

UNESP

Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá

Guaratinguetá

2011

MICHEL RODRIGUES SILVESTRE PEREIRA

CRIAÇÃO DE NOVO PROCEDIMENTO QUE POSSIBILITE A RASTREABILIDADE DAS
TUBULAÇÕES DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

Trabalho de Graduação apresentado
ao Conselho de Curso de Graduação em
Engenharia Mecânica da Faculdade de
Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para
obtenção do diploma de Graduação em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Eugênio
Filippo Fernandes Filho

Guaratinguetá
2011

P436c

Pereira, Michel Rodrigues Silvestre

Criação de um procedimento de engenharia que possibilite a rastreabilidade das tubulações de uma indústria química / Michel Rodrigues Silvestre Pereira – Guaratinguetá : [s.n], 2011.

66 f : il.

Bibliografia: f. 65-66

Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Eugênio Filippo Fernandes Filho

1. Tubulações 2. Rastreamento automático I. Título

CDU 621.643

CRIAÇÃO DE NOVO PROCEDIMENTO QUE POSSIBILITE A
RASTREABILIDADE DAS TUBULAÇÕES DE UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

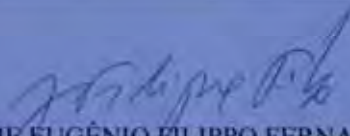
MICHEL RODRIGUES SILVESTRE PEREIRA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Mauro Hugo Mathias
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. GUILHERME EUGÊNIO FILIPPO FERNANDES FILHO
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. FERNANDO AUGUSTO SILVA MARINS
UNESP-FEG


Prof. Dr. MARCELO DOS SANTOS PEREIRA
UNESP-FEG

Dezembro de 2011

Dedico este Trabalho de modo especial aos meus pais, Aurélio e Elisabeth, aos meus irmãos Daniel e Marco Aurélio e a minha avó Iolanda.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais Aurélio e Elisabeth, meus irmãos Marco Aurélio e Daniel e a minha avó Iolanda, que acreditaram no meu potencial e sempre me apoiaram.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Guilherme Eugênio Filippo Fernandes Filho* que jamais deixou de me incentivar. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível, aos engenheiros presentes na banca,

Aos meus amigos da República Arapuca, que se tornou minha segunda família.

A todos os membros e ex-membros da Equipe Piratas do Vale Melpoejo de Baja SAE e ao *Prof. Dr. Angelo Caporalli Filho*, orientador do projeto, por todo o aprendizado pessoal e profissional que isso me trouxe.

Ao *Prof. Dr. Nazem Nascimento*, por todo apoio dado na busca por um estágio na Alemanha e por ter mantido a parceria mesmo sem contar com grande apoio da própria universidade.

Aos meus grandes companheiros e amigos que me acompanharam nesses anos de estudo e durante os quais passamos por momentos inesquecíveis: Marcelo Kawakami, Mateus Gullo, Lucas Pimentel de Araújo, Marcelo Rodrigues, Luciano Honda, Pedro Del Mônico, Abraão Lopes, Alan Leite, Rogério Kadota, Daniel Nogi, Hugo Takahashi, Vitor Yazaki, Rafael Corona, Yuri Moreira e Bruno Sant'Anna.

“Grandes obras não são feitas com a
força, mas com a perseverança.”

Samuel Johnson

PEREIRA, M.R.S.. **Criação de Novo Procedimento que Possibilite a Rastreabilidade das Tubulações de uma Indústria Química**. 2011. 66p. Trabalho (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

O número de linhas de tubulações em uma indústria é muito grande. Através delas são transportados diversos tipos de produtos a diversas condições de temperatura e pressão. Em uma indústria química, a quantidade de tubulações transportando produtos químicos nocivos à saúde humana e ao meio ambiente é muito grande. Atualmente o tema sustentabilidade é abordado freqüentemente e um dano ao meio ambiente pode trazer danos irreversíveis ao ser humano, a fauna, a flora e a imagem da empresa. Dentro deste contexto é fundamental ter controle sob as tubulações para que não ocorram acidentes que poderiam ter sido evitados. O objetivo deste trabalho é criar um procedimento que permita a rastreabilidade em tubulações de uma indústria química. Este trabalho analisa os diversos sistemas de rastreabilidade existentes nos três setores da economia e aborda a questão técnica das tubulações industriais com a finalidade de criar um procedimento que atinja seu objetivo como documento técnico e ao mesmo tempo seja viável economicamente, de baixa complexidade e fácil exequibilidade. Foram estudadas algumas maneiras de se elaborar este procedimento, como a elaboração e talhagem de um código alfa-numéricos baseado na norma ASTM F2897 na tubulação e utilização de *chips* para armazenamento de informações. No entanto o procedimento que atendeu melhor as premissas iniciais custo e facilidade de aplicação foi o preenchimento de uma planilha contendo informações a respeito do processo de soldagem, certificação do soldador, consumível utilizado e inspeções realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Procedimento, Rastreabilidade, Tubulações Industriais.

PEREIRA, M.R.S.. **Criation of a New Procedure which enables the Chemical Industry Piping Traceability**. 2011. 66p. Monograph (Undergraduation in Mechanical Engineering) – College of Engineering Campus of Guaratinguetá, Paulista State University, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

The number of piping in an industry is high. Through this piping are conducted several kind of products at several temperature and pressure conditions. In a chemical company, the piping quantity conducting harmful chemical products to human health and to the environment is higher. Nowadays the theme sustainability is often mentioned and harm to environment may cause irreversible damage to the human being, to the fauna, to the flora and to company's credibility. In this context, controlling over the piping to avoid accidents is mandatory. The objective of this monograph is to create a procedure which enables the chemical companies piping traceability. This monograph analyses the several existent traceability system in the three economy sectors and approaches the technical question of industrial piping in order to create a procedure that achieves its objectives as a technical document and at the same time be economically feasible, with low complexibility level and high practicability. Some possibilities to elaborate this procedure had been studied, as the creation of an alphanumeric code and making with a chisel in the pipeline based on ASTM F2897 and the use of chips to store the information. However, the procedure which best meet the requirement as low cost and high applicability is filling out an electronic plan with information about welding process, welding certification, welding consumables and inspections.

KEYWORDS: Procedure, Traceability, Industrial Piping.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Chip do Boi instalado na orelha do gado como se fossem brincos.....	17
Figura 2 -	Regra de codificação dos dois primeiros caracteres referentes ao país de fabricação.....	21
Figura 3 -	Relação de valores que cada letra assume no cálculo do dígito verificador assim como o peso de cada posição no código final.....	22
Figura 4 -	Exemplo de cálculo do dígito verificador.....	23
Figura 5 -	Entendendo a codificação do chassi dos automóveis.....	24
Figura 6 -	Estrutura de identificação do Código de Endereçamento Postal (CEP) brasileiro.....	26
Figura 7 -	Laminador Mannesmann.....	29
Figura 8 -	Fabricação de tubos por extrusão.....	30
Figura 9 -	Ligação rosqueada de tubos.....	39
Figura 10 -	Tipo de chanfro exigido para cada faixa de diâmetro de tubo.....	42
Figura 11 -	Ligações de solda através de encaixe de tubos.....	43
Figura 12 -	Soldagem de juntas para tubulação com revestimento interno.....	43
Figura 13 -	Ligações flangeadas com seus componentes identificados.....	44
Figura 14 -	Tipos de flanges para tubos.....	46
Figura 15 -	Tipos de faceamento de flanges para tubos.....	47
Figura 16 -	Tipos de juntas para flanges.....	48
Figura 17 -	Tubulação sob a perspectiva isométrica e no desenho tradicional em duas dimensões.....	52
Figura 18 -	Simbologia e convenções de isométricos.....	53
Figura 19 -	Numeração das soldas em um isométrico.....	53
Figura 20 -	Planilha de rastreabilidade de tubulações soldadas.....	59
Figura 21 -	Constituição de uma etiqueta <i>Smart Label</i>	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Caracteres atribuídos ao caracter J segundo o ano de fabricação.....	23
Tabela 2 -	Codificação da placa dos automóveis.....	25
Tabela 3 -	Código de cores seguido pelas placas dos veículos no Brasil.....	25
Tabela 4 -	Limite de resistência e de escoamento segundo a porcentagem de carbono na sua composição.....	32
Figura 5 -	Especificação dos graus dos materiais dos aços ASTM A-53, A-106 e A-135.....	34
Figura 6 -	Classificação dos aços-liga segundo a porcentagem de elementos de liga.....	34
Figura 7 -	Tipos de aços inoxidáveis mais utilizados.....	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Contextualização.....	12
1.2	Objetivos.....	12
1.3	Justificativa.....	12
1.4	Etapas da pesquisa.....	13
1.5	Estrutura do trabalho.....	13
2	RASTREABILIDADE.....	15
2.1	O conceito de rastreabilidade.....	15
2.2	Aplicação do conceito de rastreabilidade.....	15
2.2.1	Setor primário.....	15
2.2.2	Setor secundário.....	16
2.2.3	Setor terciário.....	17
2.3	Os sistemas de codificação utilizados atualmente.....	19
2.3.1	O “número” do chassi dos automóveis.....	19
2.3.2	O código das placas dos veículos.....	23
2.3.3	O código de endereçamento postal (CEP).....	25
3	TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS.....	26
3.1	Revisão bibliográfica.....	26
3.1.1	Processos de fabricação de tubos.....	27
3.1.2	Materiais de tubulação.....	30
3.1.3	Meios de ligação de tubos.....	37
4	PESQUISAÇÃO.....	54
4.1	A norma ASTM F2897.....	55
4.2	A criação do procedimento.....	56
4.2.1	O procedimento.....	57
4.2.2	Possíveis melhorias futuras no procedimento.....	58
5	Conclusão.....	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Nas indústrias a quantidade de tubulações, também chamadas de linhas de condução, é muito grande assim como a variedade de produtos e substâncias que são conduzidas por elas. Dentre esses produtos e substâncias existem aqueles que podem causar danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Desta forma, é muito importante que os procedimentos de montagem adequados sejam seguidos e que a união entre as varas de tubo seja bem feita, pois é sabido que são nestes pontos onde ocorrem os vazamentos com mais frequência.

Tendo em vista as informações acima, todas as medidas possíveis devem ser tomadas para evitar este tipo de acidente, que pode ser fatal e causar danos irreversíveis ao meio ambiente.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é a criação de um procedimento de engenharia que identifique as uniões soldadas entre os tubos instalados em uma indústria química e possibilite o seu rastreamento.

1.3 Justificativa

A justificativa deste trabalho está embasada em dois fatores: segurança e meio ambiente.

A questão da segurança está ligada a existência de materiais nocivos a saúde humana e a condições de temperatura e pressão elevadas de forma que um vazamento que atinja uma pessoa pode e será fatal.

A questão ambiental está ligada ao fato de que vazamento de produtos pode agredir o meio ambiente, contaminando solos, rios, lençóis freáticos. Na indústria química em especial existem diversos tipos destes produtos, como o benzeno (que é cancerígeno) e devido à proximidade com o rio Paraíba do Sul o dano pode se alastrar por uma região muito grande. Sabemos ainda que a sustentabilidade é um tema onipresente nos dias de hoje e que a associação do nome de uma empresa a um dano ambiental causa prejuízos financeiros

internos de grande ordem, além das multas que são aplicadas pelos órgãos fiscalizadores. Um exemplo atual é a petrolífera BP, com o vazamento de óleo no Golfo do México.

1.4 Etapas da pesquisa

O desenvolvimento deste trabalho consistiu nas seguintes etapas:

- **Estudo de sistemas de rastreabilidade** – Nesta etapa foram pesquisados diversos tipos de sistemas de rastreabilidade nos três setores da economia. O objetivo de tal estudo foi verificar se alguma idéia ou sistema poderia ser aproveitado e como estavam estruturados.
- **Estudo de tubulações industriais** – Para poder elaborar um procedimento de montagem de tubulações industriais é primordial o conhecimento acerca do tema. Através de pesquisas bibliográficas, buscou-se compreender os diversos tipos de tubulações e uniões para entender os riscos e falhas que podem ocorrer.
- **Elaboração do procedimento** – Após estudar os dois itens anteriores e tendo conhecimento das premissas da empresa no que se refere à aplicabilidade e custos, foi possível elaborar um procedimento que ao mesmo tempo atinge o objetivo principal e atende as premissas iniciais: baixo custo e fácil aplicação.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho é composto pela seguinte estrutura:

- **Capítulo 1 - Introdução** – Neste capítulo são caracterizados os objetivos, as justificativas e a metodologia do trabalho. Além disso, ainda é apresentada a estrutura descritiva dos capítulos apresentados no trabalho;
- **Capítulo 2 – Rastreabilidade** – Neste capítulo explica-se o que é rastreabilidade e são apresentados os diversos sistemas de rastreabilidade que estão presentes no dia-a-dia nos três setores da economia;

- Capítulo 3 – Tubulações Industriais – Neste capítulo são apresentados os fundamentos teóricos relacionados à escolha do tubo, material e uniões a serem aplicadas em um projeto;
- Capítulo 4 – Pesquisa – Neste capítulo é apresentada a necessidade da empresa e o procedimento criado para rastreabilidade das tubulações industriais. Também são levantadas possíveis melhorias no procedimento criado, que foi simplificado em função do tempo e custo que foram estipulados pela empresa;
- Capítulo 5 – Conclusões.

2 RASTREABILIDADE

2.1 O conceito de rastreabilidade

O mercado global e a livre concorrência têm forçado as empresas a produzir no momento certo, com baixo custo e qualidade. Estes dois últimos parâmetros, que podem a princípio parecer antagônicos, hoje são levados muito a sério e é de vital importância que caminhem juntos para a sobrevivência na atual economia de mercado.

Neste contexto, onde custo, qualidade e preço baixo são os pilares de sustentação de uma empresa, informação e controle do processo são fundamentais. A partir desta necessidade, surge o conceito da rastreabilidade, também conhecida como traceabilidade. De acordo com a norma ISO 8402, rastreabilidade é a capacidade de traçar o histórico, a aplicação ou a localização de um item através de informações previamente registradas.

O termo rastreabilidade pode se referir a origem das matérias-primas ou componentes, o histórico do processo aplicado ao produto e a distribuição e instalação do produto após sua entrega (SARTÓRIO, 2009).

Em outras palavras, é registrar informações de um produto de modo que seja possível responder as seguintes questões básicas:

- O que é?
- De onde veio?
- Quem o fez?
- Como foi feito?
- Para onde foi?

Uma curiosidade acerca do termo “rastreabilidade” dá-se ao fato de não haver significado para o verbo rastrear no sentido em que ele é abordado neste trabalho. O dicionário online Michaelis define, entre outros significados, que rastrear é calcular aproximadamente, quase acertar. Não se encontra o significado de rastreabilidade no dicionário da língua portuguesa, por ser uma palavra composta pelo verbo rastrear, que significa: “seguir o rasto ou a pista de, investigar, inquirir, indagar”, e pelo substantivo feminino habilidade, que significa: “qualidade de hábil” (RODRIGUES, 2007).

2.2 Aplicação do conceito de rastreabilidade

Como citado anteriormente, a qualidade de um bem ou serviço é fundamental para a sobrevivência na economia de mercado. Fato é que a rastreabilidade é aplicada nos três setores da economia.

2.2.1 Setor primário

No setor primário é comum encontrar chips instalados em forma de brinco na orelha do gado, Figura 1. O Chip do Boi, como é conhecido o sistema de rastreamento bovino, visa atender a uma exigência do Ministério da Agricultura e Pecuária. O sistema permite rastrear informações a respeito do gado como:

- Vacinas aplicadas;
- Procedimentos de pesagem;
- Controle de doenças e histórico daquelas que já atingiram o gado;
- Raça;
- Idade;
- Lote do qual foi comprado;
- Proprietário.

Tais informações são necessárias para atender a exigências do mercado consumidor, incluindo o de exportação. Não é muito incomum a ocorrência de embargos referentes a carne bovina brasileira, principalmente por parte dos russos. O que chama atenção é que a restrição se aplica geralmente a frigoríficos de poucos estados da federação. O último deles, aplicado pelas autoridades russas em junho de 2011, suspendeu a importação de carne bovina de frigoríficos dos estados do Paraná, Mato Grosso e Rio Grande do Sul. Caso não existisse o sistema de rastreamento, por segurança, o governo estrangeiro poderia ampliar a restrição a nível nacional, embargando produtos com qualidade garantida.



Figura 1 – Chip do Boi instalado na orelha do gado como se fossem brincos. Fonte: <http://www.revistaportuaria.com.br/site/?home=noticias&n=zUqTd>. Acessado em 20. out 2011

2.2.2 Setor secundário

O setor secundário está relacionado as atividades de transformação da matéria-prima, no qual estão inseridas as indústrias. O público em geral está mais familiarizado com o sistema de rastreabilidade deste setor.

É cada vez mais freqüente a convocação de proprietários de automóveis para a substituição de uma peça defeituosa. Esta convocação é conhecida pelo seu termo em inglês *recall* e é feita por meio de mídias impressas, rádio e televisão. A identificação da abrangência do problema é feita através do número do chassi do veículo. Este é o código que permite o rastreamento do veículo, inclusive referente a furtos, como será abordado na próxima seção.

Na indústria automobilística, é o número do chassi que permite a rastreabilidade do veículo. Essa codificação é composta por dezessete caracteres.

Em cada componente dos automóveis, também existe um número que identifica a peça, informando ao menos o fabricante da peça e da matéria-prima e o lote. Estas informações são essenciais para possibilitar a rastreabilidade dos veículos afetados com algum defeito de fabricação ou peça defeituosa.

Na indústria, a rastreabilidade também é aplicada na área de fabricação. O principal processo que demanda hoje em dia um controle mais rigoroso é o de soldagem. O registro do processo deve conter desde a certificação do soldador como o eletrodo/consumível utilizado e os testes realizados para aferir a qualidade da solda. Na maioria dos casos, uma falha em uma solda pode ocasionar um grande problema de segurança operacional, podendo causar acidentes graves.

A rastreabilidade em tubulações, que é o tema deste trabalho, também merece atenção especial principalmente por questões de segurança operacional e proteção ao meio ambiente. Na indústria petroquímica, o vazamento de derivados de petróleo e produtos químicos pode causar danos irreversíveis a fauna e a flora, além de ser passível a multas elevadas e a embargos. Em relação a segurança operacional, o vazamento de uma linha de vapor de alta pressão pode causar acidentes sérios, incluindo mortes.

Por conta disso, existem normas que visam fornecer um embasamento para que seja possível rastrear materiais e processos. A norma ASTM F2897 Anexo 11 aborda o tema de rastreabilidade de tubulações de gás natural. No entanto, aborda apenas o que se refere ao material e apresenta algumas falhas quando os fabricantes não seguem os padrões definidos por ela.

2.2.3 Setor terciário

No setor terciário, o termo rastreabilidade também está em evidência. Com a situação da violência vivida no Brasil, surgiram algumas alternativas de proteção a itens de valor e que estão constantemente na mira dos bandidos, sejam automóveis, caminhões de carga, carros-forte, equipamentos eletrônicos, etc.

O sistema de rastreamento de veículos surgiu como uma alternativa mais barata em relação ao elevado custo da apólice de seguro cobrada pelas seguradoras para determinados veículos. Muitas vezes, este valor é tão alto que em poucos anos o valor pago já ultrapassa o valor de mercado do veículo. A cultura brasileira no momento da aquisição de um veículo ainda é movida pela emoção, apesar de estar mudando com o passar dos anos. Desta forma, mesmo tendo um valor do seguro elevado, o consumidor opta pela compra deste modelo.

Como exemplo, um carro popular que custa hoje R\$ 30.000,00 pode ter apólice de seguro custando até R\$ 3.000,00 ao ano. Normalmente, quem adquire um veículo deste segmento o faz porque a compra de um veículo mais requintado não cabe no seu orçamento. Logo, pagar R\$ 3.000,00 ao ano de seguro terá um grande impacto no orçamento deste consumidor. Desta forma, ele decide por assumir o risco e não ter cobertura em caso de acidentes (é conhecido pelo termo sinistro no mercado de seguros) e instala um sistema de rastreamento em seu veículo. Existem sistemas de rastreamento no mercado que custam R\$ 39,90 por mês. Estes sistemas contêm um sistema de GPS (Global Positioning System) que permite localizar o veículo através da informação da latitude e longitude. Alguns sistemas também permitem o bloqueio do veículo através de um sistema acoplado à bomba de combustível do veículo que a desliga em caso de furto. O mesmo tipo de sistema é aplicado na proteção de cargas transportadas por rodovias.

Ainda na área de serviços, em diversos ramos de atividade são feitos cadastros de clientes. Este cadastro gera um código, que dependendo do ramo pode ser chamado de diversas formas: número da matrícula, título de clube, conta bancária, crediário, etc. Através deste código é possível rastrear os dados da pessoa, que já foram previamente coletados e armazenados em um banco de dados, seja ele informatizado ou não, no momento do cadastro.

Para os clientes e consumidores, o avanço da tecnologia permite que ele tenha acesso a dados e informações de forma muito simples e sem sair de casa, apenas utilizando o seu código identificador. As instituições bancárias oferecem sistemas de *Internet Banking* nos quais é possível realizar transações financeiras (transferências, pagamentos, depósitos, compra de ações) sem sair de casa e de forma segura. Basta fazer o login na sua conta cadastrada via internet.

O DETRAN também possui um banco de dados online no qual é possível acessar informações a respeito de multas e pendências referentes a pagamentos de tributos apenas com o número do RENAVAM (Registro Nacional de Veículos Automotores). O código alfanumérico utilizado na identificação das placas dos veículos também é um código de identificação que permite o rastreamento através de informações de um banco de dados.

Nestes casos, o código identificador não possui uma lógica complexa e simplesmente segue uma ordem numérica, diferente dos códigos de identificação da área industrial, como o número do chassi dos automóveis.

2.3 Os sistemas de codificação utilizados atualmente

Existem hoje em dia alguns sistemas de codificação que permitem a identificação do item em questão, seja ele um produto, pessoa física ou jurídica. Alguns deles estão presentes no nosso dia-a-dia. São eles: o número da conta bancária, o número da matrícula na escola, academia e trabalho, o código da placa do veículo, o CEP (Código de Endereçamento Postal) da sua rua/cidade, o número do RG (Registro Geral) e do CPF (Código de Pessoa Física), entre outros. Existem ainda aqueles que são de conhecimento da população em geral, mas que não são utilizados diariamente, como o número do chassi dos veículos.

2.3.1 O “número” do chassi dos automóveis

Como citado anteriormente, é de conhecimento da população em geral que os veículos são identificados por um código marcado no chassi dos veículos. Este conhecimento surgiu devido a importância que este código possui na identificação de veículos roubados. Por ser único, o código permite a identificação de um veículo roubado, mesmo que ele tenha suas características alteradas (cor da pintura externa, troca do número da placa de identificação, etc). De posse desta informação, os bandidos geralmente adulteram o código ou mesmo fazem a raspagem, para que não seja possível fazer a identificação. Para evitar que isso ocorra, o código é marcado em outras partes, além do compartimento do motor. Este local varia de acordo com o modelo e o fabricante do veículo, mas na maioria dos casos a marcação está no assoalho direito na parte dianteira, logo após o prolongamento dos trilhos sobre os quais os bancos dianteiros deslizam.

A palavra número aparece entre aspas no título desta seção devido ao fato de que o chassi é identificado por um código alfa-numérico e não apenas por números, como ele é popularmente conhecido. Ele é composto por dezessete caracteres cuja combinação fornece diversas informações acerca do veículo. As regras foram implementadas na década de 80 através da norma ISO 3779.

Para facilitar o entendimento, o código será identificado genericamente da seguinte maneira: ABCDEFGHIJKLMNOPQ.

2.3.1.1 Caracteres A e B

Os dois primeiros caracteres identificam o código do país de fabricação do veículo. Para que seja possível a existência de um número de combinações que permita que não haja repetição nos códigos, cada país é identificado por mais de um código. A divisão por continentes é feita pelo primeiro caracter A e segue a regra conforme mostrado na Figura 2.

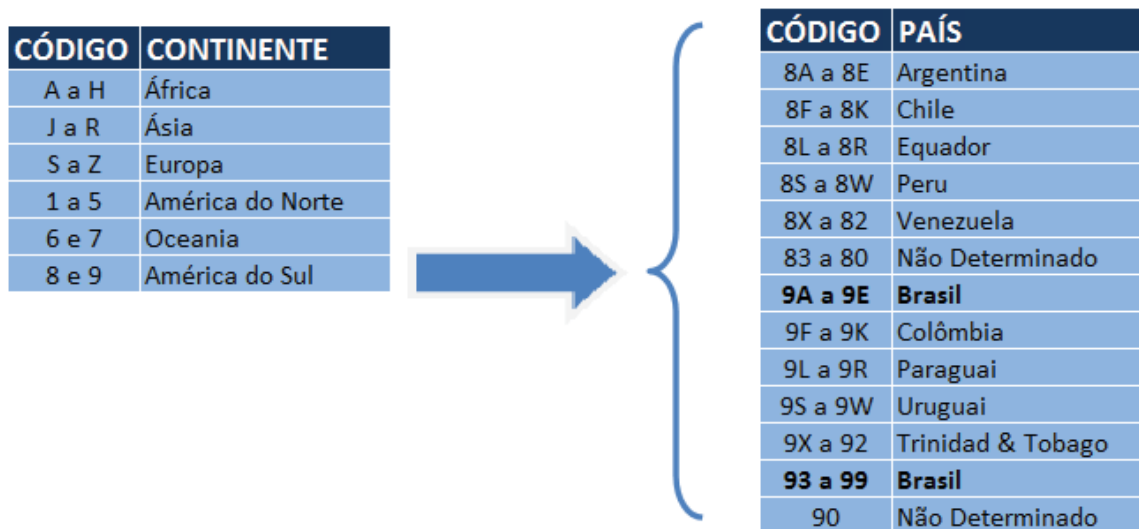


Figura 2 – Regra de codificação dos dois primeiros caracteres referentes ao país de fabricação (Fonte: <http://www.endurohp.eng.br/mecanica/chassi/chassi.html>). Acessado em 20. out 2011.

A Figura 2 mostra a divisão macro do caracter A, que se refere ao continente no qual o veículo foi fabricado. O caracter A referente aos veículos fabricados na América do Sul recebe o valor 8 ou 9. O segundo caracter B recebe um outro caracter alfa-numérico que permite a identificação do país.

2.3.1.2 Caracter C

O terceiro caracter C tem caráter mais local e não global como os A e B. Ele informa quem é o fabricante do veículo. Cada fabricante recebe um código e a identificação pode ser feita sem maiores problemas apenas consultando a tabela.

2.3.1.3 Caracteres D, E, F, G e H

Este conjunto de caracter fornece informações relativas ao tipo e modelo do veículo. Nele deve conter informações referentes a carroceria do veículo (*hatch, sedan, station wagon, furgão, etc*) e a plataforma de montagem. Cada fabricante tem um sistema diferente de informação nestes caracteres e alguns informam a presença de itens opcionais de segurança, como air-bags e ABS (Anti-lock Breaking System).

2.3.1.4 Caracter I

O nono caracter é conhecido como dígito verificador do chassi. Ele é feito através de um cálculo baseado no código final do chassi. Cada número e letra recebem um valor e cada posição na composição do código recebe um peso. O valor final é somado e dividido por 11. O resto da divisão é o código verificador. A Figura 3 mostra como é distribuído o valor das letras e o peso por posição no código final.

LETRA	CÓDIGO	LETRA	CÓDIGO	LETRA	CÓDIGO
A	1	J	1	S	2
B	2	K	2	T	3
C	3	L	3	U	4
D	4	M	4	V	5
E	5	N	5	W	6
F	6	O	6	X	7
G	7	P	7	Y	8
H	8	Q	8	Z	9
I	9	R	9		

POSIÇÃO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
PESO	8	7	6	5	4	3	2	10	X	9	8	7	6	5	4	3	2

Figura 3 – Relação dos valores que cada letra assume no cálculo do dígito verificador, assim como o peso de cada posição no código final. (Fonte: <http://www.endurohp.eng.br/mecanica/chassi/chassi.html>). Acessado em 20. out 2011.

Na Figura 4 pode ser visto um exemplo de como se chega ao valor do dígito verificador.

9 B W H E 2 1 J X 2 4 0 6 0 9 6 0

CÓDIGO DO CHASSI	9	B	W	H	E	2	1	J	X	2	4	0	6	0	9	6	0
VALORES	9	2	6	8	5	2	1	1	7	2	4	0	6	0	9	6	0
PESO	8	7	6	5	4	3	2	10	X	9	8	7	6	5	4	3	2
PRODUTO	72	14	36	40	20	6	2	10		18	32	0	36	0	36	18	0
SOMA DOS PRODUTOS	340																
SOMA MOD 11	10																

Figura 4 – Exemplo de cálculo do dígito verificador. (Fonte: <http://www.endurohp.eng.br/mecanica/chassi/chassi.html>). Acessado em 20. out 2011.

2.3.1.5 Caracter J

O caracter J identifica o ano de fabricação do modelo. Sua determinação é simples e não envolve cálculos, apenas uma consulta a tabela.

A Tabela 1 mostra como o caracter J é atribuído segundo o seu ano de fabricação.

Tabela 1 – Caracteres atribuídos ao caracter J segundo o ano de fabricação. (Fonte: <http://www.endurohp.eng.br/mecanica/chassi/chassi.html>). Acessado em 20. out 2011.

CARACTER	INÍCIO	FINAL	CARACTER	INÍCIO	FINAL	CARACTER	INÍCIO	FINAL
A	1980	2010	L	1990	2020	Y	2000	2030
B	1981	2011	M	1991	2021	1	2001	2031
C	1982	2012	N	1992	2022	2	2002	2032
D	1983	2013	P	1993	2023	3	2003	2033
E	1984	2014	R	1994	2024	4	2004	2034
F	1985	2015	S	1995	2025	5	2005	2035
G	1986	2016	T	1996	2026	6	2006	2036
H	1987	2017	V	1997	2027	7	2007	2037
J	1988	2018	W	1998	2028	8	2008	2038
K	1989	2019	X	1999	2029	9	2009	2039

Nota-se que a cada 30 anos o caracter atribuído se repete. Este é o padrão que deve ser seguido.

2.3.1.6 Caracter K

Este caracter indica em qual fábrica o modelo foi produzido. Cada fabricante deve então codificar suas unidades fabris. Desta forma, este caracter depende do caracter C, que indica o fabricante do veículo.

2.3.1.7 Caracteres L, M, N, O, P e Q

Estes caracteres são reservados para informações que identifiquem o veículo em questão. Desta forma, cada fabricante pode utilizar este código da melhor forma possível e julgada por eles próprios. As informações mais relevantes já podem ser extraídas dos caracteres anteriores.

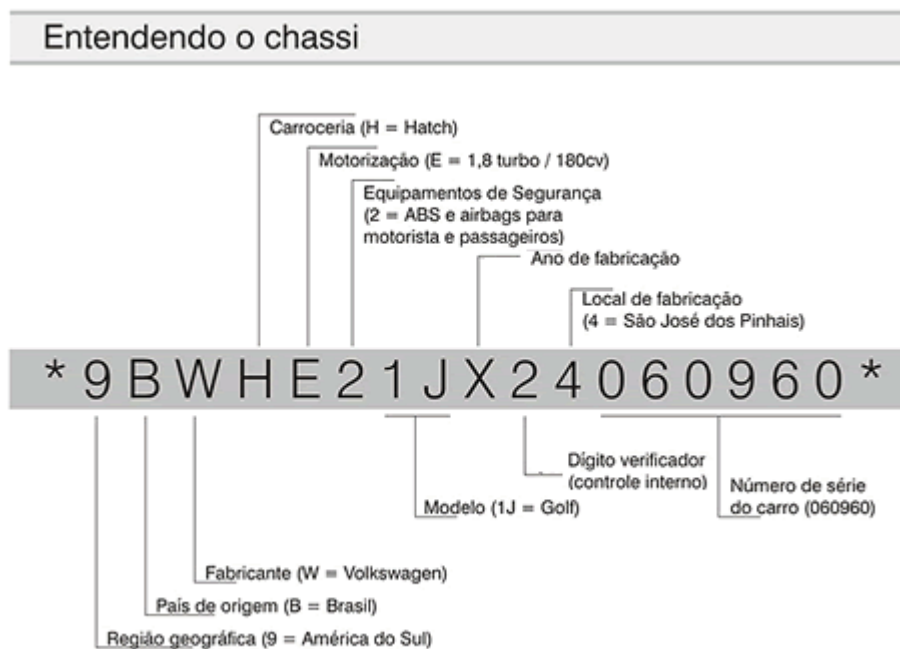


Figura 5 – Entendendo a codificação do chassi dos automóveis (Fonte: http://tudosobreseguranca.com.br/portal/index.php?option=com_content&task=view&id=266&Itemid=139). Acessado em 20. out 2011.

2.3.2 O código das placas dos veículos

Atualmente no Brasil a placa dos veículos é composta por um código alfa-numérico, composto por três letras e quatro números. Além disso, na placa ainda contém a cidade e o estado no qual o veículo está registrado e paga os tributos como o IPVA (Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores).

No entanto, um veículo pode ser adquirido em um estado e ser transferido para outra. A diferença de preço entre as regiões e o avanço da tecnologia vinculada a compra e venda de veículos online torna este fato cada vez mais freqüente.

Muitos não sabem, mas o código alfa-numérico indica onde o veículo foi emplacado. Desta forma, mesmo que o veículo seja transferido para outro estado, sua origem fica

preservada. As cidades também podem ser identificadas pelas três letras que compõem o código. Veículos com letras como DEJ e DGN foram emplacados na cidade de Santos (SP), por exemplo. A Tabela 2 apresenta os códigos segundo o estado. A placa dos veículos também é classificada segundo as cores, como mostra a Tabela 3.

Tabela 2 – A codificação da placa dos carros segue um padrão de forma que seja possível identificar em que estado da federação o veículo foi emplacado. Fonte: <http://www.carrosnaweb.com.br/dicasplacas.asp>. Acessado em 20. out 2011.

INÍCIO	FINAL	ESTADO	INÍCIO	FINAL	ESTADO
AAA 0001	BEZ 9999	Paraná	MZN 0001	NAG 9999	Acre
BFA 0001	GKI 9999	São Paulo	NAH 0001	NBA 9999	Roraima
GKJ 0001	HOK 9999	Minas Gerais	NBB 0001	NEH 9999	Rondônia
HOL 0001	HQE 9999	Maranhão	NEI 0001	NFB 9999	Amapá
HQF 0001	HTW 9999	Mato Grosso do Sul	NFC 0001	NGZ 9999	Goiás
HTX 0001	HZA 9999	Ceará	NHA 0001	NHT 9999	Maranhão
HZB 0001	IAP 9999	Sergipe	NHU 0001	NIX 9999	Piauí
IAQ 0001	JDO 9999	Rio Grande do Sul	NIY 0001	NJW 9999	Mato Grosso
JDP 0001	JKR 9999	Distrito Federal	NJX 0001	NLU 9999	Goiás
JKS 0001	JSZ 9999	Bahia	NLV 0001	NMO 9999	Alagoas
JTA 0001	JWE 9999	Pará	NMP 0001	NNI 9999	Maranhão
JWF 0001	JXY 9999	Amazonas	NNJ 0001	NOH 9999	Rio Grande do Norte
JXZ 0001	KAU 9999	Mato Grosso	NOI 0001	NPB 9999	Amazonas
KAV 0001	KFC 9999	Goiás	NPC 0001	NPQ 9999	Mato Grosso
KFD 0001	KME 9999	Pernambuco	NPR 0001	NQK 9999	Paraíba
KMF 0001	LVE 9999	Rio de Janeiro	NQL 0001	NRE 9999	Ceará
LVF 0001	LWQ 9999	Piauí	NRF 0001	NSD 9999	Mato Grosso do Sul
LWR 0001	MMM 9999	Santa Catarina	NSE 0001	NTC 9999	Pará
MMN 0001	MOW 9999	Paraíba	NTD 0001	NTX 9999	Bahia
MOX 0001	MTZ 9999	Espírito Santo	NTY 0001	NUL 9999	Mato Grosso
MUA 0001	MVK 9999	Alagoas	NUM 0001	NVF 9999	Ceará
MVL 0001	MXG 9999	Tocantins	NVG 0001	NVN 9999	Alagoas
MXH 0001	MZM 9999	Rio Grande do Norte	NVO 0001	NWR 9999	Goiás

Tabela 3 – Código de cores seguido pelas placas dos veículos no Brasil. Fonte: http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_231.pdf. Acessado em 20. out 2011

Categoria do Veículo	Cor do Fundo	Cor dos Caracteres
Particular	Cinza	Preto
Aluguel	Vermelho	Branco
Experiência/Fabricante	Verde	Branco
Aprendizagem	Branco	Vermelho
Coleção	Preto	Cinza
Oficial	Branco	Preto
Missão Diplomática	Azul	Branco
Organismo Internacional	Azul	Branco
Corpo Diplomático	Azul	Branco
Organismo Consular /Internacional	Azul	Branco
Acordo Cooperação Internacional	Azul	Branco
Representação	Preto	Dourado

2.3.3 O Código de Endereçamento Postal (CEP)

Segundo o site da Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, o Código de Endereçamento Postal (CEP), com estrutura de 5 (cinco) dígitos, foi criado pela empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, em maio/71. Sua divulgação ao público em geral ocorreu com a publicação do Guia Postal Brasileiro, Edição 1971. Em maio/92, sua estrutura foi alterada para 8 (oito) dígitos e oficializada junto ao público em geral, com a publicação do Guia Postal Brasileiro, Edição 1992. (Fonte: http://www.correios.com.br/servicos/cep/cep_estrutura.cfm. Acessado em 20. out 2011).

Ainda segundo o site, o CEP foi criado com a finalidade de facilitar a separação da correspondência através da simplificação do processo de triagem encaminhamento e distribuição, permitindo o tratamento mecanizado com a utilização de equipamentos eletrônicos de triagem.

Atualmente o CEP é composto por oito dígitos divididos em dois grupos: o primeiro grupo é composto por cinco dígitos e os três dígitos restantes compõem o segundo grupo. O código é composto por dígitos e a medida que se seguem a informação é filtrada de modo que se chegue a um local de fácil identificação, podendo ser uma cidade, rua ou até mesmo o lado da rua – ímpar ou par.

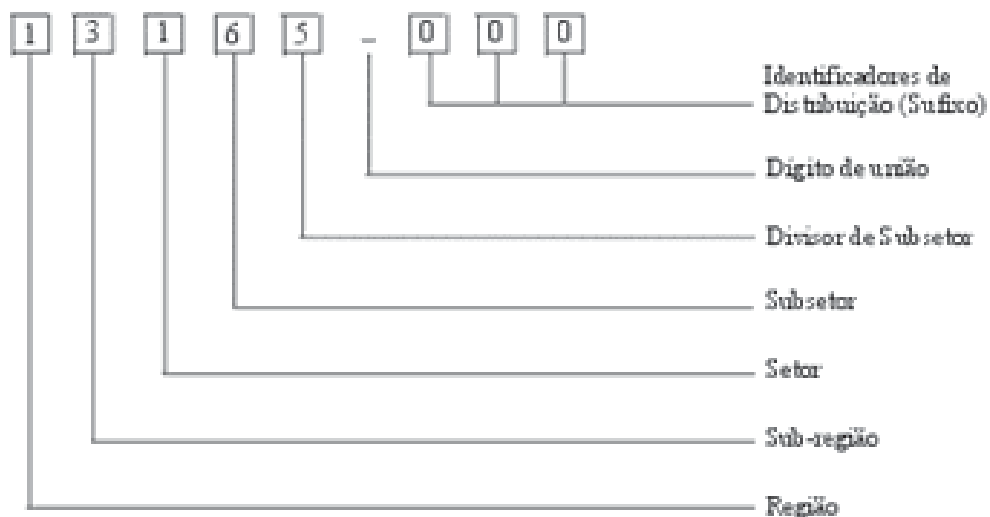


Figura 6 – Estrutura de identificação do Código de Endereçamento Postal (CEP) brasileiro. Fonte: http://www.correios.com.br/servicos/cep/cep_estrutura.cfm. Acessado em 20. out 2011

3 TUBULAÇÕES INDUSTRIAIS

3.1 Revisão bibliográfica

Em função de conter todas as informações relevantes para a elaboração deste trabalho, este capítulo é um resumo do livro do autor Silva Telles cujo título é “Tubulações Industriais: Materiais, Projeto e Montagem”.

Buscando o significado da palavra tubo em dois dicionários diferentes, obtém-se um significado bem parecido. Um dos significados que o dicionário Aurélio define tubo como canal cilíndrico por onde passam ou saem fluidos, líquidos, etc. O dicionário escrito pelo autor Silveira Bueno define da mesma forma, mas adiciona o fato do canal poder ser curvo ou retilíneo. Segundo Silva Telles (1994), tubos são condutos fechados, destinados principalmente ao transporte de fluidos. Define ainda que todos os tubos têm seção circular e que a maioria dos tubos funciona como condutos forçados, isto é, com o fluido ocupando toda área da seção transversal. No entanto existem exceções, como as tubulações de esgoto (conhecidas como manilhas e que são construídas em concreto) e canais abertos.

O conjunto de tubos e seus acessórios, como válvulas, curvas, juntas, etc é chamado de tubulação. As tubulações são empregadas quando existe a necessidade de transporte de um fluido. Isto se deve ao fato do ponto de geração e/ou armazenagem dos fluidos estarem distante do seu ponto de utilização.

A aplicação de tubulações para transporte de fluidos provavelmente antecede a história escrita. O chumbo foi o primeiro material metálico utilizado na confecção de tubos. No século XVII o ferro fundido começou a ser utilizado, sendo que a tubulação de água de irrigação do jardim do Palácio de Versailles na França, conhecido mundialmente pela sua extensão e beleza, é de ferro fundido. Atualmente os tubos de aço são os mais utilizados pela necessidade do uso de materiais que suportem altas pressões e temperaturas. O tubo de aço, foco deste trabalho, foi fabricado pela primeira vez na Inglaterra em 1825. No entanto apenas em 1886 o primeiro tubo de aço foi construído sem costura, com o desenvolvimento do laminador oblíquo pelos irmãos Mannesmann.

Em termos de custo, as tubulações representam em média 50 a 70% do valor de todos os equipamentos de uma indústria de processamento e de 15 a 20% do custo total da instalação.

Hoje em dia a importância do conhecimento de outros idiomas é fundamental em todas as áreas de conhecimento devido a grande interação global que se vive atualmente. O

idioma estrangeiro mais exigido é o inglês e no ramo industrial não é diferente. Os norte-americanos utilizam dois termos diferentes para tubos: “*pipe*” e “*tube*”. De uma forma geral, o termo “*pipe*” é usado para os tubos utilizados na condução de fluidos, enquanto que o termo “*tube*” é aplicado a tubos utilizados para outras funções, como troca de calor, transmissão de pressão, etc.

3.1.1 Processos de fabricação dos tubos

Existem duas classificações para tubos: tubos sem costura e tubos com costura. Os tubos sem costura podem ser fabricados através de três processos de fabricação diferentes: por laminação, por extrusão e por fundição.

3.1.1.1 Processos de fabricação de tubos sem costura

3.1.1.1.1 Fabricação de tubos por laminação

Segundo Silva Telles (1994), os processos de laminação são os mais importantes na fabricação de tubos sem costura. É aplicado na fabricação de tubos de aço-carbono, aço-liga e aço inoxidáveis, desde diâmetros de 80 a 650 mm.

A Figura 7 apresenta o processo de laminação “Mannesmann”, desenvolvido pelos irmãos de mesmo nome e é o processo de fabricação de tubos por laminação mais importante e utilizado.

Na primeira etapa deste processo, um lingote de aço com diâmetro externo com valor próximo da dimensão esperada para o diâmetro externo do tubo é aquecido a cerca de 1200 °C e levado ao laminador oblíquo, onde passará por um processo de laminação à quente.

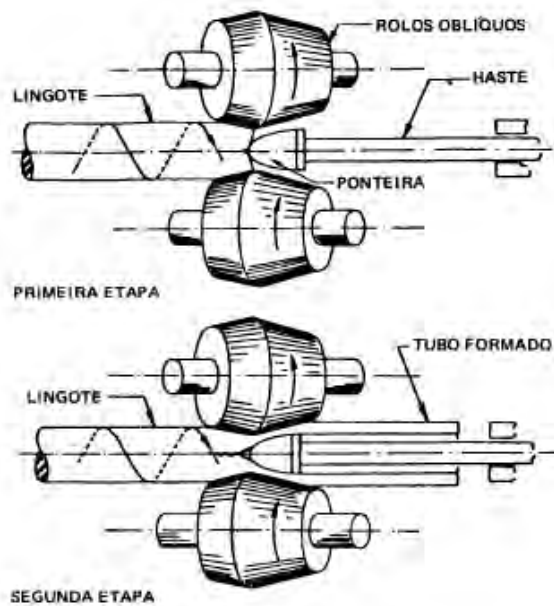
Como pode ser visto na Figura 7, o laminador oblíquo é formado por dois rolos de cone duplo, cujos eixos fazem um pequeno ângulo entre si. O lingote é posicionado entre estes rolos que o prensam fortemente, imprimindo-lhe um movimento helicoidal de rotação e translação. Existe ainda uma haste com uma ponteira, que é pressionada pelo lingote devido ao movimento de translação que os rolos imprimem ao lingote. Desta forma é aberto um furo no centro do lingote, tornando-o um cilindro oco, no formato de um tubo.

Assim como em um processo de furação (usinagem), a primeira ponteira utilizada tem diâmetro menor e serve apenas para abrir o primeiro furo. A parede do tubo nesta primeira etapa é então maior do que a especificada. Desta forma, a ponteira é substituída por uma

maior e o tubo é submetido a um novo processo de laminação, até que seja atingida a espessura de parede desejada.

Após passar pelos dois laminadores, o tubo precisa ser desempenado, passando por máquinas desempenadoras.

Por fim, o tubo passa por uma série de operações de calibragem dos diâmetros externo e interno, além do processo de alisamento da superfície. Este processo é feito pela passagem do tubo por laminadores com mandris e em laminadores calibradores.



**Laminador Obliquo
(Mannesmann)**

Figura 7 – Laminador Mannesmann. Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAACdkAJ/apostila-tubulacoes-industriais>. Acessado em 30. set 2011

3.1.1.1.2 Fabricação de tubos por extrusão

Através deste processo, são fabricados tubos de aço com diâmetro de até 80 mm, alumínio, chumbo, latão, cobre e outros metais não-ferrosos. O aço deve estar a cerca de 1200 °C no momento da fabricação.

Neste processo, um tarugo maciço em formato cilíndrico em estado pastoso é posicionado em um recipiente de aço deixado debaixo de uma prensa vertical. O processo pode ser dividido em algumas fases e está ilustrado na Figura 8.

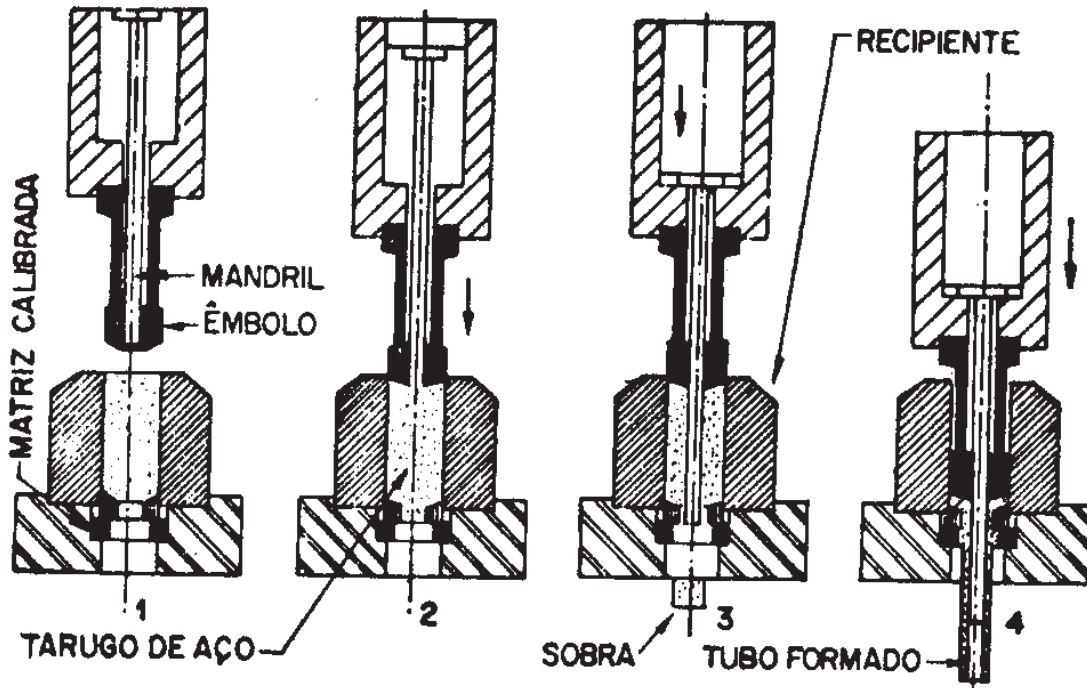


Figura 8 – Fabricação de tubos por extrusão. Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAACdkAJ/apostila-tubulacoes-industriais>. Acessado em 30. set 2011

Na primeira fase, o êmbolo da prensa de diâmetro igual ao do tarugo encosta no tarugo. Na segunda fase, o mandril é acionado e fura completamente o tarugo. Por fim, o êmbolo pressiona o tarugo fazendo com que este passe pelo furo de uma matriz calibrada na base da prensa.

Apesar do produto deste processo ser um tubo, ele ainda precisa ser acabado, passando por processo de laminação de rolos oblíquos e desempenamento, como explicado no item 3.1.1.1.

3.1.1.1.3 Fabricação de tubos por fundição

Segundo Silva Telles (1994), neste processo o material do tubo em estado líquido é despejado em moldes especiais, nos quais se solidifica adquirindo a forma final. Neste processo são fabricados tubos de aços especiais não-forjáveis, ferro fundido, mas é o principal processo de fabricação de tubos de materiais não-metálicos, como concreto.

3.1.1.2 Processos de fabricação de tubos com costura

Por este processo podem ser fabricados tubos de aço-carbono, aço-liga, aços inoxidáveis e ferro forjado. A vantagem deste processo é que pode ser utilizado na fabricação de tubos em toda faixa de diâmetros usuais na indústria.

Segundo Silva Telles (1994), a matéria-prima para a fabricação de tubos com solda longitudinal pode ser uma bobina de chapa fina ou chapas planas avulsas. As bobinas são usadas para fabricação a fabricação contínua de tubos de pequeno diâmetro, empregando-se as chapas planas para os tubos de diâmetros médios e grandes.

Na fabricação de tubos com solda longitudinal, a bobina ou a chapa é calandrada no sentido longitudinal até formar um cilindro, sendo então as bordas soldadas entre si.

Na fabricação de tubos com solda em espiral, a matéria-prima é sempre uma bobina para que a fabricação seja contínua e permite a fabricação de tubos por quaisquer diâmetros, inclusive muito grandes.

3.1.2 Materiais de tubulação

Um dos pontos mais importantes no projeto de tubulações industriais é a seleção de materiais. Há uma variedade enorme de materiais que podem ser utilizados hoje em dia. A ASTM (American Society for Testing and Materials) especifica mais de 500 tipos de materiais.

Os principais parâmetros operacionais para a determinação do material são pressão, temperatura e o fluido (pode ser corrosivo). Fatores como o custo e segurança também devem ser considerados.

Os tubos podem ser classificados segundo o material. Desta forma, existem os tubos metálicos, os tubos não-metálicos e os tubos de aço com revestimento interno. Como o foco deste trabalho são os tubos metálicos de aço, este será o grupo de materiais que será detalhado neste capítulo.

3.1.2.1 Tubos de aço-carbono

Entre todos os materiais existentes aplicados na indústria, o aço-carbono é o que apresenta menor custo pela resistência mecânica que possui. Além de ser mais barato, ele apresenta algumas propriedades que facilitam a aplicação de processos industriais, como a

conformação e a soldagem. Por ser o material mais utilizado na indústria, também é o mais fácil de ser encontrado.

Por todas essas razões, o aço-carbono é considerado o material básico de fabricação dos tubos. Ele só não é aplicado caso a aplicação exija além das suas limitações.

Partindo para as limitações do aço-carbono, segundo Silva Telles (1994), a resistência mecânica deste material começa a sofrer forte redução em temperaturas superiores a 400°C devido ao fenômeno de deformações permanentes conhecido por fluência. E que em temperaturas superiores a 530°C sofre uma intensa oxidação superficial (escamação) quando exposto ao ar, com formação de grossas crostas de óxidos.

Desta maneira, os seguintes limites de temperatura são recomendados:

- Tubulações principais e serviço contínuo: 450°C;
- Tubulações secundárias e serviço contínuo: 480°C;
- Máximos eventuais de temperatura, de curta duração e não coincidentes com grandes esforços mecânicos: 520°C.

A resistência mecânica do aço está relacionada com a quantidade de carbono. Quanto maior a quantidade de carbono, maior a resistência. No entanto, com o aumento da quantidade de carbono ocorre diminuição da ductilidade e da soldabilidade. Por esta razão, limita-se a 0,35% a porcentagem de carbono na composição do aço utilizado em tubulações, sendo que até 0,30% a soldagem é fácil. A Tabela 4 apresenta os limites de resistência e escoamento do aço segundo a quantidade de carbono na sua composição.

Tabela 4 – Limite de resistência mecânica e de escoamento segundo a porcentagem de carbono na sua composição. Fonte: Silva Telles (1994).

QUANTIDADE DE CARBONO	LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPa)	LIMITE DE ESCOAMENTO (MPa)
Até 0,25% C	310 a 370	150 a 220
Até 0,35% C	370 a 540	220 a 280

Os aços-carbono ainda podem classificados como acalmados ou efervescentes. Um aço é acalmado através da adição de 0,1% de Si para eliminar gases. O resultado é a obtenção de uma estrutura metalúrgica mais fina e uniforme, diminuindo as falhas estruturais. Para temperaturas acima de 400°C, mesmo por pouco tempo, ou para temperaturas abaixo de 0°C é recomendado que se utilize aço acalmado. Em temperaturas muito baixas, o aço-carbono fica mais sujeito a fraturas frágeis repentinas. A estrutura metalúrgica mais fina do aço acalmado

atenua este problema. Pela norma ANSI/ASME B.31.3, a temperatura mínima limite para os aços-carbono é de -29°C , mas é comum encontrar o emprego do aço-carbono para temperaturas de até -45°C .

Existem normas de especificação de materiais que são utilizadas na padronização dos materiais. As mais conhecidas são: ASTM (American Society for Testing and Materials), SAE (Society of Automotive Engineering) e DIN (Deutsches Institut für Normen). Neste trabalho descreveremos apenas as especificações da ASTM. Segundo Silva Telles (1994):

1. ASTM A-53: Especificação para tubos de qualidade média, com ou sem costura, de 1/8" a 26" de diâmetro nominal, para uso geral. Os tubos podem ser galvanizados ou sem nenhum tratamento superficial (preto). Os tubos podem ainda ser de dois graus diferentes, chamados de A e B, que são apresentados na Tabela 5;
2. ASTM A-106: Especificação para tubos com alta qualidade, sem costura, de 1/8" a 26" de diâmetro nominal, para temperaturas elevadas. O aço-carbono deve sempre ser acalmado com silício. Nesta classe existem três graus de material - A, B e C – sendo o C aplicado muito raramente;
3. ASTM A-120: Especificação para tubos de qualidade estrutural, com ou sem costura, podendo ser galvanizado ou preto e de diâmetro de 1/8" a 26". Esta especificação não prescreve um limite de carbono na sua composição (grau de material). A norma ANSI/ASME B.31.3 permite sua aplicação apenas para fluidos não-tóxicos e não perigosos e para pressões de até 1 MPa e temperaturas de até 185°C . Por estas razões, este tubo é mais barato que os anteriores e é aplicado em serviços de baixa responsabilidade, como na condução de água, ar comprimido, condensado, etc;
4. ASTM A-134: Especificação para tubos com costura e processo de soldagem por arco protegido, diâmetros nominais superiores a 16", com solda em espiral ou longitudinal. Assim como a especificação acima, a norma ANSI/ASME B.31.3 permite a sua aplicação para serviços de baixa responsabilidade;
5. ASTM A-135: Especificação para tubos com costura soldados por resistência elétrica, de 2" a 30" de diâmetro nominal e abrangendo dois graus de materiais – A e B. Assim como a especificação acima, a norma ANSI/ASME 31.3 limita sua aplicação a serviços de baixa responsabilidade;
6. ASTM A-333: Especificação para tubos com ou sem costura e especiais para serviços de baixa temperatura;
7. ASTM A-671: Especificação para tubos com costura soldada por arco protegido, diâmetros nominais a partir de 16" para temperaturas ambiente e baixas. Os tubos de

aço-carbono são feitos a partir do aço ASTM A-516 acalmado ou aço ASTM A-286 Gr.C não acalmado;

8. ASTM A-672: Especificação para tubos com costura soldada por arco protegido, diâmetros nominais a partir de 16” para altas pressões e temperaturas moderadas. Os tubos de aço-carbono são feitos a partir do aço ASTM A-515 ou A-516 acalmado ou aço ASTM A-285 Gr.C não acalmado.

Tabela 5 – Especificação dos graus de materiais dos aços ASTM A-53, A-106 e A-135. Fonte: Silva Telles (1994).

GRAUS	% C (max)	LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPa)	LIMITE DE ESCOAMENTO (MPa)
A	0,25	340	200
B	0,3	410	240
C	0,35	480	270

3.1.2.2 Tubos de aços-liga

São chamados de aços-liga todos os aços que possuem outros elementos na sua composição além daqueles presentes nos aços-carbono. Os aços-liga são classificados segundo a Tabela 6.

Tabela 6 – Classificação dos aços-liga segundo a porcentagem de elementos de liga. Fonte: Silva Telles (1994).

CLASSIFICAÇÃO	% LIGA
Baixa liga	Até 5%
Liga intermediária	Entre 5 e 10%
Alta liga	Mais que 10%

Os tubos de aços-liga são mais caros que os tubos de aço-carbono e de forma geral pode-se dizer que o custo aumenta à medida que aumenta a quantidade de elementos de liga. Por esta razão, mesmo proporcionando uma vida mais longa às tubulações, não é recomendada a sua aplicação em situações em que um tubo de aço-carbono possa ser aplicado. Além disso, a montagem e soldagem destes tubos são geralmente mais difíceis e caras.

Sendo assim, recomenda-se o uso de aços-liga nas seguintes situações:

1. Altas temperaturas: Temperaturas acima dos limites de uso dos aços-carbono ou mesmo em situações na qual é exigida maior resistência mecânica mesmo a temperaturas do limite de aplicação dos aços-carbono;
2. Baixas temperaturas: Temperaturas inferiores a -45°C , pois a estas temperaturas o aço-carbono fica sujeito a fratura frágil;
3. Alta corrosão: Condução de fluidos corrosivos. De forma geral, os aços-liga apresentam melhor resistência a corrosão do que os aços-carbono. No entanto, em algumas condições ele é corroído da mesma forma que o aço-carbono, como por exemplo, na corrosão de água salgada;
4. Exigência de não contaminação: Serviços para os quais não possa haver contaminação, como na indústria farmacêutica e de alimentos. A contaminação ocorre pela corrosão, mas neste caso a preocupação não é com a segurança operacional, mas com a qualidade do fluido;
5. Segurança: Condução de fluidos perigosos quando seja exigido o máximo de segurança contra acidentes e vazamentos.

3.1.2.2.1 Tubos de aços-liga molibdênio e cromo-molibdênio

Os aços-liga molibdênio e cromo-molibdênio são específicos para o uso em tubulações sujeitas a altas temperaturas. O cromo proporciona melhora na resistência a oxidação em altas temperaturas e na corrosão em geral, sobretudo aos meios oxidantes. Quanto maior a quantidade de cromo, maior é a proteção.

Apesar disso, a quantidade de cromo em altas temperaturas deve ser bem dosada. Isto porque até 2,5% Cr há um ligeiro aumento na resistência a fluência, mas esta mesma resistência é reduzida de forma acentuada quando a quantidade de cromo ultrapassa esse valor. Assim sendo, os aços-liga com até 2,5% Cr são específicos para serviços a altas temperaturas, grandes esforços mecânicos e baixa corrosão, pois nestes casos a maior preocupação é a resistência a fluência. Já os aços acima deste limite, são aplicados em condições de altas temperaturas, mas baixos esforços mecânicos e alta corrosão, sendo esta a maior preocupação.

Segundo Silva Telles (1994), o molibdênio é o elemento mais importante para o aumento da resistência a fluência e contribui também para o aumento da resistência a corrosão alveolar.

Assim como os aços-carbono, os aços-liga também estão sujeitos a fratura do tipo frágil quando as temperaturas de trabalho forem muito baixas e por esta razão não são aplicados em temperaturas inferiores a 0°C.

Os aços-liga também se enferrujam, mas de forma mais lenta que os aços-carbono.

3.1.2.2 Tubos de aços-liga contendo níquel

O níquel também é um elemento de liga aplicado em tubulações. Sua aplicação esta relacionada a serviços a baixas temperaturas. Quanto maior a quantidade de níquel, maior a resistência mecânica nestas condições.

3.1.2.3 Tubos de aços inoxidáveis

Os aços inoxidáveis são divididos em duas classes: os austeníticos e os ferríticos. Os aços austeníticos são não-magnéticos enquanto que os aços ferríticos são magnéticos.

Os tipos mais empregados são mostrados na Tabela 7.

Tabela 7 – Tipos de aços inoxidáveis mais utilizados. Fonte: Silva Telles (1994).

Tipos (AISI)	Metalurgia	Elementos de Liga (%)			Limites de Temperatura (°C)	
		Cr	Ni	Outros	Máxima	Mínima
304	Austenítica	18	8		600	-255
304L	Austenítica	18	8	C (max): 0,03	400	sem limite
316	Austenítica	16	10	Mo: 2	650	-195
316L	Austenítica	16	10	Mo: 2; C (max): 0,03	400	-195
321	Austenítica	17	9	Ti: 0,5	600	-195
347	Austenítica	17	9	Nb + Ta: 1	600	-255
405	Ferrítica	12	-	Al: 0,2	470	Zero

Como pode ser visto na Tabela 7, os aços inoxidáveis austeníticos apresentam altíssimos limites de temperatura. Isto ocorre devido a excelente resistência a fluência e a oxidação destes aços. A exceção fica por conta dos aços que possuem baixa quantidade de carbono, em que o limite é de 400°C devido a menos resistência mecânica. No entanto, todos os aços austeníticos apresentam comportamento dúctil a baixas temperaturas, razão pela qual estes aços podem ser aplicados a temperaturas baixíssimas, próxima do zero absoluto (1K = -273°C). Além disso, todos eles possuem boa soldabilidade.

O ponto fraco destes aços fica por conta da corrosão alveolar que pode ser causada por uma pequena quantidade de ácido clorídrico em presença de água ou umidade em temperaturas abaixo da temperatura de orvalho.

Por todas as qualidades apresentadas acima, os aços inoxidáveis são usados em condições de altíssimas e baixíssimas temperaturas, serviços corrosivos oxidantes, produtos alimentares e farmacêuticos, entre outros.

Os aços inoxidáveis ferríticos apresentam menor resistência a fluência e corrosão em geral do que os aços austeníticos, mas são mais baratos e menos sujeitos a corrosão alveolar. Apresentam baixa soldabilidade e não são adequados para condições de baixas temperaturas.

3.1.2.4 Tubos de aço com revestimento interno

Como visto anteriormente, os diversos tipos de aço apresentam deficiências, sejam elas baixa resistência mecânica, à fluência, à corrosão, baixa soldabilidade ou alto custo. Para solucionar estes problemas, uma solução é revestir o tubo de forma que ele passe a atender uma condição operacional, possibilitando redução de custos.

As principais finalidades de revestimento de um tubo são:

- Aplicação de revestimentos anti-corrosivos ou para evitar a contaminação do fluido contido;
- Aplicação de revestimentos anti-abrasivos e anti-erosivos;
- Aplicação de revestimento refratário para isolamento térmico.

O material adicionado no revestimento geralmente é de custo elevado, o que inviabiliza a sua utilização na confecção completa do tubo ou apresenta baixa resistência mecânica, apresentando alta resistência à corrosão.

O material metálico de revestimento mais conhecido e aplicado é o zinco. O processo de fabricação recebe o nome de galvanização e o material de galvanizado. Ele é aplicado para aumentar a resistência a corrosão do aço-carbono, mas só pode ser utilizado em serviços de baixa responsabilidade pois a presença de zinco impossibilita que o tubo seja unido através de solda, pois haveria uma falha nesta conhecida como trinca por solidificação. Assim sendo, a tubulação deve ser unida através de flanges, o que não é recomendado quando as pressões são muito elevadas, como será visto mais para frente neste trabalho.

3.1.3 Meios de ligação de tubos

Como se pode observar em qualquer tubulação, seja industrial ou predial, as condições do *lay-out*, ou mesmo por questões da física, como a dilatação térmica, impossibilitam que as tubulações sejam formadas por um único tubo. Além disso, o mais comum de se encontrar no mercado são tubos vendidos em barras de 6 metros de comprimento.

Para solucionar este problema existem diversos meios de ligação de tubos. Estes meios servem para unir dois tubos ou acessórios da tubulação, como válvulas e também aos diversos equipamentos, como bombas, tanques, vasos, etc. Os principais meios de ligação são:

- Ligações rosqueadas;
- Ligações soldadas;
- Ligações flangeadas;
- Ligações de ponta e bolsa.

Existem outros tipos de ligação de tubos, mas esses são os tipos mais empregados na indústria e por isso serão detalhados neste trabalho. Entre os fatores que influem na seleção do tipo de ligação que será utilizado, destacam-se:

- Material do tubo;
- Diâmetro do tubo;
- Finalidade e localização da ligação;
- Custo;
- Nível de segurança exigido;
- Pressão e temperatura de trabalho;
- Necessidade de desmontagem no futuro;
- Fluido a ser conduzido.

Observa-se, no entanto que em uma mesma tubulação encontram-se mais do que um tipo de ligação. Isto se deve ao fato de haver duas preocupações diferentes em uma mesma linha, sempre envolvendo os itens descritos acima. O exemplo mais comum envolve tubulações que são soldadas entre si, mas são ligadas a válvulas e equipamentos por meio de flange. Em linhas correntes, a maior preocupação é com a segurança, para evitar vazamentos de produtos nocivos à saúde humana ou ao meio ambiente, e com o baixo custo. Desta forma, o tipo de ligação mais visto nesta ligação tubo-tubo é a ligação soldada. Por outro lado, em ligações tubo-acessórios/equipamentos, o tipo de ligação mais comum são as ligações flangeadas, devido ao fato de que a maior preocupação é a facilidade de desmontagem para

manutenção dos acessórios e equipamentos. Além desses casos, também se emprega tipos de ligação diferentes para tubos de mesmo material e por onde são conduzidos o mesmo fluidos, mas possuem diâmetros diferentes.

3.1.3.1 Ligações rosqueadas

Um dos meios mais antigos para ligação de tubos são as ligações rosqueadas. Este tipo de ligação é de baixo custo e só pode ser empregados em tubos com até 4” de diâmetro, mas são mais facilmente encontradas em tubos de até 2”. Este tipo de ligação é muito encontrado em tubulações prediais de plástico, que possuem geralmente diâmetros menores.

Como pode ser visto na Figura 9, para a ligação dois tubos são utilizadas duas peças, as luvas e as uniões, que possuem rosca interna para acoplar com a rosca externa dos tubos, como pode ser visto na peça real em corte.

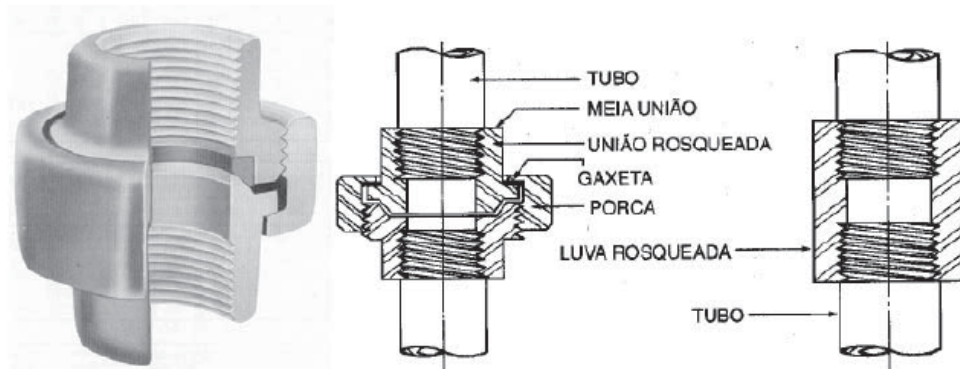


Figura 9 – Ligação rosqueada de tubos. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acessado em 10. out 2011

Para evitar vazamentos através das roscas, todas elas são cônicas. Assim, com o aperto, ocorre interferência entre os fios, o que garante a vedação. Ainda assim, pode haver situações em que se exija uma segurança maior contra vazamentos. Desta forma, pode ser aplicada massa nas extremidades da junta. No entanto é importante atentar-se na seleção da massa a ser empregada, para que a mesma não seja dissolvida pelo fluido ou que o contamine.

Segundo Silva Telles (1994), as uniões são empregadas quando se deseja que a tubulação seja facilmente desmontável, ou em arranjos fechados, onde sem a existência de uniões o rosqueamento seria impossível. A vedação entre as duas meias uniões é conseguida por meio de uma junta que é comprimida com o aperto da porca, ou por meio de sedes

metálicas integrais, cuidadosamente usinadas, em ambas as meias uniões. Emprega-se este último sistema em uniões de boa qualidade para altas temperaturas.

Além de serem aplicados apenas a tubos com diâmetros pequenos, os tubos rosqueados devem ser no mínimo da série 80 (também conhecida pelo número de Schedule), que representa a espessura do tubo. Isso porque a rosca enfraquece a tubulação e para compensar este enfraquecimento deve-se utilizar uma tubulação com parede mais grossa.

Como já dito anteriormente, as tubulações galvanizadas não podem ser soldadas devido à presença de zinco, que provocaria a nucleação de trincas por solidificação na solda. Desta forma, as ligações rosqueadas são as únicas utilizadas para ligação de tubos deste material. Apesar disso, é possível empregar este tipo de ligação em tubulações de aço-carbono, aços-liga e ferro fundido. Em tubulações de aço inoxidável esta ligação não é aplicada devido a pequena espessura que estas tubulações apresentam devido ao custo do material.

As ligações rosqueadas são sempre um ponto fraco das tubulações, por apresentarem resistência inferior a do próprio tubo. Sendo assim, embora permitido por norma, só são aplicadas a tubulações de baixa responsabilidade, como em instalações prediais de transporte de água.

3.1.3.2 Ligações soldadas

As ligações soldadas são largamente empregadas em tubulações industriais e por este motivo é o tipo de ligação que será mais abordado neste trabalho em função da responsabilidade técnica exigida na montagem das tubulações. As principais vantagens que fazem deste tipo de ligação o mais utilizado na indústria são:

- Resistência mecânica quase sempre equivalente a do tubo;
- Estanqueidade excelente e permanente;
- Facilidade de pintura e aplicação de isolamento térmico;
- Não necessita de manutenção;
- Aspecto visual muito bom.

Estas vantagens citadas acima fazem com que a norma ANSI/ASME.B.31.3 permita o emprego deste tipo de ligação em qualquer material metálico no qual possa ser especificado um procedimento de soldagem aceitável. Além disso, não há restrições quanto a parâmetros operacionais, como pressão e temperatura do fluido.

No entanto existem algumas desvantagens associadas a este tipo de ligação, como a dificuldade na desmontagem desta tubulação, uma vez que o tubo deverá ser cortado, e a necessidade de mão-de-obra especializada para a soldagem da tubulação.

A solda por fusão (welding), com adição de eletrodo, é aplicada na maior parte das ligações e pode ser dividida em dois tipos principais: solda de topo (butt-welding) e solda de encaixe (socket-welding).

3.1.3.2.1 Solda de topo

Este é o tipo de ligação soldada mais utilizada para tubos com diâmetro acima de 1½ - 2", independente do tipo de aço utilizada na construção. Pode ser aplicado para serviços severos a qualquer faixa de temperatura e pressão. Por isso, pode ser empregado de forma excepcional em tubulação com diâmetro menores (a partir de 1") quando o nível de exigência de segurança contra vazamentos for muito alto, como no caso de tubos de condução de hidrogênio.

De acordo com a norma ANSI.B.16.25 os tubos e acessórios que serão ligados por meio de solda de topo devem ser preparados antes de processo. A mesma norma especifica que esta preparação consiste em chanfrar os tubos e o tipo de chanfro varia de acordo com a espessura de parede da tubulação. A Figura 10 ilustra os diversos tipos de chanfro e para qual faixa de espessura de parede cada um deve ser aplicado.

Os tubos com espessura de parede menores do que 3/16" devem ter as pontas lisas e esquadrejadas. Tubos com espessura de parede entre 3/16" e 3/4" devem ter chanfro em formato de V e com ângulo obtuso de 75°. A última faixa, que é para tubos com espessura de parede maior do que 3/4", o chanfro deve ser em J duplo.

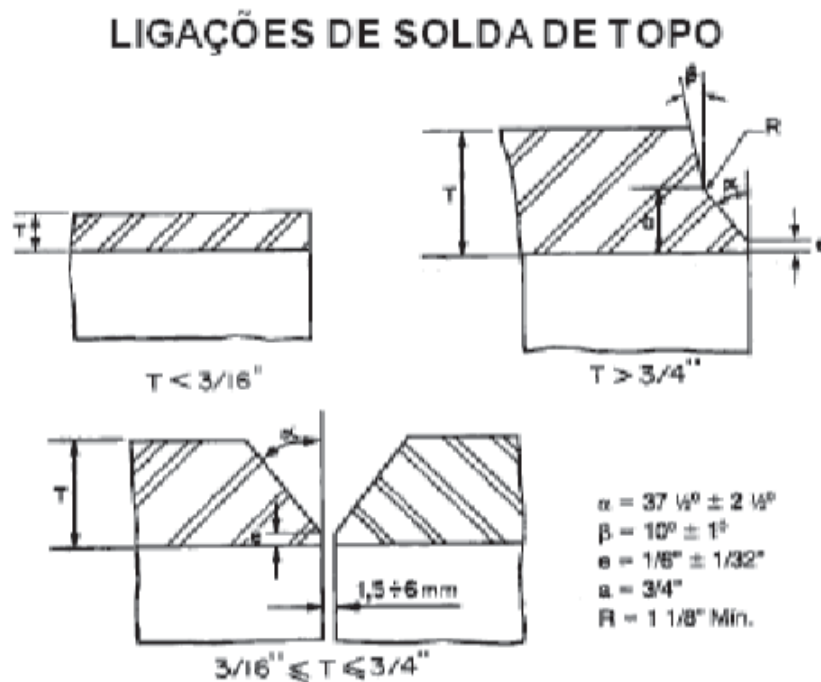


Figura 10 – Tipo de chanfro exigido para cada faixa de diâmetro de tubo. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acessado em 10. out de 2011.

A fresta, distância entre os dois tubos e/ou acessórios que serão ligados, deve ser de 1,5 a 6 mm, dependendo da espessura de parede da tubulação.

Para diâmetros acima de 20”, existem ainda anéis que são colocados dentro do tubo e que são incorporados a solda. A finalidade destes anéis é melhorar a qualidade da solda, facilitando a penetração completa e acelerar o processo de soldagem.

Diferente das ligações rosqueadas, a solda de topo não é um ponto fraco da tubulação.

3.1.3.2.2 Solda de encaixe

Este tipo de ligação soldada é usado na maioria das tubulações com diâmetro inferior a 1½”-2”inclusive. Como pode ser visto na Figura 11, as varas de tubos são ligadas umas as outras através de luvas ou de uniões, assim como nas ligações rosqueadas. Este tipo de ligação é aplicado quando se necessita de maior facilidade de desmontagem. Os tubos são soldados nas luvas e nas uniões com um único cordão externo de solda em ângulo.

A norma ANSI/ASME.B.31.3 recomenda que não sejam empregadas ligações por solda de encaixe em tubulações com diâmetro maior do que 1½” para serviços cíclicos severos.

LIGAÇÕES DE SOLDA DE ENCAIXE

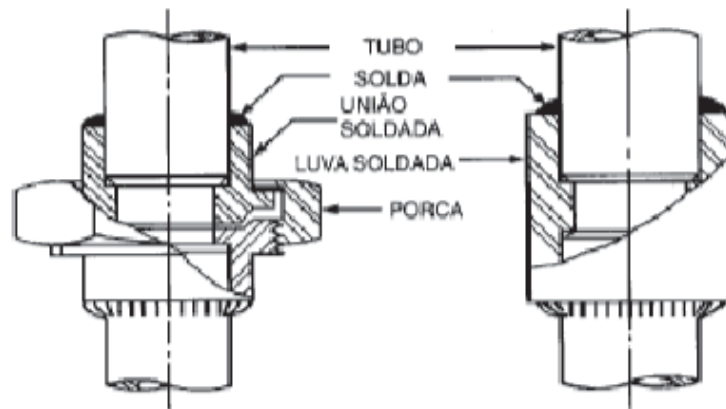


Figura 11 – Ligações de solda através de encaixe de tubos. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acessado em 10. out 2011

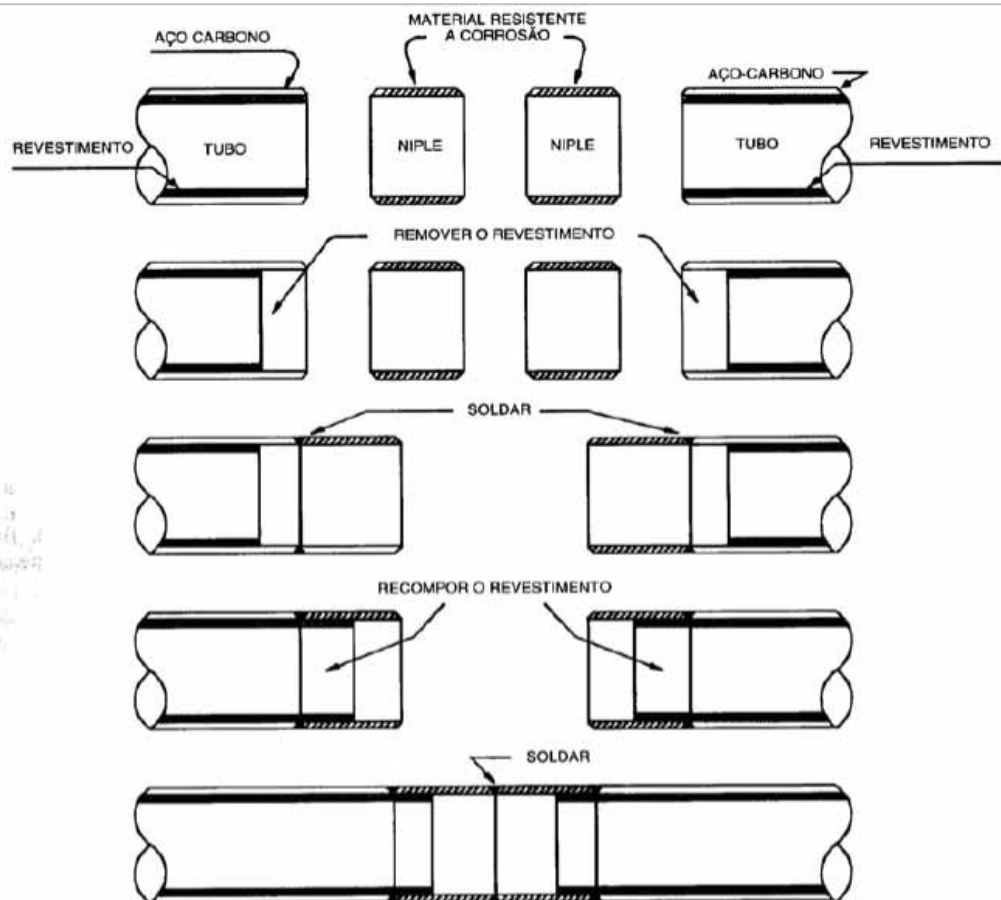


Figura 12 – Soldagem de juntas para tubulações com revestimento interno. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acessado em 10. out 2011

3.1.3.3 Ligações flangeadas

As uniões flangeadas são compostas por dois flanges, parafusos, porcas e por juntas de vedação. A Figura 13 mostra um esquema que identifica cada componente citado acima.

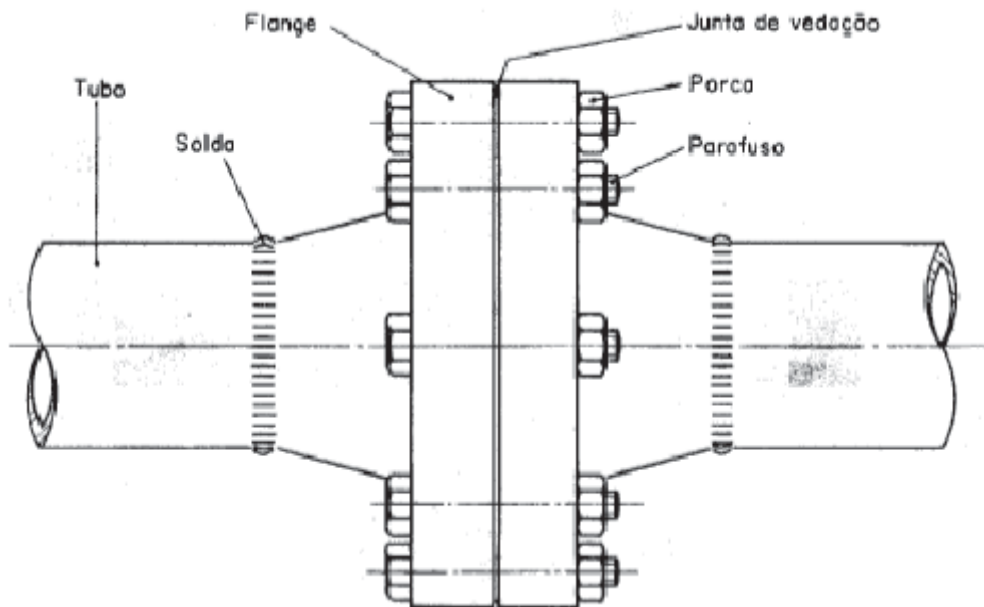


Figura 13 – Ligações flangeadas com seus componentes identificados. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acessado em 10. out 2011

A maior vantagem deste tipo de ligação está na grande facilidade de desmontagem. Por ser fixada por parafusos, para completa desmontagem, basta soltar os parafusos, sendo esse procedimento totalmente não-destrutivo. Apesar disso, as ligações flangeadas devem ser utilizadas no menor número possível, pois se tratarem de pontos de possíveis vazamentos e por serem peças pesadas e caras. No entanto, para tubos com revestimento interno, este é o tipo de ligação mais adequado, pois um procedimento de soldagem não é eficiente devido à nucleação de trincas por solidificação na presença de materiais utilizados no revestimento, como o zinco.

As ligações flangeadas são aplicadas em tubos com diâmetro superior a 2" e podem ser aplicadas em ligações tubo-acessórios/equipamentos e tubo-tubo.

3.1.3.3.1 Tipos de flange para tubos

Os tipos de flange são padronizados pela norma ANSI.B.16.5:

1. Flange integral: É o tipo de flange mais resistente e são utilizados apenas em alguns casos para tubos de ferro fundido e plásticos laminados;

2. Flange de pescoço (WN – welding-neck): É o tipo de flange mais utilizado em tubulações industriais para quaisquer pressões e temperaturas para diâmetros de 2” ou mais. É o tipo de flange não integral mais resistente porque a ligação com o tubo é feita por apenas uma solda de topo, ficando a face interna do tubo lisa, sem discontinuidades que são potenciais concentradores de tensão. A montagem deste flange é cara porque cada extremo da tubulação deve ser chanfrado com tolerâncias apertadas. Recebe o nome de solda de pescoço porque o flange possui uma parte no diâmetro do tubo, como pode ser visto na Figura 13;
3. Flange sobreposto (SO – slip-on): É um tipo de flange mais barato e mais fácil de instalar do que o flange de pescoço porque o tubo não precisa ser cortado na medida certa; ele se encaixa dentro do flange, como pode ser visto na Figura 13. O flange é ligado ao tubo por meio de duas soldas em ângulo, uma na parte interna e outra na parte externa. Este flange só pode ser utilizado em situação não severas devido ao fato de que o aperto permissível é menor. Além disso, flanges sobrepostos são sempre pontos fracos da tubulação, uma vez que sua resistência mecânica é menor do que a do tubo.
4. Flange rosqueado: Na indústria, este tipo de flange só é utilizado em tubos de materiais não-soldáveis e para alguns tipos de tubo não-metálicos. A norma ANSI/ASME.B.31.3 recomenda que sejam feitas soldas de vedação entre o flange e o tubo, quando em serviços com fluidos inflamáveis, tóxicos ou perigosos de modo geral. Neste tipo de flange o aperto permissível é pequeno e as tensões desenvolvidas são elevadas. Além disso, a rosca age como um intensificador de esforços e também como uma causa permanente de vazamento;
5. Flange de encaixe (SW – socket-weld): Semelhante ao flange sobreposto, este flange é mais resistente porque possui um completo encaixe para a ponta do tubo, dispensando a necessidade de solda interna. É o tipo de flange mais usado para a maioria das tubulações de aço e de pequeno diâmetro, até 2”. Para serviços sujeitos a corrosão por contato não é recomendada a aplicação deste tipo de flange devido a descontinuidade interna.

TIPOS DE FLANGES PARA TUBOS

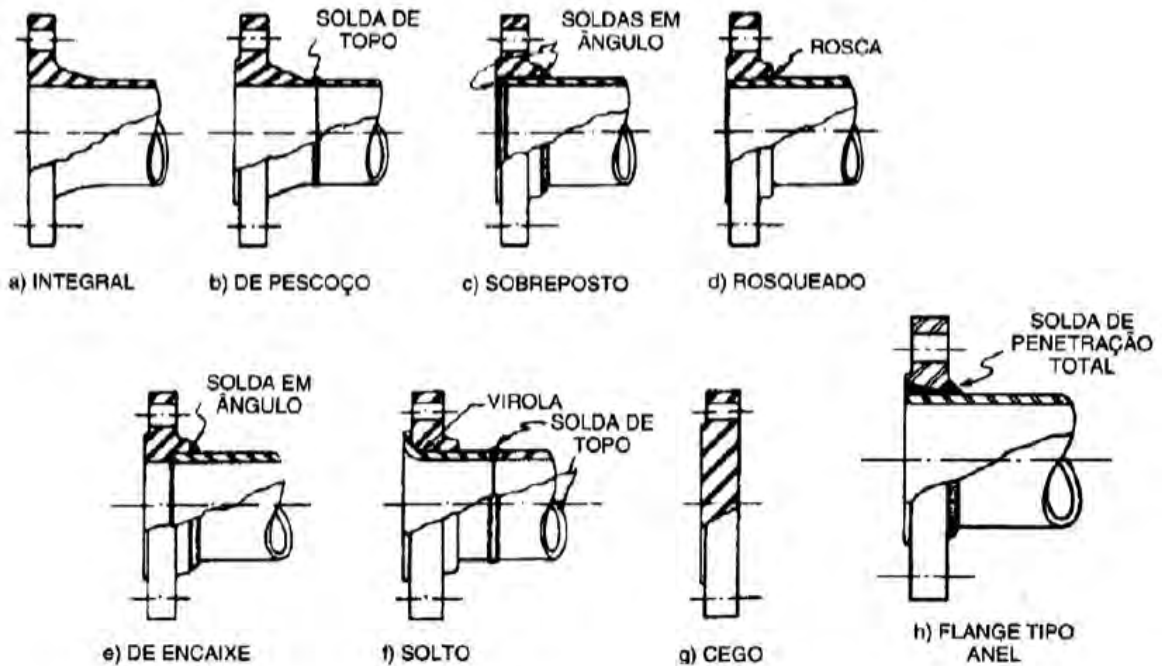


Figura 14 – Tipos de flange para tubos. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acessado em 10. out 2011

3.1.3.3.2 Faceamento dos flanges

A norma ANSIB.16.5 padroniza o faceamento dos flanges. Segundo Silva Telles (1994) os principais são:

1. Face com ressalto (RF - raised face): Este tipo é aplicável a qualquer classe de pressão e temperatura. Por este motivo, é o tipo de flange de aço mais comum. O ressalto tem 1/6" de altura para tubos de classe de pressão 150# e 300# e 1/4" para as demais classes de pressão acima destas duas. A superfície do ressalto também pode ser ranhurada ou lisa e a escolha de uma delas está ligada ao tipo de junta que será utilizada na montagem da tubulação;
2. Face plana (FF – flat face): Aplicado em flanges de materiais frágeis, como o ferro fundido. O aperto da junta é muito inferior ao obtido através do uso da junta com ressalto, por isso é aplicado em tubulações com pressões mais baixas para evitar vazamentos. Vale ressaltar que para acoplar com flanges de face plana dos equipamentos é válvulas, só podem ser utilizados flanges planos;

3. Face para junta de anel (RTJ - ring type joint): Este tipo de flange é utilizado em flanges de aço para tubulações pelas quais o fluido é conduzido a altas pressões e temperaturas (de um modo geral, acima de 550°C). Como pode ser visto na Figura 15, a face desses flanges tem um rasgo circular profundo, onde é encaixada uma junta em forma de anel metálico. Nesses flanges obtém-se uma vedação melhor com o mesmo grau de aperto dos parafusos, principalmente devido a dilatação que é imposta a junta interna pela pressão interna do tubo, fazendo com que ela comprima a parede dos rasgos, funcionando como um O-Ring;
4. Face de macho e fêmea (tongue and groove): É aplicado mais raramente que os tipos anteriores, sendo aplicada em serviços onde a corrosão é alta devido ao fato da junta ficar confinada, sem ter contato com o fluido. A Figura 15 mostra o esquema dos flanges. Nota-se que os dois flanges são diferentes, um possuindo ressalto para fora e outro para dentro, para permitir o encaixe.

FACEAMENTO DOS FLANGES

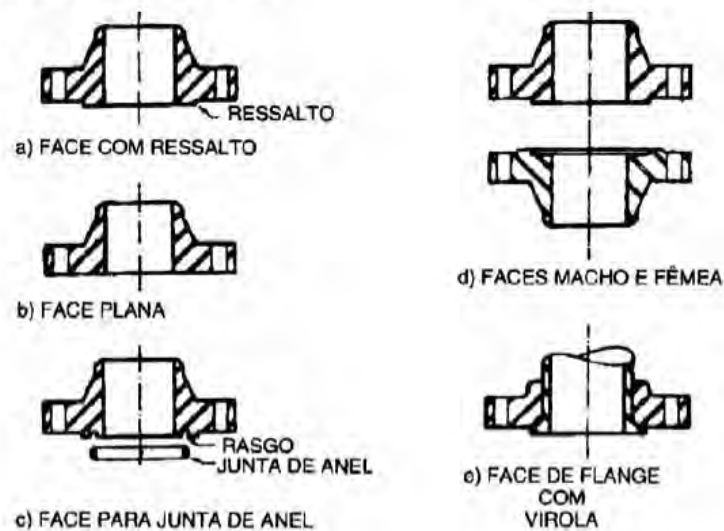


Figura 15 – Tipos de faceamento de flanges para tubos. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acessado em 10. out 2011

3.1.3.3 Juntas para flanges

A junta é o elemento de vedação que sempre está presente em ligações flangeadas. Durante a operação, as juntas estão submetidas a dois tipos de esforços: cisalhamento provocado pela pressão interna do fluido conduzido na tubulação e compressão provocada

pelo aperto dos parafusos. Segundo Silva Telles (1994) para que não haja vazamento através da junta, a pressão exercida pelo aperto dos parafusos que fixam o flange devem ser superiores a pressão interna exercida pelo fluido. Desta forma, quanto maior a pressão interna, maior deve ser a resistência e dureza da junta para resistir ao esforço exercido pelo aperto dos parafusos (compressão) e pela pressão interna do fluido (cisalhamento).

No entanto, quanto maior a dureza da junta, menor a flexibilidade da junta para cobrir as imperfeições da face dos flanges. Desta forma, quanto mais alta for a pressão interna do fluido, mais bem acabada deve ser a superfície da face do flange. Além disso, o material deverá resistir à ação corrosiva do fluido e não ter ampla mudança nas suas propriedades na faixa de variação de temperatura do fluido.

A Figura 15 mostra os diversos tipos de juntas para flanges.

1. “Para flanges com ressalto, usam-se juntas em forma de coroa circular, cobrindo apenas o ressalto dos flanges, por dentro dos parafusos” (Silva Telles, 1994);
2. Para flanges de face plana, as juntas cobrem completamente as faces dos flanges, inclusive a furação dos parafusos;
3. “Para os flanges de macho e fêmea e de lingüeta e ranhura, as juntas são em forma de coroa circular estreita, encaixando-se no fundo da ranhura; como a junta fica confinada, resiste a esforços muito elevados tanto de compressão como de cisalhamento”. (Silva Telles, 1994).



Figura 16 – Tipos de juntas para flanges. Fonte: <http://dc140.4shared.com/doc/eYzaRho5/preview.html>. Acesso em 13. out 2011

Os tipos de junta para flanges mais usuais são descritos abaixo:

1. Juntas não-metálicas: são sempre planas e utilizadas para flanges de face com ressalto ou de face plana. Segundo Silva Telles 1994, as espessuras variam de 0,7 a 3 mm sendo a de 1,5 mm a mais comum. Os principais materiais utilizados são: borracha natural e sintética, materiais plásticos e papelão hidráulico;
2. Juntas semi-metálicas em espiral: são constituídas de uma lâmina metálica em espiral, preenchida por amianto. São utilizadas para flanges de face com ressalto, em condições acima do limite de uso das juntas de papelão hidráulico e para flanges de classe de pressão 600# ou superiores. São notáveis pela sua elasticidade;
3. Juntas metálicas folheadas: são juntas com uma capa metálica e enchimento de amianto. São aplicáveis nos mesmos casos das juntas semi-metálicas em espiral, porém apresentam menor elasticidade, exigindo melhor acabamento das faces dos flanges. Por esse motivo, este tipo de junta está sendo substituída pelas juntas semi-metálicas em espiral;
4. Juntas metálicas maciças: utilizadas em flanges de face com ressalto, flanges de face de macho e fêmea ou de ranhura e lingüeta. Os materiais aplicados são aço-carbono, aços inoxidáveis, etc. É importante que o material das juntas seja menos duro do que o do flange;
5. Juntas metálicas de anel: são anéis geralmente construídos em aço inoxidável, aço-carbono ou aço Monel. São peças de fabricação cuidadosa e assim como as juntas metálicas maciças, o material da junta deve ter dureza menor do que do flange. Segundo Silva Telles (1994) a diferença mínima de dureza recomendada é de 30 HB (Dureza Brinell). São utilizadas para vapor, hidrogênio e outros serviços de grande responsabilidade (600# ou mais) e para quaisquer serviços acima de 550°C, ou que exijam flanges de classe 900#, ou mais altas. A força de aperto necessária para essas juntas é bem inferior a força exigida para a mesma pressão do que juntas metálicas maciças devido a pequena área de contato com os flanges.

3.1.3.4 Montagem de tubulações industriais

Em montagens de tubulações industriais, podem ser feitas pré-montagens para facilitar a montagem em campo. Este artifício é aplicado em tubulações metálicas e visa um aumento

na qualidade da união das tubulações. Esse aumento da qualidade decorre no fato de que a soldagem em campo pode ser difícil devido à localização da solda.

As pré-montagens são executadas em canteiros de obras e nela são conectados por soldagem o maior número possível de peças e acessórios, de forma que sobrem poucas conexões para serem feitas em campo.

Tubulações enterradas e trechos de tubulação retos não devem ser pré-montadas. A justificativa para as últimas consiste no fato de que a dificuldade da soldagem em campo de tubulações retas é baixa e a dificuldade no transporte das tubulações longas pré-montadas até o local da obra não justificaria esta ação.

A decisão dos trechos que serão pré-fabricados deve ser tomada levando-se em consideração o transporte das peças até o local da obra. Desta forma, é comum limitar as tubulações pré-montadas em 12 metros de comprimento, 3 metros de largura e altura e em 2500 quilogramas de peso máximo. Recomenda-se ainda que seja deixado um espaço livre de no mínimo 300 milímetros entre a solda e qualquer aparato, para facilitar a soldagem. Para tubos de diâmetro muito elevado e em posição horizontal, deve-se evitar ao máximo a soldagem circunferencial em campo devido à grande dificuldade de soldagem da parte inferior do tubo, que será sobre-cabeça assim como as soldagens de teto. As peças pré-montadas devem incluir todos os flanges, acessórios soldados, derivações soldadas de qualquer tipo, etc. Não devem ser incluídos os purgadores, válvulas, filtros, separadores, juntas de expansão e todos os acessórios não soldados.

Para as tubulações de aço-carbono ou de aço-inoxidável é indispensável que todas as dimensões sejam conferidas no local, evitando assim a necessidade de ajuste posterior.

Para facilitar a montagem e evitar confusões, todas as peças pré-montadas devem ser numeradas a tinta na própria peça. Essa numeração deve estar ligada ao número do desenho isométrico na qual a peça aparece. O isométrico é o documento executivo mais importante na montagem de tubulações e será explorado na próxima seção.

3.1.3.4.1 Isométrico de tubulações

Os isométricos são os documentos executivos mais importantes na montagem de tubulações industriais. Em desenhos técnicos, existem três tipos de perspectivas: cônica, cavaleira e isométrica. Dentre estas três, a perspectiva isométrica é a que fornece uma visão menos deformada.

Seguindo este conceito, os isométricos são desenhos técnicos apresentados em perspectiva isométrica para ilustrar as dimensões da tubulação nas três coordenadas em um único desenho. O isométrico é construído sem escala e faz-se um desenho para cada tubulação individual ou pequeno grupo de tubulações próximas que sejam interligadas. Segundo Silva Telles (1994) nunca se deve figurar um mesmo desenho isométrico duas tubulações de áreas diferentes.

A Figura 17 extraída do livro de Silva Telles (1994) mostra o mesmo sistema de tubulações sob duas perspectivas: o desenho técnico tradicional em duas dimensões e na perspectiva isométrica. Nos desenhos isométricos, os tubos verticais são representados por traços verticais e os tubos horizontais são representados por traços inclinados com ângulo de 30° sobre a horizontal para a direita ou para a esquerda. Os tubos fora de qualquer uma das três direções ortogonais são representados por traços inclinados com ângulos diferentes de 30° devendo ser indicado no desenho o verdadeiro ângulo de inclinação do tubo com qualquer uma das três direções ortogonais do projeto. Os tubos curvados e as curvas nos tubos são representados por curvas em perspectiva, devendo sempre ser indicado o verdadeiro raio de curvatura da linha de centro do tubo. No entanto, independente do diâmetro, os tubos são representados por apenas uma linha de centro.

Segundo Silva Telles (1994) todas as válvulas e todos os acessórios devem aparecer obrigatoriamente nos desenhos isométricos. Além disso, devem ser mostrados individualmente bem como a localização das emendas (soldas e roscas). Essa exigência possibilitará a simplificação do procedimento de montagem proposto por este trabalho, como será abordado no próximo capítulo.

Os desenhos isométricos devem conter todas as cotas e dimensões necessárias para a fabricação e montagem das tubulações como: dimensões dos trechos retos, ângulos, raios de curvatura, elevação de todos os tubos, localização e orientação de todos os bocais de todos os vasos e equipamentos, posição das hastes e volante das válvulas. As dimensões e cotas são expressas em milímetros, enquanto que a elevação das tubulações é normalmente expressa em metros.

Em cada folha do isométrico deve-se listar o material necessário para as tubulações representadas no desenho. É comum que as empresas criem códigos internos de identificação das linhas. Nestes códigos devem conter informações como pressão e temperatura da tubulação.

A Figura 18 apresenta a simbologia utilizada no desenho de isométricos.

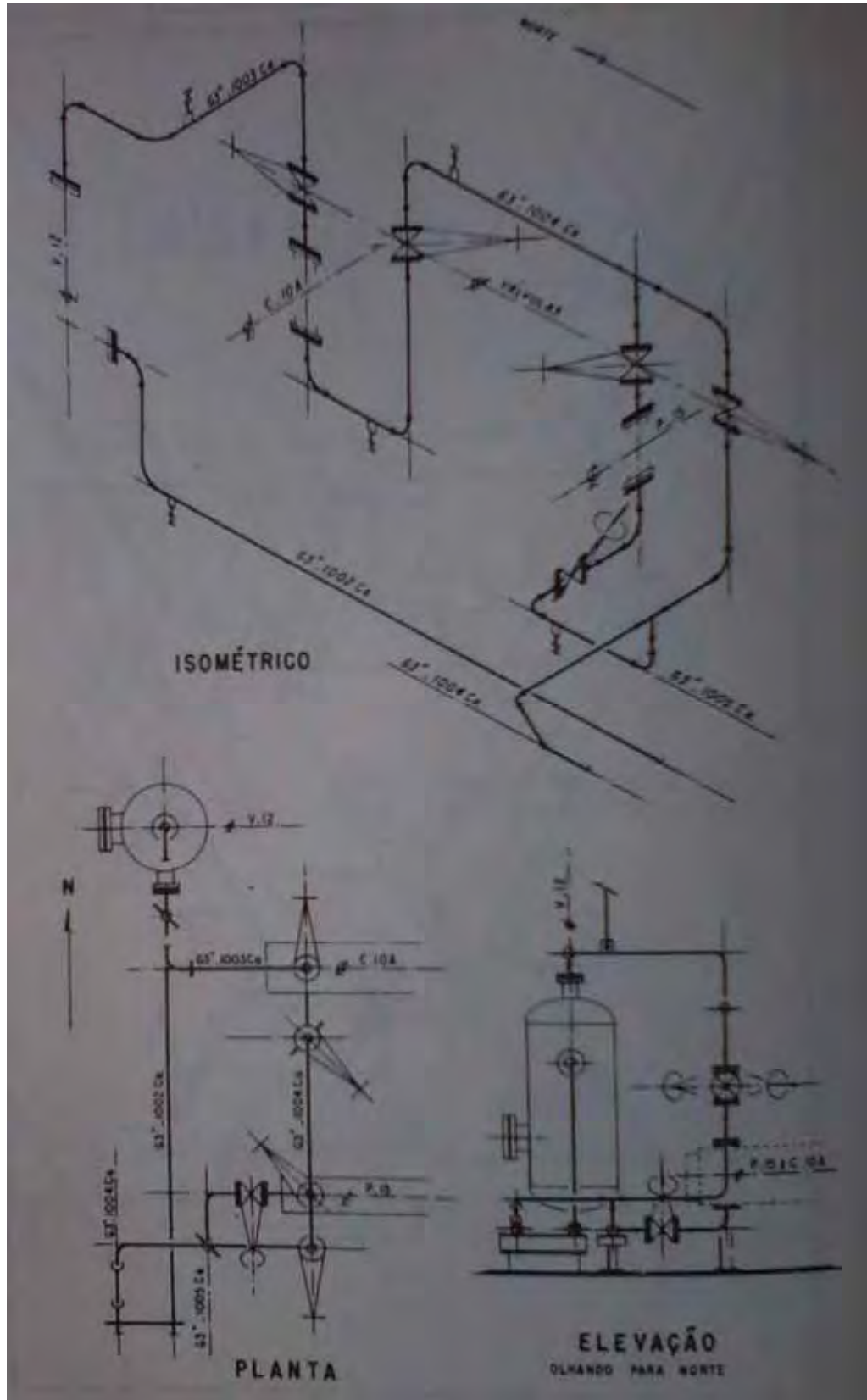


Figura 17 – Tubulação sob a perspectiva isométrica e no desenho técnico tradicional em duas dimensões. Fonte: Silva Telles (1994).

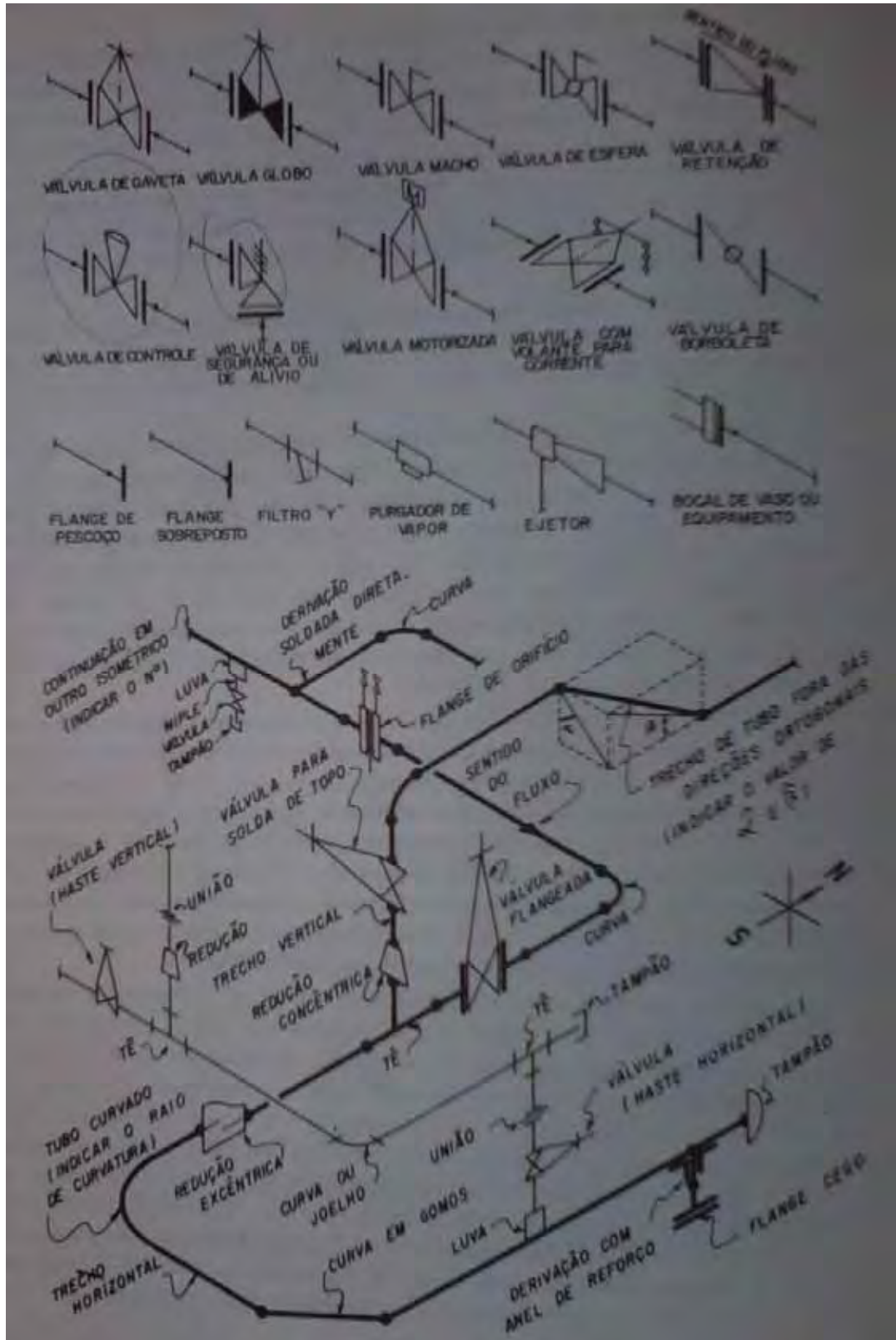


Figura 18 – Simbologia e convenções de isométricos. Fonte: Silva Telles (1994)

3.1.3.4.2 Soldas na montagem de tubulações

O procedimento de soldagem deve ser especificado levando-se em consideração o material do tubo a ser soldado, a espessura e a posição da solda. Segundo Silva Telles (1994), o procedimento deverá conter o processo a ser empregado, geometria do chanfro, número e seqüência de passes, intensidade e polaridade da corrente elétrica, tratamentos térmicos indicados, exigências de inspeção, aceitação e rejeição das soldas.

O objetivo deste trabalho é elaborar um procedimento de montagem de tubulações industriais que permita a rastreabilidade das tubulações. Para que isso possa ser feito, é importante que todo o procedimento especificado seja seguido. No entanto, em campo, por diversas razões, podem ocorrer enganos durante a montagem das tubulações ou mesmo falhas devido ao pequeno prazo de execução das obras hoje em dia causado pela alta demanda por serviços deste tipo.

Segundo Silva Telles (1994), para quaisquer serviços de soldagem, deve ser feita previamente a qualificação de todos os soldadores, operadores de máquinas de soldagem, procedimento de solda e reparo. Esta qualificação consiste em ensaios estabelecidos e padronizados por diferentes normas, para avaliação da capacidade profissional de cada soldador e operador do serviço em questão, além da verificação da adequação dos procedimentos de soldagem e reparo das soldas ao material e a todas as demais circunstâncias de cada caso particular. Para serviços de grande duração, existe a exigência de repetição de testes de qualificação periódicos, exigindo a norma que em qualquer caso seja mantido um registro formal destes testes. A norma MB.262 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e a Seção IX do código ASME para caldeiras e vasos de pressão (“American Boiler and Pressure Vessels Code”, da “American Society of Mechanical Engineers”), estabelecem as rotinas detalhadas que devem ser seguidas em todos esses testes de qualificação.

Como mencionado neste capítulo e ilustrado pela Figura 10, a abertura da raiz de solda deve ser maior quanto maior forem os diâmetros e espessura dos tubos, de forma que possibilitem uma maior penetração. Segundo a norma ANSI/ASME B.31.3 o desalinhamento máximo permissível entre duas peças a soldar de topo é de 1,6mm. Caso se tenha um desalinhamento maior, é indicado o esmerilhamento da superfície interna do tubo, atentando-se para a manutenção da mínima espessura exigida para as condições de operação (pressão e temperatura).

As soldas de topo só podem ser feitas externamente. Desta forma, a primeira camada de solda, também conhecida como raiz, deve ser soldada com muito cuidado para evitar a

ocorrência de defeitos, uma vez que é esta parte que estará sujeita a condições mais severas devido à maior proximidade com o fluido. Em muitos casos, a solda raiz é feita com outro tipo de eletrodo, com maior resistência e desta forma de maior custo. Assim, esta prática pode ser considerada análoga ao revestimento de um material para resistência a corrosão, como nos vasos de pressão vitrificados.

4 PESQUISAÇÃO

Na indústria em geral a quantidade de tubulações é muito grande. Muitas delas conduzem fluidos que apresentam certos riscos à segurança ou ao meio ambiente.

Condições operacionais muito severas, ou seja, linhas que conduzam fluidos a temperaturas e pressão muito elevados, que é comum para transporte de utilidades dentro das indústrias como o vapor, apresenta um sério risco à saúde e segurança em caso de vazamento. É comum encontrar na indústria tubulações conduzindo vapor d'água a 35 barg e 410°C. Sem dúvidas, o vazamento deste fluido a estas condições de pressão e temperatura pode tirar a vida de pessoas que estejam próximas ao local.

Existe ainda na indústria química o transporte de substâncias extremamente nocivas ao meio ambiente e a saúde humana, como o benzeno. Segundo Soares (2005) uma explosão em uma indústria petroquímica na China provocou o vazamento de benzeno no rio que abastece a cidade de Harbin, cuja população supera a marca de quatro milhões de pessoas. O abastecimento de água foi suspenso por quatro dias. No entanto é impossível evitar o dano na cadeia alimentar devido ao consumo desta água por animais. O benzeno é uma substância que pode causar anemia, leucemia e outros danos sanguíneos e nos rins. Na indústria química, o número de linhas conduzindo este tipo de substância é muito maior. Como hoje em dia a questão ecológica e de sustentabilidade é considerada vital para o futuro do nosso planeta, a consequência de um vazamento de produtos nocivos ao meio ambiente vai além da esfera ambiental e atinge a esfera econômica. A empresa fica passível a multas aplicadas pelos órgãos regulamentadores, como a CETESB, além do prejuízo da imagem da empresa, gerando queda nas ações negociadas em bolsas de valores, possível perda de clientes, etc.

Diante destes fatos, todas as precauções devem ser tomadas para evitar uma tragédia. Sabe-se que devido ao aquecimento do mercado e aumento da demanda por serviços da área de construção civil e montagem eletro-mecânica impulsionada pelas competições de nível internacional que serão sediadas pelo Brasil nos próximos anos – Copa do Mundo de Futebol 2014 e Jogos Olímpicos de 2016 – o Brasil enfrenta uma escassez de mão-de-obra no setor.

Assim sendo, as empresas procuram executar os serviços em tempo recorde para conseguir fechar novos contratos e aproveitar a época para obter grande retorno financeiro. Junto com o despreparo e falta de qualificação da mão-de-obra, estes fatos contribuem para a queda na qualidade dos serviços.

Uma forma de amenizar estes problemas é a criação de procedimentos internos das empresas que devem ser seguidos pelas empresas montadoras. Os procedimentos de montagem já são especificados por normas. No entanto, nenhuma norma prevê um procedimento de rastreabilidade de montagem de tubulações. A norma ASTM F2897 regulamenta a rastreabilidade das tubulações de condução de gás natural, no entanto não entra no mérito técnico da montagem, mas sim no da fabricação da matéria-prima utilizada na construção do tubo. Assim sendo, o objetivo deste trabalho é a elaboração de um procedimento de montagem que possibilite a rastreabilidade técnica da montagem das tubulações, informando dados da solda, soldador, eletrodo utilizado e ensaios realizados na solda.

4.1 A norma ASTM F2897

Inicialmente a idéia era criar um procedimento nos moldes da norma ASTM F2897. A norma consiste em uma série de cálculos fundamentada na base-62, gerando um código alfanumérico com dezesseis caracteres, que informam: fabricante do material, código do lote ou corrida, data de fabricação do tubo, material, tipo do componente e dimensão. No entanto para que esta norma seja aplicável, os fabricantes devem seguir algumas diretrizes, como por exemplo, codificar o lote ou corrida com no máximo sete algarismos. A adequação desta exigência implica em reestruturação da metodologia dos fabricantes, o que acaba inviabilizando sua aplicação.

Outro impedimento, técnico e mais significativo do que este foi levantado pelo SPIE (Serviço Próprio de Inspeção em Equipamentos) da empresa. A idéia era talhar o código gerado no próprio tubo, facilitando a identificação em campo. No entanto, esse processo de talhagem poderia causar danos à tubulação, uma vez que poderiam ser geradas tensões na tubulação, além da diminuição da espessura da parede do tubo. Devido à questão da segurança, a aplicação deste método foi descartada.

Haveria ainda um terceiro impedimento, referente à questão financeira. A aplicação deste método de talhagem geraria um custo extra de montagem. Devido à grande

competitividade industrial presente nos dias de hoje impulsionados pela grande integração dos mercados mundiais, este também é um fator muito relevante na decisão do procedimento.

4.2 A criação do procedimento

Partindo das premissas de que o procedimento deve ser de fácil aplicação, fácil leitura e de baixo custo, decidiu-se por elaborar uma planilha na qual devem constar todas as informações relevantes para a total rastreabilidade técnica da montagem. Sabendo-se que em tubulações de responsabilidade o tipo de junta utilizado é a união soldada, as informações que devem constar neste procedimento são: soldador, certificação do soldador, tipo de solda, consumível utilizado, data da montagem e a identificação da tubulação.

O desafio deste método seria justamente a identificação da tubulação para que fosse possível unir as informações em um único documento. A solução encontrada foi a utilização dos isométricos como base para a identificação das uniões soldadas. A Figura 19 mostra o exemplo de um isométrico com a numeração em tamanho maior do que o que será aplicado no isométrico real, apenas para facilitar a visualização.

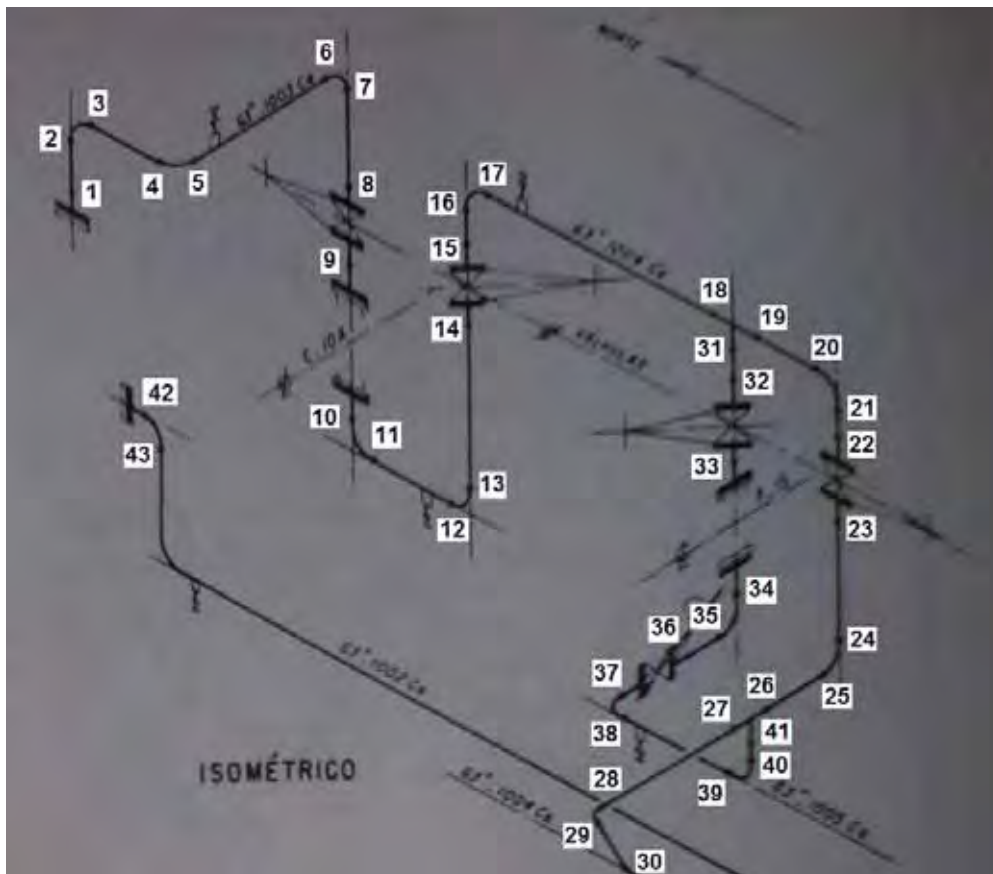


Figura 19 – Numeração das soldas em um isométrico. Fonte: Silva Telles (1994) modificado.

Esta identificação será feita da seguinte maneira: em cada desenho isométrico, as uniões soldadas serão numeradas a partir do número 1 no sentido de escoamento do fluido. Ainda existem algumas situações que precisam ser previstas e são descritas abaixo:

- Presença de mais de uma linha no mesmo isométrico: quando houver mais de uma linha no mesmo desenho isométrico, deve-se iniciar a numeração pela tubulação com maior diâmetro e assim sucessivamente, caso existam mais de duas linhas;
- Em caso de diâmetros iguais, deve-se iniciar a numeração a partir da tubulação com maior número de uniões soldadas ou a tubulação mais longa, nesta ordem de prioridade.

Pensando na questão de a quem será atribuída a responsabilidade de fazer esta identificação das juntas soldadas, entende-se que para evitar possíveis distorções entre a numeração, tempo na execução da montagem e principalmente no arquivamento desta numeração junto ao isométrico, a responsabilidade de numeração ficará com a empresa de engenharia que elaborará o isométrico. Desta maneira, o isométrico chegará às mãos de supervisores e montadoras da mesma forma.

Com as soldas identificadas, já é possível iniciar o preenchimento da planilha, uma vez que os parâmetros que independem da execução já podem ser preenchidos.

4.2.1 O procedimento

A Figura 20 mostra a planilha preenchida, com todas as informações que devem ser inseridas. Segue abaixo a explicação de cada item a ser inserido na planilha.

- Identificação da tubulação no isométrico: como explicado na seção 3.1.3.4.1 que aborda os isométricos, cada linha é identificada com um código. Esta codificação varia para cada indústria. No caso abordado neste trabalho e como pode ser visto na Figura 20, a tubulação é identificada da seguinte forma: 8"/150 SL562C 637. Por motivos de segurança da informação, maiores detalhes deste código não podem ser revelados, mas pode-se dizer que ele informa o diâmetro da linha, a classe de pressão, o material e o tipo de vedação do tubo;
- Número da solda: é justamente o número que identifica a solda no isométrico, como exposto na Figura 19;

- Tipo de solda: a definição do tipo de solda deve ser feita considerando-se condições de projeto e o diâmetro do tubo, independentemente do procedimento de montagem. Desta forma ele já pode ser preenchido;
- Soldador: aqui deve ser identificado o soldador da raiz e do acabamento da solda. Para facilitar a identificação, pode-se criar um código interno nas montadoras para identificação dos soldadores. Neste caso, sugere-se que os soldadores sejam cadastrados segundo a ordem lógica S.01, S.02, S.03, etc;
- CQS (Certificado de Qualificação do soldador): é o certificado que certifica que o soldador executa a solda em conformidade com padrões pré-estabelecidos;
- EPS (Especificação de Qualificação do Soldador): é o código que especifica o procedimento de soldagem que será adotado;
- Consumível: o código de fabricação do consumível utilizado na raiz e no acabamento da solda seja ele um eletrodo revestido, um gás ou arame;
- Certificado: número do certificado do consumível segundo a norma AWS A5.1;
- Inspeção: deve marcar com um “x” o tipo de inspeção que foi realizado na solda, onde VS significa inspeção visual, DM significa inspeção dimensional e US significa inspeção por ultra-som. Os dois primeiros tipos de inspeção devem ser realizados em todas as soldas, enquanto que o ensaio de ultra-som deve ser aplicado em 5% das soldas;
- Desenho: é o número do desenho no qual se encontra a tubulação. De forma mais grosseira, pode-se dizer que este é o número do isométrico;
- Data: é a data de execução da montagem.

MAPA DE RASTREABILIDADE DE JUNTA SOLDADA												
IDENTIFICAÇÃO TUBULAÇÃO NO ISOMÉTRICO	SOLDAGEM							INSPEÇÃO			DESENHO	DATA
	Nº SOLDA	TIPO DE SOLDA	SOLDADOR		EPS	CONSUMÍVEL		VS 100%	DM 100%	US 5%		
			Raiz / Acabamento	CQS		Raiz / Acabamento	Certificado					
8"/150 SL562C 637	1	Topo	S.01	006C	BASF-002	46601022 / VT047E6183	383819 - SJC	x	x	x	RI-BR1483-001	31.12.2011
8"/150 SL562C 637	2	Topo	S.01	006C	BASF-002	46601022 / VT047E6183	383819 - SJC	x	x		RI-BR1483-001	31.12.2011
8"/150 SL562C 637	3	Topo	S.01	006C	BASF-002	46601022 / VT047E6183	383819 - SJC	x	x		RI-BR1483-001	31.12.2011
1"/150 SL562C 637	4	Encaixe	S.01	006C	BASF-002	46601022 / VT047E6183	383819 - SJC	x	x		RI-BR1483-001	31.12.2011
1"/150 SL562C 637	5	Encaixe	S.01	006C	BASF-002	46601022 / VT047E6183	383819 - SJC	x	x		RI-BR1483-001	31.12.2011

Figura 20 – Planilha de rastreabilidade de tubulações soldadas

4.2.2 Possíveis melhorias futuras no procedimento

4.2.2.1 Rastreabilidade da matéria-prima

No procedimento apresentado no item 4.2.1 observa-se a ausência da rastreabilidade da matéria-prima do tubo. Tal sistema seria simples de inserir no procedimento caso os fabricantes seguissem a norma ASTM F2897. Como explicado anteriormente, a norma não é seguida pela grande maioria das indústrias siderúrgicas. No entanto, existe um arquivamento de notas fiscais na empresa, que possibilita identificar o fabricante do material utilizado, mas tal procedimento demandaria tempo e estaria sujeito a falhas.

Levando-se em consideração a complexidade da fabricação de aço e as implicações que a desregulagem de um equipamento pode causar em função de falta de controle de tempo e temperatura dos tratamentos térmicos aos quais o aço é submetido, seria interessante fazer tal controle.

4.2.2.2 Registro de dados por chips

Outra sugestão de melhoria para o procedimento seria aumentar a tecnologia de armazenamento dos dados. Ao invés de preencher as planilhas, como mostrado na Figura 20, os dados poderiam ser armazenados em chips. Atualmente o sistema comercialmente mais utilizado é o código de barras, que é uma representação gráfica de dados alfanuméricos. Este código é impresso em etiquetas que são fixadas nos produtos. Um leitor ótico faz a leitura deste código e o converte em letras ou números na tela de um computador. Ele é aplicado no comércio e em bancos. No entanto tal tecnologia está sendo substituída por outra que proporcione maior agilidade na leitura dos dados. São os *Smart Label*.

4.2.2.2.1 RFID e *Smart Label*

A sigla RFID (Radio-frequency Identification) significa “Identificação por rádio frequência” e deve ser a tecnologia que substituirá o código de barras. Rei (2010) define RFID como uma tecnologia sem fios que identifica objetos por meio de sinais de rádio, armazenando e recuperando informações a respeito do mesmo em um dispositivo chamado *tag* instalado no objeto.

O RFID apresenta grande vantagem para os supermercados em relação ao código de barra. Bastaria passar com o carrinho de compras por uma antena que capte os sinais dos *tags*

instalados nos produtos para em poucos segundos fornecer o valor total. Com código de barras, é necessário fazer a leitura de cada produto.

Este sistema, no entanto também é aplicado a outras áreas. Segundo Rei (2010), a rede de supermercados Wal-Mart deu o primeiro passo na aplicação dessa tecnologia. Eles instruíram seus fornecedores a inserirem *tags* de RFID nos paletes, caixas e outras embalagens para facilitar o recebimento da mercadoria. No setor militar, as forças armadas americanas utilizam um complexo sistema de RFID para controle da cadeia logística e de suprimentos. A própria empresa BASF, que é a motivadora do desenvolvimento deste trabalho, possui um sistema de RFID para localizar e controlar as condições de transporte de produtos perigosos.

Um sistema RFID é composto pelos seguintes componentes:

- *Tag* RFID (*Transponder*): dispositivo constituído por um chip e uma antena e que é instalado no próprio objeto. O termo *tag* significa etiqueta em português;
- Leitor RFID (*Transceiver*): dispositivo cuja função é se comunicar com a *tag*, recuperando e armazenando as informações coletadas em um computador;
- *Enterprise Subsystem*: Interliga os diversos componentes do sistema de gestão de informação da empresa, além de receber informação que será acessada e disponibilizada nos servidores.

As *tags* possuem capacidade de armazenamento e computacional e variam de acordo com o tipo de *tag*. Os principais tipos são:

- *Tags* passivas: são aquelas que não possuem fonte de energia própria. A energia necessária para o seu funcionamento é obtida pelo sinal emitido pelo leitor;
- *Tags* ativas: possuem uma fonte de energia interna. Apresenta uma capacidade de armazenamento maior do que as *tags* passivas. O tempo de vida deste tipo é reduzido em função da duração da bateria, que dura cerca de três anos;
- *Tags* semi-ativas: possuem fonte de energia interna, mas encontram-se sem atividade até que seja acionada com um leitor, fazendo com que a *tag* funcione como uma ativa. A vantagem está na maior durabilidade em função do uso mais restrito da bateria. Desta forma, a vida útil da bateria aumenta para cinco anos;

- *Tags* semi-passivas: possui o mesmo tipo de funcionamento das *tags* passivas, mas apresenta uma fonte de energia interna que dura cerca de cinco anos.

Existem ainda as etiquetas *Smart Label*, que incorporam um RFID *inlay*, que é a combinação do chip, antena e substrato, uma cobertura do *inlay* que será impressa, uma base sobre a qual o *inlay* é aplicado e o material adesivo que fixará o *inlay* à cobertura e à base. A Figura 21 ilustra as etiquetas *Smart Label*.

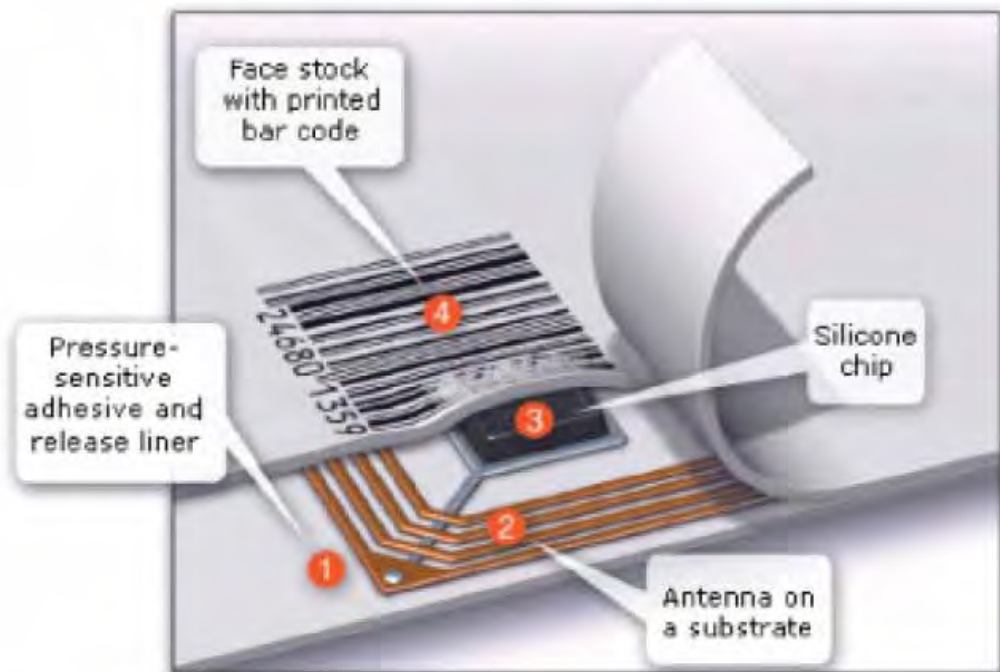


Figura 21 – Constituição de uma etiqueta *Smart Label*. Fonte: Rei (2010)

Segundo Rei (2010) no processo de impressão das etiquetas são gravados no *chip* do *inlay* os dados desejados e impressos na cobertura o código de barras e restante da informação. O *inlay* deve estar devidamente protegido pela cobertura e base.

O processo de codificação exige precisão e é por esta razão que a escolha da *Smart label* a ser utilizada deve considerar o tipo de impressora disponível para os trabalhos.

O uso do *Smart Labels* apresenta grande vantagem, pois une as duas tecnologias (RFID e código de barras) o que possibilita um processo de transição mais tranquilo entre uma tecnologia e outra.

4.2.2.2.2 Viabilidade

A aplicação deste sistema apresenta inúmeras vantagens em função da possibilidade de armazenamento de um número maior de informação. A planilha fica limitada ao tamanho do papel e a legibilidade da mesma, tornando a inclusão de diversas colunas algo pouco prático.

No entanto a implementação desse sistema demanda toda uma estrutura computacional e de sistema, além de treinamento de pessoal, inviabilizando a sua aplicação neste momento. Por outro lado, o uso de *Smart Labels* está crescendo em países como os Estados Unidos e tal crescimento tende a baratear o sistema. Segundo dados do “*The Freedonia Group*”, em 2009 houve um crescimento de 11% na aplicação de *Smart Labels* nos Estados Unidos.

Desta forma, em poucos anos talvez seja possível aplicar as *Smart Labels* no procedimento de rastreabilidade de tubulações.

5 CONCLUSÃO

5.1 Verificação dos objetivos

O objetivo do presente trabalho é a criação de um procedimento de engenharia que possibilite a rastreabilidade técnica da montagem de tubulações industriais. A justificativa para tal trabalho está baseada na segurança do trabalhador e do meio ambiente.

Obedecendo as premissas de baixo custo e fácil aplicabilidade, o objetivo foi atingido consistindo no preenchimento de uma planilha eletrônica com informações referentes ao soldador, processo de soldagem, consumível utilizado e inspeções realizadas. Tal solução foi julgada a mais adequada justamente por não demandar grandes mudanças de sistema e treinamento de pessoal, uma vez que faz uso de planilhas eletrônicas que estão disponíveis em todos os computadores da empresa.

5.2 Futuras melhorias

Futuras melhorias nesse sistema estão relacionadas à potencialização da rastreabilidade das tubulações. Entende-se por potencialização o aumento do alcance da rastreabilidade. O novo procedimento poderia incluir informações a respeito da matéria-prima da tubulação, como faz a norma ASTM F2897 Anexo 11 para tubulações que conduzem gás natural.

Existem no mercado as etiquetas Smart Labels, que estão substituindo o código de barras. Esta alternativa possibilitaria o armazenamento de um maior número de informações e dados. No momento a aplicação deste sistema no momento não é viável em função do custo de implementação de toda a infra-estrutura de sistema que seria exigida. Além disso, ainda não se sabe como tal sistema se comporta quando exposta ao tempo e a altas temperaturas, no caso de estar ligada a tubulações de vapor. Desta forma, a implementação desta tecnologia para este tipo de serviço ainda depende de investimentos em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Tracking and Traceability Encoding System of Natural Gas Distribution Components (Pipe, Tubing, Fittings, Valves, and Appurtenances)**. F2897-11. ASTM, 2011. 15 p.

BRASIL, Empresa de Correios e Telégrafos. **Estrutura do CEP**. Brasília, 1992. Disponível em: <http://www.correios.com.br/servicos/cep/cep_estrutura.cfm>. Acesso em: 20. out 2011.

BRASIL, Ministério dos Transportes, Conselho Nacional de Trânsito. **Estabelece o Sistema de Placas de Identificação de Veículos**. Brasília, 2007, 11p.

REI, J. **RFID Versus Código de Barras da Produção à Grande Distribuição**. 2010. 113f. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores Major Telecomunicações) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010. Disponível em: <paginas.fe.up.pt/~ee09270/page1/files/JR_PDI_FINAL.pdf>. Acesso em 17. Nov 2011

RODRIGUES, S. **Rastreabilidade e Detecção**, 2007. 74p. Disponível em: <<http://www.ci.esapl.pt/sofia/Rastreabilidade%20e%20Detec%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

SARTÓRIO; R. de A. **Rastreabilidade e Endereçamento**. Microsiga Intelligence, 2009. 26p. Disponível em: <www.sigaconsult.com.br/manuais/files/Microsiga_ERP/estoque/rastreabilidade.ppt>. Acesso em 20 ago. 2011

SOARES, F.A. **Explosão em petroquímica chinesa provoca derramamento de benzeno**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 3p. dez. 2005. Disponível em: <www.pucmg.br/imagedb/conjuntura/CNO_ARQ_NOTIC20051207110235.pdf%3FPHPSESSID%3D7c189d63caa817>. Acesso em 17. Nov 2011

TELLES, P. C. da S. **Tubulações Industriais: Materiais, Projeto e Montagem**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1994. 384p.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BOWLING, M. B. *et al.* **Identification and Traceability of Cattle in Selected Countries Outside of North America.** In: _____. The Professional Animal Scientist 24 (2008): American Registry of Professional Animal Scientists, 2008. P. 287–294. Disponível em: < www.nationalaglawcenter.org/assets/linkstorage/cattleid-outside.pdf>. Acesso em 15. jul 2011

CORREA, J. C., CARDOSO, A. A., CHAVES, C. A. **Os benefícios de um sistema de rastreabilidade em uma empresa de autopeças.** 2006. 8 p. Tese – (Programa de Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté, Bauru, 2006. Disponível em: < www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/762.pdf>. Acesso em: 15. jul 2011

NATSUI, T. **Traceability System using RFID and Legal Issues,** Meiji University, 7p. 2004. Disponível em: < www.sics.se/privacy/wholes2004/papers/takato.pdf>. Acesso em: 15. Jul 2011

PHILIPPE, V.,PATRICE, B., BERNARD, R. **Traceability a New Approach to Obtain Decision-Making Aid,** Centre de Recherche en Sciences et Technologies de l'Information et de laCommunication CReSTIC – LAM – IFTS, 7 p. Valenciennes, 2006. Disponível em: < www.univ-valenciennes.fr/congres/EAM06/PDF_Papers_author/Session4_Vellemans.pdf>. Acesso em: 15. Jul 2011