Classificação de Serviços de Sistemas de Tubulações em função do fluido de processo e condições de operação

Colaboração de Hermano Cezar Medaber Jambo Consultor da Petrobras

1. Introdução

Para se estabelecer os parâmetros e diretrizes de acompanhamento e inspeção dos serviços de montagem industrial, durante a instalação e após a entrada em operação, de sistemas de tubulações, é imperativo classificar-se as tubulações em função dos riscos em potencial de falhas ou perdas de contenção ou vazamentos, devido aos fluidos de processo que contêm, com foco nos sistemas mais críticos

Por isso, os sistemas de tubulações das instalações industriais de óleo&gás, de refinarias de petróleo, petroquímicas, termoelétricas, incluindo também as indústrias alimentícias, fármaco-químicas e de alta pureza, são classificados em tipos de Serviço ou Classes, conforme o fluido de processo, condições de operação, tipo de ataque corrosivo, toxidez, inflamabilidade e risco de explosividade, em caso de vazamento**.**

Neste trabalho são apresentados os parâmetros da classificação de tubulações e sistemas de tubulações das seguintes normas:

a. Para as etapas de projeto e construção, estes sistemas são classificados conforme as Normas ou Códigos:

ASME B31.3 *Process Piping*
ASME B31.1 *Power Piping Code*
que estabelecem as diretrizes para seleção dos materiais de construção; projeto mecânico em função da pressão e temperatura; flexibilidade para absorção das dilatações térmicas quando em operação; inspeção e testes de integridade e estanqueidade.

b. Quando estes sistemas já estão construídos e entram em operação, eles são reclassificados para a gestão das fases de inspeção e manutenção, em serviço, conforme as normas, a seguir, que orientam quanto aos mecanismos de deterioração e danos esperados, regulam as inspeções a realizar, os intervalos, a manutenção e os reparos, quando necessários.:

API Std 570 *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*.
NR 13 Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento

São abordados apenas os sistemas de tubulação pertencentes às instalações de óleo&gás, refinarias e petroquímicas, classificados quanto ao tipo de serviço que executam e à aplicação dos requisitos rqueridos pelas Normas:

- ASME B31.3 *Process Piping*;
- ASME B31.1 *Power Piping Code*;
- API Std 570 *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*;
- Norma regulamentadora NR 13 Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento;

Também são apresentados os anexos:

- Padrões para projeto e construção de sistemas de tubulações, normalizados pelo Código ASME- *American Society of Mechanical Engineers.*
- Serviços especiais de tubulações em função do tipo de deterioração das condições de operação.
    - Principais serviços de vasos de pressão e tubulações, em refinarias de petróleo e petroquímicas, função do tipo de deterioração;
    - Principais serviços de vasos de pressão e tubulações, em refinarias de petróleo e petroquímicas, função das condições de operação;
    - Serviços com a característica de corrosão externa de tubulações;
    - Serviços com a característica de corrosão interna de tubulações
- Identificação por cores de tubulações em serviços perigosos conforme Norma ASME A13.1 - *Scheme for the Identification of Piping Systems*

- Lista dos poluentes tóxicos do ar conforme EPA – *United States Environment Protection Agency*
- Guia da Norma ASME B31.3 para caracterização do Serviço do Sistema de Tubulações

2. Normas de referência

- ASME B31.3 - Process Piping
- ASME B31.1 - *Power Piping Code*
- API Std 570 - *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*
- API Recommended Practice 574 - *Inspection Practices for Piping System Components*
- *API Std 750 - Management of Process Hazards*
- NR-13 - Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento

https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-13-nr-13
(Última modificação: Portaria SEPRT 915, de 30/07/2019, DOU 31/07/2019)

3. Definições

- **Tubulação**

É uma estrutura metálica ou não, composta por tubos, acessórios ou componentes de tubulação e válvulas, usada para transportar, distribuir, misturar, separar, descarregar, controlar e medir fluxos de fluidos líquidos, vapores ou gases.

- **Sistema de tubulações**

É o conjunto de tubulações interligadas, com a mesma função e sujeitas às mesmas condições de projeto, ou seja, fluido, pressão e temperatura iguais ou muito similares, projetadas pelo mesmo Código ou Norma, possuem o mesmo material e taxa de corrosão semelhante; presentes em instalações industriais de óleo&gás, de refinarias de petróleo, petroquímicas, termoelétricas, incluindo também as indústrias alimentícias, fármaco-químicas e de alta pureza.

- **Tubulações de caldeiras e de vapor d'água conforme ASME B31.1 *Power Piping***

Tubulação normalmente encontrada em estações geradoras de energia termoelétrica, em plantas industriais, sistemas de aquecimento geotérmico e centrais de sistemas de aquecimento e refrigeração.

- **Tubulações de processo e utilidades conforme ASME B31.3 *Process Piping***

Tubulação normalmente encontrada em refinarias de petróleo e petroquímicas, indústrias químicas e farmacêuticas, plantas de têxteis, de papel, fábricas de semicondutores e criogênicas; plantas de processamento de plataformas de óleo&gás e nos parques de tancagem de tanques e esferas de armazenamento de terminais marítimos. Também inclui as tubulações que interconectam equipamentos dentro de um "skid" ou módulo pré-fabricado.

- **Classes de tubulações**

Classe é um termo geral aplicável à condição operacional de uma tubulação e sistema de tubulações, considerando o conjunto das propriedades químicas e físicas do fluido, processado ou transportado, os contaminantes presentes, pressão e temperatura de operação, e outros fatores como tipo de ataque corrosivo, toxidez, inflamabilidade e explosividade.

Para a construção, a classe da tubulação define as bases para projeto mecânico, a seleção de material dos componentes, as limitações de condições operacionais (temperatura, pressão), os requisitos específicos de fabricação e montagem (soldagem, tratamento térmico, inspeção, ENDs-Ensaios Não Destrutivos e testes de aceitação), regras de ligação entre os componentes (solda, flanges, roscas) e salvaguardas para segurança da instalação, dos operadores e do meio ambiente.

Após a entrada em operação, a classe da tubulação define e especifica o acompanhamento em serviço, os intervalos entre inspeções, os tipos de exames, a manutenção e os reparos, a serem realizados.

- **Inspeção de fabricação e montagem de sistemas de tubulações**

São as atividades de inspeção executadas durante a fabricação e montagem, a fim de conferir o atendimento ao projeto e verificar a integridade das tubulações instaladas.

- **Inspeção em serviço de sistemas de tubulações**

São todas as atividades de inspeção associadas à tubulação após sua colocação em operação ou serviço. As atividades incluem as avaliações externa, interna e enquanto em operação *on-stream* (ou qualquer combinação das três) da condição física da tubulação conduzidas por inspetor qualificado e autorizado

4. Classificação conforme Norma ou Código ASME B31.3 *Process Piping*

A Norma ASME B31.3 especifica os padrões a serem adotados nas fases de projeto, fabricação, inspeção e testes, para a construção e implantação da tubulação.
É a norma utilizada nas tubulações e sistemas de tubulações de plantas de processo e de utilidades, de Refinarias de petróleo, Petroquímicas e Usinas termoelétricas.
A intenção dessa Norma é estabelecer requisitos de engenharia considerados seguros e necessários para o projeto e construção de sistemas de tubulações.
Ela é específica para a construção da tubulação, mas, ocasionalmente, a depender do Proprietário da instalação industrial, também pode ser aplicada à tubulação que já foi colocada em serviço.

Conforme esta Norma, são definidas Classes de serviços de tubulação, que estabelecem os requisitos de projeto, fabricação, montagem e testes de aceitação, sendo de responsabilidade do Proprietário da instalação industrial o enquadramento das tubulações nas seguintes Classes previstas:

a. Classe de serviço Categoria D ou *Category D Fluid Service*;
b. Classe de serviço Categoria M ou *Category M Fluid Service*;
c. Classe de serviço Alta Pressão Categoria K ou *High Pressure Fluid Category K Service*;
d. Classe de serviço Temperatura Elevada ou *Elevated Temperature Fluid Service*;
e. Classe de serviço Alta Pureza ou *High Purity Fluid Service*;
f. Classe de serviço Cíclico Severo ou *Severe Cyclic Conditions*;
g. Classe de serviço Normal ou *Normal Fluid Service*;
h. Classe de serviço Ligações Aparafusadas Críticas ou *Controlled Bolting Service*.

Classes de serviços de tubulações conforme Norma ASME B31.3 *Process Piping*	
Serviço Categoria D *Category D Fluid Service*: é o serviço mais simples, não crítico nem perigoso, que atende às seguintes condições: • Fluido não inflamável, não tóxico e que não cause danos de qualquer natureza aos seres vivos em especial aos humanos; • A pressão de projeto não excede a 10,5 kgf/cm²; ou 150 psig; • A temperatura de projeto está entre -29ºC (-20ºF) até 186ºC (366ºF). **Nota:** *Conforme parágrafo. 300.2 da Norma ASME B31.3, os "danos de qualquer natureza" referem-se aos fluidos, líquidos ou gasosos, em que a exposição causada por vazamento, nas condições operacionais, pode prejudicar pele, olhos ou membranas mucosas expostas, resultando em danos irreversíveis, a não ser que medidas restaurativas imediatas sejam tomadas, como lavagem com água, administração de antídotos ou medicação.*	Exemplos: • Águas em geral (de incêndio, de refrigeração de mancal, industrial, de resfriamento e potável); • Água desmineralizada; • Vapor e Condensado de baixa e média pressão; • Ar de serviço e de instrumentação; • Óleo lubrificante e óleo hidráulico; • Espuma de combate a incêndio. Atender aos requisitos dos Capítulos *Chapters I through VI* da norma ASME B31.3.
Serviço Categoria M *Category M Fluid Service* ou Serviço com fluido tóxico: é o serviço em que há significativo potencial de exposição humana, mesmo que uma única vez, ao vazamento de uma pequena quantidade de um fluido tóxico, que pode produzir danos irreversíveis e graves às pessoas por aspiração ou contato corporal, mesmo quando são tomadas medidas restaurativas de pronto atendimento.	Exemplos: • Fluidos voláteis que podem causar nuvens tóxicas ou poluentes; • Produtos que apresentam teor H_2S ≥ 3% em peso no líquido ou ≥ 500 ppmv no vapor; • Produtos tóxicos ou letais; • Produtos Orgânicos Voláteis como

<table>
<tr><td></td><td>Benzeno e compostos aromáticos.

Atender aos requisitos dos Capítulos Chapters I through VI e aos requisitos particulares do Capítulo Chapter VIII Piping for Category M Fluid Service da norma ASME B31.3.</td></tr>
<tr><td>Serviço Alta Pressão Categoria K ou High Pressure Fluid Category K Service: é o serviço em que o Proprietário especifica o uso do Capítulo Chapter IX, da norma ASME B31.3, 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.</td><td>Exemplos:
• Água de caldeira, Vapor e Condensado de alta pressão (≥ classe 600).

Atender aos requisitos dos Capítulos Chapters I through VI e aos requisitos particulares do Capítulo Chapter IX High Pressure Piping. Service da norma ASME B31.3.</td></tr>
<tr><td>Serviço de Temperatura Elevada ou Elevated Temperature Fluid Service ou Serviço na região de fluência,: é o serviço em que a temperatura de projeto da parede de metal da tubulação é igual ou maior que o valor Tcr da tabela Table 302.3.5, Nota Geral (b) da norma ASME B31.3.
<u>Nota:</u>
Tcr é o valor 25ºC menor que a temperatura de início do regime de fluência ou creep, isto é, que identifica o início das propriedades mecânicas dependentes do tempo.
Para orientação, segue a tabela com base na norma ASME B31.3:
<table>
<tr><th>Material</th><th>Temperatura de início do regime de fluência</th></tr>
<tr><td>Aço Carbono Carbon Steel</td><td>370 a 400ºC</td></tr>
<tr><td>Aço baixa liga
Low alloy Cr-Mo steel
1 ¼ Cr 0.5 Mo
2 ¼ Cr – 1 Mo Low alloy steel</td><td>440 a 455ºC</td></tr>
<tr><td>Aço baixa liga
Low alloy Cr-Mo steel
9 Cr – 1 Mo</td><td>490 A 510ºC</td></tr>
<tr><td>Aço Inoxidável Austenítico
Austenitic Stainless Steel
18Cr–8Ni, Type 304
16Cr–12Ni–2Mo, Type 316
18Cr–8Ni–0.035Cmax, Type 304L
18Cr–8Ni–Mo–0.035Cmax, Type 316L</td><td>480 a 595ºC</td></tr>
</table></td><td>Exemplos:
• Tubos de distribuidores internos de torres de processamento;
• Tubos de distribuidores internos de reatores de processo;
• Tubulações de vapor de alimentação de turbina a vapor;
• Tubulações ou dutos de saída de reatores de processo.

Atender aos requisitos dos Capítulos Chapters I through VI da norma ASME B31.3.</td></tr>
<tr><td>Serviço de Alta Pureza ou High Purity Fluid Service: é o serviço muito particular, em que o fluido contido na tubulação requer materiais especiais, 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, portanto, aos sistemas de tubulação definidos para fins de alta pureza, isentos de qualquer contaminação.</td><td>Exemplos:
• Produtos alimentícios, farmaceuticos, higiênicos ou assépticos.

Atender aos requisitos dos Capítulos Chapters I through VI e aos requisitos particulares para projeto e construção do Capítulo Chapter X High Purity Piping da Norma ASME B31.3.</td></tr>
</table>

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 esperada a fadiga mecânica do material devido aos efeitos dinâmicos de variações de pressão, ciclos térmicos ou de vibração e outras cargas cíclicas, bem como choque térmico, a serem consideradas no projeto da tubulação. Aplica-se essencialmente à tubulação sem corrosão, interna ou externa, pois a corrosão reduz drasticamente a vida útil à fadiga, portanto, materiais resistentes à corrosão devem ser considerados quando um grande número de ciclos de tensão é antecipado. O número equivalente de ciclos N deve exceder 7000; ou outras condições que o projetista determinar. **Nota:** *N = número equivalente de ciclos de deslocamento total, entre o máximo e o mínimo valor da variável, durante a vida útil esperada do sistema de tubulação, considerando: ciclos ou variações de pressão e/ou temperatura);vibração (induzida pelo escoamento de fluido – fluxo bifásico ou imposta por agente externo – máquina ou vento).*	Exemplos: • Ciclos de pressão e/ou temperatura; • Vibração induzida por escoamento de fluido, como fluxo bifásico; • Vibração imposta por agente externo, como máquina ou vento; • Golpes de ariete; • Choques térmicos. Atender aos requisitos dos Capítulos *Chapters I through VI* e aos requisitos particulares do Capítulo *Chapter II, Parts 3 and 4, e parágrafos paras. 323.4 Fluid Service Requirements for Materials and 341.4.3 Examination — Severe Cyclic Conditions* da Norma ASME B31.3.
Serviço Normal ou *Normal Fluid Service*: é o serviço mais comum a que a maioria das tubulações pertence, quando não classificado em Serviço nas Categorias D, M, K, Serviço de Temperatura Elevada, Serviço de Alta Pureza e Serviço Cíclico Severo.	Exemplos: • Hidrocarbonetos inflamáveis; • Água, vapor d'água e condensado que operem em pressões superiores a 10,5 kgf/cm^2 ou a temperaturas superiores a 186ºC; • Produtos químicos: soda cáustica, DEA acima de 80ºC e ácido sulfúrico; • Serviço com H_2S úmido conforme Norma NACE MR0103; • Serviço com fluidos corrosivos e/ou erosivos. Atender aos requisitos dos Capítulos *Chapters I through VI* da norma ASME B31.3.
Serviço 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 seja, vazamento zero. São consideradas críticas, para efeito de aperto de montagem, as ligações aparafusadas que se enquadram em uma das seguintes condições: • Serviços em temperaturas altas ou baixas ou cíclicas, onde podem ocorrer dilatações térmicas diferenciais e perda de aperto dos parafusos ou estojos; • Condições que envolvem vibração ou fadiga, com possibilidades de relaxamento da tensão de aperto dos parafusos ou estojos; • Serviços com riscos de "golpe de aríete"; • Serviços em que ocorre choque térmico.	Exemplos: • Tubulações ligadas a máquinas; • Tubulações com escoamento de fluxo bifásico; • Tubulações de descarte de Válvulas de Alívio de Pressão; • Tubulações à jusante de Válvulas de Controle; • Tubulações de descarga de purgador de condensado de vapor d'água; • Tubulações de hidrocarbonetos e produtos químicos com elevado nível de vibração. Nessas ligações flangeadas aparafusadas aplicar o aperto de montagem com procedimento de torque controlado, conforme ASME PCC-1 *Guidelines for Pressure Boundary Bolted Flange Joint Assembly*.

5. Classificação de Tubulações conforme Norma API Std 570 - *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*

A Norma ou código API Std 570 foi desenvolvido para as indústrias de refino de petróleo, petroquímicas e processos químicos, mas pode ser usado, sempre que possível, para qualquer sistema de tubulação, de outras instalações industriais.

Ela abrange procedimentos de inspeção e monitoramento em serviço, classificação, reparo e alteração de sistemas de tubulação metálicos e de plástico reforçado com fibra de vidro (FRP) e seus dispositivos de alívio de pressão associados, que já foram colocados em serviço, e o objetivo é especificar o programa de inspeção, com as inspeções e a frequência necessárias, para determinar a integridade da tubulação.

Também é intenção da Norma que os usuários ou proprietários atuem prontamente ante quaisquer resultados de inspeção, que exijam ações corretivas, para garantir a operação segura e contínua da tubulação.

A Norma API Std 570 não deve ser usada como substituto dos requisitos originais de construção que governam um sistema de tubulação, antes de ser colocado em serviço; nem deve ser usado em conflito com quaisquer requisitos regulamentares vigentes.
Porém, se os requisitos deste código forem mais rigorosos que os requisitos regulamentares, os requisitos deste código devem prevalecer

Para a situação em que os sistemas de tubulação já operam, eles são reclassificados para possibilitar uma gestão eficiente dos padrões de inspeção e manutenção a serem utilizados, conforme as seguintes Normas:

a. Norma API Std 570 - *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*.
   Utilizada para se definir o tipo de inspeção e a periodicidade a empregar em sistemas de tubulações existentes e já em operação.
b. API Recommended Practice 574 - Inspection Practices for Piping System Components
   A Norma API RP 574 complementa a Norma API Std 570, pois descreve práticas de inspeção para tubulações e acessórios, *tubing*, válvulas (exceto válvulas de controle) usados em refinarias de petróleo e plantas químicas.
   Componentes de tubulação comuns, tipos de válvulas, métodos de junção de tubulação, processos de planejamento de inspeção, intervalos e técnicas de inspeção e tipos de registros são descritos para ajudar o inspetor a cumprir sua função de implementar a execução como estabelecida na Norma API Std 570.

Tal sistema de classificação permite que os esforços de inspeção sejam focados em sistemas de tubulação que podem ter as maiores consequências potenciais, por falha ou perda de contenção ou vazamento.
Pois, os sistemas mais críticos exigem uma inspeção mais extensiva, em intervalos mais curtos, a fim de conferir integridade para a continuação da operação segura.

As classes são as seguintes:

a. Classe 1
São os serviços com maior potencial de resultarem em uma emergência imediata se houver vazamento, por risco de incêndio ou toxidade.
b. Classe 2
Os serviços não incluídos nas demais classes pertencem à Classe 2.
c. Classe 3
Serviços que são inflamáveis, mas que não vaporizam significativamente quando vazam e não estão localizados em áreas de alta atividade humana.
d. Classe 4
Serviços que são essencialmente não inflamáveis e não tóxicos e são na maioria as tubulações de utilidades (água, vapor d'água, ar e Nitrogênio).

Classes de tubulações conforme a Norma API Std 570 - *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems*

Classes de serviço de tubulação

A Norma API Std 570, sobre inspeção e reparo de sistemas de tubulações industriais, determina que todos os sistemas de tubulação devem ser categorizados em diferentes classes de serviço de tubulação.
As classificações devem basear-se em segurança das instalações e do pessoal de operação e nas consequências ambientais em caso de vazamento.
O proprietário e/ou usuário deve manter um registro das condições de operação e tipos de fluidos, manipulados nas tubulações, classe de serviço selecionada, chamado de "folha de dados de tubulação".
As normas API Std 750 *Management of Process Hazards* e NFPA 704 *Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response* fornecem informações que podem ser úteis na classificação de sistemas de tubulação, de acordo com os perigos em potencial dos fluidos de processo que contêm.
As quatro classes de serviço listadas a seguir, são as recomendadas conforme a norma API Std 570.

Classes de tubulação	Características
1	Serviços com alto potencial de risco sob o ponto de vista de segurança, continuidade operacional e meio ambiente, no caso de ocorrer vazamento. São os serviços com maior potencial de resultarem em uma emergência imediata se houver vazamento, por risco de incêndio ou toxidade. Exemplos de sistemas que geralmente são de alto risco, mas não limitados a estes, estão listados a seguir: • Produtos inflamáveis que são auto refrigerantes e podem causar fratura frágil em caso de vazamentos (ex. GLP e Gás Natural); • Produtos pressurizados voláteis que podem rapidamente se vaporizar e formar uma mistura explosiva em situações de vazamentos (ex.: C2, C3 e C4). Os fluidos que podem vaporizar rapidamente são aqueles com temperaturas de ebulição atmosférica inferiores a 50°F (10°C) ou quando a temperatura de ebulição atmosférica é abaixo da temperatura de operação (normalmente uma preocupação com serviços de alta temperatura); • Produtos inflamáveis que operem acima da temperatura de autoignição; • Produtos que apresentam teor H_2S ≥ 3% em peso no líquido ou ≥ 500 ppmv no vapor Classificação: Fluido Categoria "M" do código ASME B31.3; • Serviço com H_2S úmido conforme Norma NACE MR0103; • Hidrocarbonetos com temperatura maior que 250°C; • Produtos tóxicos ou letais (ex.: HF, Cl_2, Benzeno, H_2S); • DEA rica; • Hidrogênio; • Água, vapor d'água e condensado que operem em pressões iguais ou superiores a 50 kgf/cm²; • Sistemas auxiliares que impliquem em riscos à segurança ou continuidade operacional em caso de falha; • Tubulação sobre ou adjacente à água e canalização sobre o caminho público.
2	Serviços com médio potencial de risco sob o ponto de vista de segurança, continuidade operacional e meio ambiente, no caso de ocorrer vazamento. Exemplos de sistemas que geralmente são de médio risco, mas não limitados a estes, estão listados a seguir: • Hidrocarbonetos com temperatura menor que 250°C, localizados dentro ou entre unidades de processo; • Produtos que apresentam H_2S com teor menor que 3% em peso no líquido e menor que 500 ppmv no vapor; • Produtos químicos e ácidos fortes e cáusticos (ex.: soda cáustica, ácido sulfúrico); • Água, vapor d'água e condensado que operem em pressões inferiores a 50 kgf/cm². Nota: Os serviços não incluídos em outras classes pertencem à Classe 2. Esta classificação inclui a maioria das tubulações de processo nas unidades *on-site* no interior da unidade industrial e tubulações *off-site* fora da unidade industrial.

3	Serviços com baixo potencial de risco sob o ponto de vista de segurança, continuidade operacional e meio ambiente no caso de ocorrer vazamento. Serviços que mesmo quando inflamáveis, não vaporizam significativamente quando vazam, tais como os que operam abaixo do ponto de fulgor *flash point*, e não estão localizados em áreas de alta atividade humana. Exemplos de sistemas que geralmente são de baixo risco, mas não limitados a estes, estão listados a seguir: • Hidrocarbonetos em linhas de transferência de produtos para tanques e estações de carregamento, com exceção das tubulações já enquadradas em alguma classe anterior; • DEA pobre; • Gases inertes.
4	Serviços que não apresentam potencial de risco sob o ponto de vista de segurança, continuidade operacional e meio ambiente no caso de ocorrer vazamento (não inflamáveis e não tóxicos). Exemplos de sistemas que geralmente são de risco nulo, mas não limitados a estes, estão listados a seguir: • Sistemas de águas em geral (por exemplo: de incêndio, de mancal, industrial, de resfriamento, desmineralizada e potável); • Vapor d'água e condensado de baixa e média pressão, até 15 kgf/cm²; • Ar de serviço e de instrumentação; • Sistemas de utilidades: ar, vapor e água; • Nitrogênio; • Óleo lubrificante, óleo de selagem; • Canalizações de drenagem e esgoto; • Espuma de combate a incêndio.

6. Classificação de Tubulações conforme NR 13 Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento

Esta Norma Regulamentadora NR 13 estabelece os requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão, suas tubulações de interligação e tanques metálicos de armazenamento, nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores.

A NR 13 é aplicada após a construção das tubulações e aborda em seu escopo apenas as tubulações ou sistemas de tubulações conectados a vasos de pressão e a caldeiras a vapor, categorizados, que contenham fluidos de classe A ou B.

A partir da classificação, são estabelecidos os prazos máximos para a execução da inspeção dos sistemas de tubulações.

Os fluidos Classes A ou B, conforme NR 13 são:

Classe de fluido	Tipo de fluido
Fluidos Classe A	Fluidos inflamáveis e fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a 200ºC; Fluidos tóxicos com limite de tolerância igual ou inferior a 20 ppm (vinte partes por milhão); Hidrogênio; Acetileno.
Fluidos Classe B	Fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200ºC; Fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a 20 ppm (vinte partes por milhão).

6.1. Classificação de sistemas de tubulações conectados a vasos de pressão

Os vasos de pressão são identificados por categorias estabelecidas na NR-13.
E os prazos das inspeções periódicas das tubulações, conectadas aos vasos de pressão, devem obedecer à mesma categoria do vaso de pressão..
Assim, é possível classificar as tubulações, dos sistemas de tubulações interligados aos vasos de pressão, em Classes de tubulação, que definem os tipos e os prazos máximos de inspeções periódicas.

Classe de fluido	Tipos de sistema de tubulações		
	Sistemas com alta intensidade de deterioração ou em alta temperatura ou elevado nível de vibração ou alto risco ambiental. Taxas de corrosão TC > 0,25 mm/ano	Sistemas com média intensidade de deterioração ou médio nível de vibração ou médio risco ambiental Taxas de corrosão 0,12 < TC ≤ 0,25 mm/ano;	Sistemas com baixa intensidade de deterioração ou baixo nível de vibração ou baixo risco ambiental.. Taxas de corrosão TC ≤ 0,12 mm/ano
	Classe da tubulação conectada ao vaso de pressão		
Fluidos Classe A	Classe 1	Classe 1	Classe 2
Fluidos Classe B	Classe 1	Classe 2	Classe 3

Nota:
1 Qualquer tubulação em que sua falha resulte em parada da unidade, independente do fluido que conduz, deve ser classificada como Classe 1.
2 Os pontos atípicos, como trechos mortos ou "*dead legs*", trechos à jusante de placas de orifícios e de válvulas de controle, trechos após pontos de injeção de líquido ou vapor, devem ser considerados de Classe 1.

6.2. Classificação de sistemas de tubulações conectados às caldeiras a vapor

As caldeiras são identificadas por categorias estabelecidas na NR-13.
As inspeções periódicas das tubulações de água, vapor, condensado e quaisquer outros fluidos, interligadas a caldeiras, devem obedecer à mesma categoria da caldeira.
Portanto, é possível classificar as tubulações, dos sistemas de tubulações interligados às caldeiras, em Classes de tubulação, que definem os tipos e os prazos máximos de inspeções periódicas.

Classe de tubulação interligada às caldeiras

Categoria da Caldeira	Classe da tubulação conectada à caldeira
A a. Pressão de operação é igual ou superior a 1.960 kPa (19,98 kgf/cm²); b. Volume interno superior a 100 l (cem litros).	Classe 1
B a. Pressão de operação é superior a 60 kPa (0,61 kgf/cm²) e inferior a 1 960 kPa (19,98 kgf/cm²); b. Volume interno superior a 100 l (cem litros); c. Produto entre a pressão de operação em kPa e o volume interno em m³ é superior a 6 (seis).	Classe 2

7. Classificação de sistemas de tubulações conforme Código ASME B31.1 *Power Piping Code*

Este Código prescreve os requisitos para projeto, materiais, fabricação, montagem, inspeção e testes de sistemas de tubulações externas de instalações de caldeiras.
As caldeiras, objeto deste Código, são as caldeiras de vapor d'água:

- Caldeiras de alta temperatura, nas quais o vapor é gerado a uma pressão acima de 15 psig (100 kPa manométrico) em altas temperaturas

- Caldeiras de água de alta pressão, a pressões acima de 160 psig (1103 kPa manométrico) e/ou a temperaturas acima de 250°F (120°C).

Este Código cobre as tubulações externas de caldeiras, que são as tubulações de vapor d'água, água de alimentação, descarte, drenagem, óleo, gás e ar, que começam onde a própria caldeira termina, conforme o tipo de conexão, a seguir:
(1) a primeira junta circunferencial, no caso de extremidades para solda ; ou
(2) a face do primeiro flange com parafusos, em extremidades flangeadas; ou
(3) a primeira junta roscada; se estendendo até incluir a válvula acoplada.
A partir desses pontos terminais, as tubulações são consideradas "tubulação externa da caldeira".

Este Código não se aplica ao projeto e construção das seguintes tubulações e equipamentos:
a. Economizadores, aquecedores, vasos de pressão e componentes cobertos pelos Códigos ASME Sec VIII para Vasos de Pressão e ASME Sec I para caldeiras a vapor;
b. Tubulações de aquecimento e distribuição de vapor e às tubulações de condensado, projetadas para 15 psig (100 kPa manométrico) ou menos, ou tubulações de aquecimento de água projetadas para 30 psig (200 kPa manométrico) ou menos;
c. Tubulações para ferramentas hidráulicas ou pneumáticas e seus componentes à jusante da válvula de bloqueio do coletor de distribuição do vapor;
d. Tubulações de instalações marítimas;
e. Torres, estruturas metálicas, tanques, equipamentos mecânicos, instrumentos e fundações;
f. Tubulações incluídas em unidades "pacote" *packaged skid mouted units*, montadas e embaladas em *skids* de módulos pré-fabricados.

Classes de tubulações
O Código ou Norma ASME B31.1 especifica as seguintes classes de tubulações de caldeira:

Classes de tubulação interligadas a caldeiras conforme Código ASME B31.1

Classes de tubulações de caldeira	Definição	Código de projeto e construção	Tipo de produtos
Tubulações e serpentinas no interior de caldeiras	São as serpentinas e tubulações que interligam os equipamentos no interior da caldeira, até o limite do corpo da caldeira	ASME Sec I Rules for construction of Power Boilers	Água de alimentação de caldeira e serpentinas de geração e superaquecimento de vapor d'água
Tubulações externas de caldeiras	São as tubulações que se iniciam onde a própria caldeira termina, conforme o tipo de conexão, a seguir: (1) a primeira junta circunferencial, no caso de extremidades para solda ; ou (2) a face do primeiro flange com parafusos, em extremidades flangeadas; ou (3) a primeira junta roscada; se estendendo até incluir a válvula acoplada. A partir desses pontos terminais as tubulações são consideradas "tubulação externa da caldeira".	ASME B31.1 Power Piping	Vapor d'água, água de alimentação, descarte, drenagem, óleo, gás e ar

Os limites entre a Norma ASME 31.3 Tubulações de processo *Process Piping Code* e a Norma ASME B31.1 Tubulações de Caldeiras *Power Piping Code* estão indicados na figura a seguir.

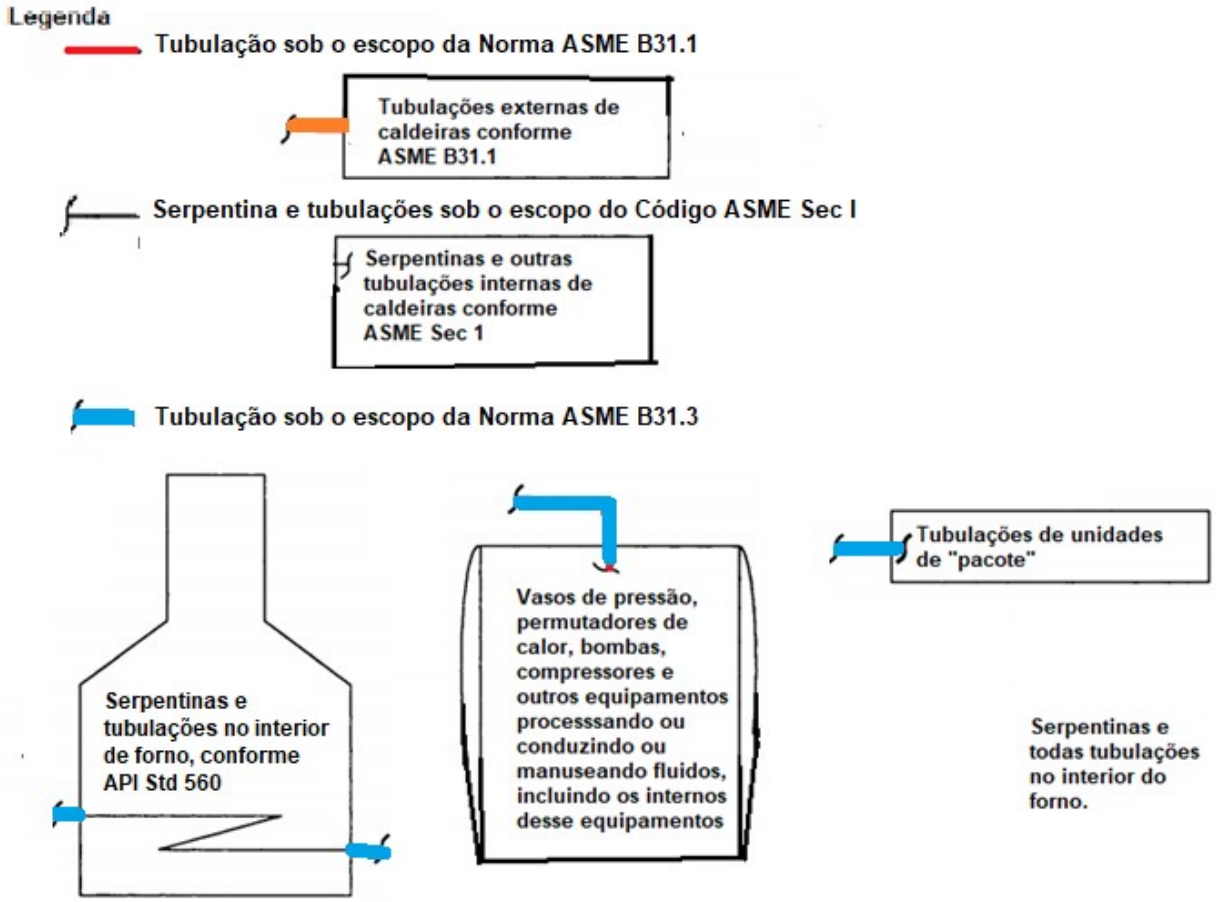


Diagrama de aplicação das Normas ASME 31.1 e ASME 31.3 nas tubulações de interligação de equipamentos

ANEXOS

1. **Padrões para projeto e construção de sistemas de tubulações, normalizados pelo Código ASME-** ***American Society of Mechanical Engineers***

- Tubulação de Caldeiras conforme ASME B31.1 Power Piping

Tubulação normalmente encontrada em estações geradoras de energia termoelétrica, em plantas industriais, sistemas de aquecimento geotérmico e centrais de sistemas de aquecimento e refrigeração.

- Tubulação de processo conforme ASME B31.3 Process Piping

Tubulação normalmente encontrada em refinarias de petróleo e petroquímicas; indústrias químicas e farmacêuticas, plantas de têxteis, de papel, de semicondutores e criogênicas; e plantas de processamento de plataformas de óleo&gás e terminais marítimos. Também inclui as tubulações que interconectam equipamentos dentro de um “skid” ou módulo préfabricado.

- Sistemas de transporte de dutos para hidrocarbonetos líquidos e outros líquidos conforme ASME B31.4 Pipeline. Transportation. Systems for Liquids and Slurries.

Tubulação de transporte de produtos líquidos, em oleodutos, entre plantas e terminais e dentro de terminais, incluindo os próprios dutos, e em estações de bombeamento, regulagem e medição.

- Sistemas de transporte e distribuição de gás conforme ASME B31.8 Gas Transmission and Distribution Piping Systems

Tubulação de transporte de produtos gasosos, em gasodutos, entre poços e terminais, incluindo os próprios dutos, e em estações de compressão, regulagem e medição.

- Tubulação de Construção Civil conforme ASME B31.9 Building. Services Piping.

Tubulação normalmente encontrada em ambientes industriais, institucionais, comerciais, edifícios públicos e em residências, de distribuição de águas, drenagem e esgoto.

- Sistemas de tubulação de transporte de borra conforme ASME B31.11 Slurry Transportation Piping Systems

Tubulação de transporte de borra aquosa entre plantas industriais e terminais e dentro de terminais, e em estações de bombeamento,

- Tubulação e dutos de Hidrogênio conforme ASME B31.12 Hydrogen Piping and Pipelines

Tubulações e dutos em serviço de transporte de Hidrogênio gasoso ou líquido.

2. Serviços Especiais de Tubulações

São serviços particulares de sistemas de tubulações, que envolvem:

- Deteriorações causadas pelo fluido circulante;
- Riscos de explosividade;
- Danos ao meio ambiente;
- Toxidade aos seres humanos;

e agrupados como:

- Principais serviços de vasos de pressão e tubulações, em refinarias de petróleo e petroquímicas, função do tipo de deterioração;
- Principais serviços de vasos de pressão e tubulações, em refinarias de petróleo e petroquímicas, função das condições de operação;
- Serviços com a característica de corrosão externa de tubulações;
- Serviços com a característica de corrosão interna de tubulações.

Principais serviços de vasos de pressão e tubulações, em refinarias de petróleo e petroquímicas, função do tipo de deterioração.

1- Meios que provocam trinca de corrosão sob tensão

*Trincamento por sulfetos ou *Sulfide Corrosion Cracking* (SCC)
H_2S úmido: conforme NACE MR 0103
Condições do fluido: H_2S em presença de água líquida, temperatura menor ou igual a 150ºC e teor de H_2S > 50ppm peso.
*Aminas > 2% em peso
*Cáusticos > 2% em peso
*Amônia em presença de água
*DEA, MEA e Soda cáustica, puras ou contaminadas com hidrocarbonetos
*Cloretos
*Ácidos politiônicos

2- Meios que provocam fragilização pelo Hidrogênio: HIC e SOHIC.

* H_2S úmido: conforme NACE MR 0103: temperatura ≤ 150ºC e teor H_2S > 50ppm peso.

3- Meios que provocam "empolamentos" pela presença de H_2 no fluido de processo

*Conforme API Std 941: pressão parcial H_2 > 7,0 kgf/cm^2 e temperatura > 204ºC.

4- Meios altamente corrosivos, taxas superiores a 0,25 mm/ano

*Enxofre > 3% peso em temperaturas > 200ºC;
*CO_2 úmido;
*Ácidos diluídos.

5- Meios altamente erosivos

*Catalisadores finos;
*Borras de coque;
*Vapor d'água com arraste de condensado;
*Correntes líquidas com sólidos em suspensão em alta velocidade.

6- Condições que provocam perda de propriedades mecânicas nos aços

*Fratura frágil por redução de temperatura no caso de despressurização súbita à pressão atmosférica, por vazamento (GLP, GLN, etc.);
*Fragilização em temperaturas que levam às transformações metalúrgicas como a redução da tenacidade a frio.

7- Meios altamente tóxicos

*Fluidos com concentração de H_2S ≥3% em peso para líquidos e ≥500 ppmv para vapor ou gás;
*Produto tóxico "categoria M" conforme a norma ASME B31.3

8- Fluidos poluentes tóxicos do ar
*Conforme lista dos poluentes tóxicos do ar da EPA – United States Environment Protection Agency

9- Líquidos inflamáveis que operam em temperatura igual ou superior à temperatura de "flash" ou na temperatura de autoignição
*Óleo combustível (OC) para queimadores de fornos e caldeiras, acima de 200ºC;
*Resíduo de vácuo (RV) acima de 200ºC;
*Resíduo atmosférico (RAT) acima de 200ºC.
*Gasóleo de circulação (GOC) acima de 200ºC;
*Óleo clarificado (OCLA) acima de 200ºC.

10- Gases inflamáveis
*Gás residual de processo, gás combustível tratado ou não tratado, GLP tratado ou não tratado; gás natural e gás para tocha.

11- Corrosão sob isolante térmico
*Equipamentos e tubulações isoladas externamente.

12- Ácidos fortes
*Ácidos fortes em geral (H_2SO4, H_2S, HCl, etc.).

Principais serviços de vasos de pressão e tubulações, em refinarias de petróleo e petroquímicas, função das condições de operação.

1- Anormalidade operacional
*Equipamentos e tubulações sujeitos à operação em situações anormais, bem superiores às condições de projeto:
*Operação de curta duração por: temperatura ou pressão ou vazão ou composição do fluido de processo;
*Risco de explosão interna;
*Falhas de refratamento interno;
*Excesso de pressão interna.

2- Pressão e temperatura elevadas
*Equipamentos e tubulações em temperatura de trabalho superior a 260ºC ou classe de pressão 300 ou acima.

3- Produtos inflamáveis
*Equipamentos e tubulações com produtos inflamáveis em temperatura acima de 200ºC ou acima do ponto de fulgor *flash point*.

4- Baixas temperaturas e criogenia
*Equipamentos e tubulações que operam em baixas temperaturas (≤ 15ºC) e criogênicas < 0ºC.

5- Gases autorefrigerantes
*Equipamentos e tubulações que operam com gases autorefrigerantes, isto é, que em caso de vazamento ao expandirem congelam o local de vazamento e podem causar fratura frágil.

6- Gases inflamáveis que entram em combustão espontânea ao vazar
*Equipamentos e tubulações que operam com gases que, em caso de vazamento, se aquecem ao expandir, o que pode levar à ignição espontânea, exemplos Hélio e Hidrogênio.
,
7- Armazenamento de grandes volumes de gases
*Equipamentos e tubulações que armazenam grandes volumes de produtos leves, de C4 e mais leves, com risco de despressurização súbita.

8- Operação cíclica
*Equipamentos e tubulações com variação cíclica intensa das condições de operação.

9- Produtos tóxicos
*Equipamentos e tubulações contendo fluidos altamente tóxicos, com limite de tolerância de 20ppm, em exposições até 8 horas consecutivas.

10- Gases Asfixiantes Químicos
*Gases Asfixiantes Químicos: são substâncias que impedem a utilização bioquímica do Oxigênio (O_2). Atuam no transporte de Oxigênio pela hemoglobina, impedindo o uso tecidual do Oxigênio. Ex.: monóxido de Carbono, cianeto e gás sulfídrico (H_2S).

11- Elevado nível de vibração
*Hidrocarbonetos e produtos químicos conectados a máquinas alternativas;
*Hidrocarbonetos, produtos químicos e vapor d'água em escoamento bifásico.

12- Caldeira a vapor
*Água de caldeira, Vapor e Condensado de alta pressão (pressão ≥ classe 600).

13- Óleo hidráulico pressurizado
*Óleo hidráulico em alta pressão (pressão ≥ classe 600);

Principais serviços com corrosão externa de tubulações
*Tubulações, isoladas ou não, sujeitas à condensação de vapor próximo a torres de resfriamento.
*Tubulações isoladas ou não sujeitas à condensação de vapor próximo a vents e purgadores.
*Tubulações isoladas ou não próximas a locais de vazamentos ou derramamentos freqüentes de misturas ou de vapores ácidos. Exemplos: Tubulações de carregamento de produtos químicos ou em atmosferas corrosivas com ambiente de umidade elevada.
*Tubulações com traço de vapor ("steam tracing") sujeitas a vazamento de vapor sob o isolamento, operando em temperaturas inferiores a 180°C.
*Tubulações, isoladas ou não, dentro de canaletas na área industrial, sujeitas a respingos de água, condensação de vapor ou de esgoto oleoso.
*Tubulações com zona de transição aéreo-enterrada ou parcialmente enterradas.
*Tubulações não isoladas junto ao piso sujeitas a respingos de água e produto, próximas a bombas e compressores.
*Tubulações isoladas que operam de modo intermitente. Exemplos: Tubulações de ramonagem, Tubulações de vapor de abafamento de fornos e caldeiras, Tubulações de amostradores.
*Tubulações com regiões de frestas sujeitas à *crevice corrosion*: Exemplos: Regiões sob suportes e braçadeiras; Tubulações com revestimento de proteção contra fogo *fire proofing*; Tubulações que atravessam pisos e paredes, etc.
*Tubulações isoladas ou não que operam apenas em paradas e partidas de unidades de processo.
*Tubulações isoladas para proteção pessoal operando em temperaturas inferiores a 100°C.
*Tubulações enterradas em locais próximos a subestações de energia, aterramentos elétricos, cabos de pontes rolantes ou qualquer outro local com possibilidade de fuga de corrente elétrica.

Principais serviços com corrosão interna de tubulações
*Tubulações sujeitas à corrosão-erosão localizada nas regiões à jusante de placas de orifício ou de válvulas de controle.
*Tubulações de hidrocarbonetos contendo ácidos orgânicos e/ou ácidos naftênicos sujeitas a fluxo bifásico a altas velocidades em temperaturas superiores 220°C.
*Tubulações de hidrocarbonetos contendo compostos de Enxofre em temperaturas superiores 260°C.
*Tubulações isoladas quentes com suportes, apoios, flanges, corpos de válvulas ou outros acessórios

não isolados, funcionando como dissipadores de calor (efeito aleta) e promovendo corrosão localizada devido à diferença de temperatura.
*Tubulações sujeitas à formação de nível de líquido, promovendo corrosão na interface do líquido. Exemplos: Tubulações de salmoura.

3. Identificação por cores de tubulações em serviços perigosos conforme Norma ASME A13.1-2007 - Scheme for the Identification of Piping Systems

1 Object and Scope

This Standard is intended to establish a common system to assist in identification of hazardous materials conveyed in piping systems and their hazards when released in the environment.

This scheme concerns identification of contents of piping systems.

It is recommended for the identification of piping systems used in industrial, commercial and institutional installations, and in buildings used for public assembly.

It does not apply to buried pipelines nor to electrical conduits.

Existing schemes for identification shall be considered as meeting the requirements of this Standard if *(a)* such schemes are described in writing *(b)* employees are trained as to the operation and hazards of the piping systems

2 Definitions and References

2.1 Piping Systems

For the purpose of this Standard, piping systems shall include piping of any kind including fittings, valves, and pipe coverings. Supports, brackets, or other accessories are specifically excluded from applications of this Standard. Piping is defined as conduits used to convey, distribute, mix, separate, discharge, meter, control, or snub fluid flows.

2.2 Materials

2.2.1 Flammable. This classification includes fluids, which under ambient or expected operating conditions, are a vapor or produce vapors that can be ignited and continue to burn in air. The term thus may apply, depending on service conditions, to fluids defined for other purposes as *flammable* or *combustible*.

2.2.2 Combustible. This classification includes fluids that can burn, but are not flammable.

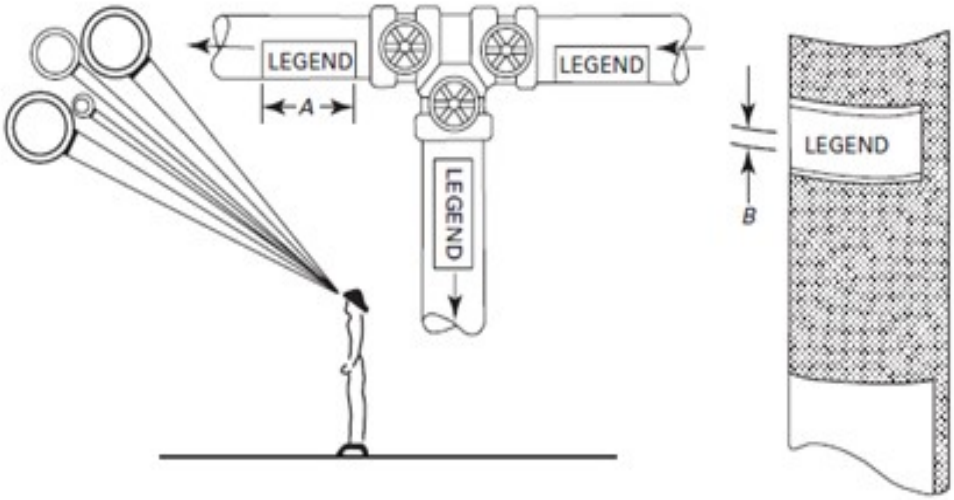
2.2.3 Toxic and Corrosive. This classification includes fluids that are corrosive or toxic, or will produce corrosive or toxic substances when released.

2.2.4 Fire Quenching. This classification includes water, foam, and CO_2 used in sprinkler systems and fire fighting piping systems.

Table 2 Designation of Colors

Fluid Service	Background Color	Letter Color	Color and Letter Sample
Fire quenching fluids	Safety red	White	Letters
Toxic and corrosive fluids	Safety orange	Black	Letters
Flammable fluids	Safety yellow	Black	Letters
Combustible fluids	Safety brown	White	Letters
Potable, cooling, boiler feed, and other water	Safety green	White	Letters
Compressed Air	Safety blue	White	Letters
To be defined by the user	Safety purple	White	Letters
To be defined by the user	Safety white	Black	Letters
To be defined by the user	Safety gray	White	Letters
To be defined by the user	Safety black	White	Letters

Fig. 1 Location of Identification Markers

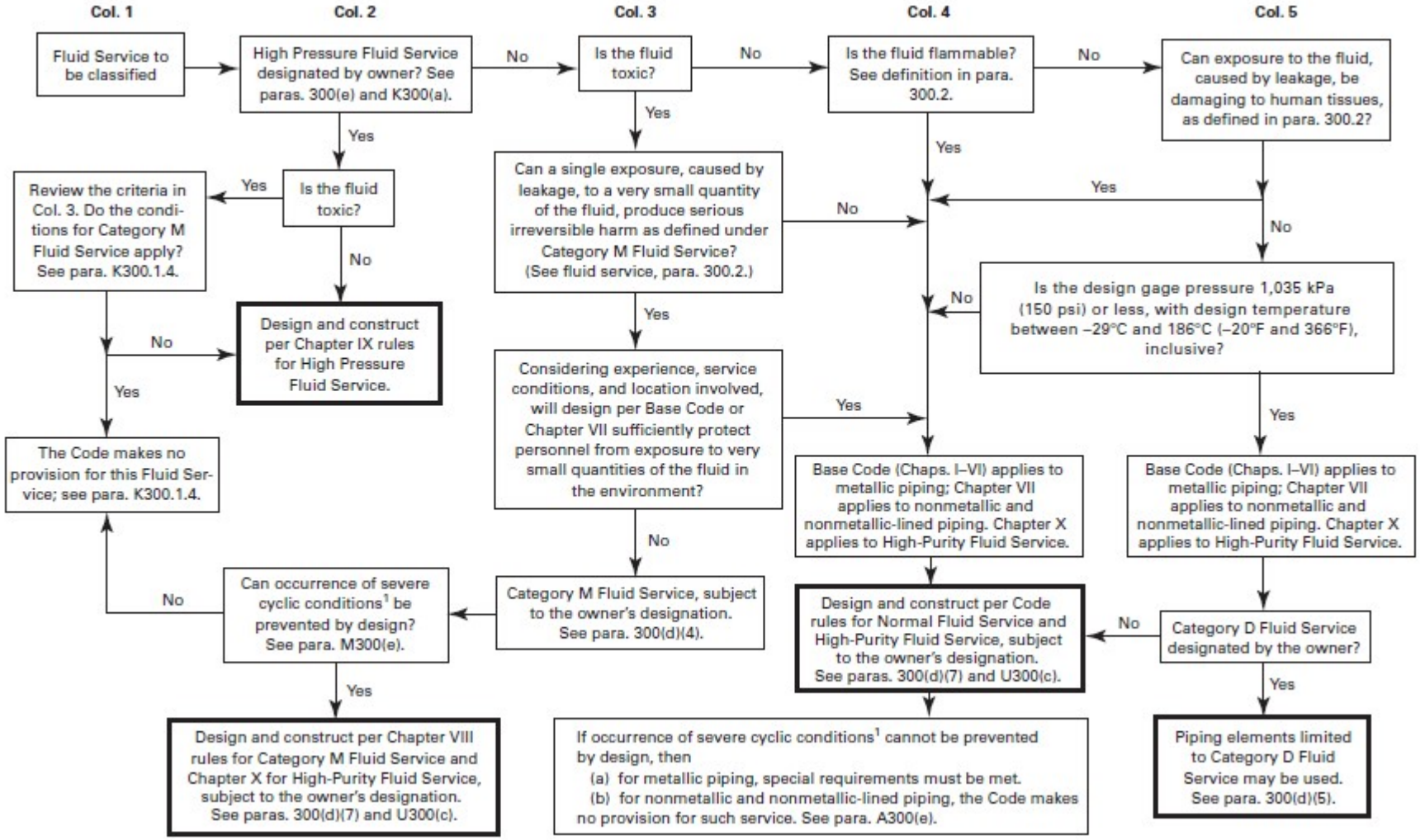


4. **Lista dos poluentes tóxicos do ar conforme EPA – United States Environment Protection Agency**

The Clean Air Act Amendments of 1990 List of Hazardous Air Pollutants
http://www.epa.gov/ttn/atw/orig189.html

5. Guia da Norma ASME B31.3 para caracterização do Serviço do Sistema de Tubulações

Figure M300 Guide to Classifying Fluid Services



GENERAL NOTES:
(a) See paras. 300(b)(1), 300(d)(4) and (5), and 300(e) for decisions the owner must make. Other decisions are the designer's responsibility; see para. 300(b)(2).
(b) The term "fluid service" is defined in para. 300.2.
NOTE:(1) Severe cyclic conditions are defined in para. 300.2. Requirements are found in Chapter II, Parts 3 and 4, and in paras. 323.4 and 341.4.3.