Serviços Tóxicos
– Critérios de Classificação e Requisitos de Instalação –

1. Introdução

Os procedimentos especificados neste documento visam estabelecer critérios para identificação, prevenção e proteção de sistemas industriais, que operam com fluidos poluentes e tóxicos, com riscos significativos à integridade física, saúde e segurança das pessoas, sujeitos a possíveis vazamentos ou emissões de líquido, gás ou de vapor do líquido contido.
A literatura técnica sobre poluição e a legislação ambiental concernente apontam vários tipos de substâncias poluentes tóxicos, causadoras de danos ao meio ambiente e à saúde humana.
Por exemplo, nos EUA, a *Clean Air Act* - Lei de Ar Limpo requer o controle dos poluentes atmosféricos tóxicos, também conhecidos como tóxicos do ar, emitidos particularmente de instalações industriais, mas também presentes nas cidades, no campo e no interior das residências.
Também há legislação brasileira pertinente ao controle das emissões poluentes.
Essa legislação ambiental cuida da qualidade mínima do ar que respiramos e impõe limites às emissões às indústrias.
São leis a nível federal, (CONAMA), estadual (CETESB, FEEMA, IAP,...) e municipais, que determinam padrões primários (valem para as grandes cidades) e os secundários (valem para o campo).

Por ordem de aumento da agressividade, essas substâncias poluentes tóxicos podem ser classificadas em:

- Compostos Orgânicos Voláteis ou COVs ou *VOCs-Volatile Organic Compounds;*
- Poluentes Voláteis Atmosféricos mais Perigosos do Ar ou *VHAPs-Volatile Hazardous Air Pollutants;*
- Substâncias extremamente tóxicas ou Letais ou *Extremely Hazardous Substances or Lethal.*

2. Normas de referência

- NR 15 - Norma Regulamentadora 15 - Atividades e Operações Insalubres

http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm

- Resolução CONAMA/Nº 003 de 28 de junho de 1990

Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR- Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100

- EPA-United States Environment Protection Agency
  VHAPs-Volatile Hazardous Air Pollutants

https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications
http://www.epa.gov/ttn/atw/orig189.html.

- CFR-Code of Federal Regulations:

CFR-Title 40 – Chapter I – Subchapter J – Part 355 – Subpart D – Appendix A to Part 355
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

- ASME Boiler & Pressure Vessel Code

Section VIII Division 1 Rules for Construction of Pressure Vessels
UW-2 Service Restrictions

- ASME Code for Pressure Piping, B31.3

Category M Fluid Service

- Method 21 - Determination of Volatile Organic Compound Leaks

https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-08/documents/method_21.pdf

- 40 CFR Appendix A-7 to Part 60, Test Methods 19 through 25E

Method 21 - Determination of volatile organic compound leaks
https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-7_to_part_60

- National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP)

https://www.epa.gov/stationary-sources-air-pollution/national-emission-standards-hazardous-air-pollutants-neshap-9

- Normas Petrobras
  As Normas Petrobras estão disponíveis para consultas no site de domínio público:

http://sites.petrobras.com.br/CanalFornecedor/portugues/requisitocontratacao/requisito_normastecnicas.asp

- Anexo 1
  Projeto, Fabricação, Inspeção e Testes de Vasos de Pressão em Serviço Tóxico
- Anexo 2
  Projeto, Fabricação, Montagem, Inspeção e Testes de Sistemas de Tubulação em Serviço Tóxico

3. Compostos Orgânicos Voláteis ou COVs

3.1. Características

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) em Inglês *VOC-Volatile Organic Compounds* são gases emitidos a partir de milhares de produtos químicos.
Os COVs incluem uma variedade de produtos químicos, alguns dos quais podem ter efeitos adversos a curto e em longo prazo sobre a saúde.
Os compostos químicos orgânicos são amplamente utilizados como ingredientes em produtos domésticos, por ex., vernizes, ceras, solventes, produtos de limpeza, desinfecção, cosméticos, desengordurantes, etc., e até mesmo os combustíveis contêm compostos químicos orgânicos.
Todos esses produtos podem liberar compostos orgânicos voláteis enquanto estão sendo utilizados e quando armazenados.
As concentrações das emissões de muitos COVs são consistentemente maiores no interior dos estabelecimentos e residências (até dez vezes mais altas) do que ao ar livre.
Enquanto as pessoas estão usando produtos que contêm compostos químicos orgânicos, eles se expõem e a outros a níveis altamente poluentes, e concentrações elevadas podem persistir no ar ainda depois que a atividade foi concluída.
Segundo a Agência de Proteção Ambiental Americana-EPA, todo o composto de carbono - excluindo-se CO, CO_2, ácido carbônico, carbetos metálicos ou carbonatos e carbonato de amônio - que participam das reações fotoquímicas na atmosfera, são classificados como compostos orgânicos voláteis (COVs).
Estão incluídos nesta definição: hidrocarbonetos, aldeídos, álcoois e ácidos carboxílicos.
O órgão ambiental norte americano EPA-*Environment Protection Agency* desenvolveu normas ou padrões para controlar essas emissões, a partir de fontes de vazamentos e emissões em plantas industriais.
Esses padrões são baseados em níveis de emissões passíveis de serem alcançados pelas indústrias, em fontes controladas e chamadas de baixa emissão *low emission*.
Os compostos orgânicos voláteis possuem características intrínsecas (por ex.: odoríferos, irritantes, cancerígenos...), que podem causar efeitos específicos maléficos à saúde, a depender: da natureza do contaminante, do organismo que está sendo exposto e do padrão de exposição (em termos de quantidade e frequência).
Quando liberados para a atmosfera os COVs participam, em maior ou menor grau, de reações fotoquímicas (induzidas pela luz do sol) com óxidos de Nitrogênio (NOx - formados e liberados em processos de combustão). São centenas de reações diferentes, com etapas intermediárias, ocorrendo de modo simultâneo e envolvendo um número indeterminado de reagentes. Destas reações resulta uma mistura de poluentes danosos à saúde: os oxidantes fotoquímicos, que compõem a chamada névoa fotoquímica ou “smog” fotoquímico, em que o principal produto é o Ozônio (O_3).

3.2. Efeitos nocivos do Ozônio

Próximo ao nível do solo este poluente Ozônio causa danos à saúde e à vegetação.
Por isso, o Ozônio é utilizado como indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera, com a finalidade de classificar a qualidade do ar de determinada região, ou seja, o grau de poluição atmosférica.
É importante se fazer a distinção entre o ozônio estratosférico e o troposférico.

O Ozônio estratosférico, que constitui a camada de ozônio a cerca de 30 km de altitude, é chamado de “bom Ozônio” e é importante para a filtração dos raios UV-Radiação Ultra Violeta.
Já o Ozônio troposférico (ao nível do solo) tem efeitos adversos à saúde e à vegetação, sendo chamado de “mau Ozônio”.
São fenômenos isolados, não havendo interação entre os dois.

3.3. Controle da poluição do ar

Visando a qualidade do ar e a saúde da população, a legislação ambiental brasileira faz uso de padrões de qualidade do ar e de limites de emissão.
De forma sucinta, os padrões de qualidade do ar são concentrações máximas permitidas de determinados poluentes presentes na atmosfera, voltadas ao bem estar e a saúde da população e a preservação do meio ambiente.
Já os limites de emissão são valores máximos permitidos para o lançamento de poluentes na atmosfera.

Com relação aos padrões de qualidade do ar, a Resolução CONAMA/Nº 003 determina que são as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.
Essa resolução estabelece os Padrões de Qualidade do Ar para várias substâncias e para o Ozônio fixa a concentração média de 1 (uma) hora, de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
No entanto, para limites de emissão de COVs, a legislação ambiental do Brasil não estabelece orientações.

A solução que se adota é, indiretamente a partir dessa limitação de Ozônio presente na atmosfera, controlar as emissões dos COVs, uma vez que este poluente é formado na atmosfera através das reações entre COV e NOx.

É importante ressaltar que não há limites de emissão para o Ozônio, pois ele é resultado das reações fotoquímicas que acontecem na atmosfera.
Quanto mais saturada em Ozônio for uma determinada região, maiores são as restrições ambientais para a emissão de COVs.
Não é difícil perceber que grandes centros urbanos e regiões de alta industrialização são locais onde as restrições relativas às emissões de COVs são maiores.
Assim, a depender do empreendimento industrial e de seu montante de emissões, sua ampliação ou instalação está sujeita à compensação das emissões a serem acrescidas, nos acordos de licenciamento ambiental.

4. Poluentes Voláteis Mais Perigosos do Ar Atmosférico ou VHAPs

Algumas substâncias COVs são classificadas como *VHAPs- Volatile Hazardous Air Pollutants*, pois são os poluentes atmosféricos mais perigosos, também conhecidos como poluentes atmosféricos tóxicos ou tóxicos para o ar.
A exposição aos VHAPs pode causar câncer ou outros impactos sérios para a saúde, como efeitos reprodutivos ou defeitos congênitos, e alguns são considerados substâncias letais.
Os principais poluentes mais perigosos do ar, denominados *VHAPs-Volatile Hazardous Air Pollutants*, encontram-se em uma lista, emitida e controlada pelo órgão ambiental norte americano *EPA-United States Environment Protection A*gency, nos *sites*:
https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications
http://www.epa.gov/ttn/atw/orig189.html.
Diferentemente dos COVs, o efeito dos Poluentes Atmosféricos Voláteis mais Perigosos-VHAPs ou fluidos tóxicos é direto, isto é, não depende de reações químicas ou fotoquímicas para gera-los e são muito agressivos aos seres humanos.
As suas maiores concentrações tendem a ser mais próximas da fonte de emissão.
Alguns VHAPs, comumente emitidos nas refinarias e plantas químicas incluem acetaldeído, benzeno, formaldeído, cloreto de metileno, naftaleno, tolueno e xileno.

A geração dos COVs e dos VHAPS é consequência inevitável do processamento da matéria prima, que são os compostos das cadeias de hidrocarbonetos provenientes do petróleo, logo compete, principalmente, à indústria de óleo&gás cercear e controlar os possíveis vazamentos, evaporações e emissões desses venenos tóxicos.

5. Substâncias Extremamente Tóxicas ou Letais

As substâncias classificadas como **muito ou extremamente tóxicas** são aquelas que podem provocar morte, ou danos severos crônicos e irreversíveis à saúde, através da inalação, ingestão, ou absorção pela pele, mesmo de pequenas quantidades.
São as substâncias letais, a que se refere o código, de projeto e fabricação de equipamentos pressurizados, *ASME Sec VIII Div 1 parágrafo UW-2 Service Restrictions*, como transcrito a seguir:
"When vessels are to contain lethal substances, either liquid or gaseous,…, of such a nature that a very small amount mixed or unmixed with air is dangerous to life when inhaled, it shall be the responsibility of the user and/or his designated agent to determine if it is lethal.
By "lethal substances" are meant poisonous gases or liquids of such a nature that a very small amount of the gas or of the vapor of the liquid mixed or unmixed with air is dangerous to life when inhaled. For purposes of this Division, this class includes substances of this nature which are stored under pressure or may generate a pressure if stored in a closed vessel."
Traduzindo:
"Quando os vasos de pressão devem conter substâncias letais, líquidas ou gasosas, .., de tal natureza que uma quantidade muito pequena, misturada ou não misturada com o ar, é perigosa para a vida quando inalada, será da responsabilidade do usuário e/ou do seu agente designado determinar se a substância é letal.
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 inalado. Esta classe inclui substâncias desta natureza que são armazenadas sob pressão ou podem gerar uma pressão se armazenadas em vasos fechados."

Semelhantemente, para os sistemas de tubulação, que interligam esses equipamentos, há a norma ASME B31.3: "fluids Category M";
"Category M Fluid Service: a fluid service in which the potential for personnel exposure is judged to be significant and in which a single exposure to a very small quantity of a toxic fluid, caused by leakage, can produce serious irreversible harm to persons on breathing or bodily contact, even when prompt restorative measures are taken."
Traduzindo:
"Serviço com fluidos Categoria M é um serviço em que o potencial de exposição das pessoas é considerado significativo e em que uma única exposição a uma quantidade muito pequena de um fluido tóxico, causada por vazamento, pode causar danos irreversíveis sérios às pessoas que respiram ou em contato corporal, mesmo quando são tomadas medidas de restauração rápidas."

Nota: O ASME é uma entidade norte americano *The American Society of Mechanical Engineers* ou, em português, "A Sociedade dos Engenheiros Mecânicos dos Estados Unidos".
É uma organização sem fins lucrativos, em que as principais atividades estão centradas em:

- Promoção da ciência e engenharia através da organização de congressos e simpósios;
- Especialização dos engenheiros mediante cursos e palestras;
- Elaboração de normas e regulamentos técnicos.

Para os equipamentos e tubulações que contêm ou processem as substâncias, consideradas tóxicas e letais, o próprio código ASME determina vários requisitos especiais, mais restritivos, para projeto e fabricação.
Conforme o ASME o proprietário da instalação é o responsável por definir que fluidos, líquidos, vapores e gases são considerados substâncias letais.
Para auxiliar nesta tarefa, segue o *site* que informa as principais substâncias extremamente tóxicas ou letais.

A lista das substâncias extremamente perigosas ou letais está no *site* da legislação norte americano CFR-*Code of Federal Regulations*:
CFR-Title 40 – Chapter I – Subchapter J – Part 355 – Subpart D – Appendix A to Part 355
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

6. Serviço Tóxico

6.1. Definições

- **Fluido Tóxico VHAP**

É o poluente atmosférico tóxico ou tóxico para o ar, que misturado ou não com o ar ambiente, quando inalado, causa câncer ou outros sérios danos para a saúde, tais como males reprodutivos ou defeitos congênitos, além de efeitos adversos para o meio ambiente.
Para este trabalho, são nomeados fluidos tóxicos VHAPs os poluentes atmosféricos voláteis mais perigosos, classificados como VHAPs-*Volatile Hazardous Air Pollutants* na lista, emitida e controlada pelo órgão ambiental norte americano *EPA-United States Environment Protection A*gency, informada nos *sites*:
https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications
http://www.epa.gov/ttn/atw/orig189.html.

- **Fluido Letal**

É caracterizado como uma substância tóxica que é letal, isto é, aquele em que a exposição humana a uma quantidade, ainda que pequena, de gás, líquido ou de vapor de seu líquido, misturado ou não com o ar ambiente, é extremamente perigosa, causando sério e irreversível dano às pessoas, por ingestão, inalação ou contato corporal.
As vias pelas quais os produtos químicos tóxicos e letais podem entrar em contato com o nosso organismo são três: inalação, absorção cutânea e ingestão.
A inalação é a via mais rápida de entrada de substâncias para o interior do corpo e é a mais comum.
Já com relação à absorção cutânea, se pode dizer que existem duas formas das substâncias tóxicas agirem. A primeira é como tóxico localizado, onde o produto em contato com a pele age na sua superfície, provocando uma irritação primária e localizada. E a segunda forma, é como tóxico generalizado, quando a substância tóxica reage com as proteínas da pele ou mesmo penetra através dela, atinge o sangue e é distribuída para o organismo, podendo atingir vários órgãos. Quanto à ingestão, esta é considerada uma via de ingresso secundário, uma vez que tal fato somente ocorre com menor frequência.
Para este trabalho, são consideradas substâncias letais as listadas como substâncias extremamente perigosas-*Extremely Hazardous Substances*, no *site* da legislação norte americano CFR-*Code of Federal Regulations*:
CFR-Title 40 – Chapter I – Subchapter J – Part 355 – Subpart D – Appendix A to Part 355
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

- **Serviço Tóxico**

Os conceitos de Fluido Tóxico VHAP e Fluido Letal são muito próximos, considerando os graves danos esperados para as pessoas expostas, por isso, indistintamente, são denominados Fluido Tóxico.
Serviço Tóxico é a condição de operação ou de armazenamento, em uma planta de processamento químico, caracterizada pela presença de um Fluido Tóxico com risco de contaminação ambiental e à saúde humana.
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 para ser tratada de Serviço Tóxico.

- **Equipamentos em Serviço Tóxico**

São aqueles que contêm ou processam um fluido tóxico, pressurizado ou em condições de gerar pressão, quando contido em equipamento fechado, com risco potencial significativo de exposição das pessoas, em caso de vazamento.

- **Sistemas de Tubulação em Serviço Tóxico**

São aqueles que operam com um fluido tóxico, com risco potencial significativo de exposição das pessoas, em caso de vazamento.

- **Emissões**

São perdas por vazamento da ordem de até 10000 ppm, toleradas no caso de fluidos não tóxicos, por ex. vapor d'água.
Por não provocarem dano ao meio ambiente ou ao homem, é possível a convivência durante a operação com as emissões, porém assumem importância econômica pela grande quantidade de pontos de vazamento, como exemplo as inúmeras válvulas e ligações flangeadas, existentes em uma planta industrial.

- **Emissões fugitivas**

Por emissões fugitivas entendem-se os vazamentos de compostos voláteis COVs e VHAPs, dos fluidos de processo, provenientes da operação dos equipamentos e tubulações nas instalações industriais.

- **Evaporações ou emanações**

São as fugas provenientes de: Tanques de armazenamento; ETDI-Estação de Tratamento de Despejos Industriais; SAO-Separadores de Água e Óleo; "Land-farming" ou Lagoa de Aeração.

- **Hidrocarbonetos não queimados**

São provenientes de queima incompleta de óleo e gases em: Caldeiras; Fornos; Incineradores; Turbinas a gás; Flares ou Tochas.

- **Vazamento propriamente dito**

Normalmente, os vazamentos identificados visualmente correspondem a concentrações acima de 10 000 ppm e ocorrem por perda de estanqueidade em ligações flangeadas ou falha estrutural como trincas ou furos.

6.2. Critérios estabelecidos para classificação de Serviço Tóxico de substâncias mais comumente encontradas nas instalações industriais

As refinarias de petróleo são fontes significativas de poluentes nocivos tanto na escala global (gases de efeito estufa) quanto na escala regional ou local (contaminantes e poluentes tóxicos do ar), resultando em grave impacto desta poluição no meio ambiente e na saúde pública.

O termo "gases de efeito estufa" geralmente se refere principalmente às seguintes substâncias:

- Dióxido de carbono (CO_2),
- Metano (CH_4),
- Óxido nitroso (N_2O)

Os gases de efeito estufa são emissões que contribuem para a mudança climática global.

Já os poluentes tóxicos do ar, também conhecidos como contaminantes tóxicos do ar, têm impactos localizados, que podem resultar em riscos para a saúde humana.
Os poluentes tóxicos geralmente são emitidos em quantidades muito menores do que os gases de efeito estufa e podem variar consideravelmente em sua toxicidade relativa, ou seja, alguns causam impactos na saúde em concentrações mais baixas que outros.
Os principais poluentes tóxicos emitidos pelas 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 (H_2S) e cloreto de Hidrogénio;
- Monóxido de Carbono (CO);
- Dióxido de Nitrogênio (NO_2) e óxidos de Nitrogênio (NOx);
- Material Particulado e Poeiras;
- Dióxido de Enxofre (SO_2);

A seguir, são especificadas as condições para classificação de Serviço Tóxico, de algumas substâncias geralmente encontradas nas instalações de processamento de óleo&gás.

6.2.1. Serviço Tóxico com Gás Sulfídrico ou Sulfeto de Hidrogênio - H_2S

O H_2S é um gás hipersensibilizante, venenoso e dependendo da concentração é capaz de paralisar o sistema respiratório humano e matar em questão de minutos.
Densidade de 1,19 em relação ao ar, por isso nos vazamentos fica próximo ao solo, ao nível de respiração das pessoas, sendo um dos mais perigosos poluentes atmosféricos.

Toxicidade do gás sulfeto de Hidrogênio-H_2S	
Em baixas concentrações tem odor forte e desagradável, semelhante ao de ovo podre. É considerado seguro em até 8 horas diária de exposição.	0.03 ppm máximo
Pode causar irritação ocular. O uso de máscara é necessário, pois prejudica o metabolismo.	4 ppm
Exposição máxima 10 minutos. O olfato desaparece em 3 a 15 minutos. Causa visão nebulosa e lesão na garganta. Reage violentamente com enchimentos de amálgama de mercúrio dental.	10 ppm
A exposição por mais de 1 minuto causa lesões graves aos nervos óticos e perda de olfato.	20 ppm
Causa inconsciência rapidamente (15 minutos no máximo). Paralisia respiratória em 30 a 45 minutos. É necessária a ressuscitação artificial imediata.	100 ppm
Em poucos minutos, lesões oculares graves e danos permanentes aos nervos óticos. Dor aguda nos olhos e de garganta.	200 ppm
Imediatamente, perda da capacidade de raciocinar e de equilíbrio. Paralisia respiratória em 15 minutos	300 ppm
Causa asfixia e inconsciência em 3 a 5 minutos. Precisa de pronto resgaste e ressuscitação artificial imediata.	500 ppm
Inconsciência imediata. Dano cerebral permanente, respiração suspensa e morte imediata.	700 ppm

Considera-se concentração letal a partir do teor de 500 ppm, pois, é quando o H_2S mata em instantes.

O critério utilizado para classificar o <u>Serviço Tóxico com H_2S</u> é:

- Para tubulação:
  Teor $H_2S \geq 3\%$ em peso no líquido ou 500 ppmv no vapor
  Classificação: Fluido Categoria "M" do código ASME B31.3
- Para Vaso de pressão:
  Teor $H_2S \geq 3\%$ em peso no líquido ou 500 ppmv no vapor
  Classificação: Fluido Letal conforme ASME Sec VIII Div 1 UW-2.

6.2.2. Serviço Tóxico com Benzeno

Conforme estabelecido na NR 15 - Atividades e Operações Insalubres - Anexo XIII-A – Benzeno, no Brasil o atual limite de tolerância à exposição ao Benzeno, que não exclui o risco à saúde, é:

- 1,0 (um) ppm (3,2 mg/m³ ar nas CNTP) para qualquer empresa que produza, transporte, armazene, utilize ou manipule benzeno e suas misturas líquidas, contendo 1 % (um por cento) ou mais em volume, e aquelas por elas contratadas; incluem-se nesta exigência as refinarias de petróleo, as industrias petroquímicas e químicas que utilizam o benzeno em processos de síntese química, e em trabalhos de análise ou investigação realizados em laboratório, quando não for possível sua substituição;
- 2,5 (dois e meio) ppm para as empresas siderúrgicas.

O padrão da OSHA é também manter o ambiente sempre abaixo de 1ppm de presença de Benzeno.

O critério utilizado para classificar o Serviço Tóxico com Benzeno é:

- Para tubulação

Devido ao aspecto cancerígeno do Benzeno e demais hidrocarbonetos aromáticos, todas as tubulações com correntes, contendo 1% ou mais de Benzeno e 25% ou mais dos aromáticos C_7 até C_9, são consideradas em Serviço Tóxico.

- Para Vasos de pressão

Considerar Serviço Tóxico a partir de 100 ppm em peso de Benzeno.

6.2.3. Serviço Tóxico com Aromáticos BTX – Benzeno, Tolueno e Xileno

Produtos envolvidos: C5+, naftas, gasolinas, reformados e derivados aromáticos.
Contaminantes: Correntes com teor de Benzeno maior ou igual que 1% em volume e presença de outros aromáticos como Xileno e Tolueno

O critério utilizado para classificar o Serviço Tóxico com Aromáticos é:

- Classificar como Serviço Tóxico com Benzeno as correntes, simples ou bifásicas, com teor de Benzeno, presente no líquido ou no gás, maior ou igual que 1% em volume, processadas ou armazenadas nos equipamentos e tubulações, independentemente da pressão ou temperatura de operação;
- Classificar como Serviço Tóxico com Aromáticos as correntes com 25% ou mais em volume de Xileno e/ou Tolueno (C_7 até C_9), presentes nos equipamentos e tubulações, independentemente da pressão ou temperatura de operação.

6.2.4. Serviço Tóxico com Monóxido de Carbono - CO

O monóxido de Carbono é um gás venenoso que não tem cheiro ou sabor e quando inalado, dependendo da concentração, é capaz de matar sem se perceber o perigo.
Depois que o monóxido de Carbono é respirado, ele entra na corrente sanguínea e se mistura com hemoglobina (a parte dos glóbulos vermelhos que transportam Oxigênio ao redor do corpo). Quando isso acontece, o sangue não é mais capaz de transportar Oxigênio, e essa falta de Oxigênio faz com que as células e os tecidos do corpo falhem e morram.

Toxicidade do gás monóxido de Carbono-CO	
Limite de tolerância (LT)	Até 33 ppm.
Dor de cabeça	Acima de 200 ppm
Palpitações	De 1000 a 2000 ppm
Inconsciência	De 2000 a 2500 ppm
Morte	Acima 4000 ppm

Nota: Limite de tolerância (LT) é a concentração ou intensidade de agentes nocivos abaixo da qual a maioria dos seres expostos não deverá apresentar danos específicos à saúde, durante a vida laboral, de jornadas de 48 horas semanais.

O critério utilizado para classificar o Serviço Tóxico com CO é:

- Para vasos de pressão e tubulações:

Teor CO ≥ 2000 ppmv

6.3. Procedimento de monitoração de instalação industrial caracterizada como em Serviço Tóxico

Nas instalações como refinarias de petróleo, petroquímicas, plantas químicas e termelétricas, é sabido que a liberação sistemática de COVs, VHAPs e substâncias letais para o meio ambiente se faz através de tubulações e equipamentos, e engloba as perdas provenientes das seguintes principais fontes das emissões fugitivas, dentro e fora das unidades de processo:

a. Componentes montados em tubulações e equipamentos: válvulas e acessórios;
b. Conexões flangeadas;
c. Componentes de máquinas de fluxo, por exemplo: selos de bombas, compressores e turbinas a gás;
d. Válvulas de segurança e alívio de pressão, abrindo diretamente para a atmosfera;
e. Ações operacionais de amostragem, drenagem ou purga manual de equipamentos;

f. Tubulações de extremidade aberta.

Quando o vazamento é de porte ou visível, a avaliação das perdas e as providências para reparo costumam ser imediatas.
No entanto, quando o vazamento é a emissão fugitiva, praticamente imperceptível, pois é de pequena monta e invisível, à primeira vista, a tendência seria desconsiderar esse vazamento.
Porém, há dois argumentos que desaprovam essa tendência:

a. É característica das emissões fugitivas o grande número de fontes, que contabilizadas levam às enormes perdas de produtos valiosos e as consequentes perdas financeiras;
b. Outro fator é que a maior parte das emissões fugitivas é de fluidos que contêm agentes poluentes, COVs e VHAPs, que são produtos tóxicos de consequências funestas ao ambiente e à saúde das pessoas.

O cumprimento da legislação, sobre os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos, obriga a um intenso trabalho de monitoramento preventivo das fontes em potencial de vazamentos ou de emissões fugitivas.
Para a execução e gestão desse monitoramento, a recomendação é aplicar o método de detecção e reparo de vazamento, conforme a metodologia do LDAR- *Leak Detection and Repair*, indicado pelo *Clean Air Act*, que é a lei americana sobre ar limpo, de formas a identificar locais de fugas de produtos químicos orgânicos voláteis e os reparar.
Os objetivos são a inspeção, a detecção e o reparo de vazamentos, emissões e emissões fugitivas.
Os procedimentos do LDAR geralmente incluem as seguintes fontes de emissões

• Selos de bomba;
• Selos de compressor;
• Selos de turbina a gás;
• Engaxetamento de agitador e de misturador;
• Válvulas;
• Flanges;
• Conectores;
• Linhas abertas;
• Dispositivos de alívio de pressão;
• Conexões de amostragem;
• Conexões de respiro e drenagem.

Conforme informações de literatura, as maiores fontes <u>normais</u> de vazamentos e emissões fugitivas são:
a) Castelos e hastes de válvulas;
b) Ligações flangeadas de bocais de equipamentos, flanges de permutadores, válvulas e acessórios flangeados;
c) Selagem de eixos de bombas, compressores e turbinas a gás;
d) Válvulas de alívio e de segurança (PSVs).

As fontes consideradas <u>anormais</u> são trincas, furos e outros defeitos passantes em equipamentos e tubulações.

Este monitoramento é realizado com inspeção e medição nos locais de possíveis vazamentos e emissões, previamente identificados e cadastrados, baseado no método EPA Method 21, com medição no campo, através de um aparelho “sniffer” analisador de chama ionizante, muito próximo do ponto de emissão, equipado com um dispositivo de coleta de dados.
A escala total desse aparelho de medição de emissão fugitiva deve variar entre 0,5 a 20 000 ppm, permitindo assim que os padrões de emissão sejam precisamente caracterizados e que os vazamentos sejam identificados. Este instrumento deve ser aprovado para uso em ambiente classificado pelo Senelec Gas Group II C, Zona 1 e Zona 2, garantindo assim uma operação segura.

A forma de se atender à legislação brasileira (Resolução CONAMA/Nº 003), que determina o limite máximo da concentração de Ozônio no meio ambiente, como sendo a concentração média de 160

(cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, medida durante uma hora, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano, é exercer o controle efetivo das emissões de COVs, que são os precursores da geração de Ozônio no ambiente, e das emissões de VHAPs, em cada fonte potencial.
Para isso é necessário estabelecer-se os níveis máximos de emissões fugitivas de COVs e VHAPs, por tipo de fonte.

O recurso é adotar normas similares, como as normas nacionais dos EUA, de emissão de poluentes atmosféricos perigosos, listadas e detalhadas no documento 40 CFR Part 63, Subpart H - National Emission Standards for Organic Hazardous Air Pollutants for Equipment Leaks (Padrões Nacionais de Emissão de Poluentes Orgânicos Perigosos do Ar para Vazamentos de Equipamentos).
Nelas se tem os seguintes limites de vazamentos por emissões fugitivas de fluidos contendo COVs e VHAPs, variáveis a depender do equipamento ou componente:

- Máximo de 500 ppm: em válvulas, conexões flangeadas e linhas abertas,
- Máximo de 1 000 ppm: em dispositivos de alívio de pressão, bombas, compressores e turbinas a gás;
- Máximo de 10 000 ppm: em agitadores e misturadores.

Assim, quando essa emissão do foco se diluir no ambiente, a presença de poluente ao nível de respiração das pessoas, está abaixo de limite.

A medição da emissão fugitiva é conforme estabelecido no documento *40 CFR Appendix A-7 to Part 60, Test Methods 19 through 25E Method 21 - Determination of volatile organic compound leaks*, no *site* https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-A-7_to_part_60
e se acima dos limites acima, se deve reparar o local para remover o vazamento ou emissão.

O reparo dos componentes, que apresentam emissões acima dos limites, deve ser o mais rápido possível, normalmente 5 dias para uma primeira tentativa de reparo e 15 dias para a tentativa final de reparo, após o vazamento ou emissão ser detectado.

Após o 1º ciclo de medições e o devido reparo, em todas as fontes de potencial vazamento, se estabeleceu a seguinte frequência de monitoramento:

- Mensalmente: bombas, agitadores, misturadores;
- Trimestralmente: válvulas, conexões flangeadas, sistemas de instrumentação e dispositivos de alívio de pressão;
- Semestralmente: compressores e turbinas a gás.

O prazo para o reparo é definido da seguinte forma:

- Vazamento de líquido leve ou pesado, gás e vapor superior a 500 ppm, mas abaixo de 10 000 ppm

5 dias de calendário

- Vazamento de líquido leve ou pesado, gás e vapor superior a 10 000 ppm, mas abaixo de 25 000 ppm

2 dias de calendário

- Vazamento de líquido leve ou pesado superior a 3 gotas por minuto

1 dia do calendário

- Qualquer vazamento superior a 20 000 ppm

1 dia do calendário

As primeiras tentativas de reparação incluem as práticas de manutenção de execução imediata, sempre que possível e apropriado.
Por exemplo, no caso de válvulas:

- Apertar os parafusos do castelo da válvula;
- Substituição dos parafusos do castelo da válvula;
- Apertar as porcas da caixa de gaxetas da haste da válvula;

- Injeção de lubrificante em caixa de gaxetas lubrificadas.

Isto envolve um programa de inspeção periódica, monitorando cada fonte potencial de vazamento ou emissão fugitiva, de fluidos contendo COVs e VHAPs, ou seja, o conjunto de equipamentos e acessórios de tubulação, que compõem as unidades industriais; os terminais marítimos de recebimento e exportação de óleo e gás; os oleodutos e gasodutos que transportam petróleo e derivados; as estações de carregamento e bases terrestres de distribuição de derivados; e até mesmo os postos de venda de combustíveis nas cidades e rodovias.

Reduções reais das perdas fugitivas de 50% a 75%, nos equipamentos e tubulações que operem com fluidos COVs e VHAPs, são atingidas com as seguintes providências simples:

Em Válvulas	Substituição das gaxetas tradicionais por gaxetas de baixa emissão nas válvulas de bloqueio e de controle. Uso preferencial das válvulas tipo esfera, com sede confeccionada de material resiliente, dupla selagem, com fechamento por movimento de 90º.
	Uso preferencial de gaxetas feitas de grafite ou teflon (PTFE). Aplicação de compressão constante nas gaxetas por meio de molas especiais.
Conexões flangeadas	Substituição da junta de vedação e controle do aperto de montagem dos parafusos e estojos e do reaperto em operação.
Maquinas de fluxo: bombas, compressores, turbinas a gás	Utilização de selo mecânico em equipamentos rotativos.
PSVs - Válvulas de Alívio de Pressão	Instalação de disco de ruptura à montante das válvulas de segurança e alívio e interligação da descarga com a tocha.
Extremidades abertas de tubulações	Colocação de válvula de bloqueio e/ou tampão em extremidades abertas de tubulações.
Pontos de respiro, drenagem e amostragem.	Interligação desses pontos aos sistemas de recuperação ou destruição de emissões.

7. Requisitos específicos de instalações em Serviço Tóxico

O projeto e a construção de instalações industriais em Serviço Tóxico devem prever o atendimento a vários requisitos e cuidados específicos, que visam à proteção humana e ao meio ambiente.

7.1. Atenuação dos riscos na instalação:

a) Ventilação permanente forçada para o caso de recinto fechado;
b) Monitoração ambiental com dispositivo de detecção, alarmes e registradores de possíveis vazamentos;
c) Avisos delimitando as áreas de risco;
d) Pontos de vapor, localizados estrategicamente, para rápida dispersão de vazamentos;
e) Dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas e permanentemente desobstruídas;
f) Dispor de acesso fácil e seguro para as atividades de operação, manutenção e inspeção;
g) Dispor de iluminação permanente e de sistema de iluminação de emergência;
h) Acessos facilitados para evacuação e socorro;
i) Dispositivos de fechamento automático de tubulação para isolamento da área em caso de vazamento;
j) Considerando os ventos predominantes, isolar a unidade em relação à casa de controle, outras instalações industriais, limites das propriedades contíguas e locais de concentração de pessoas;
l) Equipamentos de proteção pessoal para os operadores, pontos de ar mandado e de 1º socorros, localizados estrategicamente;
m) Procedimentos e treinamento para atendimento imediato, na eliminação de vazamentos e atenuação de suas consequências;
n) Plano de emergência para interdição, evacuação e intervenção nos locais de vazamento;
o) Saídas de emergência;
p) Ilhas de sobrevivência.

7.2. Prevenção de acidentes, evitando a liberação de correntes tóxicas para a atmosfera:

a- Drenos, “vents”, sistemas de drenagem “blowdown” da unidade, de água contaminadas e de resíduos de coleta de amostras enviados para sistema fechado;

b- Sistema fechado de “pump out” (esgotamento) rápido dos equipamentos e tubulações, para vaso recebendo todas as correntes contaminadas e daí para reprocessamento ou área de tratamento local seguro:

- As linhas das conexões de amostragem devem ser com “loop” fechado, ou seja, com retorno para o próprio equipamento;
- A drenagem de líquidos pressurizados, de equipamentos e tubulações, que podem liberar o fluido tóxico, deve ser alinhada para um sistema dedicado fechado;

c- Sistema de detecção automática de vazamentos de gás junto aos equipamentos em Serviço Tóxico e em locais estratégicos, com alarme sonoro em painel;

d- Nas unidades de tratamento de remoção de Enxofre e de águas ácidas deve ser instalado sistema de detecção de H_2S;

e- Circuito interno de TV para monitorar continuamente a planta;

f- Sistema de ar condicionado, pressurizado, na casa de controle;

g-Sistema de comunicação em autofalante e alarme sonoro dentro da planta;

h-Lubrificação das caixas de mancais de máquinas e válvulas de grande porte com “oil mist purge” e sensor;

i- Uso de selo mecânico duplo com selagem conforme API 682 planos 53 ou 54 + 61 e detector de vazamento, em equipamentos rotativos e para bombas contendo os seguintes produtos:

- 1% de benzeno ou mais;
- Concentração de H_2S acima de 10 ppm para bombas localizadas em recinto fechado ou acima de 150 ppm para bombas localizadas ao ar livre ou qualquer concentração que, após falha de vedação, possa resultar em uma taxa de vazamento para a atmosfera acima de 1 g/s (7,9 lb / h) de H_2S;
- C5, C4, C3, C2 e hidrocarbonetos aromáticos;
- Densidades inferiores a 0,7 à temperatura de bombeamento;
- Temperatura operacional acima do ponto de autoignição;
- Fluido que se vaporiza nas condições ambientes.

j- “Vents” de selos de compressor com retorno para o processo ou alinhamento para Tocha;

k- Válvulas de segurança e alívio-PSVs com descarga para sistema fechado, alinhada para Tocha, e do tipo balanceada com fole;

l- Uso de “cap” ou “plug” nas válvulas de drenos e “vents”;

m- Minimizar as ligações flangeadas;

n- Uso de válvulas de baixa emissão, com gaxetas de grafite reforçado com fios de Inconel.

o- A drenagem de grandes inventários de fluido (líquido ou gás) tóxico, “pump-out” ou “blowdown”, deve ser realizada para sistema fechado, daí indo diretamente para reprocessamento ou tancagem adequada.

p- De forma alguma, a drenagem de fluidos de processo (líquidos ou gases) tóxicos é na rede de sistema aberto, devido ao elevado risco de contaminação ambiental e fogo seguido de explosão de fluidos inflamáveis.

q- A liberação de pequenos inventários de líquido tóxico, como estação de válvulas de controle, instrumentos de medição de nível-LGs, etc., não deve ser enviada para SAO-Separador de Água e Óleo, antes de uma avaliação dos riscos envolvidos.

7.3. Requisitos com relação ao atendimento a NR-13:

a) Para cada equipamento e sistema de tubulação, enquadrados em Serviço Tóxico, possuir livro de documentação próprio, com os documentos de projeto de fabricação, os relatórios das inspeções e testes durante a fabricação, e ainda todos os relatórios de inspeção durante a operação e dos reparos e/ou alterações realizadas em manutenção.

b) Possuir manual de operação próprio, em língua portuguesa, de fácil acesso aos operadores, contendo os procedimentos de operação de rotina, de partida e parada, de situações de emergência operacional e procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente;

c) A operação dessas plantas deve ser efetuada por profissional com treinamento de segurança de unidade de processo.

7.4. Requisitos particulares para Serviço com Benzeno e Aromáticos-BTX

7.4.1. Monitoramento

a- Alarme de comunicação de eventual falha com vazamento de equipamento e tubulação;
b- Amostrador de produto hermético tipo agulha bipartido;
c- Analisador contínuo tipo cromatógrafo, para detecção de Benzeno no ar nas áreas de circulação de operadores e pessoal de inspeção e de manutenção;
d- Analisadores em linha.

7.4.2. Bombas

Uso de selo duplo, conforme API-682 Plano 53, com fluido barreira limpo e pressurizado em pressão superior à da caixa de selagem do eixo, e:

a- Transmissor de nível do pote de selagem para a detecção de vazamentos;
b- Transmissor de pressão do espaço vapor do pote de selagem para assegurar que a pressão ficará acima da pressão da caixa de selagem. A pressurização do pote de selagem será com Nitrogênio da rede de distribuição da planta.

7.4.3. Tubulação

a- Implantar programa de monitoramento com medição de emissões fugitivas, em válvulas, ligações flangeadas e equipamentos;
b- Implantar sistemática de análise química das correntes que contêm Benzeno;
c- Utilizar válvulas para baixa emissão fugitiva com sistema de molas carga constante na sobreposta da caixa de gaxetas da haste.

7.4.4. Válvulas de alívio e segurança

Utilizar válvula de alívio e segurança do tipo balanceada com fole em serviços com fluidos tóxicos, corrosivos e viscosos, com descarga para sistema fechado.

7.4.5. Saúde ocupacional

a- Adotar programa de proteção respiratória e utilização de máscaras panorâmicas nas áreas com risco de concentração acima de 0,1 ppmv de Benzeno;
b- Emissão de CAT – Comunicação de Acidente de Trabalho para os casos de alteração hematológica, indicando quadro de intoxicação crônica por Benzeno, e restrição posterior à exposição ao Benzeno, Tolueno e Xileno

7.4.6. Sistemas de drenagem e ETDI-Estação de Tratamento de Despejos Industriais

a- Sistema de drenagem fechado para tanque de “slop” inertizado com Nitrogênio, nas unidades de processo e na área de tancagem de reformado, nafta, gasolina e Benzeno;
b- Implementar sistema fechado com selo de Nitrogênio nas caixas de chegada na ETDI, com exaustão e tratamento da corrente gasosa.

7.5. Requisitos a serem atendidos para projeto e fabricação de equipamentos e tubulações, que operam com Fluido Tóxico e Letal são definidos nos seguintes códigos ou normas.

- Para vasos de pressão: ASME Sec VIII Div 1 UW-2: Lethal fluids;
- Para sistemas de tubulação: ASME B31.3: Category M fluids.

Os equipamentos e tubulações dos sistemas industriais, classificados como operando em Serviço Tóxico, deverão atender a requisitos particulares, que garantam a confiabilidade operacional e a segurança pessoal.

Estes requisitos estão estabelecidos nos seguintes documentos, contidos como Anexos deste documento.

- Anexo 1:

Procedimento para projeto, fabricação, inspeção e testes de vasos de pressão em Serviço Tóxico;

- Anexo 2:

Procedimento para projeto, fabricação, montagem, inspeção e testes de sistemas de tubulação em Serviço Tóxico.

Anexo 1
Projeto, Fabricação, Inspeção e Testes de Vasos de Pressão em Serviço Tóxico

1. Conceituação e Objetivos

1.1. Os equipamentos de caldeiraria, de um sistema industrial, são classificados como em **Serviço Tóxico**, quando operam com um **fluido tóxico** 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 que contenham esse fluido tóxico pressurizado ou que possa gerar pressão, quando contidos em vaso fechado, e em que o risco de exposição de pessoa(s), no caso de vazamento, é considerado significativo, devem ser projetados e construídos de acordo com os requisitos especificados neste procedimento.
Os Fluidos Tóxicos incluem:

- Fluido Letal

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

- Fluido Tóxico VHAP- *Volatile Hazardous Air Pollutants*

https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications
http://www.epa.gov/ttn/atw/orig189.html.
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 para ser de Serviço Tóxico.

1.2. Estas especificações são aplicáveis apenas às instalações que processem produtos tóxicos, ou que contenham contaminantes tóxicos, caracterizados como extremamente perigosos à vida humana.
Caso o equipamento seja sujeito a condições que acarretam a deterioração do tipo corrosão sob tensão ou fissuração induzida pelo Hidrogênio ou por ataque corrosivo eletroquímico, prevalecem as prescrições específicas mais rigorosas.

1.3. Para os equipamentos pertencentes ao Serviço Tóxico aplicam-se as prescrições estabelecidas no **parágrafo UW-2(a), para os equipamentos construídos conforme o código ASME Sec. VIII Div. 1 e as do parágrafo AG-301.1(c), para os de acordo com o ASME Sec. VIII Div. 2.**

1.4. Os requisitos especificados neste procedimento complementam as regras estabelecidas nos respectivos códigos ASME, acima nomeados.

1.5. No caso de dúvidas ou contradição prevalecem os requisitos mais rigorosos.

2. Normas a consultar

2.1. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho.
NR-13 Norma Regulamentadora de Caldeiras e Vasos de Pressão.

2.2. Petrobras
N – 253 Projeto mecânico e de fabricação de Vaso de Pressão;
N – 268 Fabricação de Vasos de Pressão;
N – 466 Projeto mecânico e de fabricação de Permutadores de Calor
http://sites.petrobras.com.br/CanalFornecedor/portugues/requisitocontratacao/requisito_normastecnicas.asp

2.3. ASME
ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II: Materials
ASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. VIII Div. 1 Rules for Construction of Pressure Vessels
ASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. VIII Div. 2 Rules for Construction of Pressure Vessels-Alternative Rules

2.4. TEMA R
Standards of the Tubular Exchangers Manufacturers Association

3. Requisitos de projeto
3.1. As soldas de partes pressurizadas dos vasos de pressão e trocadores de calor em "Serviço Tóxico" devem:
a) Ser de topo, com penetração total e ter inspeção por radiografia total (100%);
b) Ser submetidos ao alívio térmico das tensões residuais de fabricação e soldagem, exceto para aqueles fabricados em aço inoxidável austenítico.

3.2. Em permutadores de calor são aplicáveis estes requisitos, ao lado que for identificado como em **Serviço Tóxico**.

3.3. Em trocadores de calor do tipo resfriador a ar ("air coolers") aplicar estes requisitos aos cabeçotes e ao feixe de tubos.

3.4. Em todos os documentos do projeto mecânico e de fabricação devem estar estampados com destaque: "**Serviço Tóxico**".
3.5. O equipamento deve ter placa de identificação, informando a classe do fluido e a categoria do vaso, conforme Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho NR-13.

3.6. Bocais e juntas de vedação.
3.6.1. Todos os bocais serão do tipo terminação para solda de encaixe, de topo ou flangeada, sendo o diâmetro mínimo para os bocais ϕ1". Não são permitidos bocais rosqueados.

3.6.2. 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.

3.6.3. Para os flanges de diâmetros acima de ϕ12", alternativamente, é permitido a utilização de flanges de pescoço fabricados de anel de chapa ou barra rolados, conforme as regras do ASME Sec. VIII Div. 1 ou Div. 2, como aplicável. A chapa ou barra deverá ser inspecionada com 100% UT após a conformação, sendo permitido até duas seções de chapa ou barra. Antes da solda de fechamento, os chanfros serão examinados com MT. A solda pronta terá 100% RT. A usinagem do pescoço só poderá ser executada após a realização de toda as fases da inspeção.
Os critérios de execução e aceitação dos exames não destrutivos serão conforme ASME Sec. VIII Div. 1 ou Div. 2, como aplicável.

3.6.4. 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.

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

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

3.6.7. 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 de extremidade para solda de encaixe e fechadas com niple e tampão.

3.7. Os flanges principais no corpo de permutadores de calor e de vasos de pressão devem ser do tipo para junta confinada, conforme TEMA R-6.2.

3.8. 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.
3.9. Não são admitidos furos sentinelas ("telltale holes") em parede, partes e componentes pressurizados.

4. Requisitos para os materiais de construção
4.1. Só são aceitáveis materiais conforme especificação ASME Sec. II.
Como alternativa, a ser aprovada em cada caso pelo Proprietário, serão aceitos materiais equivalentes aos do ASME Sec. II, desde que padronizados em normas internacionais de reconhecimento internacional.

4.2. Não são permitidas partes e/ou componentes em ferro fundido para os vasos de pressão.

4.3. Quando for empregado chapa com revestimento metálico, tipos "clad" ou "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 SA-265 do ASME Sec.II. O revestimento tipo "lining" de tiras ou chapa não é permitido.

4.4. 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.

4.5. 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 "eddy current" e testados quanto à suscetibilidade à corrosão, por imersão em meio ácido, conforme ASTM A-262. .

4.6. Os tubos para pescoço de bocais e distribuidores internos dos vasos de pressão devem ser sem costura até o diâmetro nominal de ϕ12". Para diâmetros superiores aceitam-se tubos com costura, de soldas de topo com penetração total, sem mata-juntas e totalmente radiografados.

5. Requisitos para fabricação e montagem
5.1. Os equipamentos fabricados com aço carbono, aço baixa liga e aço inoxidável não austenítico serão submetidos ao tratamento térmico para alívio das tensões residuais, oriundas da fabricação.
As condições desse tratamento térmico devem ser conforme as prescritas no ASME Sec. VIII Div.1 ou Div 2, como aplicável, não sendo autorizado o uso da alternativa da redução da temperatura de tratamento, compensado pelo consequente aumento do tempo de tratamento.
Para os equipamentos em aço carbono, o alívio térmico deve ser à temperatura de 620ºC, durante o tempo de 1hora por polegada de espessura, com o mínimo de 1 hora, mantidas as demais condições do código ASME.

5.2. Durante a fabricação as partes com conformação devem ter inspeção 100% UT, em toda a região conformada. Quando a elongação das fibras exceder a 5% deve haver tratamento térmico de alívio de tensões residuais.

Os critérios de execução e aceitação conforme o ASME Section VIII Div. 1 ou Div. 2, como aplicável.
As operações de conformação aqui consideradas são as de calandragem, prensagem, rebordeamento e mandrilagem.

5.3. As ligações de tubos x 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 "leak test" do ASME Sec. V.

6. Requisitos de inspeção e soldagem

6.1. Os procedimentos para soldagem e de inspeção ENDs-Ensaios Não-Destrutivos devem ser qualificados conforme ASME Sec. IX.

6.2. Os consumíveis e os processos de soldagem devem ser de baixo Hidrogênio.

6.3. Os soldadores e os inspetores devem ser qualificados, conforme ASME Sec. IX.

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

6.5. Todas as soldas de topo, em contato com o fluido, devem ser obrigatoriamente de penetração total e facilmente radiografáveis. Não é permitido o uso de mata-junta ou inserto consumível. A solda do passe de raiz deve ser executada com o processo TIG de soldagem, para os materiais Aço C, Aço Liga Cr-Mo e Aço Inoxidável.

6.6. Requisitos particulares para os vasos fabricados de Aço C e Aço Liga Cr-Mo:
6.6.1. Todas as soldas de topo devem ser totalmente (100%) radiografadas antes do tratamento térmico de alívio das tensões.
6.6.2. Após a execução do teste de pressão hidrostático estas soldas serão examinadas com partículas magnéticas 100% MT.
O objetivo do teste por MT é detectar falhas após o equipamento ter sido exposto à condição severa do Teste de Pressão.
Nota: O exame com partículas magnéticas, após o teste Hidrostático, deve ser realizado, somente externamente, e nas soldas principais e de bocais do equipamento.
6.6.3. Os critérios de execução e aceitação serão conforme ASME Sec. VIII Div. 1 ou Div. 2, como aplicável.
6.6.4. As soldas em paredes de pressão, de bocais e outras soldas não radiografáveis, devem ser inspecionadas com os seguintes métodos:

a) Antes do tratamento térmico de alívio das tensões, 100% UT, empregando-se o ASME Sec. VIII Div. 1 ou Div. 2, para aceitação, como aplicável;
b) Após o teste hidrostático 100% MT, e empregando-se o ASME Sec. VIII Div. 1 ou Div. 2, para aceitação, como aplicável.

6.7. Para os vasos fabricados com aço inoxidável austenítico, em que o tratamento térmico não é exigível, controlar com 100% PT a solda de raiz e 100% RT e 100% PT a solda pronta. A aceitação deve ser conforme ASME Sec. VIII Div. 1 ou Div. 2, como aplicável.
Após o teste hidrostático executar 100% PT em todas as soldas radiografadas e não radiografadas.

Anexo 2
Projeto, Fabricação, Montagem, Inspeção e Testes de Sistemas de Tubulação em Serviço Tóxico

1. Conceituação e Objetivos

1.1. Um **sistema de tubulações** é classificado como em **Serviço Tóxico** quando opera com um **fluido tóxico**, em que uma simples exposição, à quantidade ainda que muito pequena,

causada por vazamento, pode produzir dano sério e irreversível às pessoas, por inalação ou contato corporal, mesmo que prontamente seja prestado o devido socorro.
As tubulações que contenham este fluido tóxico, como produto ou como um contaminante, e em que o risco de exposição de pessoa(s), no caso de vazamento, é considerado significativo, devem ser projetadas e construídas conforme os requisitos deste procedimento.
Os Fluidos Tóxicos incluem:

- Fluido Letal

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

- Fluido Tóxico VHAP- *Volatile Hazardous Air Pollutants*

https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications
http://www.epa.gov/ttn/atw/orig189.html.
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 para ser de Serviço Tóxico.

1.2. Os requisitos deste procedimento aplicam-se aos sistemas de tubulação classificados como em Serviço Tóxico, somente por conta do fluido tóxico presente.
Caso o sistema de tubulações seja sujeito a condições que acarretam a deterioração do tipo corrosão sob tensão ou fissuração induzida pelo Hidrogênio ou por ataque eletroquímico, prevalecem as prescrições mais rigorosas.

1.3. Para as tubulações pertencentes a Serviço Tóxico, os requisitos deste procedimento aplicam-se em adição aos parágrafos básicos da **norma ASME B31.3 (capítulos I a VI e o capítulo VII), e as prescrições do capítulo VIII - "Piping for Category M Fluid Service", da mesma norma**.

1.4. No caso de dúvidas ou contradição prevalecem os requisitos mais rigorosos.

2 - Normas a consultar

2.1 - PETROBRAS

N - 57 Projeto mecânico de tubulações;
N - 76 Materiais de tubulação;
N - 115 Fabricação e montagem de tubulações;
N - 1693 Critérios para padronização de material de tubulação;
Anexo 1 Procedimento para projeto, fabricação, inspeção e testes de vasos de pressão em Serviço Tóxico

http://sites.petrobras.com.br/CanalFornecedor/portugues/requisitocontratacao/requisito_normastecnicas.asp

2.2. ASME

ASME B 31.3 Pressure piping code: design and construction.
ASME Boiler and Pressure Vessel Code Sec. VIII Div. 1 Rules for Construction of Pressure Vessels

3. Requisitos de projeto

3.1. 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.

3.2. Utilizar válvula de alívio e segurança do tipo balanceada por fole em serviços com fluidos tóxicos, corrosivos e viscosos.
As descargas das válvulas de alívio e segurança das tubulações e de equipamentos devem ser coletadas e interligadas para queima no sistema de tocha.

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

3.4. Não são admitidos furos sentinelas (“telltale holes”) nas tubulações, partes e componentes pressurizados.

4. Acessórios e conexões

4.1. Com relação aos acessórios de grande diâmetro (acima de NPS 24), deverão ser preferencialmente utilizadas as curvas prensadas com solda longitudinal, seguida de TTAT-Tratamento Térmico de Alívio de Tensões e 100% RT.
Excepcionalmente, apenas com a aprovação do Proprietário, poderão ser usadas curvas gomadas com raio mínimo de 1,5 vezes o diâmetro e 5 gomos com TTAT e 100% RT.

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

4.3. Os flanges com extremidades para solda de encaixe só são admitidos até o diâmetro nominal de ϕ1½“. Os flanges de interligação com os equipamentos devem ser do tipo com extremidade para solda de topo.

4.4. Transições de diâmetros, redução ou aumento, devem ser com extremidades tronco-cônicas.

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

4.6. A vedação para as hastes das válvulas deve ser estanque.

4.7. Não são permitidos materiais resilientes, 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.

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

5. Requisitos para os materiais de construção

5.1. Só são admitidos materiais conforme as especificações ASTM para fabricação de tubos, conexões, flanges, válvulas e demais componentes dos sistemas de tubulações. Alternativamente, sob aprovação do Proprietário, poderão ser aceitos outros materiais, desde que padronizados em normas internacionais de reconhecimento indiscutível.

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

5.3. Os tubos com ou sem costura devem ser de aço acalmado.
5.3.1. Os tubos de aço Carbono sem costura devem ser de 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.
5.3.2. Os tubos e acessórios fabricados com costura devem ser com juntas soldadas de topo e inspecionados com 100% RT na solda acabada. Os critérios para execução e aceitação conforme ASME Sec. VIII Div.1.
5.3.2.1. Tubos de aço carbono com costura devem seguir a especificação ASTM A-672 Gr C60 Cl 22 com os seguintes requisitos adicionais:

a- Exame radiográfico 100% nas soldas longitudinais;
b- Tratamento térmico de alívio de tensões a 620ºC;
c- Dureza máxima 200 HB (forming and welding);

d- Após o alívio térmico exame das soldas com 100% MT.

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

a- Examinados com 100%RT;

b- Tratamento térmico de alívio das tensões residuais da soldagem;

c- Dureza máxima 215 HB (forming and welding);

d- Após o alívio térmico exame das soldas com 100% MT.

5.3.3. 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.

5.4. O tratamento para alívio térmico das tensões residuais deve ser conforme as regras do Capítulo VIII do ASME B31.3.

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

6. Requisitos para fabricação, montagem, inspeção e testes

6.1. As conexões roscadas são proibidas, sendo permitidas apenas juntas soldadas.

6.2. 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.

6.3. As juntas soldadas de encaixe são só permitidas até inclusive o diâmetro nominal de NPS 1½.

6.4- As soldas circunferenciais de fabricação dos "spools" da 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.

6.4.1. Para o caso do Aço C e Aço Liga; o passe de raiz dessas soldas circunferenciais deve ser executado pelo processo TIG de soldagem.

6.4.2. Para o Aço Inoxidável Austenítico o passe de raiz será com TIG e controlada com 100% PT.

6.4.3. As soldas acabadas serão inspecionadas com 100% PT, mesmo as já radiografadas.

6.5. 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. Os critérios de execução e aceitação conforme ASME B31.3.

6.6. 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:

a) Poldi ou Telebrineller (somente na ZF) - 200 HB

Demais aparelhos (Microdur com carga de 5 Kgf ou tipo Equotip) – 248 HV-5

6.7. Para as soldas de aço liga Cr-Mo deve ser executado o tratamento térmico das tensões residuais de soldagem, conforme requerido pelo ASME B31.3.

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