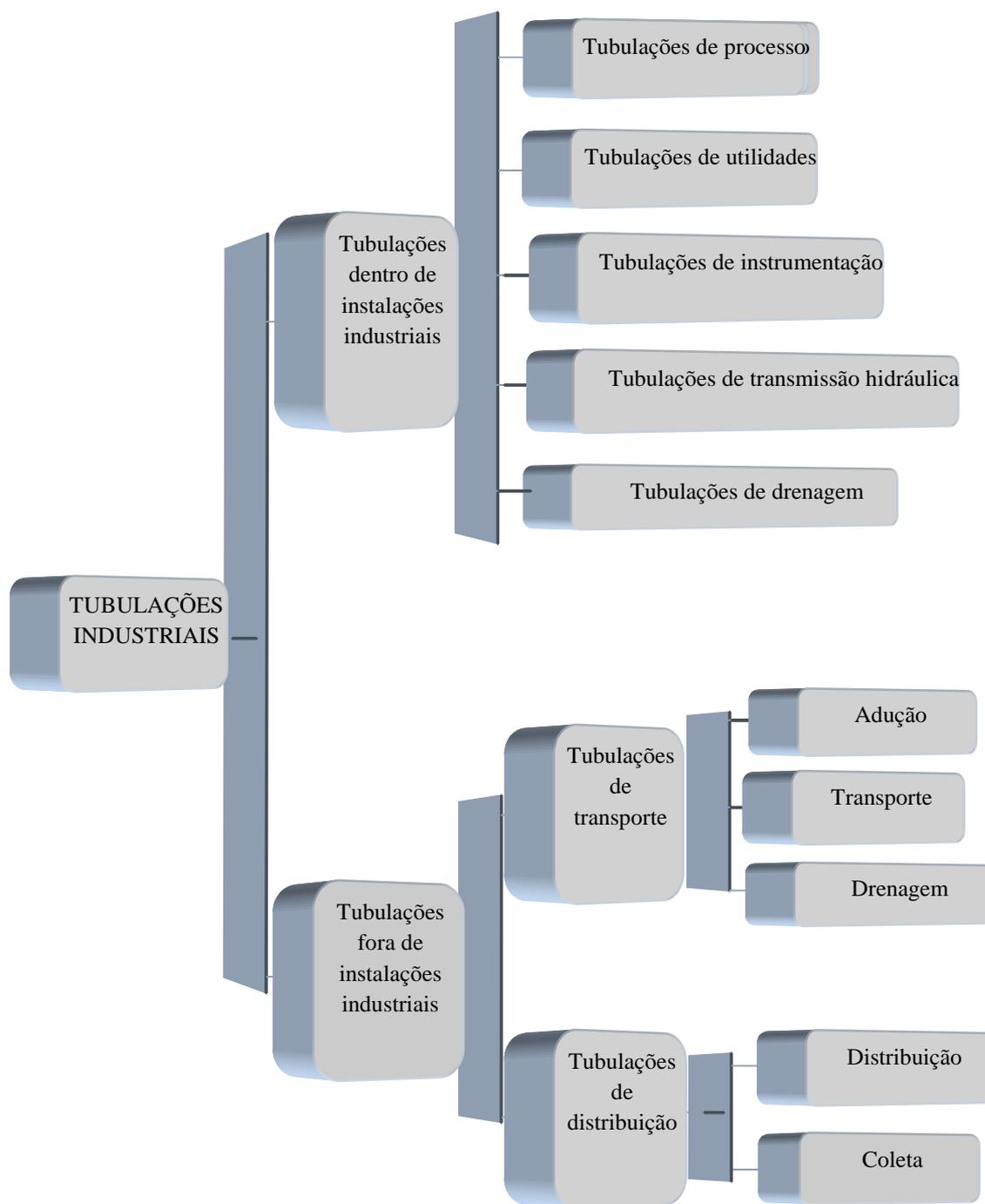


Figura 14 – Fluxograma de classificação das tubulações industriais de acordo com seu emprego

## PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE TUBOS

Há quatro grupos de processos industriais de fabricação de tubos, a figura 15 mostra essa classificação:

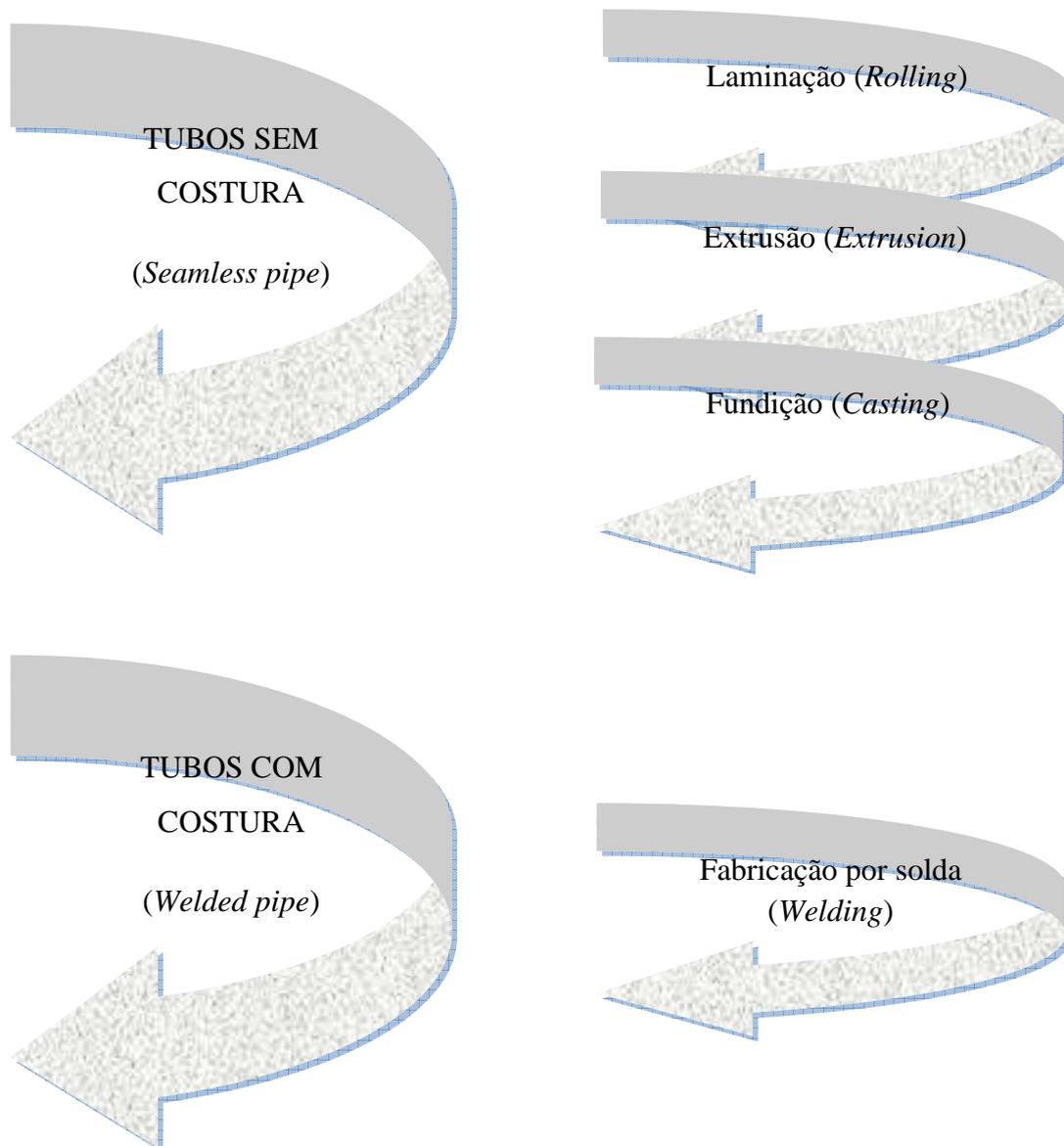


Figura 15 – Processo industrial de fabricação de tubos

Segundo Telles (2001), os processos de laminação e de fabricação por solda são os de maior importância, e por eles são feitos mais de  $\frac{2}{3}$  de todos os tubos usados em instalações industriais.

### ***FABRICAÇÃO DE TUBOS SEM COSTURA – LAMINAÇÃO***

Os processos de laminação são os mais importantes para a fabricação de tubos de aço sem costura; empregam-se para a fabricação de tubos de aços-carbono, aços-liga e aços inoxidáveis, desde cerca de 80 até 650 mm de diâmetro. Há vários processos de fabricação por laminação, dentre eles o mais importante é o processo de “*Mannesmann*”, Telles (2001) descreve, resumidamente, as etapas desse processo:

↳ Um lingote cilíndrico de aço, com o diâmetro externo aproximado do tubo que vai se fabricar, é aquecido a cerca de 1200°C e levado ao “laminador oblíquo”;

↳ O laminador oblíquo tem dois rolos de cone duplo, cujos eixos fazem entre si um pequeno ângulo. O lingote é colocado entre os dois rolos, que o prensam fortemente, e lhe imprimem, ao mesmo tempo, um movimento helicoidal de rotação e translação. Em consequência do movimento de translação o lingote é pressionado contra uma ponteira cônica que se encontra entre os rolos. A ponteira abre um furo no centro do lingote, transformando-o em tubo, e alisa continuamente a superfície interna recém-formada. A ponteira, que é fixa, está colocada na extremidade de uma haste com um comprimento maior do que o tubo que resultará;

↳ O tubo formado nessa primeira operação tem paredes muito grossas (Figura 16). A ponteira é então retirada e o tubo, ainda quente, é levado para um segundo laminador oblíquo, com uma ponteira de diâmetro um pouco maior, que afina as paredes do tubo, aumentando o comprimento e ajustando o diâmetro externo;



Figura 16 – Paredes espessas do tubo que está em processo de formação

↳ Depois das duas passagens pelos laminadores oblíquos o tubo está bastante empenado. Passa então em uma ou duas máquinas desempenadoras de rolos;

↳ O tubo sofre, finalmente, uma série de operações de calibragem dos diâmetros externo e interno e alisamento das superfícies externa e interna. Essas operações são feitas em várias passagens em laminadores com mandris e em laminadores calibradores.

### ***FABRICAÇÃO DE TUBOS SEM COSTURA – EXTRUSÃO***

Na fabricação por extrusão, um tarugo cilíndrico maciço do material, em estado pastoso, é colocado em um recipiente de aço debaixo de uma poderosa prensa. Em uma única operação, que dura no total poucos segundos Telles (2001).

↳ O êmbolo da prensa, cujo diâmetro é o mesmo do tarugo, encosta-se no tarugo;

↳ O mandril, acionado pela prensa, fura completamente o centro do tarugo;

↳ Em seguida, o êmbolo empurra o tarugo, obrigando o material a passar pelo furo de uma matriz calibrada e por fora do mandril, formando o tubo.

Para qualquer aço, essa operação se processa estando o tarugo a cerca de 1200°C; as prensas são sempre verticais e o esforço da prensa pode chegar a 15 MN ( $\cong 1500ton$ ). Os tubos de aço saem dessa primeira operação, curtos e grossos; são levados então, ainda quentes, a um laminador de rolos para redução do diâmetro. Vão, finalmente, para outros laminadores que desempenam e ajustam as medidas do diâmetro e da espessura das paredes (TELLES, 2001).

Telles (2001) ainda coloca que, fabricam-se, por esse processo de extrusão, tubos de aço de pequeno diâmetro (abaixo de 80 mm) e também tubos de alumínio, cobre latão, chumbo e outros metais não ferrosos, bem como de materiais plásticos.

### ***FABRICAÇÃO DE TUBOS SEM COSTURA – FUNDIÇÃO***

Nesse processo o material do tubo, em estado líquido, é despejado em moldes especiais, onde solidifica-se adquirindo a forma final. Fabricam-se por esse processo tubos de ferro fundido, de alguns aços especiais não forjáveis e da maioria dos materiais não metálicos, tais como: concreto, cimento-amianto, barro-vidrado, etc. (TELLES, 2001).

Telles (2001) diz que os tubos de ferro fundido e de concreto são fabricados por fundição centrífuga, em que o material em estado líquido é lançado dentro de um molde cilíndrico em posição quase horizontal, dotado de um rápido movimento de rotação. O material é tão centrifugado contra as paredes do molde, que continua em movimento até sua solidificação completa. Os tubos de concreto armado são também vibrados durante a fabricação para o adensamento do concreto.

## ***FABRICAÇÃO DE TUBOS COM COSTURA***

Fabricam-se pelos diversos processos com costura, descritos a seguir, tubos de aços-carbono, aços-liga, aços-inoxidáveis e ferro forjado, em toda a faixa de diâmetros usuais na indústria.

Existem duas disposições da costura soldada:

↳ Longitudinal (ao longo de uma geratriz do tubo): Para os tubos com solda longitudinal a matéria-prima pode ser uma bobina de chapa enrolada, ou chapas planas avulsas. As bobinas são empregadas para a fabricação contínua de tubos de pequeno e de médio diâmetro (até 450 mm, aproximadamente), e as chapas planas, para tubos de médio e de grande diâmetro. Na fabricação contínua a partir de uma bobina, a circunferência do tubo é a largura da bobina, que deverá por isso ser cortada e aparada na largura exata, depois do desbobinamento e aplainação. O tubo é formado por meio de rolos conformadores que comprimem a chapa sucessivamente em duas direções; A soldagem é feita por resistência elétrica e depois geralmente submetida a tratamento térmico, passando em seguida o tubo por rolos de calandragem e desempenho (TELLES, 2001).

Na fabricação a partir de chapas planas avulsas, a conformação pode ser feita em prensas ou em calandras. Para diâmetros de tubos até 760 mm, a chapa é calandrada no sentido longitudinal, e para diâmetros maiores, no sentido transversal, porque a maior largura comercial de chapas de aço é de 2,44 m. a prensagem é feita em duas etapas, primeiro tomando o formato em “U” e depois, o formato em “O”. A soldagem é feita em seguida, exigindo a norma A.S.M.E. B.31\*\* que a solda seja de topo, no mínimo em dois passes, e feita externa e internamente. Os tubos são finalmente submetidos a um processo de expansão a frio, para corrigir a circularidade\* (TELLES, 2001).

↳ Helicoidal: Com a solda helicoidal, a matéria-prima é sempre uma bobina – para a fabricação contínua –, qualquer que seja o diâmetro do tubo, permitindo esse processo à fabricação de tubos sem limitação de diâmetro, mesmo muito grandes. A bobina é enrolada sobre si mesma, sendo a largura da bobina igual à distância entre duas espiras

sucessivas da solda. A soldagem pode ser feita por arco submerso ou por resistência elétrica. A norma A.S.M.E. B.31, só permite o emprego de tubos com solda helicoidal em serviços de baixa responsabilidade, denominados “categoria D” (TELLES, 2001).

As figuras abaixo ilustram esses dois processos:



Figura 18 – Tubo com solda longitudinal



Figura 29 – Tubo com solda helicoidal

Sendo a disposição longitudinal empregada na maioria dos casos. A soldagem é sempre feita automaticamente; existem vários processos de soldagem, sendo os mais empregados à soldagem por arco submerso (*Submerged arc welding*), e por resistência elétrica, sem adição de metal (*Electric resistance welding*) (TELLES, 2001).

Qualquer que seja o diâmetro ou processo de fabricação, todos os tubos com costura são submetidos, individualmente, a um teste hidrostático de pressão interna, e a solda é inspecionada por radiografia ou por ultrassonografia (TELLES, 2001).

Ao contrário de que talvez possa parecer, os tubos com costuras não são necessariamente de qualidade inferior aos sem costura, isto é, existem tubos com costura

de alta qualidade, e tubos sem costura econômicos e de qualidade inferior (TELLES, 2001).

A qualidade de qualquer tubo – com ou sem costura – é determinada principalmente pelas maiores ou menores exigências da especificação de material de acordo com a qual o tubo é fabricado (TELLES, 2001).

(\* ) A solda helicoidal é também chamada, erroneamente, de solda em espiral.

(\*\* ) A norma A.S.M.E. B.31.3 é a norma norte-americana para tubulações pressurizadas na indústria do petróleo e nas indústrias química e petroquímica.

## **TUBOS DE AÇO COM REVESTIMENTOS INTERNOS**

Os revestimentos aplicados no interior de tubos de aço podem ter as seguintes finalidades:

- ✓ Revestimento anticorrosivos, ou para evitar a contaminação do fluido contido;
- ✓ Revestimentos antiabrasivos e antierosivos;
- ✓ Revestimentos refratários (isolamento térmico interno).

Qualquer desses revestimentos pode ser empregado por uma ou mais das seguintes razões:

- ✓ Custo;
- ✓ Resistência mecânica;
- ✓ Possibilidade de fabricação.

Segundo Telles (2001), a grande maioria dos revestimentos é aplicada no interior dos tubos depois de fabricados. Fazem exceção o revestimento de zinco (galvanização), que é aplicado durante a fabricação do tubo, e também alguns tubos fabricados com chapas cladeadas, em que o revestimento é aplicado na matéria-prima de fabricação.

Existem no comércio tubos de aço-carbono com uma grande variedade de revestimentos internos anticorrosivos já aplicados: materiais plásticos, elastômeros, ebonite etc.

Todos os materiais plásticos podem ser usados como material de revestimento, aproveitando-se as suas propriedades de resistência química, sendo empregados em tubulações para ácidos, álcalis, soluções salinas e outros produtos químicos agressivos, como será abordado mais a frente, bem como para serviços em que seja necessário manter a pureza do fluido contido (produtos alimentares e farmacêuticos, água deionizada etc). Em qualquer caso, os tubos com revestimento são empregados quando não é possível o uso de tubos de plásticos maciços, devido ao diâmetro, à pressão, ou às condições de segurança exigidas para a tubulação (TELLES, 2001).

### ***REVESTIMENTO ORGÂNICO***

A indústria de petróleo e gás lida com ambientes extremamente agressivos, exigindo o uso de materiais com elevada resistência à corrosão e tenacidade. Em função das novas fronteiras exploratórias, recuperação de campos maduros, desenvolvimento de biocombustíveis e modernas técnicas de refino, as situações operacionais e condições de serviço estão se tornando cada vez mais severas, exigindo o desenvolvimento de novos materiais e de novas tecnologias para a transformação de tradicionais materiais existentes, como aço carbono, agregando-lhes novas propriedades e características funcionais. A utilização de revestimentos orgânicos para a proteção anticorrosiva e anti-incrustante como revestimento interno em válvulas, é uma alternativa tecnicamente eficaz e economicamente viável para a indústria de óleo e gás. Alguns exemplos desse revestimento serão ilustrados abaixo. Seu crescente uso pelas áreas *upstream* e *downstream*, está tornando a utilização de revestimentos orgânicos uma tendência de mercado (HENRIQUES, 2007).

Diversas resinas orgânicas em pó tem sido utilizadas com bastante sucesso para revestimento interno de válvulas. Essas resinas são obtidas a partir de unidades estruturais básicas, denominadas monômeros, que através de reações de polimerização, transformam-se em polímeros orgânicos. Dessa forma, as resinas em pó são polímeros,

compostos químicos de elevada massa molecular, que podem ser classificadas de uma maneira geral como termoplástico ou termofixos (HENRIQUES, 2007).

A especificação do tipo de resina a ser utilizada deve ser feita levando-se em consideração os seguintes fatores (HENRIQUES, 2007):

- ✓ Tipo de fluido;
- ✓ Temperatura operacional;
- ✓ Vazão;
- ✓ Presença ou não de sólidos em suspensão;
- ✓ Presença de gases dissolvidos;
- ✓ Pressão operacional.

## **TUBOS NÃO METÁLICOS**

De acordo com Telles (2001), fabricam-se tubos de uma grande variedade de materiais não metálicos, dos quais os mais importantes são os seguintes:

➤ **Materiais plásticos:** Para tubulações industriais é esse atualmente o grupo mais importante dos materiais não metálicos; por essa razão veremos separadamente nos itens a seguir com mais detalhes (TELLES, 2001).

➤ **Cimento-amianto:** Os tubos de cimento-amianto (transite) são fabricados de argamassa de cimento e areia com armação de fibras de amianto. A resistência mecânica é pequena, só podendo ser usados para baixas pressões e onde não estejam sujeitos a grandes esforços externos. O cimento-amianto tem excelente resistência à atmosfera, ao solo, às águas neutras e alcalinas, à água salgada, dos álcalis, aos óleos e aos compostos orgânicos em geral. Para a maioria desses meios o material é completamente inerte, resistindo por tempo indefinido. Os ácidos, águas ácidas e soluções ácidas atacam fortemente o cimento-amianto, que não deve ser usado para esses serviços. O principal emprego dos tubos de cimento-amianto é para tubulações de esgotos. O custo desses tubos é bem menor do que de outros que os poderiam substituir, como, por exemplo, os

de materiais plásticos ou de metais não ferrosos (TELLES, 2001). As figuras abaixo mostram exemplos desse tipo de tubulação.



Figura 20 – Tubos em cimento - amianto



Figura 21 – Tubulação em cimento - amianto

Existem tubos de cimento-amianto com até 36’’ de diâmetro, para pressões até  $1,3MPa \left( \cong \frac{13Kg}{cm^2} \right)$ . No Brasil fabricam-se tubos de cimento-amianto de dois tipos (TELLES, 2001):

↳ Tubos de pressão, de 50 mm a 400 mm, nas classes 10, 15 e 20 para pressões de serviço de 0,5; 0,75 e  $1MPa \left( \cong 5, 7,5 \text{ e } \frac{10Kg}{cm^2} \right)$ , respectivamente, de acordo com a **norma EB-109 da ABNT**;

↳ Tubos de esgoto, de 50 mm a 500 mm, de tipo leve, para tubulações não enterradas, e tipo normal, para tubulações enterradas, todos para serviços sem pressão, de acordo com a **norma EB-69 da ABNT**.

➤ Concreto armado: Os tubos de concreto armado são empregados principalmente para tubulações importantes (de grande diâmetro) de água e de esgoto. A resistência à

corrosão é equivalente à dos tubos de cimento-amianto, sendo a resistência mecânica bem maior. Os tubos de concreto armado são fabricados quase todos por fundição centrífuga e vibrada, com diâmetros a partir de 250 até 3500 mm, e com comprimentos geralmente de 1 a 2 m, como mostram as figuras abaixo. Esses tubos estão padronizados na **norma EB-103 da ABNT (SENAI, 1997)**.



Figura 22 – Sistemas de tubulação em fase de acabamento



Figura 23 – Sistema de transporte de água pluvial

➤ **Barro vidrado:** Os tubos de barro vidrado, também chamados de “manilhas”, têm excelente resistência à corrosão, sendo inertes em relação ao solo, à atmosfera e à maioria dos fluidos corrosivos. A resistência mecânica é baixa, sendo, entretanto, um pouco melhor do que a dos tubos de cimento-amianto. As manilhas são empregadas quase exclusivamente para tubulações de esgoto (figuras 24 e 25) e são fabricadas em comprimentos curtos (aproximadamente 1 m) com diâmetros nominais de 50 a 500 mm, e com extremidades de ponta e bolsa. Os tubos de barro vidrado estão padronizados na **norma EB-5 da ABNT (SENAI, 1999)**.

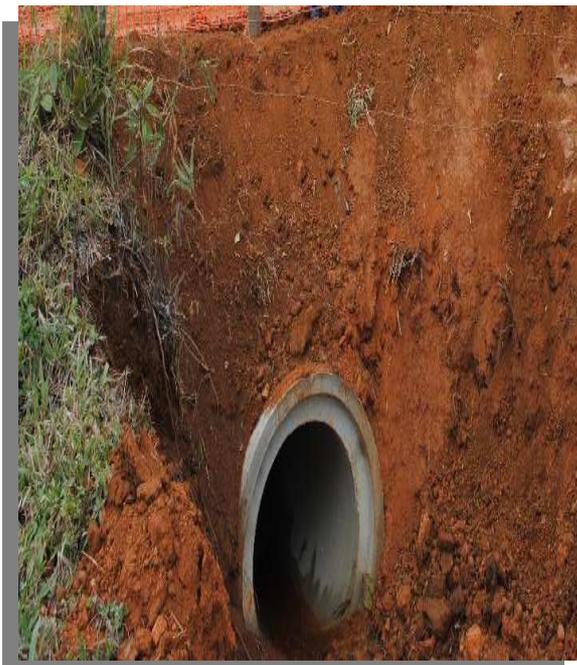


Figura 24 – Tubulações em barro vidrado reforçado, utilizadas, neste caso, em rede de esgotamento. Servindo também para abastecimento de água

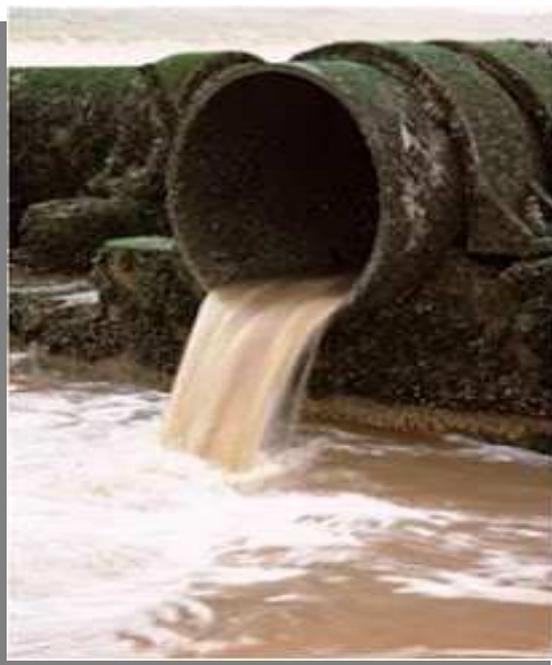


Figura 25 – Tubulações em barro vidrado utilizadas em sistemas de esgotamento sanitário

➤ Vidro, Cerâmica: São tubos de uso e de fabricação raros, empregados apenas em serviços especiais de alta corrosão ou quando se exija absoluta pureza do fluido circulante (figuras 26, 27 e 28). O vidro é o material de melhor resistência que existe a todos os meios corrosivos. Os tubos de vidro e de cerâmica são empregados apenas em diâmetros pequenos, até 100 mm, no máximo (TELLES, 2001). Os tubos em cerâmica podem ser visualizados na figura 29.



Figura 26 – Tubos para condução de fluidos corrosivos



Figura 27 – Tubos para a condução de gases



Figura 28 – Tubos utilizados para transportes de fluidos com alto grau de pureza



Figura 29 – Tubos em cerâmica

➤ Borrachas: Fabricam-se todos os muitos tipos de borrachas, naturais e sintéticas, para várias faixas de pressões e temperaturas, as Figuras abaixo mostram esses diversos tipos. A maioria dos tubos de borracha é flexível (mangueiras e mangotes), sendo empregados justamente quando se deseja essa propriedade. Para serviços severos, os tubos costumam ter reforço de uma ou várias lonas, vulcanizadas na borracha, e frequentemente têm também armação de arame de aço enrolado em espiral. Existem numerosas borrachas naturais e sintéticas, que recebem o nome genérico de “Elastômeros”. Embora esses materiais tenham propriedades diferentes e frequentemente específicas, têm todos, como característica principal, a extraordinária elasticidade, fazendo com que atinjam a ruptura com uma deformação elástica muito grande (300 a 700%), sem que haja deformações permanentes (TELLES, 2001).

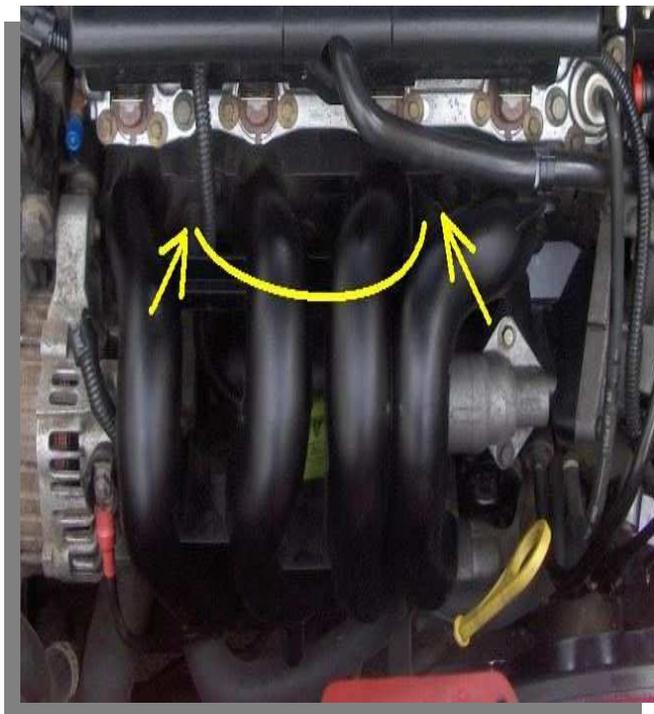


Figura 30 – Tubo interno de borracha sintética, usado na mecânica de automóveis. Resistente a óleo



Figura 31 – Tubos para transporte de diversos tipos de fluidos, diferenciados pela coloração, incluindo os de uso industrial

Ainda segundo Telles (2001), os limites de temperatura de serviço vão de  $-50^{\circ}\text{C}$  até  $60^{\circ}\text{C}$  a  $100^{\circ}\text{C}$ . Algumas borrachas são combustíveis, outras queimam lentamente. Da mesma forma que os plásticos, a maioria das borrachas sofre uma deterioração em consequência de longa exposição à luz solar, tornando-se quebradiças. A adição de negro de fumo melhora a resistência à luz e aumenta também a resistência ao desgaste superficial. A borracha natural resiste bem às águas (inclusive ácidas e alcalinas), aos ácidos diluídos, aos sais e a numerosos outros meios corrosivos. É atacada pelos produtos do petróleo e por vários solventes e compostos orgânicos. Dentre as borrachas sintéticas, são mais importantes o neoprene e o SBR (estireno-butadieno). O neoprene resiste aos produtos de petróleo. O SBR é uma borracha sintética econômica, de uso geral, com propriedades semelhantes à borracha natural. Fabricam-se tubos de borracha até 400 mm de diâmetro nominal.

Segundo a *Vibtech*, indústria pioneira no Brasil em soluções para controle de vibrações, choques e ruídos, iniciou o desenvolvimento em 1999 de um sistema de anti-vibradores e chegou a um novo produto, que consiste em uma folha de um composto elastomérico vulcanizado com alto amortecimento à temperatura ambiente. A folha desse composto envolve a tubulação, favorecendo seu amortecimento. Trazendo uma melhoria significativa para o sistema de tubulação. As figuras abaixo mostram alguns exemplos.



Figura 32 – Tubulação usando folha elastomérica

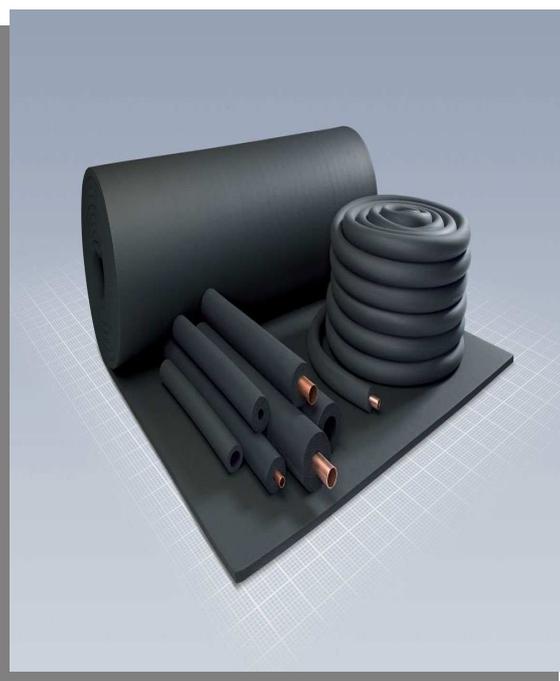


Figura 33 – Amostra do revestimento elastomérico

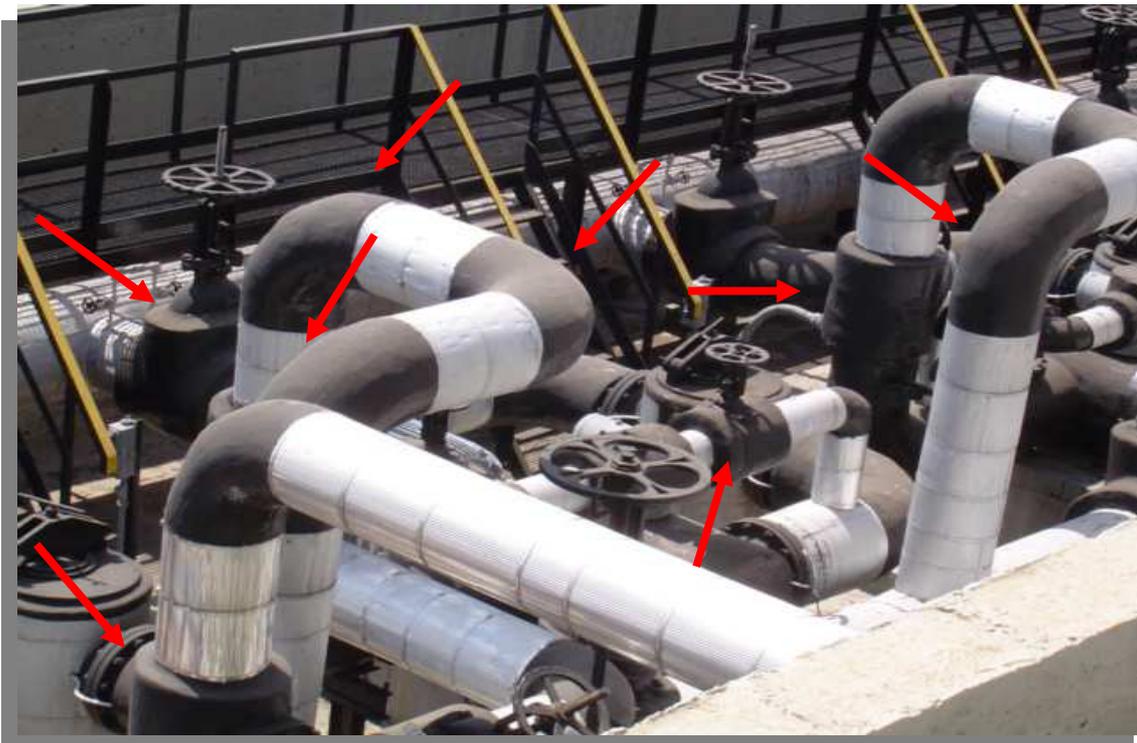


Figura 34 – Tubulação industrial utilizando o revestimento elastomérico

## MATERIAIS PLÁSTICOS

### *POLÍMEROS*

Até ao limiar do século XX os materiais plásticos evoluíram muito pouco em virtude do reduzido conhecimento científico sobre materiais poliméricos. A partir da década de trinta, daquele século, assistiu-se a um incremento inusitado na comercialização de produtos plásticos, como foi dito na revista "*Business Week*", em 1935, "as tendências modernistas impulsionaram o uso de plásticos em edifícios, mobílias e decoração, e os plásticos, pela sua beleza, impulsionaram o modernismo". Tudo graças ao fato de, em 1909, Leo Hendrik Baekeland ter concebido uma resina plástica pelo processo de condensação, que seria o primeiro plástico completamente artificial, batizado em sua homenagem com o nome de baquelite (CRAWFORD, 2002).

Esta possibilidade de dar aos materiais uma grande variedade de características torna-os, particularmente, interessantes nas suas diversas utilizações e é uma das principais causas da sua enorme divulgação. Nos últimos anos, o conhecimento das relações existentes entre a estrutura e as propriedades dos polímeros, e ainda o aparecimento de novas técnicas de fabrico destes novos materiais, permitiu que se lograsse atingir o objetivo de se sintetizarem produtos com características previamente estabelecidas. Perante este cenário diríamos que os polímeros sintéticos são o material ideal, tecnicamente perfeito. Mas, na verdade, existe um grande senão, um problema de vital importância para o futuro do planeta e que se tem vindo a agravar com o decorrer dos anos em função do aumento progressivo do consumo dos plásticos é que, estes polímeros, desenvolvidos para durar eternamente e resistirem a todas as formas de degradação são de difícil colocação quando deixam de ser úteis (SANTOS e MARTINS, 2010).

Santos e Martins (2010) colocam que, apenas um tipo de polímeros sintéticos, os termoplásticos são recicláveis, pelo que, não será de estranhar que hoje a preocupação com a reciclagem seja assunto da máxima importância. O desenvolvimento e uso dos materiais plásticos será inviável caso este problema não seja adequadamente resolvido.

### ***PLÁSTICOS COMPOSTOS DE FIBRA DE VIDRO (PRFV)***

Atualmente o mercado dos compósitos é quase totalmente formado por compostos de matriz orgânica com diferentes tipos de fibras, sendo as mais comuns de vidro (Figura 35), os PRFV, também conhecidos por GFRP (do inglês: *Glass Fiber Reinforced Polymer*) (SANTOS e MARTINS, 2010).

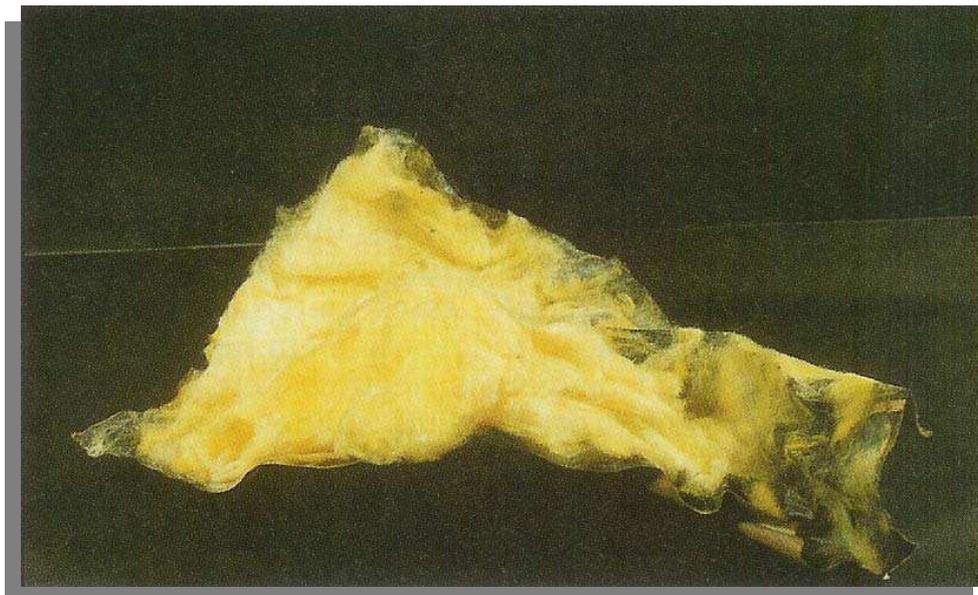


Figura 35 - Amostra de fibra de vidro

A utilização em trabalhos de engenharia, principalmente, civil de polímeros reforçados com fibra de vidro data de antes de 1950, segundo Gaylord (1974), aplicação comercial (desde aproximadamente 1946), quando foram pela primeira vez estudados para uso estrutural.

No entanto, apenas após os anos 70 é que eles foram, finalmente, considerados para aplicação em estruturas de engenharia e a sua superior performance sobre o aço foi reconhecida (GAYLORD, 1974; RIZKALLA, 2001).

Embora esses materiais terem sido aplicados com sucesso a uma grande variedade de usos, isto não significa utilização indiscriminada para substituírem outros materiais, aliás de acordo com Gaylord (1974), “Os plásticos reforçados têm sido mal aplicados e não é legítimo afirmar que não têm limites”.

Os plásticos reforçados com fibras de vidro têm, em relação a outros materiais, algumas vantagens, tais como: grandes e complexas formas, reparações ou substituições podem ser rapidamente criadas ou fabricadas, laminados feitos por processos mecânicos apresentam propriedades físicas, mecânicas e elétricas facilmente reproduzidas, é possível maior liberdade de projeto com plásticos reforçados com fibras de vidro do que

com a maior parte de outros materiais, maior relação força-peso, são extremamente elásticos e duros e não amolgam como o metal, além de possuírem boas qualidades de resistência ao tempo não corroem e são resistentes a ataques químicos assim como a fungos, sendo bons isolantes elétricos e térmicos. E, com certeza, algumas desvantagens, tais como: não podem ser utilizados se a temperatura for superior a 400 °F (aproximadamente 205 °C), a rigidez não é muito alta se comparada com alguns metais, as propriedades dos laminados manufaturados são difíceis de reproduzir repetitivamente, o custo das matérias brutas é relativamente alto tendo, contudo menores custos de instalação, de equipamento e menos trabalho, sendo que alguns processos de laminagem são lentos se comparados com os usados para os metais (GAYLORD, 1974).

### ***TUBOS DE MATERIAL PLÁSTICO***

O material plástico sintético é, há certo tempo, o grupo mais importante de materiais não metálicos utilizados em tubulações industriais juntamente com seus acessórios.

O emprego desses materiais tem crescido nos últimos anos, principalmente no que diz respeito à substituição do aço inoxidável e metais não ferrosos. O aumento desenfreado do preço desses metais e a melhora estarrecedora dos materiais poliméricos tendem a tornar maior a disseminação dos mesmos nos meios industriais. De um modo geral, os plásticos apresentam as seguintes vantagens (TELLES, 2001).

- ✓ Pouco peso, densidade variando entre 0,9 e 2,2;
- ✓ Alta resistência à corrosão;
- ✓ Custo muito mais baixo, quando comparado com outros materiais de resistência à corrosão equivalente, como os aços inoxidáveis, ligas de níquel, titânio etc.;
- ✓ Coeficiente de atrito muito baixo;
- ✓ Facilidades de fabricação e de manuseio (podem ser cortados com serrote);
- ✓ Baixa condutividade térmica e elétrica;

- ✓ Cor própria e permanente que dispensa pintura dá boa aparência, e permite que se adotem códigos de cores para identificação das tubulações;

- ✓ Alguns plásticos podem ser translúcidos, permitindo a observação visual da circulação dos fluidos pelos tubos.

Em compensação, as desvantagens, segundo Telles (2001), são as seguintes:

- ✓ Baixa resistência ao calor; essa é a maior desvantagem. Apesar dos grandes progressos que têm sido conseguidos, à maioria desses materiais não pode trabalhar em temperaturas superiores a 100°C.;

- ✓ Baixa resistência mecânica; o limite da resistência à tração é da ordem de 20 a 100MPa  $\left( \cong 2 a \frac{10Kg}{mm^2} \right)$  para à maioria dos plásticos. Alguns plásticos termoestáveis, laminados em camadas sucessivas de resina plástica e de fibras de vidro, apresentam melhor resistência mecânica, embora sempre bem inferior à do aço-carbono;

- ✓ Pouca estabilidade dimensional, estando sujeitos a deformações por influência em quaisquer temperaturas (*cold-creep*);

- ✓ Insegurança nas informações técnicas relativas a comportamento mecânico e a dados físicos e químicos. A margem de erro que se pode esperar nessas informações sobre os materiais plásticos é bem maior do que nas relativas aos metais;

- ✓ Alto coeficiente de dilatação, até 15 vezes o do aço-carbono;

- ✓ Alguns plásticos são combustíveis ou pelo menos capazes de alimentar vagarosamente a combustão;

- ✓ Alguns materiais plásticos não são impermeáveis (polietileno expandido, por exemplo), podendo absorver hidrocarbonetos líquidos leves, aumentando de volume e permitindo o vazamento. O emprego desses materiais exige geralmente o acréscimo de uma camisa externa de material estanque.

Distinguem-se duas classes gerais de plásticos:

- ✓ Termoplásticos (*thermoplastics*);

- ✓ Termoestáveis (*thermosettings*), também chamados de “termofixos”.

Os termoplásticos são polímeros de cadeia linear, e os termoestáveis são polímeros de cadeia ramificada. Os primeiros amolecem com o aumento da temperatura – até atingirem a fusão – sem que ocorram reações químicas no material, e, portanto sem que haja modificações nas suas propriedades, podendo o material ser fundido e reaproveitado. Com os termoestáveis, pelo contrário, um aquecimento capaz de amolecer suficientemente causará primeiro, a quebra nas ligações moleculares ramificadas, degradando o material, que, por isso, poderá ser conformado a quente ou reciclado (TELLES, 2001).

De um modo geral, os plásticos resistem muito bem aos ácidos minerais diluídos, aos álcalis (mesmo quando quentes), aos halógenos, às soluções e ácidas, à água salgada e a numerosos outros produtos químicos. Não há praticamente ataque algum com a atmosfera e a água. Os plásticos podem ser usados em contato direto com o solo, mesmo no caso de solos úmidos ou ácidos. Raramente há contaminação do fluido circulante; os plásticos não produzem resíduos tóxicos. À maioria dos plásticos é atacada pelos ácidos minerais altamente concentrados. O comportamento em relação aos compostos orgânicos é variável: os hidrocarbonetos e os solventes orgânicos dissolvem alguns dos plásticos (TELLES, 2001).

Os materiais termoplásticos rígidos e não rígidos são muito empregados para tubulações com diâmetros até 1,2 m e também para revestimento em tubos de aço; os termoestáveis são empregados para tubulações de quaisquer diâmetros e para revestimentos anticorrosivos (TELLES, 2001).

Telles (2001) cita a norma A.S.M.E. B. 31.3 que proíbe o emprego de tubos de materiais termoplásticos e termoestáveis não reforçados para serviços altamente cíclicos, e só permite o emprego para fluidos inflamáveis no caso de tubulações subterrâneas. Exceto para serviços dentro da “Categoria D”, a mesma norma que exige que esses tubos sejam mecanicamente protegidos de acidentes. Para os tubos de termoestáveis reforçados só é exigida a proteção mecânica contra acidentes para fluidos tóxicos ou inflamáveis.

## PRINCIPAIS MATERIAIS PLÁSTICOS PARA TUBULAÇÕES

Os plásticos mais importantes para tubulações são:

### ***POLIETILENO (PE)***

Foi em 27 de Março de 1933, que o polietileno foi sintetizado tal qual o conhecemos atualmente, na Inglaterra, por Reginald Gibson e Eric Fawcett que trabalhavam para os Laboratórios ICI. Isto foi possível aplicando-se uma pressão altíssima, cerca de  $1400 \text{ bar}$  ( $1400 \text{ Kgf/cm}^2$ ) e uma temperatura de  $170^\circ\text{C}$ , quando foi obtido o material de alta viscosidade e cor esbranquiçada que se conhece atualmente (figura 38) e em sua forma flexível (figura 39). O PEAD foi introduzido comercialmente na década de 50 e atualmente é o quarto termoplástico mais vendido no mundo. O PEAD é também a segunda resina mais reciclada em todo o mundo. Cerca de 30% do PE (polietileno) produzido e utilizado para fabricação de tubos (ZATTONI, 2011).

É o mais leve e o mais barato dos materiais termoplásticos, tendo excelente resistência aos ácidos minerais, aos álcalis e aos sais (TELLES, 2001). Os tubos de polietileno são muito fáceis de trabalhar, podem ser cortados, aplainados, virados etc., mas não se podem ser colados porque não há colas que adiram completamente à superfície do polietileno. Geralmente, soldam-se com o auxílio de ar quente. Para a união dos tubos utilizam-se adições de policloreto de vinilo ou de metais leves (SANTOS e MARTINS, 2010). É um material combustível com fraca resistência mecânica,  $20 \text{ a } 35 \text{ MPa}$  ( $\cong 2,0 \text{ a } 3,5 \text{ Kg/mm}^2$ ), e cujos limites de temperatura vão de  $-30^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$ , dependendo da especificação. O polietileno é usado para tubos de baixo peso, para pressões moderadas. Distinguem-se três graus de material, denominados de baixa, média e alta densidade (Figuras abaixo), sendo os últimos de melhor qualidade e maior resistência. No Brasil fabricam-se tubos flexíveis de  $\left(\frac{1}{2}\right)''$  a  $4''$ , pela norma P-EB-195, e

tubos rígidos de 110 a 1200 mm, nas classes 2,5; 3,2; 4,0; 6,0 e 10,0  $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right)$   
(TELLES, 2001).



Figura 36 – PE em sua forma mais conhecida

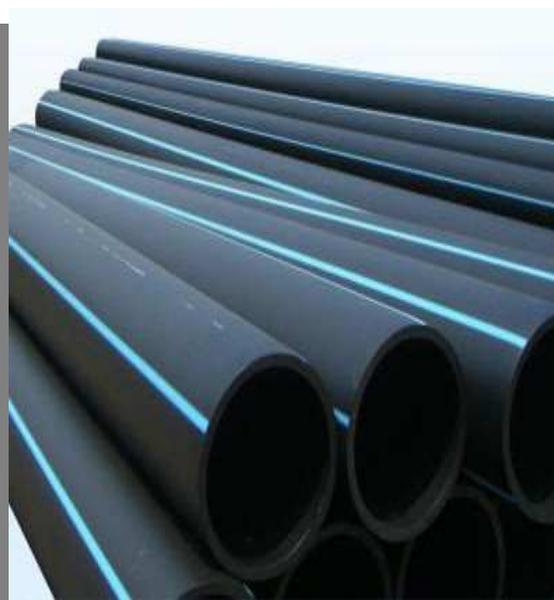


Figura 37 – PE em sua forma flexível



Figuras 38 e 39 – PEBD utilizado para irrigação localizada



Figura 40 e 41 – PEMB, sendo utilizado em sistema de irrigação de forma geral



Figura 42 e 43 – PEAD utilizado em sistemas de saneamento básico, drenagem, mineração, infra-estrutura



Figura 44 – Montagem de PEAD subaquático



Figura 45 – União de tubos de PEAD

#### 🚧 Normas Técnicas Pertinentes

**DIN 8074** - Norma alemã para tubos de PEAD, de uso geral, exceto gás. Dimensões para tubos de PEAD classes PN 2,5; PN 3,2; PN 4; PN 6; PN 8; PN 10; PN 12,5; PN 16 e PN 20.

**DIN 8074** - Norma alemã para tubos de PEAD. Requisitos gerais de qualidade. Testes.

**DIN 16963** - Norma alemã para tubos de PEAD. Elementos, acessórios, adaptadores, flanges, juntas e montagens em geral.

**ISO 4427** - Norma internacional para tubos de água. O material pode ser PE 80 ou PE 100 e deve estar discriminado na marcação do tubo. Dimensões para tubos de PEAD classes PN 4; PN 5; PN 6; PN 8; PN 10; PN 12,5; PN 16 e PN 20. A ABNT está preparando a versão brasileira.

**ISO 4437** - norma internacional que refere-se a tubos amarelos para gás PE 100 e PE 80.

**ABNT NBR 8417** - norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas para tubos de Ramal Predial, nos diâmetros, externos, de 20 e 32 mm. O material do tubo deve ser do

tipo PE 80 ou PE 100, pretos, e a espessura deve ser de 2,3 e 3,0 mm, respectivamente. Uma nova versão esta em processo de votação nacional.

**NBR 14462** - norma brasileira para tubos amarelos para gás PE 80 e PE 100 - 4 e 7 bar, respectivamente.

### ***CLORETO DE POLIVINILO (PVC)***

É um dos termoplásticos de maior uso industrial

O uso de PVC reforçado com fibras de vidro em tubulações teve início com a grande necessidade de materiais mais leves e resistentes à corrosão para aplicações industriais e principalmente, em instalações externas, resistentes aos raios UV. O PVC ou plástico reforçado com fibra de vidro RPVC ou R-PVC é um material compósito, composto de um material plástico, também chamado Núcleo de PVC ou “LINER” e de finas fibras de vidro. Portanto, o RPVC é composto por um tubo de PVC, que serve como liner, e reforçado externamente com fibra de vidro e resina de poliéster, como mostram as figuras 46 e 47. O processo de fabricação mais comum é o “*Filament Winding*” que consiste em se enrolar fios de fibra de vidro embebidos de resina sobre o liner e posteriormente o acabamento, após a cura da resina. É um dos termoplásticos de maior uso industrial (ZATTONI, 2011). A resistência à corrosão é em geral equivalente à do polietileno, mas as qualidades mecânicas são sensivelmente melhores; a resistência à temperatura vai de - 40°C a 65°C. Os tubos rígidos de PVC são muito empregados para tubulações de águas, como também na avaliação de perdas físicas de água em rede de distribuição (Figura 48), esgotos (Figura 49), ácidos, álcalis e outros produtos corrosivos, bem como no transporte pneumático (Figura 50) de algumas substâncias utilizadas, por exemplo, na fabricação da borracha. A fabricação desses tubos no Brasil abrange os diâmetros de  $\left(\frac{3}{8}\right)''$  a 300mm, nas espessuras séries 40 e 80, com extremidades rosqueadas ou lisas, de acordo com a **norma P-EB-183**. Esses tubos são fabricados em duas classes de pressão (classe 20 para  $1MPa \cong \frac{10Kg}{cm^2}$  e classe 32 para

$1,6 \text{ MPa} \cong 16 \text{ Kg/cm}^2$  com extremidades lisas com bolsas ou flanges integrais (TELLES, 2001).



Figuras 46 e 47 – PVC + Plástico reforçado com fibra de vidro, também conhecido como tubo de PRFV (barreira química – superfície interna que entrará em contato com o fluido; o PVC, que proporciona alta resistência a produtos químicos e a abrasão



Figura 48 – Tubulações em PVC para utilização na avaliação de perdas físicas de água em rede de distribuição



Figura 49 – PVC sendo utilizado em rede coletora de esgoto



Figura 50 – PVC sendo utilizado no transporte pneumático de matéria prima para a fabricação de borracha

#### 🚧 Normas Técnicas Pertinentes – Normas de Referência

**NBR 15536 e AWWA C950/01** - Normas de fabricação.

**NBR 6565** - Elastômero vulcanizado - Ensaio de envelhecimento acelerado em estufa

#### ***ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)***

Acetato de celulose – são materiais termoplásticos de qualidade semelhante às do PVC, usados para tubos rígidos de pequenos diâmetros. Ambos são materiais combustíveis, as figuras abaixo ilustram esses materiais (SANTOS e MARTINS, 2010).

De um modo geral, esses termoplásticos apresentam elevada resistência ao impacto, mais fácil processamento e maior capacidade de adaptação a projetos de natureza complexa do que os termofixos. O ABS, embora muito tenaz duro e rígido,

possui resistência química aceitável, baixo índice de absorção de água e, portanto, bastante estabilidade dimensional. Além disso, apresenta ainda alta resistência à abrasão.

Algumas das suas composições são facilmente submetidas à galvanoplastia. Fisicamente, é um material leve, fácil de moldar, mas ainda assim resistente, oferecendo um bom equilíbrio entre resistência à tração, ao impacto e à abrasão, dureza superficial, rigidez, resistência ao calor, resistência química e características elétricas e mantém as suas propriedades em baixas temperaturas. Este material cede plasticamente quando submetido a grandes esforços, de modo que o problema do seu alongamento raramente adquire importância significativa nos projetos em que este é usado. Normalmente a peça pode ser curvada além do seu limite de elasticidade sem que chegue romper-se, embora enfraqueça por fadiga (SANTOS e MARTINS, 1996).

Na maioria das aplicações o ABS pode ser usado entre  $-25^{\circ}\text{C}$  e  $60^{\circ}\text{C}$  sendo que as suas propriedades mecânicas variam com a temperatura. Podem fazer-se uma variedade de modificações para melhorar a resistência ao impacto, à dureza e a resistência ao calor. A resistência ao impacto cresce aumentando as proporções do polibutadieno em relação à acrilonitrila e ao estireno, dando-lhe uma maior flexibilidade, todavia, isto causa modificações noutras propriedades como é o caso da sua dureza. Mas a resistência ao impacto não desce rapidamente em baixas temperaturas e a estabilidade sobre carga é excelente com cargas limitadas. Aplica-se no fabrico de canalizações (Figura 54) pela sua dureza e resistências química e térmica (SANTOS e MARTINS, 1996).



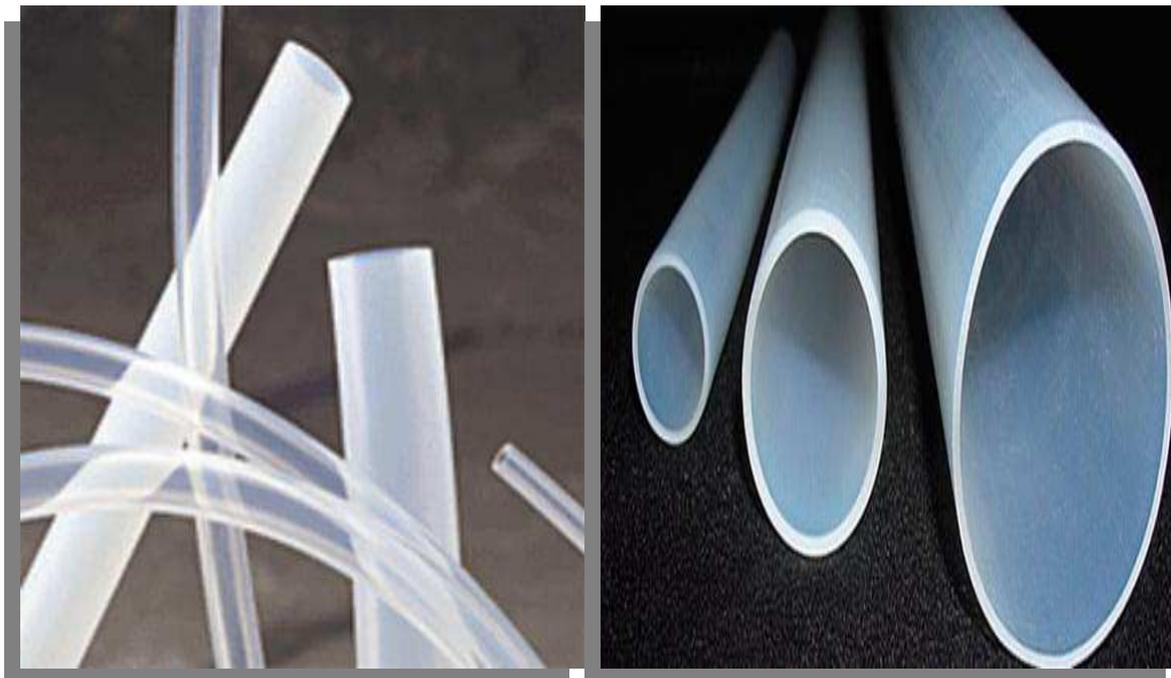
Figuras 51, 52 e 53 – Tubos e conexões em ABS



Figura 54 – Tubulação em ABS em uma fábrica de papel

### ***HIDROCARBONETOS FLUORADOS***

Essa designação inclui um grupo de termoplásticos não combustíveis, com excepcionais qualidades de resistência à corrosão e também ampla faixa de resistência à temperatura, desde  $-200^{\circ}\text{C}$  a  $260^{\circ}\text{C}$ . esses materiais têm, entretanto, preço muito elevado e resistência mecânica bastante baixa, o que limita o uso apenas a tubos pequenos sem pressão. O mais comum desses plásticos é o PTFE (politetrafluoreteno), ver figuras 55 e 56, mais conhecido pelo nome comercial de “Teflon”, muito empregado para revestimento de tubos de aço e para juntas em serviços de alta corrosão, como mostrado abaixo (TELLES, 2001). As propriedades do PTFE mostram-se úteis em uma grande variedade industrial. Incluindo a aeroespacial, de telecomunicações, a automotiva, entre outras.



Figuras 55 e 56 – Tubos em politetrafluoreteno (PTFE), ou comumente conhecido por “Teflon”

### ***EPÓXI***

É um material termoestável de muito uso para tubos de grande diâmetro (até 900 mm), com extremidades lisas ou com flanges integrais. Os tubos têm a parede de construção laminada em camadas sucessivas da resina plástica e de fibra de vidro enroladas, para melhorar a resistência mecânica (tubos denominados “FRP” – *Fiberglass Reinforced plastic*). O epóxi é um material plástico de muito boa resistência à corrosão, queima-se lentamente e pode ser empregado em temperaturas até 150°C (TELLES, 2001).

A Petroplastic S. A. é líder na tecnologia, aplicação e fabricação de tubos epóxi reforçado com fibra de vidro (ERFV). O ERFV, entre outras aplicações, é um material ideal para ser utilizado no *upstream* do mercado petrolífero. A Petroplastic S. A. dentro do mercado petrolífero especializa-se na aplicação de ERFV para a produção de **Line Pipe** (*Petro Line*), **Tubing** (*Petro Tubing*), **Casing** (*Petro Casing*) e seus respectivos acessórios. As figuras abaixo ilustram alguns desses exemplos.

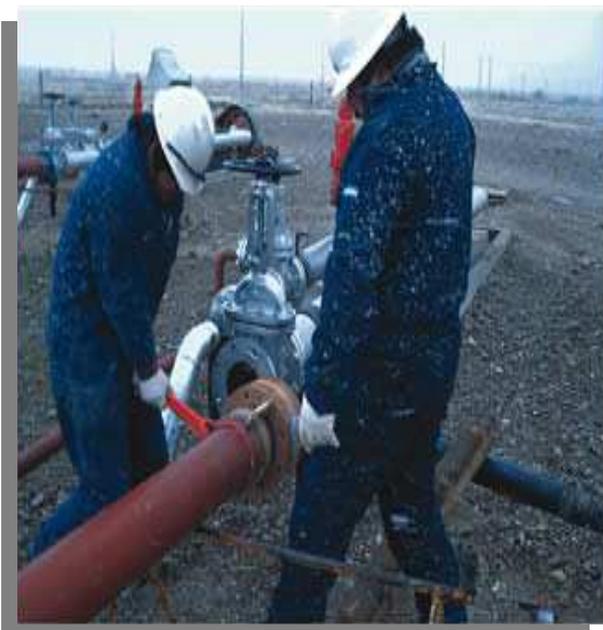


Figura 57 – Epóxi na produção de *Petro Line*



Figura 58 – Epóxi na produção de *Petro Tubing*



Figura 59 – Epóxi na produção de *Petro Casing*



Figura 60 – Epóxi reforçado com fibra de vidro (ERFV)

## ***POLIÉSTERES, FENÓLICOS***

Todos esses materiais são termoestáveis de características semelhantes às do epóxi. Os fenólicos, figuras 61 e 62, podem trabalhar até 150°C, e os poliésteres, figura 65, até 93°C. os tubos desses materiais têm também ampla faixa de diâmetro e construção laminada, com armação de fibra de vidro (tubos “FRP”). Essas resinas são também empregadas para reforçar extremamente tubos de PVC (TELLES, 2001).



Figura 61 – Tubo em material fenólico usado em atividades corriqueiras



Figura 62 – Tubo em material fenólico em aplicação industrial



Figura 63 – Tubos revestidos com material poliéster

## PRINCIPAIS NORMAS E CÓDIGOS SOBRE TUBULAÇÕES

Existem muitos códigos e normas, de diversos países, regulando o projeto, fabricação, montagem e utilização de tubulações industriais para as mais diversas finalidades, detalhando materiais, condições de trabalho, procedimentos de cálculo etc., bem como padronizando dimensões de tubos, válvulas e conexões de tubulações (TELLES, 2001; SENAI, 2004).

É importante observar que todos os materiais, metálicos ou não, empregados em tubulações industriais devem ter suas propriedades perfeitamente conhecidas e garantidas e, por isso, só são usualmente admitidos os materiais que obedecem a alguma especificação. Essa é, aliás, uma exigência geral de todas as normas de projeto de tubulações industriais (TELLES, 2001).

Especificações de material são documentos normativos emitidos por sociedades de normatização reconhecidas, públicas ou particulares, ou por alguns fabricantes, contendo geralmente as seguintes informações e exigências:

- ✓ Descrição e finalidade do material;
- ✓ Composição química;
- ✓ Propriedades mecânicas;
- ✓ Ensaio e testes exigidos ou recomendados;
- ✓ Condições de aceitação;
- ✓ Rejeição e marcação do material

Poderão ainda conter:

- ✓ Dados dimensionais;
- ✓ Propriedades físicas e químicas;
- ✓ Exigências suplementares opcionais, etc.

Cada especificação de material é designada por uma sigla alfa numérica, que serve também como designação dos materiais por ela definidos. Chama-se atenção para o fato de a maioria das especificações de material abranger não apenas um único material, mas um grupo de materiais que se distinguem entre si por “classes” ou “graus” da especificação; por esse motivo, para especificar corretamente um material, não basta citar a sigla da especificação, mas também a classe ou o grau do material, bem como as exigências opcionais que forem exigidas, quando for o caso (TELLES, 2001).

Telles (2001) ressalva que, em um determinado projeto não se deve ter um número muito grande de especificações, que complicaria o mesmo e dificultaria a compra e estocagem dos materiais, mas também não se deve ter um número muito pequeno, que resultaria fatalmente em despesas desnecessárias consequentes do uso não adequado de muitos materiais. É evidente que, havendo uma única especificação, esta deveria estar adequada ao serviço mais severo, ficando assim superdimensionada para todos os demais serviços.

As principais normas e códigos de uso corrente, entre profissionais, no que diz respeito a tubulações industriais são os seguintes:

✓ *American Standard Code For Pressure Piping* – A.S.M.E. B.31 – Código geral sobre tubulações industriais, anteriormente denominado A.S.A. B.31 e U.S.A.S. B.31.

✓ Especificações de material da A.S.T.M. (*American Society For Testing And Materials*), abrangendo materiais para tubos, válvulas, conexões, parafusos, juntas, materiais de isolamento, tintas, eletrodos etc.

✓ Normas do A.N.S.I. (*American National Standard Institute*) especificando tipos, dimensões, classes de pressão nominal, materiais de construção, processos de fabricação etc. sobre tubos, válvulas e conexões.

O A.N.S.I. é a organização governamental americana encarregada de todos os assuntos de normalização técnica, que sucedeu à antiga A.S.A. (*American Association*), que era uma organização privada. A partir de 1978, o comitê norte-americano de normas técnicas começou a ser organizado no sentido de operar com os procedimentos da A.S.M.E. (*American Society Of Mechanical Engineers*) continuando, porém com a certificação do A.N.S.I. vêm sendo gradativamente modificadas para o prefixo A.S.M.E.

✓ Normas do A.P.I. (*American Petroleum Institute*) referentes a tubulações, das quais as mais importantes são:

- ✗ A.P.I. 5B – Roscas para tubos
- ✗ A.P.I. 5L – Tubos de aço-carbono com ou sem costura de qualidade média
- ✗ A.P.I. 5LA – Tubos de alumínio de parede “Sch. 5”
- ✗ A.P.I. 5LS – Tubos de aço com solda helicoidal
- ✗ A.P.I. 5LX – Tubos de aço-carbono de alta resistência
- ✗ A.P.I. 6<sup>a</sup> – Roscas para flanges, válvulas e conexões
- ✗ A.P.I. 6B – Flanges para junta de anel (para poços e campos de petróleo)
- ✗ A.P.I. 6C – Válvulas de gaveta e de macho, de aço, flangeadas, para poços e campos de petróleo

- ✖ A.P.I. 594 – Válvulas de retenção tipo “wafer”, de ferro fundido e de aço fundido
- ✖ A.P.I. 598 – Inspeção e teste de válvulas
- ✖ A.P.I. 599 – Válvulas de macho, de aço, para refinarias
- ✖ A.P.I. 600 – Válvulas de gaveta, de aço, para refinarias
- ✖ A.P.I. 601 – Juntas metálicas para flanges

Os principais objetivos das normas elaboradas por essas entidades são, segundo Senai (2004):

- Orientar os executores dos projetos mediante a criação de especificação e serviços adequados;
- Trabalhar pela criação de métodos e padrões de fabricação;
- Delimitar as responsabilidades e fixar tolerâncias de fabricação;
- Estabelecer materiais e especificações de aplicações de determinadas matérias na fabricação de tubos e seus acessórios.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE (ANSI). **American national standard code for pressure piping**. A.N.S.I. B. 31.

BRAVIM, C. E. **Estudo da aplicação de materiais orgânicos em meios corrosivos do processamento primário do petróleo**. Dissertação. Porto Alegre, 2009.

CRAWFORD, R. J. **Plastics engineering**. Oxford, Butterworth Heinemann.

FERREIRA, L. A. **Curso de formação de operadores de refinaria: química aplicada, corrosão**. Petrobrás: Unicenp, 2002. 32 p.

GAYLORD, M. W. **Reinforced plastics theory and practice**. 2ª ed. Editora: Cahners publishinh company. Boston, 1974.

HARPER, C. A. **Handbook of plastic and elastomers**. Editora: McGraw-Hill, New York, 1975.

HENRIQUES, C. C. **Desafios na seleção de materiais na indústria do petróleo**. Petrobrás/Cenpes, 2007.

MARTINHO, J. B. **Curso Tecnológico de Construção Civil Tecnologias 11.º ano**. Porto, Editora: Porto Ltda, 1996.

NUNES, N. V. **Pintura industrial aplicada**. Editora: LTDA, 1990.

PETROPLASTC. **Produtos em ERFV**. Disponível em [http://www.petroplastic.com.ar/p\\_productos.htm](http://www.petroplastic.com.ar/p_productos.htm). Acessado em: 31/03/2012.

REDDO, A. M. **Dimensionamento de equipamentos I**. V.3 (tubulações industriais). 2008.

RIZKALLA, S.; MUFTI, A. **Reinforcing concrete strutures with fibre reinforced polymers design** – Manual nº 3, 2001.

SANTOS, R.; MARTINS, J. G. **Série materiais**. 2ª ed. 2010.

SENAI. **Tubulações industriais** – Controle e dimensional – Caldeiraria e tubulação. Metrologia. Referente à norma Petrobrás N – 2 109 set/98. Rio de Janeiro, 2004.

SENAI. **Tubulação industrial** – Caldeiraria. Espírito Santo, 1997.

TELLES, P. C. S. **Materiais para equipamentos de processo**. 5ª ed. Editora: Interciência, 1994.

TELLES, P. C. S. **Tubulações industriais, cálculos**. 8ª Ed. Editora: LTC, Rio de Janeiro, 1994.

TELLES, P. C. S. **Tubulações industriais – Materiais, projeto, montagem**. 10ª ed. Editora: LTC, 2001. 260 p.

ZATTONI, C. C. **Materiais para tubulação – Materiais plásticos**. V. 1, outubro 2011.

ZATTONI, C. C. **Materiais para tubulação – Materiais plásticos**. V. 2, outubro 2011.

ZATTONI, C. C. **Materiais para tubulação – Materiais plásticos**. V. 3, outubro 2011.

VIBTECH. **Amortecedores de vibração**. Disponível em <<http://www.vibtech.com.br>>. Acessado em: 31/03/2012.