

Serviço Letal - Requisitos para Vasos de Pressão e Sistemas de Tubulações de aço fabricados por soldagem

1. Introdução

A abordagem deste trabalho são os requisitos para projeto e construção de Vasos de Pressão em Serviço Letal, conforme estão estabelecidos no Código ASME Sec VIII-1, e de Sistemas de tubulações em Serviço Fluido Categoria M *Category M Fluid Service*, de acordo com as prescrições da Norma ASME B31.3.

A base dos requisitos para Serviço Letal e Serviço Fluido Categoria M são as definições do parágrafo UW-2 *Service Restrictions* do Código ASME VIII-1, que estabelece como substâncias letais as enquadradas como a seguir:

- a. Fluidos de tal natureza que uma quantidade muito pequena, misturada ou não com o ar, é perigosa para a vida quando inalada.
- b. “Substâncias letais” entendem-se gases ou líquidos venenosos de tal natureza que uma quantidade muito pequena do gás ou do vapor do líquido misturado ou não misturado com o ar é perigoso para a vida quando inalado. Esta classificação inclui substâncias desta natureza que são armazenadas sob pressão ou podem gerar pressão se armazenadas em um recipiente fechado.

Os fluidos considerados letais incluem:

- Fluido Letal - *Lethal Substance List*

40 CFR Appendix A to Part 355 - The List of Extremely Hazardous Substances and Their Threshold Planning Quantities

https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A_to_part_355

- Fluido Poluente Extremamente Perigoso - *Hazardous Air Pollutants (HAPs) List*

[https://dep.wv.gov/dag/Air%20Toxics/Pages/HazardousAirPollutants\(HAPs\)List.aspx](https://dep.wv.gov/dag/Air%20Toxics/Pages/HazardousAirPollutants(HAPs)List.aspx)

<https://www.epa.gov/haps>

Sempre que o produto processado ou armazenado contenha um teor de qualquer dessas substâncias maior ou igual a 5% em peso, a instalação é caracterizada ser de Serviço Letal.

As principais substâncias ou fluidos letais e poluentes extremamente tóxicos emitidos nas instalações industriais como refinarias de petróleo, plantas químicas e petroquímicas são:

- Compostos Orgânicos Voláteis: por exemplo, acetaldeído, benzeno, 1,3-butadieno, formaldeído, toluenos e xilenos;
- Compostos Orgânicos Voláteis precursores da formação de Ozônio;
- Compostos Orgânicos Semivoláteis e não voláteis: por exemplo, benzo (a) pireno, dioxina/furanos clorados, cresóis e naftaleno;
- Metálicos: por exemplo, compostos contendo Arsénio, Cádmio, Cromo, Mercúrio e Níquel;
- Inorgânicos: por exemplo, Cloro, sulfeto de Hidrogénio (H₂S) e cloreto de Hidrogénio;
- Monóxido de Carbono (CO);
- Dióxido de Nitrogênio (NO₂) e óxidos de Nitrogênio (NO_x);
- Dióxido de Enxofre (SO₂);
- Material Particulado e Poeiras.

Para a monitoração preventiva, de possíveis vazamentos e/ou emissões fugitivas, emprega-se o procedimento do método *Method 21 - Volatile Organic Compound Leaks* da legislação americana *EPA 40 Cfr Part 60 Standards of Performance for New Stationary Sources*.

É uma medição de campo, com um instrumento detector digital portátil de fugas de gases e vapores “*sniffer*”, muito próxima do ponto de emissão (a cerca de 1cm), normalmente, uma válvula ou ligação flangeada, onde o valor da emissão deve estar abaixo do limite permitido para o fluido.

Assim após a emissão se diluir no ambiente, a presença do fluido Letal está bem abaixo do limite.

Os requisitos a seguir são aplicáveis apenas às instalações com equipamentos, vasos de pressão e sistemas de tubulações que processem produtos caracterizados como letais, ou que contenham contaminantes caracterizados como extremamente perigosos à vida humana.

No caso de equipamento, vaso de pressão e tubulação sujeitos a condições que acarretam também deteriorações e ataques do tipo Corrosão Sob Tensão ou Fissuração Induzida pelo Hidrogênio ou por Processo Corrosivo Eletroquímico, prevalecem as prescrições específicas mais rigorosas.

1.1. Vasos de pressão

O Código de projeto e construção de Vasos de Pressão ASME Seção VIII Divisão 1 *Rules for Construction of Pressure Vessels* determina regras particulares, em adição às regras normalmente aplicáveis, para os equipamentos que devem operar em serviços especiais.

Esta Divisão, estabelece requisitos específicos para qualificar um vaso de pressão em determinados “serviços especiais”, como descritos nos seguintes parágrafos:

- UW-2 Service Restrictions
- UF Requirements for Pressure Vessels Fabricated by Forging
- UB Requirements for Pressure Vessels Fabricated by Brazing
- UB Low Temperature Operation
- UCS Requirements for Pressure Vessels Constructed of Carbon and Low Alloy Steels
- UNF Requirements for Pressure Vessels Constructed of Nonferrous Materials
- UHA Requirements for Pressure Vessels Constructed of High Alloy Steel
- UCL Requirements for Welded Pressure Vessels Constructed of Material with Corrosion Resistant Integral Cladding, Weld Metal Overlay Cladding, or Applied Linings
- UHT Requirements for Pressure Vessels Constructed of Ferritic Steels with Tensile Properties Enhanced by Heat Treatment

Nestes parágrafos são listados formas de fabricação e materiais de construção que devem ser proibidos e especifica quais materiais e detalhes de projeto e fabricação devem ser obedecidos, nos seguintes serviços especiais:

- a. Vaso de pressão em serviço letal [ASME VIII-1 UW-2 (a)]: quando há fluidos em que uma quantidade muito pequena, misturada ou não com o ar, é perigosa para a vida quando inalada, conhecidos como “substâncias letais”;
- b. Vaso de pressão em serviço com baixas temperaturas [ASME VIII-1 UW-2(b)]: quando a temperatura mínima de projeto do metal for inferior a -55°F (-48°C), conforme parágrafo ASME VIII-1 UCS-68;
- c. Vaso de pressão em serviço com geração de vapor sem combustão [ASME VIII-1 UW-2(c)]: quando há geração de vapor sem combustão, com pressões de projeto superiores a 50 psi ($3,52 \text{ kgf/cm}^2$) (343 kPa).
- d. Vaso de pressão em serviço com queima de combustível [ASME VIII-1 UW-2(d)]: quando o vaso de pressão está sujeito à queima direta da combustão de combustível (sólido, líquido ou gasoso), e que não se enquadre no escopo das seguintes Seções:
 - ASME Section I Rules for Construction of Power Boilers
 - ASME Section III Rules for Construction of Nuclear Facility Components
 - ASME Section IV Rules for the Construction of Heating Boilers

Quando um vaso de pressão for destinado a tais serviços especiais, a natureza do serviço especial e os parágrafos de requisitos a serem atendidos devem ser indicados nos Relatórios de Dados *Data Reports* do equipamento.

Nota:

- a. Relatório de Dados *Data Reports* deve documentar as atividades de projeto e construção de partes e componentes de vasos de pressão, a ser preenchido e assinado pelo Fabricante, conforme Apêndice *Appendix W Guide for Preparing Manufacturer's Data Reports*
- b. Serviço é um termo geral aplicável à condição de operação de um equipamento ou sistema de tubulações, considerando a combinação das propriedades químicas e físicas do fluido, processado ou transportado, os contaminantes presentes, as condições operacionais (pressão e temperatura), e outros fatores como tipo de ataque corrosivo, toxidez e explosividade, utilizados para estabelecer as bases de projeto e construção do equipamento ou sistema de tubulação.

O escopo deste trabalho são os requisitos para projeto e construção de Vasos de Pressão em Serviço Letal.

1.2. Sistemas de tubulações

No caso dos Sistema de tubulações, a Norma ASME B31.3 *Process Piping* também determina as condições particulares para projeto e construção de alguns sistemas específicos, a saber:

- a. Serviço Fluido Categoria M ou *Category M Fluid Service*
É o serviço em que o fluido é tão altamente tóxico, que uma única exposição à uma quantidade muito pequena do fluido, causada por vazamento, pode produzir danos graves e irreversíveis às pessoas por respiração ou contato corporal, mesmo quando medidas de restauração imediatas são tomadas
- b. Serviço Alta Pressão ou *High Pressure Fluid Category K Service*
É o serviço em que o Proprietário especifica o uso do Capítulo Chapter IX *High Pressure Piping* para o projeto e construção da tubulação e deve fornecer todas as informações requeridas para a realização das análises e testes, que este capítulo requer. Este capítulo é normalmente aplicável às tubulações que operam em pressões acima daquelas permitidas na classe 2500 da norma ASME B16.5, para dado material e temperatura de projeto, porém as regras do capítulo Chapter IX também podem ser aplicadas em outras situações, se especificado pelo Proprietário da instalação.
- c. Serviço de Temperatura Elevada ou *Elevated Temperature Fluid Service*
É o serviço em que a temperatura do fluido se situa na região de fluência ou *creeping* do material construtivo, isto é, o serviço em que a temperatura de projeto da parede de metal da tubulação é igual ou maior que o valor T_{cr} da Norma ASME B31.3 Tabela *Table 302.3.5 General Note (b) Weld Joint Strength Reduction Factor*, que identifica o início das propriedades dependentes do tempo de atuação do carregamento. As faixas de temperaturas, função do material, a partir de que o fenômeno *creeping* ou fluência é esperado acontecer, são:

Material	Temperatura de início do regime de fluência
Aço Carbono <i>Carbon Steel</i>	370 a 400°C
Aço baixa liga <i>Low alloy Cr-Mo steel</i> 1 ¼ Cr 0.5 Mo 2 ¼ Cr – 1 Mo <i>Low alloy steel</i>	440 a 455°C
Aço baixa liga <i>Low alloy Cr-Mo steel</i> 9 Cr – 1 Mo	490 a 510°C
Aço Inoxidável Austenítico <i>Austenitic Stainless Steel</i> 18Cr-8Ni, Type 304 16Cr-12Ni-2Mo, Type 316 18Cr-8Ni-0.035Cmax, Type 304L 18Cr-8Ni-Mo-0.035Cmax, Type 316L	480 a 595°C

- d. Serviço de Alta Pureza ou *High Purity Fluid Service*
É o serviço em que o fluido é muito especial e requer que sejam utilizados métodos alternativos de fabricação, inspeção, exame e testes especiais, com a intenção de produzir uma tubulação com nível de limpeza controlado. O serviço aplica-se aos sistemas de tubulação definidos para fins de alta pureza, isento de qualquer contaminação.
- e. Serviço Cíclico Severo ou *Severe Cyclic Conditions*.
É o serviço em que são previstas condições cíclicas severas, durante a operação do sistema de tubulações, sendo esperado a fadiga do material, devido aos efeitos dinâmicos de variações de pressão, ciclos térmicos ou de deslocamento, vibrações e outras cargas cíclicas, bem como choque térmico, a serem consideradas no projeto da tubulação.
- f. Serviço Categoria Ligações Aparafusadas Críticas ou *Controlled Bolting Service*
É o serviço definido no parágrafo F309.1 do *Appendix F Precautionary Considerations* da Norma ASME B31.3, que envolve fluidos perigosos, que requerem estanqueidade total ou absoluta.

O escopo deste trabalho são os requisitos para projeto e construção de Sistemas de Tubulações em Serviço com Fluido Categoria M.

2. Normas aplicáveis

- Código ASME

ASME Sec VIII Div 1 Rules for Construction of Pressure Vessels

ASME B31.3 Process Piping

- Normas Petrobras

N-115 Fabricação e Montagem de Tubulações Metálicas

N-253 Fabricação e Montagem de Tubulações Metálicas

N-466 Projeto de Trocador de Calor Casco e Tubo

Nota:

Normas Técnicas Petrobras classificadas como públicas e disponíveis para consulta.

<https://canalprovedor.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/>

Catálogo de normas técnicas Petrobras

Volume 1: de N-0002 a N-1958

Volume 2: de N-1965 a N-2943

3. Referências da Norma de tubulações industriais ASME B31.3 - Process Piping para Serviço com Fluido Letal

3.1. Geral

Na Norma ASME B31.3 o fluido letal é identificado como Serviço com Fluido Categoria M *Category M Fluid Service*.

O Serviço de Fluidos Categoria M é um serviço em que o fluido é tão altamente letal que uma única exposição à uma quantidade muito pequena do fluido, causada por vazamento, pode produzir danos sérios e irreversíveis às pessoas ao respirarem. ou por contato corporal, mesmo quando medidas de restauração imediatas são tomadas,

Nessas condições, o Proprietário da instalação é o responsável por designar os sistemas de tubulações em Serviço Categoria M; por determinar os requisitos adicionais que assegurem a estanqueidade necessária para proteger o pessoal da exposição e também por orientar o Projetista da instalação que Sistema de Qualidade específico deve ser empregado.

Para isso, o Proprietário deve considerar o Apêndice M *Appendix M* e a Figura *Figure M300 Guide to classifying fluid services* - Guia para classificação de serviços de fluido.

O Capítulo VIII *Chapter VIII Piping for Category M Fluid Service* da Norma ASME B31.3 determina as condições de projeto, fabricação, inspeção, montagem e testes de sistemas de tubulações, designados pelo Proprietário para Serviço com Fluido Letal.

O conteúdo e as designações com o prefixo M deste Capítulo VIII *Chapter VIII* indicam os requisitos do Código base (*Chapters I to VI*) e do Capítulo VII (*Chapter VII*), da Norma ASME B31.3, aplicáveis.

Nota:

- Chapter I Scope and Definition;
- Chapter II Design;
- Chapter III Materials;
- Chapter IV Standards for Piping Components;
- Chapter V Fabrication, Assembly, and Erection;
- Chapter VI Inspection, Examination, and Testing;
- Chapter VII Nonmetallic Piping and Piping Lined with Nonmetals;
- Chapter VIII Piping for Category M Fluid Service

Também devem ser cumpridos os requisitos para os exames visual e radiográfico dos tipos de soldas indicados, para as condições de serviço Categoria M, conforme a Tabela 341.3.2 *Table 341.3.2 Acceptance Criteria for Welds - Visual and Radiographic Examination Criteria for Types of Welds for Service Conditions of Category M Fluid Service*.

Além desses requisitos, considerar ainda a possível necessidade de salvaguardas adicionais, conforme descrito no Apêndice G *Appendix G Safeguarding* da Norma ASME B31.3.

3.2. Principais requisitos aplicáveis aos sistemas de tubulações em Serviço Categoria M

3.2.1. Projeto

- a. O projeto de engenharia deve informar e especificar quaisquer condições incomuns e

condições cíclicas severas, que requerem medidas suplementares.

Para os sistemas de tubulações que operam em condições cíclicas de operação (variações frequentes de pressão e/ou temperatura e/ou composição do fluido), ou sob cargas de impacto ou choque ou em vibração, deve ser feita além da análise de flexibilidade e suportação, também a análise dinâmica do sistema, visando garantir a integridade e a confiabilidade da operação.

b. Utilizar válvula de alívio e segurança do tipo balanceada por fole em serviços com fluidos letais e as descargas das válvulas de alívio e segurança devem ser coletadas e interligadas para queima no sistema da Tocha de Segurança da instalação industrial.

c. Os resíduos de drenagem e respiro de equipamentos e tubulações devem ser coletadas para descarte em condições seguras.

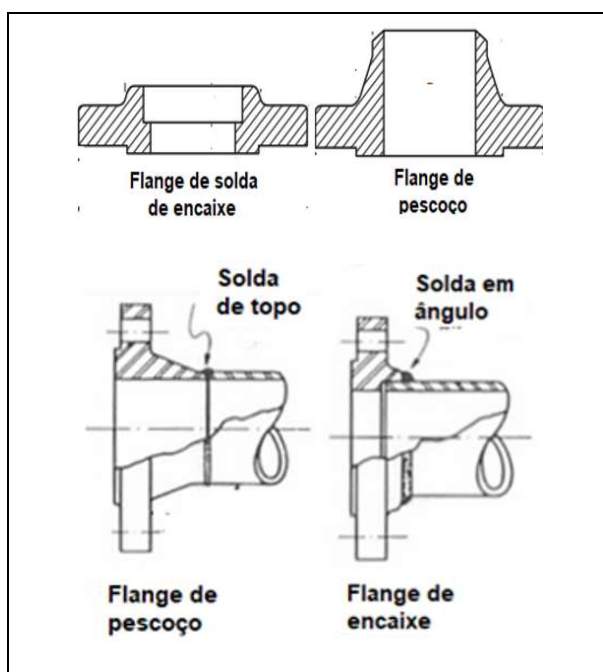
d. Não são admitidos furos sentinelas (*"telltale holes"*) nas tubulações, partes e componentes pressurizados.

e. Com relação aos acessórios de grande diâmetro (acima de NPS 24), devem ser preferencialmente utilizadas as curvas prensadas com solda longitudinal, seguida de TTAT- Tratamento Térmico de Alívio de Tensões e 100% RT-Radiografia Total.

Excepcionalmente, apenas com a aprovação do Proprietário, podem ser usadas curvas gomadas, fabricadas de chapas, com raio mínimo de 1,5 vezes o diâmetro e 5 gomos com TTAT e 100% RT.

f. Só são permitidas ligações flangeadas do tipo com flanges de pescoço, de extremidade para solda de topo ou para solda de encaixe.

Os flanges com extremidades para solda de encaixe só são admitidos até o diâmetro nominal de NPS1½. Os flanges de interligação com os equipamentos devem ser do tipo com extremidade com pescoço para solda de topo.



g. Transições de diâmetros, redução ou aumento, devem ser com extremidades troncocônicas.

h. Não são permitidas conexões, flanges, válvulas e acessórios com extremidades rosqueadas.

Em todos os documentos do projeto mecânico, plantas e isométricos de tubulação, e de detalhamento para fabricação, como os *spools*, deve estar estampada com destaque a informação: "Serviço Fluido Categoria M".

3.2.2. Válvulas

a. A vedação para as hastes das válvulas deve ser com gaxetas de grafite flexível e sistema de carga constante tipo molas-prato.

Não são permitidos materiais resilientes como borrachas e "Teflon", para a confecção das gaxetas das hastes das válvulas. Somente materiais resistentes ao fogo, como por exemplo, o grafite flexível, são aceitáveis.

b. Os castelos das válvulas devem ser do tipo com fechamento por parafusos (no mínimo quatro).

3.2.3. Materiais

a. Só são admitidos materiais conforme as especificações ASTM para fabricação de tubos, conexões, flanges, válvulas e demais componentes dos sistemas de tubulações.

Não são admitidos materiais da denominação ferro fundido (“*cast iron*”) para a fabricação de válvulas e componentes de tubulações.

b. Os tubos e acessórios fabricados com solda devem ser com juntas soldadas de topo e inspecionados com 100% RT na solda acabada. Os critérios para execução e aceitação conforme Norma ASME B31.3 *Chapter VI Inspection, Examination, and Testing*.

c. Os tubos de aço Carbono com ou sem costura devem ser de aço acalmado.

d. Os tubos de aço Carbono sem costura devem ser de especificação ASTM A106 GrB, com tratamento térmico de alívio de tensões de fábrica.

Nota:

Os tubos ASTM A106 GrB “hot finished pipe” não necessitam de tratamento térmico. Os tubos ASTM A106 GrB “cold drawn pipe” devem ter tratamento térmico.

e. Tubos de aço Carbono com costura devem seguir a especificação ASTM A-672 Gr C60 Cl 22 com os seguintes requisitos adicionais:

- i. Exame radiográfico 100% nas soldas longitudinais;
- ii. Tratamento térmico de alívio de tensões a 620°C;
- iii. Dureza máxima 200 HB (forming and welding);
- iv. Após o alívio térmico exame das soldas com 100% MT.

Componentes de Tubulação	Serviço fluido Categoria "M" da norma ASME B31.3 (ca= 3,2 mm)
Tubos	NPS ≤10" ASTM A106 Gr. B sem costura NPS 12" - 42" ASTM A672 Gr. 60 Cl22 com costura
Conexões	Até NPS 42" ASTM A234 Gr. WPB
Flanges	Até NPS 42" ASTM A105
Parafusos, estojos, porcas	ASTM A193 Gr. B7 / ASTM A194 Gr. 2H
Requisitos de fabricação e montagem	TTAT 100% RT tubos e conexões fabricados com costura soldada

f. Tubos de aço liga com costura devem vir de fábrica com:

v. Exame com 100%RT-Radiografia Total;

vi. Tratamento térmico de alívio das tensões residuais da soldagem;

vii. Dureza máxima 215 HB (forming and welding);

viii. Após o alívio térmico exame das soldas com 100% MT-Partículas Magnéticas.

g. Os componentes fabricados em aço fundido devem ser inspecionados, na fábrica, conforme o Apêndice 7 do ASME Sec. VIII Div. 1.

3.2.4. Fabricação

3.2.4.1. Conexões

a. Todos os flanges empregados devem ser forjados do tipo com pescoço para solda de topo, dimensões e classes de pressão conforme ASME B16.5, para diâmetros até NPS 24" e ASME B16.47 para diâmetros de NPS 26" até NPS 60": tipo A para NPS 26 a 36 e tipo B para NPS 42 a 60.

b. Os flanges de soldas de encaixe são permitidos até inclusive o diâmetro nominal de NPS1½, a partir daí usar conexões flangeadas para soldas de topo.

c. As conexões roscadas são proibidas, sendo permitidas apenas juntas soldadas ou flangeadas.

d. As juntas soldadas de topo devem ser do tipo facilmente radiografáveis, não sendo permitido o uso de mata-juntas, fixos ou removíveis, nem de insertos consumíveis.

3.2.4.2. Soldagem e Inspeção

a. As soldas circunferenciais de fabricação dos “*spools*” de tubulação devem ter Raio X

total, em todas as juntas, e as de montagem no campo devem ter radiografia total ou alternativamente exame por ultrassom.

b. Para o caso do Aço C, Aço Liga e Aço Inoxidável Austenítico o passe de raiz de soldas circunferenciais deve ser executado pelo processo TIG e examinado com 100% PT- Líquido Penetrante.

c. As soldas acabadas devem ser inspecionadas com 100% PT, mesmo as já radiografadas.

d. As soldas de encaixe e as de filete devem ser examinadas com 100% MT, para os materiais magnéticos e 100% PT, para os materiais não magnéticos.

e. Os critérios de execução e aceitação conforme Norma ASME B31.3 *Chapter VI Inspection, Examination, and Testing*.

f. As soldas por brasagem não são permitidas.

3.2.4.3. Tratamento térmico de alívio de tensões residuais de pós-soldagem

a. Os parâmetros para o tratamento térmico devem estar de acordo com o parágrafo do Capítulo VIII *Chapter VIII M331 Heat Treatment of Metals* da Norma ASME B31.3, que aplica em sua totalidade o parágrafo 331 *Heat Treatment*, com a exceção de que nenhum requisito menos rigoroso que aqueles da Tabela 331.1.1 Tratamento Térmico Pós-soldagem *Table 331.1.1 Postweld Heat Treatment* deve ser especificado.

b. Para as tubulações em aço Carbono "P-number 1" não é necessário o tratamento de alívio das tensões residuais das soldas de oficina ("*pipe shop*") e de campo, porém é necessário o controle e medição de durezas.

O critério de aceitação é função do tipo de aparelho utilizado e se ultrapassar o valor limite, o tratamento de alívio das tensões residuais pós-soldagem, deve ser executado:

- Aparelho Poldi ou Telebrineller (somente na ZF-Zona Fundida) - 200 HB max.
- Demais aparelhos (Microdur com carga de 5 Kgf ou tipo Equotip) - 248 HV-5 max.
- O tratamento para alívio térmico das tensões residuais pós-soldagem, quando necessário, deve ser conforme as regras do Capítulo *Chapter VIII Piping for Category M Fluid Service* do ASME B31.3.

c. Para as soldas de aço de baixa liga Cr-Mo deve ser executado o tratamento térmico das tensões residuais de pós-soldagem, conforme requerido pelo Capítulo VIII do ASME B31.3.

d. Para as soldas de aço de alta liga, Aço Inoxidável Austenítico, não é preciso executar alívio térmico de tensões pós-soldagem.

e. Os requisitos de fabricação e montagem da Inspeção Classe IV da norma Petrobras N 115-Fabricação e Montagem de Tubulações Metálicas devem ser incluídos na contratação de instalação e montagem.

3.2.4.4. Teste de pressão hidrostático

Antes da operação inicial, após a conclusão dos exames de inspeção não-destrutiva - ENDs aplicáveis exigidos pelo parágrafo 341 *Examination* do Capítulo VI *Chapter VI Inspection, Examination, and Testing* da Norma ASME B31.3, e depois do tratamento térmico de alívio de tensões pós-soldagem, cada sistema de tubulação deve ser testado com pressão, para garantir a estanqueidade, com um teste de vazamento hidrostático, conforme Artigo 345.1 *Required Leak Test*

Este teste de pressão deve ser executado de acordo com a norma ASME B31.3 Artigo 345.4 *Hydrostatic Leak Test*,

Se um teste de pressão for mantido por um período de tempo e o fluido de teste no sistema estiver sujeito à expansão térmica, precauções devem ser tomadas para evitar pressão excessiva.

O fluido deve ser água, a menos que haja a possibilidade de danos devido ao congelamento ou a efeitos adversos da água na tubulação ou no processo, conferir ainda as considerações do parágrafo F345.4.1 *Test Fluid* do Apêndice F *Appendix F Guidance and Precautionary Considerations*.

Nesse caso pode ser utilizado outro líquido não tóxico adequado.

Se o líquido de teste for inflamável, seu ponto de fulgor deve ser acima de 49°C (120°F), e se deve levar em consideração medidas de segurança conforme o ambiente de teste.

A pressão do teste hidrostático em cada ponto de um sistema de tubulação metálica deve ser a seguinte:

- a. Não inferior a 1,5 vezes a pressão de projeto.

b. Quando a temperatura de projeto for superior à temperatura de teste, a pressão mínima de teste, em cada ponto, deve ser calculada usando a seguinte equação:

$$P_T = 1.5 P S_T / S$$

onde

P = pressão interna manométrica de projeto

P_T = pressão manométrica mínima de teste

S = tensão admissível na temperatura de projeto do material do tubo; de acordo com a Tabela A-1 ou Tabela A-1M *Table A-1 or Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals*

S_T = tensão admissível na temperatura de teste do material do tubo; conforme a Tabela A-1 ou Tabela A-1M *Table A-1 or Table A-1M Basic Allowable Stresses in Tension for Metals*.

c. Nos casos em que o sistema de tubulação possa ser composto de mais de um material, a relação S_T/S deve ser a menor relação calculada dos materiais incluídos.

d. Todas as juntas soldadas (incluindo soldas de fixação estrutural) devem ser deixadas expostas, sem isolamento térmico, para inspeção durante o teste hidrostático.

Quando a pressão de teste da tubulação conectada a um vaso de pressão for igual à pressão de teste do vaso, a tubulação pode ser testada junto com o vaso pressão, se a pressão de teste da tubulação for menor ou maior, os testes hidrostáticos devem ser independentes.

Teste de pressão pneumático não deve ser empregado. devido envolver o risco de liberação súbita de energia armazenada no ar comprimido, em caso de falha com vazamento, que causa o rompimento com uma explosão.

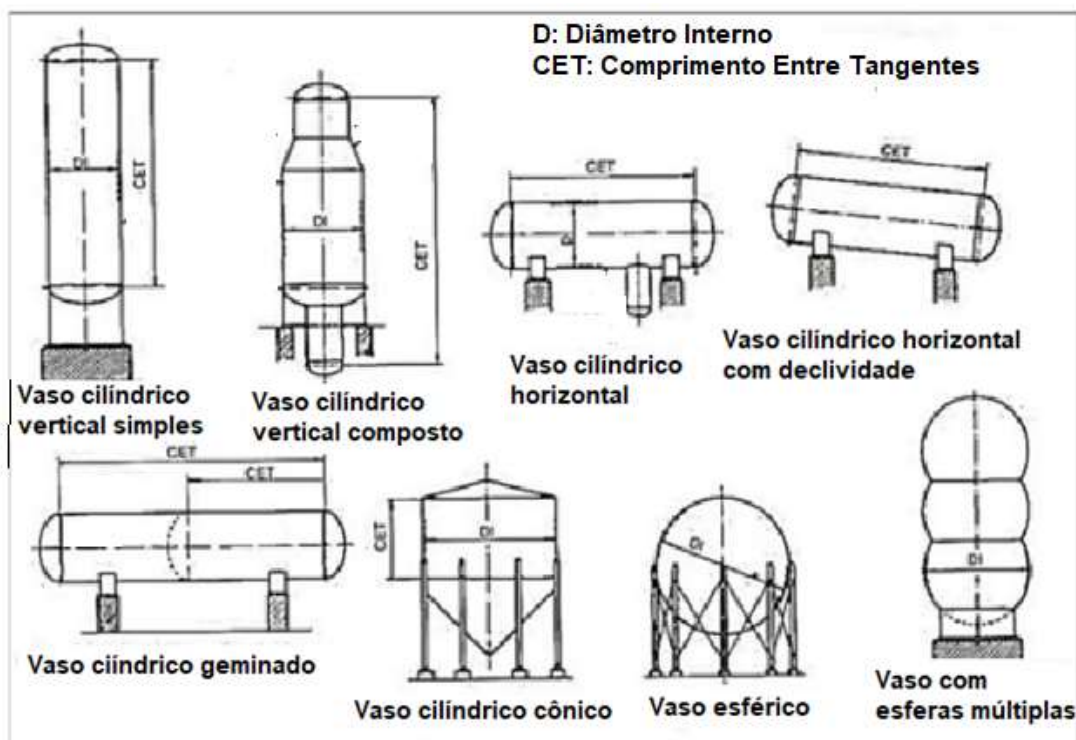
4. Referências do Código de vasos de pressão ASME VIII-1 sobre Serviço com Fluido Letal

4.1. Geral

Pela denominação Vaso de Pressão *pressure vessel* são designados, genericamente, todos os recipientes estanques, de qualquer tipo, dimensões, geometria ou finalidade, capazes de conter um fluido pressurizado, a partir de 1,0 barg (15 psig), e os que operam em pressões negativas ou vácuo.

Estão incluídos como Vasos de Pressão: vasos, propriamente ditos, verticais e horizontais; esferas e cilindros de armazenamento de gás; torres ou colunas de processamento; reatores de processo; filtros de processo; permutadores ou trocadores de calor, de feixe tubular ou de placas e resfriadores a ar *air coolers*.

As geometrias mais comuns dos vasos de pressão são as seguintes:



Formatos mais comuns de vasos de pressão (segundo Silva Telles, 2013)

Os equipamentos como vasos de pressão de um sistema industrial são classificados em Serviço Letal *Lethal Service* quando operam com um fluido em que o vazamento de uma quantidade, ainda que muito pequena, de gás ou de vapor do líquido, misturado ou não com o ar ambiente, é perigosa à vida por inalação ou contato pessoal.

Nesses sistemas, os equipamentos e vasos de pressão, que contenham esse Fluido Letal pressurizado ou que possa gerar pressão, em que o risco de exposição de pessoa(s), no caso de vazamento, é considerado significativo, devem ser projetados e construídos conforme regras específicas definidas nos parágrafos pertinentes do Código ASME Sec VIII Div 1.

Cabe ao Proprietário definir se o serviço de determinado vaso de pressão é letal, a partir das definições do Código ASME VIII-1 parágrafos *U-2 General* e *UW-2 Service Restrictions*, e ao Fabricante cumprir as disposições aplicáveis do Código.

Conforme estabelecido pelo Código ASME VIII 1, no parágrafo *UW 2 Service Restrictions*, por “substâncias letais” entendem-se gases ou líquidos venenosos de tal natureza que uma quantidade muito pequena do gás ou do vapor do líquido misturado ou não misturado com o ar é perigosa para a vida, quando inalada ou por contato corporal, armazenadas sob pressão ou capazes de gerar pressão se armazenadas em recipiente fechado.

É responsabilidade do Proprietário/Usuário e/ou de seu agente designado determinar se a substância é Fluido Letal e comunicar, oficialmente, ao Projetista e ao Fabricante do equipamento.

O equipamento deve ter placa de identificação, informando a classe do fluido e a categoria do vaso de pressão, conforme estabelecido na Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho NR-13 Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento. Em todos os documentos do projeto mecânico e de fabricação deve estar estampado com destaque o carimbo “*Serviço Letal*”.

Para os vasos de pressão pertencentes ao Serviço Letal aplicam-se as prescrições estabelecidas no parágrafo UW-2(a), para os equipamentos projetados e construídos conforme o código ASME Sec VIII Div 1.

No caso de permutador ou trocador de calor para operar com substância letal, os dois lados, casco e carretel, e o feixe tubular devem ser construídos de acordo com as regras para Serviço Letal.

Se apenas um dos lados do trocador de calor, casco ou carretel, contém uma substância letal, o outro lado não precisa ser construído de acordo com as regras para Serviço Letal, se os tubos de troca térmica do feixe tubular são sem costura.

Em permutadores de calor do tipo resfriador a ar (“*air coolers*”) os requisitos para Serviço Letal devem ser aplicados aos cabeçotes e ao feixe de tubos.

Os permutadores calor do tipo placas, utilizando juntas de vedação entre as placas, não devem ser empregados em Serviço Letal.

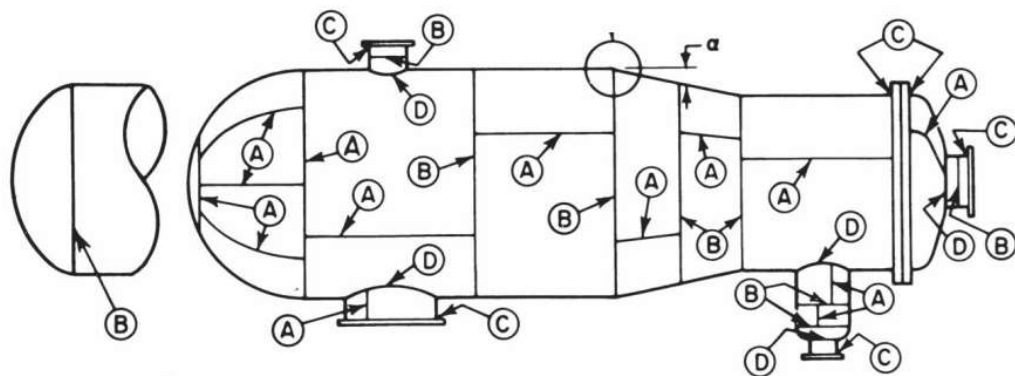
As soldas de partes pressurizadas dos vasos de pressão e trocadores de calor em Serviço Letal devem:

- a. Ser de topo, com penetração total e ter inspeção por radiografia total (100%);
- b. Ser submetidas ao tratamento de alívio térmico das tensões residuais de fabricação e pós-soldagem, exceto para aqueles fabricados em aço inoxidável austenítico.

Além das restrições e requisitos especificados no Código ASME Sec VIII Div 1 também devem ser consultadas as informações sobre Serviço Letal constantes dos volumes de *Code Cases* e *Interpretations* gerados pelo próprio Código ASME VIII 1.

4.2. Restrições para as juntas soldadas

As juntas soldadas conforme o Código ASME VIII 1 são classificadas em Categorias A, B, C e D, o termo “Categoria de Junta Soldada” define a localização de uma junta em um vaso de pressão, mas não o tipo de junta.



ASME VIII 1 Fig. UW-3 Ilustração de Locais de Juntas Soldadas Típicas das Categorias A, B, C e D

Os tipos de juntas soldadas, isto é, as geometria dos chanfros, as limitações para emprego e a eficiência de resistência mecânica, são numerados de (1) a (8), e apresentados na Tabela *Table UW-12 Maximum Allowable Joint Efficiencies for Welded Joints Type No. Joint Description Limitations Joint Category*, do Código ASME VIII 1.

A eficiência de uma junta soldada é expressa como uma porcentagem, em relação à resistência do material, e é usada para definir a resistência mecânica da junta, multiplicando-se o valor de tensão admissível do material, de acordo com a tabela aplicável do Código *ASME Section II, Part D— Materials and Properties, Subpart 1- Stress Tables, Table 1A - Maximum Allowable Stress Values for Ferrous Materials*.

Esta eficiência é indicada na Tabela *Table UW-12 Maximum Allowable Joint Efficiencies for Welded Joints* e é função do nível de inspeção radiográfica, total ou parcial, da junta soldada. Nenhuma melhoria na eficiência de junta soldada é permitida devido à execução de testes não destrutivos adicionais

Conforme o parágrafo *UW-2 Service Restrictions*, para a fabricação de vasos de pressão em Serviço Letal, as juntas soldadas pressurizadas devem ser como a seguir:

- a. Todas as juntas da Categoria A devem ser do Tipo No. (1) da Tabela *Table UW-12 Maximum Allowable Joint Efficiencies for Welded Joints Type No. Joint Description Limitations Joint Category*:
- b. Todas as juntas das Categorias B e C devem ser do Tipo No. (1) ou No. (2) da Tabela *Table UW-12 Maximum Allowable Joint Efficiencies for Welded Joints Type No. Joint Description Limitations Joint Category*:
- c. Todas as juntas da Categoria D devem ser de penetração total, estendendo-se por toda a espessura da parede do vaso ou da parede do bocal.

- As juntas nº (1), utilizadas nas Categorias A, B e C, são juntas soldadas de topo obtidas por soldagem dupla, isto é, metal de solda depositado nas superfícies interna e externa, com penetração completa e fusão total, utilizadas para as soldas longitudinais que ligam as seções do casco, e as soldas circunferenciais que ligam o casco a tampo hemisférico, devem ser sem tira de apoio de metal, mata-junta, *backing strip*.

- As juntas nº (2), utilizadas nas Categorias B e C, são juntas de topo de soldagem simples, isto é, metal de solda depositado apenas em uma das superfícies, interna ou externa, com penetração completa e fusão total, utilizadas para as soldas circunferenciais que ligam as seções do casco, o casco aos tampos abaulados, o pescoço de bocais e bocas de visita, e os flanges de pescoço aos bocais e bocas de visita.

Nota:

Embora a junta Nº (2) permita o uso de mata-junta *backing strips*, nas juntas soldadas simples, é preferível não se utilizar o mata-junta para se conseguir a penetração total, pois, muitas vezes é difícil ou impossível, remover o mata-junta.

A alternativa é executar a solda do passe de raiz com o processo de soldagem TIG, seguido de goivagem antes dos passes de enchimento da junta soldada.

- As juntas da Categoria D são juntas soldadas de penetração total, que ligam o pescoço de bocais e bocas de visita ao casco ou aos tampos.

Nota:

Um suporte de tira de apoio, chamado de mata-junta, *backing strip support* é uma tira de metal fixada por soldagem por pontos na parte traseira das chapas a serem soldadas ou dentro dos tubos a serem soldados, cobrindo o chanfro ou bisel *weld groove* da solda.

Com isso se consegue a penetração adequada do metal de solda na junta.

Entretanto, se o *backing strip* permanente for prejudicial durante o serviço, deve ser removido e a face interna da junta ser retificada.

Nos vasos de pressão com substâncias letais, líquidas ou gasosas, as soldas N° (1) e N° (2), dos materiais Aço Carbono, Aço Liga Cr-Mo e Aço Inoxidável, em contato com o fluido devem ser obrigatoriamente de penetração total, estendendo-se por toda a espessura da parede pressurizada, com exame por radiografia total, 100 % radiografadas, em todo o comprimento, de acordo com o parágrafo *UW-51 Radiographic Examination of Welded Joints* do Código ASME Sec-VIII Div 1.

As superfícies das soldas devem estar livre de ondulações, ranhuras, sobreposições, cristas e vales para permitir a interpretação adequada de exames radiográficos e outros exames não destrutivos necessários.

As juntas soldadas da Categoria D, de pescoço de bocais e bocas de visita com casco ou tampos, devem ser inspecionadas com 100% UT- *Ultrasonic Examination*, como alternativa ao exame radiográfico, *Appendix 12 Ultrasonic Examination of Welds (UT)*.

Não são permitidas as juntas soldadas em ângulo, mesmo com penetração total, e as soldas por brasagem, para vasos de pressão em Serviço Letal.

As construções da Figura *Figure UW-13.2 Attachment of Pressure Parts to Flat Plates to Form a Corner Joint* não são permitidas para flanges e acessórios de casco e tampos, somente juntas de topo, como as da Figura *Figure UW-13.3 Typical Pressure Parts With Butt-Welded Hubs* que possam ser radiografadas são autorizadas.

Para os bocais apenas as Figuras *Figure 2-4 Types of Flanges Fig. 2-4(1) e Fig. 2-4(5) e (6)*, com penetração total e 100% radiografáveis, são aceitáveis. Soldas de bocais com penetração parcial são proibidas.

Quando fabricados em aço Carbono ou aço de baixa liga Cr-Mo, vasos de pressão em Serviço Letal devem ser tratados termicamente pós-soldagem de acordo com a Tabela *Table UCS-56-1 to 11 Postweld Heat Treatment Requirements for Carbon and Low Alloy Steels*.

Quando o teor de Carbono do material exceder 0,35%, na análise química de panela *ladle analysis*, o vaso ou componente deve ser fabricado sem qualquer tipo de soldagem.

4.3. Restrições para as conexões ou bocais e bocas de visita

Todos os bocais dos vasos de pressão devem ser do tipo extremidade com flange de pescoço para solda de topo, para diâmetro nominal acima de NPS 1½, e flange para solda de encaixe para diâmetro até NPS 1½, sendo o diâmetro mínimo para os bocais NPS1. Não são permitidos bocais com flanges sobreposto *slip on flanges* e flanges rosqueados.

Todos os flanges empregados devem ser forjados, dimensões e classes de pressão conforme Norma ASME B16.5, para diâmetros até NPS24, e ASME B16.47 para diâmetros de NPS26 até NPS60: tipo A para NPS26 a NPS36 e tipo B para NPS42 a NPS60.

Todos os bocais não ligados a tubulações devem ser fechados com flange cego, da mesma classe de pressão. Caso haja uma válvula no bocal, não conectado à tubulação, ela também deve ser tamponada com flange cego da mesma classe de pressão.

As juntas de vedação das ligações flangeadas devem ser conforme as normas Petrobras N-253 e N-466, para os vasos de pressão e os permutadores de calor, respectivamente.

Utilizar válvula de alívio e segurança do tipo balanceada por fole em serviços com Fluido Letal e as descargas dessas válvulas devem ser coletadas e interligadas para queima no sistema de Tocha de Segurança da instalação.

Todos os drenos e respiros dos equipamentos devem ser flangeados, valvulados e tamponados com flange cego da mesma classe de pressão.

Todas as conexões, nos pescoços dos bocais de permutadores de calor, devem ser do tipo flangeadas e fechadas com flange cego, da mesma classe de pressão, ou do tipo luva para solda de encaixe fechadas com niple e tampão.

Para os flanges principais, no corpo de vaso de pressão, e de cabeçote ou carretel de permutadores de calor, as juntas de vedação, em contato com o fluido letal, devem ser dos tipos encamisada com metal, anel metálico sólido e espiralada, conforme a Norma TEMA- Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association parágrafos *R-6.2 Gasket Materials* e *R-6.5 Gasket Joint Details*.

As juntas devem ser de configuração confinada, isto é, com um elemento de retenção de metal sólido no flange, que evite um caminho de vazamento radial direto para o meio ambiente, no caso de extrusão ou ruptura da junta.

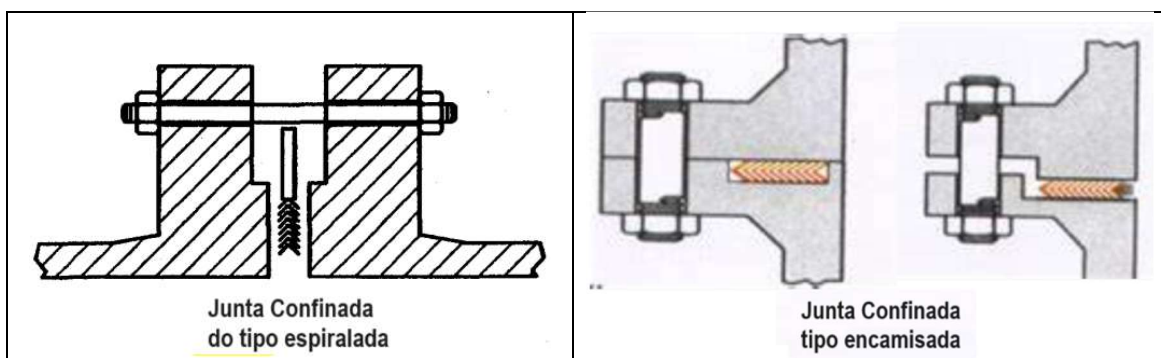


Ilustração de configurações de junta de vedação confinada entre flanges

Todas as ligações flangeadas dos equipamentos, incluindo os flanges principais de permutadores de calor, devem ser montadas com aperto controlado, respeitando os valores de torque indicados nos projetos. O procedimento do aperto de montagem deve ser conforme a Norma *ASME PCC-1 Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly*.

Não são admitidos furos sentinelas (*"telltale holes"*) em parede, partes e componentes pressurizados.

Os resíduos de drenagem e respiro de equipamentos e tubulações devem ser coletadas para descarte em condições seguras.

4.4. Restrições para os materiais de construção

Só são aceitáveis materiais conforme especificação do Código *ASME Sec. II Materials - Part A: Ferrous Material Specifications*

Como alternativa, a ser aprovada em cada caso pelo Proprietário, são aceitos materiais equivalentes aos do ASME Sec. II, desde que padronizados em normas internacionais de reconhecimento internacional.

As especificações aprovadas ao projeto de vasos de pressão soldados, suas partes e componentes, para uso de materiais de aço Carbono e de baixa liga Cr-Mo, são fornecidas na Tabela *Table UCS-23 Carbon and Low Alloy Steel*.

Para uso de materiais de aços alta liga *high alloy steel*, como os aços inoxidáveis aplicam-se as especificações constantes da Tabela *Table UHA-23 High Alloy Steel*.

Os valores de tensão admissíveis para os diferentes materiais e temperaturas são fornecidos no Código *ASME Section II, Part D - Materials and Properties, Subpart 1- Stress Tables, Table 1A- Maximum Allowable Stress Values for Ferrous Materials*.

Não são permitidos vasos de pressão, partes e/ou componentes em ferro fundido e ferro fundido dúctil.

Os componentes fabricados em aço fundido devem ser inspecionados, na fábrica, conforme o Apêndice *Appendix 7 Examination of Steel Castings*, do ASME Sec VIII Div 1.

Tubos com solda por resistência elétrica ERW-*Electric Resistance Weld* (como a especificação ASTM A-53) não podem ser usados como casco ou bocal em aplicações de serviço letal.

Quando for empregado chapa com revestimento metálico, tipos “*clad*” ou “*weld overlay*” com depósito de solda, o material base deve atender a todos os requisitos desta especificação. Só são aceitáveis materiais revestidos conforme as especificações SA-263, SA-264 e SA265 do ASME Sec II. O revestimento tipo “*lining*” de tiras de chapa metálica não é permitido.

Todos os acessórios soldados à parede de pressão, incluindo os suportes de internos, suportes de sustentação do equipamento, “clips” de escadas e plataformas, suportes de tubulações, reforços de bocais, reforços para operação com pressão externa ou vácuo, olhais de içamento devem ser, preferencialmente, do mesmo material do corpo do equipamento, aceitando-se, como mínimo, material homogêneo do mesmo “*P-number*” do material base.

Nota:

Dependendo das características do material, como composição, soldabilidade, condições para tratamento térmico e propriedades mecânicas, o Código ASME atribuiu ao material um número denominado *P-Number*.

O Código atribui o mesmo número *P-Number* aos materiais com características semelhantes, que estão listados na Tabela Table QW/QB-422 Ferrous and Nonferrous P-Numbers Grouping of Base Metals for Qualification do Código ASME Sec IX Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators.

O número *P-number* é utilizado para identificar materiais equivalentes e procedimentos qualificados de execução de soldagem, assim se for necessário utilizar um outro material, se este tem o mesmo *P-Number*, é possível utilizar o mesmo procedimento de soldagem.

Os tubos de troca térmica, para permutadores de calor e serpentinas, devem ser sem costura. Alternativamente, são aceitáveis tubos com costura, recozidos, inspecionados 100% por Ensaio Não Destrutivo por Correntes Parasitas “*eddy current*”.

Os tubos de aço inoxidável austenítico com costura devem ser testados quanto à suscetibilidade à corrosão, por imersão em meio ácido, conforme Norma ASTM A-262 *Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels*.

Os tubos para pescoço de bocais, bocas de visita e distribuidores internos dos vasos de pressão devem ser sem costura até o diâmetro nominal de NPS12. Para diâmetros superiores aceitam-se tubos com costura, de soldas de topo com penetração total, sem mata-juntas e totalmente radiografados.

4.5. Restrições para fabricação e montagem

4.5.1. Soldagem

Os procedimentos para qualificação de procedimento de soldagem, de soldadores e de inspetores de solda devem ser qualificados conforme Código *ASME Section IX: Welding, Brazing, and Fusing Qualifications*.

Os consumíveis e os processos de soldagem devem ser de baixo Hidrogênio e qualificados, conforme ASME Sec IX.

Os testes de qualificação, de procedimento e de pessoal, devem ser realizados com materiais, equipamentos e condições idênticos ao previstos para a fabricação do vaso de pressão, não sendo permitida a extrapolação de resultados.

As ligações dos tubos de troca térmica espelho de permutadores de calor devem ser com solda de resistência ou por mandrilagem com solda de selagem, e devem ser estanques, quando submetidos ao teste de vazamento “*leak test*”, conforme Código *ASME Section V Nondestructive Examination Article 10 Leak Testing*.

4.5.2. Tratamento térmico pós-soldagem

Durante a fabricação, as partes com conformação devem ter inspeção 100% UT-Ultrassom, em toda a região conformada. Quando a elongação das fibras exceder a 5% deve haver tratamento térmico de alívio de tensões residuais, conforme Código ASME VIII-1 *UCS-79 Forming Pressure Parts*. Os critérios de execução e aceitação conforme o ASME Sec VIII Div 1. As operações de conformação aqui consideradas são as de calandragem, prensagem, rebordeamento e mandrilagem.

Os equipamentos fabricados com aço Carbono, aço baixa liga Cr-Mo e aço inoxidável não austenítico devem ser submetidos ao tratamento térmico pós-soldagem para alívio das tensões residuais, oriundas da fabricação.

As condições desse tratamento ou alívio térmico *stress relief* devem ser conforme as prescritas no Código ASME Sec VIII Div 1 parágrafo *UCS-56 Requirements for Postweld Heat Treatment*, não sendo autorizado o uso da alternativa da redução da temperatura de tratamento, compensado pelo conseqüente aumento do tempo de tratamento.

Para os equipamentos em aço Carbono, o alívio térmico deve ser à temperatura de 620°C, durante o tempo de 1 hora por polegada de espessura, com o mínimo de 1 hora, mantidas as demais condições do código ASME.

4.5.3. Teste de pressão após a fabricação

Os vasos de pressão, após a conclusão da fabricação, incluindo o tratamento térmico, e ainda na fábrica, devem ser testados satisfatoriamente no teste hidrostático padrão, conforme parágrafo *UG-99 Standard Hydrostatic Test* do Código ASME VIII 1, para conferir a integridade estrutural do equipamento.

O fluido de teste deve ser água a uma pressão interna, que em cada ponto do vaso seja pelo menos igual a 1,3 vezes a PMTA-Pressão de Máxima de Trabalho Admissível *MAWP-Maximum Allowable Working Pressure*, multiplicada pela menor razão entre o valor de tensão admissível em sua temperatura de teste e o valor de tensão admissível em sua temperatura de projeto.

$$P_t = 1,3 \text{ PMTA } S_t/S$$

P_t = pressão de teste hidrostático

PMTA = Pressão de Máxima de Trabalho Admissível

S_t = tensão admissível em sua temperatura de teste conforme Código *ASME Section II Materials Part D Properties Table 1A Maximum Allowable Stress Values S For Ferrous Materials*

S = tensão admissível em sua temperatura de projeto conforme Código *ASME Section II Materials Part D Properties Table 1A Maximum Allowable Stress Values S For Ferrous Materials*

Nota:

Conforme o Apêndice *Appendix 3 Definition*, a PMAT-Pressão Máxima de Trabalho Admissível *MAWP-Maximum Allowable Working Pressure* é a pressão manométrica máxima permitida no topo de um vaso fabricado, colocado em sua posição normal de operação, na temperatura coincidente designada para aquela pressão.

Esta pressão é o menor dos valores de pressão interna ou externa a ser determinado pelas regras do ASME VIII-Div 1 para qualquer uma das partes do vaso de pressão, incluindo a carga estática ali existente, usando espessuras nominais, excluindo tolerâncias para corrosão e considerando os efeitos de qualquer combinação de cargas prováveis de ocorrer, na temperatura de projeto coincidente.

É também a base para o ajuste da pressão dos dispositivos de alívio de pressão que protegem o vaso de pressão, contra sobrepessão operacional.

A pressão de projeto pode ser utilizada em todos os casos em que não sejam feitos cálculos para determinar o valor da pressão máxima de trabalho admissível, se acordado previamente com o Proprietário/Usuário do vaso de pressão.

A pressão do teste hidrostático deve ser medida no topo do vaso de pressão.

A inspeção visual de vazamento durante o teste hidrostático não pode ser dispensada.

Após a aplicação da pressão do teste hidrostático, deve ser feita uma inspeção visual de todas as juntas e conexões, para verificar possível vazamento. Esta inspeção deve ser feita a uma pressão interna não inferior à pressão de teste dividida por 1,3.

Vazamentos não são permitidos durante a inspeção visual, exceto vazamentos que possam ocorrer em fechamentos temporários de aberturas de bocais e/ou bocas de visita, e não podem mascarar vazamentos de outras juntas.

Teste de pressão pneumático é proibido em vasos de pressão para Serviço Letal

Os vasos de pressão, em Serviço Letal, não podem ser pintados ou revestidos interna ou externamente antes do teste de pressão, pois, tal pintura/revestimento pode mascarar vazamentos durante o teste de pressão.

4.5.4. Inspeção de fabricação

4.5.4.1. Vasos de pressão fabricados de Aço Carbono e Aço Baixa Liga Cr-Mo

Todas as soldas de topo devem ser totalmente (100% RT) radiografadas antes do tratamento térmico de alívio das tensões.

As soldas principais e de bocais, externamente, após a execução do teste de pressão hidrostático, devem ser examinadas com 100% MT- Partículas Magnéticas, para detectar possíveis falhas resultantes do Teste de Pressão.

Os critérios e procedimentos de execução e aceitação devem ser conforme Código ASME Sec VIII Div 1.

As soldas em paredes de pressão, de bocais e outras soldas não radiografáveis, devem ser inspecionadas com os seguintes métodos, de acordo com os critérios e procedimentos do ASME Sec VIII Div 1, para execução e aceitação.:

- a. Antes do tratamento térmico de alívio das tensões, 100% UT- Ultrassom;
- b. Após o teste hidrostático 100% MT.

4.5.4.2. Vasos de pressão fabricados de Aço Inoxidável Austenítico

Para os vasos fabricados com Aço Inoxidável Austenítico, em que o tratamento térmico não é exigível, inspecionar com exame 100% PT- Líquido Penetrante a solda do passe de raiz.

Após a execução de toda a solda, inspecionar com exame 100% RT- Radiografia e 100% PT a solda pronta, empregando-se os critérios e procedimentos do ASME Sec. VIII Div. 1, para execução e aceitação.

Em seguida ao teste hidrostático, executar 100% PT em todas as soldas radiografadas e não radiografadas, empregando-se os critérios e procedimentos do ASME Sec VIII Div 1, para execução e aceitação.

ANEXOS

1. Categorias de Juntas Soldadas conforme ASME VIII 1 parágrafo UW-3 *Welded Joint Category*

O termo “Categoria de Junta Soldada”, define a localização de uma junta em um vaso de pressão, mas não o tipo de junta.

Elas são para uso na especificação de requisitos especiais, baseados no serviço, material e espessura, como o grau de inspeção para certas juntas soldadas sob pressão.

Os tipos de juntas soldadas, isto é, a geometria do chanfro, as limitações para emprego e a eficiência de resistência mecânica, são numerados de (1) a (8) e apresentados na Tabela *Table UW-12 Maximum Allowable Joint Efficiencies for Welded Joints Type No. Joint Description Limitations Joint Category*, do Código ASME VIII 1.

As juntas incluídas em cada categoria são designadas como juntas das Categorias A, B, C e D e a Figura *Figure UW-3 Illustration of Welded Joint Locations Typical of Categories A, B, C, and D* ilustra as localizações típicas de juntas de cada categoria.

Outras juntas soldadas não definidas pelas designações de categoria incluem, mas não estão limitadas, são juntas de canto, soldas de fechamento da camisa ao casco e soldas de ângulo.

Categorias de Junta Soldada UW-3 *Welded Joint Category*

Categoria A

Juntas soldadas longitudinais, localizadas em cascos cilíndricos; transições de diâmetros; bocais; em esferas; em tampos abaulados ou planos.

Juntas soldadas circunferenciais, conectando tampo hemisférico a casco cilíndrico.

Categoria B

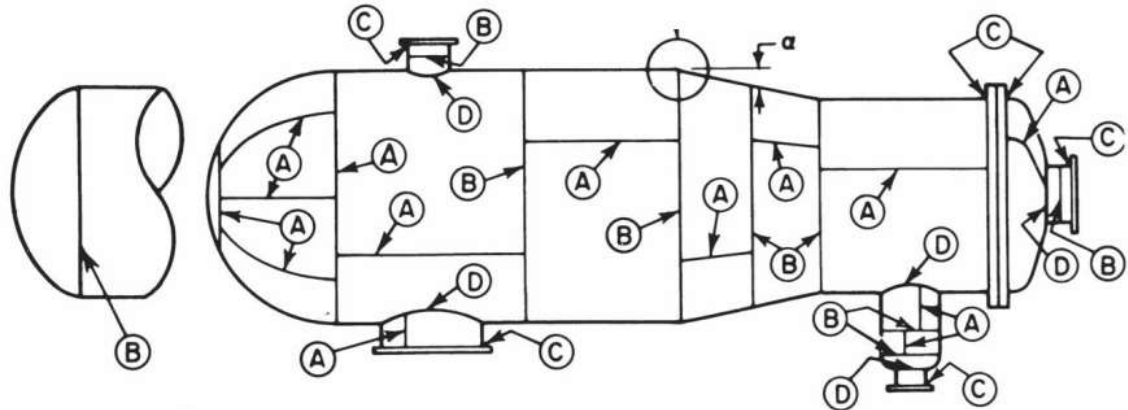
Juntas soldadas circunferenciais, localizadas em: cascos cilíndricos; transições de diâmetros; bocais; conectando tampo abaulado que não seja hemisférico ao casco cilíndrico.

Categoria C

Juntas soldadas circunferenciais conectando flanges ao pescoço de bocais, flanges principais ao casco cilíndrico ou a tampo abaulado.

Categoria D

Juntas soldadas que ligam pescoços de bocais ao casco cilíndrico, a esferas, a transições de diâmetro e a tampos.



ASME VIII 1 Fig. UW-3 Ilustração de Locais de Juntas Soldadas Típicas das Categorias A, B, C e D

2. Seções pertinentes ao Serviço Letal do Código ASME VIII-div 1

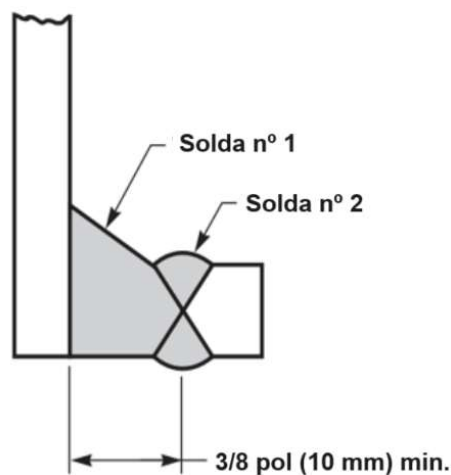
Quando for determinado que um vaso de pressão está em Serviço Letal, as seguintes seções de Código ASME Sec VIII 1, em que este serviço é mencionado, devem ser aplicadas.

- **U-2(a)(2)** – O usuário é quem determina se o serviço é letal.
O usuário ou seu agente designado deve estabelecer os requisitos de projeto para vasos de pressão, levando em consideração fatores associados à operação normal, outras condições como partida e parada, e condições anormais de operação que devem ser consideradas no projeto. Essa consideração inclui, mas não se limita, à definição de serviços letais, conforme UW-2(a).
- **UG-16(b)(5)**
A espessura mínima de 3/32 pol. (2,5 mm), excluindo qualquer tolerância à corrosão, se aplica aos tubos de resfriadores a ar *air coolers* e de torres de resfriamento, quando a aplicação envolve Serviço Letal.
- **UG-24(6)** – Requisitos de peças fundidas
Os seguintes requisitos adicionais se aplicam quando peças fundidas forem usadas em vasos de pressão para conter substâncias letais.
(a) São proibidas peças fundidas de ferro fundido e ferro fundido dúctil, somente aço fundido é permitido.
(b) Cada peça fundida de material de aço deve ser examinada de acordo com o Apêndice 7. O fator de qualidade para serviço letal não deve exceder 100%.
(c) Cada peça fundida de material não ferroso deve ser radiografada em todas as seções críticas, onde geralmente são encontradas imperfeições, sem revelar quaisquer defeitos. O fator de qualidade para peças fundidas não ferrosas para serviço letal não deve exceder 90%.
- **UG-25(e)**
Não são permitidos os furos sentinelas
Os furos sentinelas não devem ser usados em vasos de pressão que contenham substâncias letais, exceto conforme permitido em vasos fabricados por construção *multilayers*.
- **UG-99(g),(k)**
- **UG-100(e)(3)**
A inspeção visual de vazamento no teste hidráulico ou hidroteste é obrigatória em vaso de pressão que contém uma substância letal.
Após a aplicação da pressão do teste hidrostático, deve ser feita uma inspeção de todas as juntas e conexões. Esta inspeção deve ser feita a uma pressão não inferior à pressão de teste dividida por 1,3.
Vazamentos não são permitidos no momento da inspeção visual exigida.

Vazamentos de vedações temporárias devem ser direcionados para evitar mascarar vazamentos de outras juntas.

Os vasos de pressão em Serviço Letal não podem ser pintados ou revestidos interna ou externamente antes do teste de pressão, pois, pode mascarar vazamentos que de outra forma teriam sido detectados durante o teste de pressão

- **UG-100(d)(4)**
Teste de pressão pneumático não pode ser usado para vaso de pressão em Serviço Letal.
- **UG-116(c)**
Quando um vaso de pressão for destinada para Serviço Letal a letra L deve ser acrescentada à placa de identificação.
- **UG-120(d)(1)**
A informação "Serviço Letal" deve ser adicionada ao Data Book do vaso de pressão. O serviço especial Serviço Letal, em que são aplicáveis requisitos especiais, é classificado no parágrafo UW-2(a), que proíbe certos tipos de construção ou materiais de construção.
- **UW-2**
É a principal fonte de informações sobre restrições para projeto e construção de Vasos de Pressão em Serviço Letal.
- **UW-11(a)(1)**
As juntas soldadas, no casco e nos tampos dos Vasos de Pressão usados para conter substâncias letais, devem ser de topo e examinadas com radiografia total, em todo o seu comprimento, da maneira prescrita em UW-51.
- **Fig UW-13.5** Construção de bocal com junta sobreposta de topo *lap joint stub end* para Serviço Letal



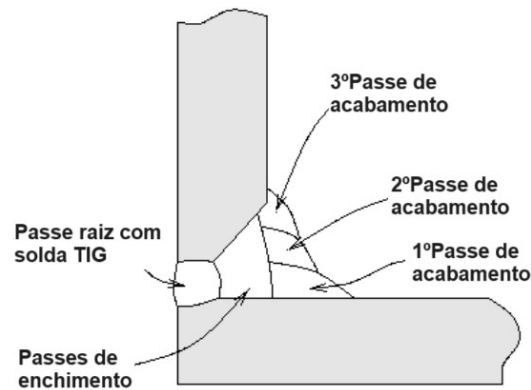
Configuração especial da junta sobreposta para Serviço Letal
Fig UW-13.5 Fabricated Lap Joint Stub Ends for Lethal Service

A junta sobreposta de topo deve ser fabricada da seguinte forma:

- (a) A solda é feita em duas etapas, conforme mostrado na Fig. UW-13.5.
- (b) Antes de fazer a solda nº 2, a solda nº 1 é examinada por radiografia completa de acordo com UW-51, independentemente do tamanho. Em seguida, o pescoço e a solda depositada sobre o pescoço são examinados por ultrassom de acordo com o Apêndice 12.
- (c) A solda nº 2 é examinada por radiografia completa de acordo com UW-51.

Essa construção pode ser substituída pelas Figuras Figure 2-4 (1), 2-4 (5) e (6) e Figure UW-13.3

Outra possibilidade de construção soldada de bocal é a seguinte, com exame de 100%UT:



- **UB-3**
O processo de solda por brasagem *brazed weld* não deve ser utilizado na fabricação e manutenção de vaso de pressão nos serviços especiais:
(a) Serviço letal conforme definido em [UW-2(a)];
(b) Serviço com geração de vapor sem combustão [ver UW-2(c)];
(c) Serviço com queima de combustível [ver UW-2(d)].
- **UCS-6**
Chapas de aço em conformidade com as especificações SA-36, SA/CSA-G40.21 38W e SA-283 Graus A, B, C e D não podem ser usadas para vasos de pressão em Serviço Letal.
- **UCS-79**
As seções do casco, tampos e outros componentes de vasos de pressão em Serviço Letal, fabricados por conformação a frio de chapas de aço Carbono e de aço liga, devem ter tratamento térmico, após a fabricação, quando o alongamento de fibra resultante for superior a 5%, em relação à condição como laminado.
- **UCI-2, UCD-2**
Vasos de pressão fabricados de ferro fundido e ferro fundido dúctil não são permitidos, para Serviço Letal.
- **UIG-2(c)**
Os vasos de pressão metálicos, com grafite impregnado, em Serviço Letal, devem ter as seguintes limitações:
(1) pressão externa máxima de projeto: 350 psi (2,4 MPa);
(2) pressão máxima interna de projeto: 350 psi (2,4 MPa);
(3) temperatura mínima de projeto: -100°F (-73°C);
(4) temperatura máxima de projeto: 400°F (204°C)
- **UIG-23(b)**
Valores máximos admissíveis de tensão para vasos de pressão impregnado de grafite:
(a) O fator de segurança de projeto a ser usado para vasos de pressão de grafite impregnado não deve ser inferior a 6,0 para peças sujeitas a tensões de tração.
(b) Os valores máximos permitidos de tensão de tração e compressão, a serem usados no projeto, devem ser o valor médio na temperatura de projeto, indicada no Relatório de Teste de Material Certificado (CMTR. *Certified Material Test Report*) e no Formulário de Qualificação de Material Certificado (CMQ-*Certified Material Qualification Form*), menos 20%, dividido pelo fator de segurança de projeto de 6,0 (7,0 para serviço letal; conforme UIG-60)
- **UIG-60**
Os vasos de pressão impregnados de grafite e seus componentes, a serem usados para Serviço Letal, devem atender aos seguintes requisitos adicionais:

- (a) O fator de segurança de projeto para o estabelecimento das tensões admissíveis deve ser 7,0.
- (b) Além dos requisitos de teste da Tabela UIG-84-1, todos os materiais dos componentes impregnados de grafite, para serviço letal, excluindo tubos, devem ser testados de acordo com os requisitos UIG-84 em temperatura ambiente para determinar as propriedades mecânicas.
- (c) Todos os cantos internos dos componentes de pressão devem ter um raio mínimo de 1/2 pol. (13 mm).
- (d) As seções de grafite expostas devem ser protegidas com uma cobertura metálica, fabricada de acordo com as regras desta Divisão, mas está isenta de requisitos de ENDS-Exames Não Destrutivos e testes de pressão.
- (e) A pressão do teste hidrostático não deve ser inferior a 1,75 MAWP.
- (f) Os proprietários/usuários devem monitorar a permeabilidade dos equipamentos impregnados de grafite em serviço letal

- **UIG-99**

Os vasos de pressão impregnados de grafite após fabricados devem ser submetidos a um teste hidrostático de acordo com os requisitos da UG-99, exceto que a pressão de teste não deverá ser inferior a 1,5 vezes a pressão de projeto (1,75 para vasos de Serviço Letal).

- **ULW-1 & ULW-26(b)(4)**

As restrições aos vasos de pressão em Serviço Letal, fabricados em camadas *layered vessels*, aplicam-se apenas ao casco interno e aos tampos.

As regras da Parte ULW são aplicáveis a vasos de pressão e/ou componentes fabricados por construção em camadas *layers*, conforme definido em 3-2 e ULW-2.

Estas regras devem ser usadas em conjunto com os requisitos das Subseções:

- a. Subsection A General Requirements,
- b. Subsection B Requirements Pertaining to Methods of Fabrication of Pressure Vessels;
- c. Subsection C Requirements Pertaining to Classes of Materials.

Os vasos de pressão em camadas *layered vessels* ou seções de vasos em camadas, para Serviço Letal, devem ser tratados termicamente pós-soldagem, para as juntas soldadas que conectam uma seção em camadas a outra seção em camadas, ou uma seção em camadas a uma parede sólida.

- **UHX-19.1(b)**

As marcações de identificação do lado do casco e do lado dos tubos, de um trocador de calor em Serviço Letal, devem ser iniciadas com L-S para o lado do casco e L-T para o lado dos tubos, por ex. L-T para lado dos tubos em serviço letal

- **Appendix 2-5(d) & 2-6**

Para vasos de pressão em Serviço Letal, o espaçamento máximo dos parafusos/ estojos não deve exceder o valor calculado de acordo com a equação.

$$B_{smax} = 2a + \frac{6t}{m + 0.5}$$

Para vasos de pressão em Serviço Letal, a correção do espaçamento dos parafusos deve ser aplicada ao cálculo da tensão do flange em 2-7, 2-13(c) e 2-13(d).

Quando o espaçamento dos parafusos exceder $2a + t$, multiplique M_o pelo fator de correção do espaçamento dos parafusos B_{SC} para calcular a tensão do flange

$$B_{SC} = \sqrt{\frac{B_s}{2a + t}}$$

O momento do flange M_o sem correção para espaçamento dos parafusos é usado para o cálculo do índice de rigidez conforme em 2-14.

- Appendix 2-14(a)**
Os flanges projetados apenas com base nos limites de tensão admissíveis podem não ser suficientemente rígidos para controlar vazamentos, é necessário verificar a rigidez do flange..
Este parágrafo fornece um método para verificar a rigidez do flange, que deve ser utilizado para vasos de pressão em Serviço Letal.
Os fatores para o cálculo de rigidez de flange fornecidos na Tabela 2-14 foram comprovados para uma ampla variedade de projetos de juntas e condições de serviço. Para garantia da estanqueidade da ligação flangeada, além do dimensionamento com base na tensão admissível e na rigidez, devem ser considerados, como parte do sistema de projeto do flange, os requisitos de montagem: força e sequência de aperto dos parafusos/estojos.
- Appendix 7-1, 7-5**
Este Apêndice cobre os requisitos de exame que devem ser observados para todas as peças fundidas de aços Carbono, de baixa liga ou de alta liga, de vasos de pressão em Serviço Letal, às quais um fator de qualidade de 100% deve ser aplicado.
Para a certificação de peças fundidas de vasos de pressão em Serviço Letal, cada peça fundida deve ser marcada com o nome do fabricante, a identificação do material da peça fundida, incluindo o fator de qualidade da peça fundida aplicável e a natureza, localização e extensão de quaisquer reparos.
O fabricante deve fornecer relatórios testes de propriedades químicas e mecânicas e certificação de cada peça fundida em conformidade com todos os requisitos aplicáveis deste Apêndice.
- Appendix 9-8**
Este Apêndice cobre a fabricação por soldagem de vasos encamisados.
Quando apenas o vaso interno estiver sujeito ao Serviço Letal, as restrições do parágrafo UW-2 devem ser aplicados apenas às soldas do vaso interno e às soldas que prendem a jaqueta ou camisa ao vaso interno, no entanto, as soldas que prendem a camisa ao vaso interno não precisam ser radiografadas e podem ser soldas de filete.
O tratamento térmico pós-soldagem deve ser conforme exigido pela Tabela UCS-56.
- Appendix 17-2(a)**
As regras deste apêndice abrangem requisitos mínimos para o projeto, fabricação e inspeção de vasos de pressão e de componentes como, jaquetas ou camisas de vasos, de forma ondulada ou em relevo, obtidas usando pressão hidráulica ou pneumática após a soldagem.
Essa construção não deve ser usada para a contenção de substâncias definidas como letais pelo UW-2(a).
- Appendix 35-3(c) & 35-7(d) - Rules for Mass-Production of Pressure Vessels**
A produção em massa *mass-production* é a fabricação de grandes quantidades de produtos padronizados similares, utilizando linhas de montagem ou tecnologia de automação, facilitando a produção eficiente de grande quantidade de produtos.
Para a produção em massa de vasos de pressão em Serviço Letal devem se aplicadas as regras do parágrafo UG-90(c)(1), isto é, o Inspetor deve fazer todas as inspeções especificamente exigidas, além de outras inspeções que ele considere necessárias para lhe permitir certificar que todos os vasos, que ele autoriza a serem carimbados com a Marca de Certificação, foram projetados e construídos de acordo com os requisitos desta Divisão.
- Appendix W Table W-3 Guide for Preparing Manufacturer's Data Reports**
Para vasos de pressão em Serviço Letal se deve preencher os respectivos formulários "U forms", indicados na Tabela *Table W-3 Instrutivos for the Preparativo of Manufacturer's Data Reports*
- Appendix KK (note 12)**

Para vasos de pressão em Serviço Letal, o Usuário ou seu agente designado deve determinar o grau de exame(s) não destrutivo(s) e a seleção de padrões de aceitação aplicáveis, quando tais exames aplicados estão além dos requisitos desta Divisão, em formulários denominados Requisitos de Projeto do Usuário *User Design Requirements forms*.

Exemplos desses formulários e orientações sobre sua preparação são encontrados no Apêndice *Appendix KK Guide for Preparing User's Design Requirements*. Guia para preparar os Requisitos de Projeto do Usuário.

- **Appendix NN** Apêndice *Appendix NN Guidance to the Responsibilities of the User and Designated Agent*

Nas Tabelas NN-6-1 a NN-6-11 estão resumidas as responsabilidades atribuídas, pelo Código e parágrafos aplicáveis, a cada um dos envolvidos no projeto do vaso de pressão.

De acordo com a Tabela *Table NN-6-5 – Responsibilities of the User or his Designated Agent*, o Usuário ou seu agente designado deve determinar se o conteúdo é letal.

-X-