

CARTILHA

**NR
13**

Caldeiras
Vasos de Pressão
Tubulações
Tanques de Armazenamento



CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais



ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
E INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS

Diversos aspectos práticos
para Engenheiros Mecânicos e
empresas que possuam estes equipamentos

Para maiores informações, gentileza contatar a ABEMEC-MG no site www.abemec.com.br

Isenção de responsabilidade

Este documento é baseado em informação da legislação vigente e de outras fontes e foi organizado pela ABEMEC-MG.
O CREA-MG declina a responsabilidade tanto pelo conteúdo como por todas as medidas tomadas ou não com base no presente estudo.
Este estudo é apenas para fins de informações gerais.



CREA-MG
Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais

Abertura

Visando garantir a segurança dos profissionais e reduzir os níveis de periculosidade nas indústrias e demais negócios que utilizam sistemas de alta pressão, a norma NR13 foi reeditada por determinação do Ministério do Trabalho e Emprego, na portaria MTPS nº 1.084/2017.

As mudanças no cenário industrial ocasionados pelo avanços tecnológicos e novas práticas e equipamentos mais modernos demandaram reformulações da Norma Regulamentadora NR13.

As diversas alterações foram estabelecidas visando assegurar que as novas implementações na segurança em Caldeiras, Tubos e Vasos de Pressão pudessem estabelecer todos os requisitos necessários, tanto técnicos como legais, relativos à instalação, manutenção e operação desses equipamentos, pois além dos riscos para a produção e para a saúde dos trabalhadores, a não conformidade com a norma NR13 também pode resultar em processos trabalhistas, multas e sanções.

De acordo com a legislação, somente um profissional habilitado pode manusear os equipamentos, bem como fornecer o laudo oficial NR13. Este profissional deve ter formação superior em engenharia e ter experiência na atuação de atividades correlatas ao uso deste tipo de equipamento e um dos principais papéis do CREA-MG é garantir a segurança da população, a execução da legislação através da fiscalização efetiva.

Através desta cartilha, a ABEMEC-MG em parceria com o CREA-MG busca levar conhecimento, informação, orientações e segurança à sociedade como um todo.

Eng. Mecânico Marcelo Aguiar de Sousa
Presidente da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

Eng. Mecânico Ronaldo Chaturni Bandeira
Conselheiro da Câmara Especializada da Engenharia Mecânica e Metalúrgica do CREA-MG



Eng. Mecânico Marcos Luiz de Macedo Rodrigues
Diretor da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

Eng. Civil Lucio Borges
Presidente do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

Índice

1. Introdução.....	3
2. Quando se deve emitir ART do CREA?.....	4
2.1. Inspeção dos equipamentos da NR13.....	6
2.1.1 Caldeiras.....	6
2.1.2 Vasos de Pressão.....	7
2.1.3 Tubulações.....	10
2.1.4 Tanques de Armazenamento.....	11
2.2. Calibração dos Dispositivos de Segurança.....	11
3. O que de mais grave pode ocorrer com os equipamentos submetidos à pressão?.....	12
3.1 Falta de água.....	14
3.2 Problemas de acendimento / Falha de chama.....	15
3.3 Explosões de tubulações.....	17
3.3.1 Vazamentos.....	17
3.3.2 Golpes de Ariete.....	17
4. O que deve conter os relatórios de inspeção?.....	15
5. Qual a documentação deve existir das caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento?.....	21
6. A inspeção pode ocorrer em caldeiras ou vasos de pressão sem prontuário? Como reconstituir o prontuário?.....	23
7. Quem dimensiona as válvulas de segurança (dispositivos de segurança)?.....	25
8. Em que documentos o Ministério do Trabalho se baseia para elaborar as multas e interdições?.....	26
9. Quais os critérios para se definir os fluidos combustíveis, inflamáveis e tóxicos nos vasos de pressão?.....	27
10. Por que as tubulações de vapor de água são mencionadas na NR13?.....	28
11. Como deve ser executada a inspeção nos equipamentos para atender a NR13?.....	29
12. O que pode ocorrer devido a explosões com danos materiais e morte de pessoas?.....	30
Bibliografia.....	32

1 Introdução

Ao ministrar diversos treinamentos relativos à norma NR13 (Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de Armazenamento), nos últimos 12 anos (2006 a 2018), houve uma série de dúvidas e perguntas dos participantes a respeito da aplicação desta norma.

Com o objetivo de expandir esta informação e estimular uma maior profundidade nestas discussões foi elaborado esta Cartilha da norma NR13. Esta norma possui “Força de Lei”.

Este assunto tem sido bastante discutido em função dos riscos dos equipamentos citados da NR13, tendo esta norma recebido diversas revisões recentes:

- Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014 publicada no D.O.U em 02/05/14;
- Portaria MTb n.º 1.084, de 28 de setembro de 2017 publicada no D.O.U em 29/09/17;
- Portaria MTb n.º 1.082, de 18 de dezembro de 2018 publicada no D.O.U em 20/12/18.

Por outro lado, existem diversas normas nacionais e internacionais que se referem a este tema que são importantes referencias e serão mencionadas neste documento:

a) Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho

- NR3: Interdição;
- NR13: Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de armazenamento;
- NR15: Atividades e Operações Insalubres;
- NR20: Combustíveis e Inflamáveis;
- NR28: Fiscalização e Penalidades.

b) Códigos de Projeto

- ASME I: *Rules for Construction of Power Boilers*;
- ASME VIII: *Rules for Construction of Pressure Vessels*;
- ASME B31.3: *Process Piping*.

c) Normas ABNT

- NBR 15358: Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações industriais Projeto e execução;
- NBR 15417: Vasos de Pressão – Inspeção de segurança em serviço.

d) Normas API

- API 510: *Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration*;
- API 520: *Sizing, Selection and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries*;
- API 570: *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair and Alteration of Piping Systems*;

- 
- 
- API 574: *Inspection Practices for Piping System Components*;
 - API 620: *Recommended rules for design and construction of large welded, low-pressure storage tanks*;
 - API 653: *Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction*.

e) Normas Petrobrás

- N-2318. Inspeção em Serviço de Tanque de Armazenamento Atmosférico;
- N-2555. Inspeção em Serviço de Tubulações;
- N-2619. Inspeção em Serviço de Vasos de Pressão;
- N-2789. Inspeção em Serviço de Tanques Atmosféricos de Uso Geral.

2 Quando se deve emitir ART do CREA?

Em todas as atividades de exercício da engenharia é necessária a emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART-CREA):

2.1. Inspeção dos equipamentos da NR13

2.1.1 Caldeiras

A NR13 (2018) define as caldeiras conforme o item 13.4.1.1:

“13.4.1.1 Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares”.

As caldeiras devem ser inspecionadas de acordo com a sua Categoria. A NR13 define a Categoria das caldeiras conforme o item 13.4.1.2:

“13.4.1.2 Para os propósitos desta NR, as caldeiras são classificadas em 2 (duas) categorias, conforme segue:

a) caldeiras da categoria A são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1.960 kPa (19,98 kgf/cm²), com volume superior a 100 L (cem litros);

b) caldeiras da categoria B são aquelas cuja a pressão de operação seja superior a 60 kPa (0,61kgf/cm²) e inferior a 1 960 kPa (19,98 kgf/cm²), volume interno superior a 100 L (cem litros) e o produto entre a pressão de operação em kPa e o volume interno em m³ seja superior a 6 (seis)”.

Na Figura 1 é apresentado um exemplo de Caldeira Flamotubular, normalmente enquadrada na Categoria B (RODRIGUES, 2019).

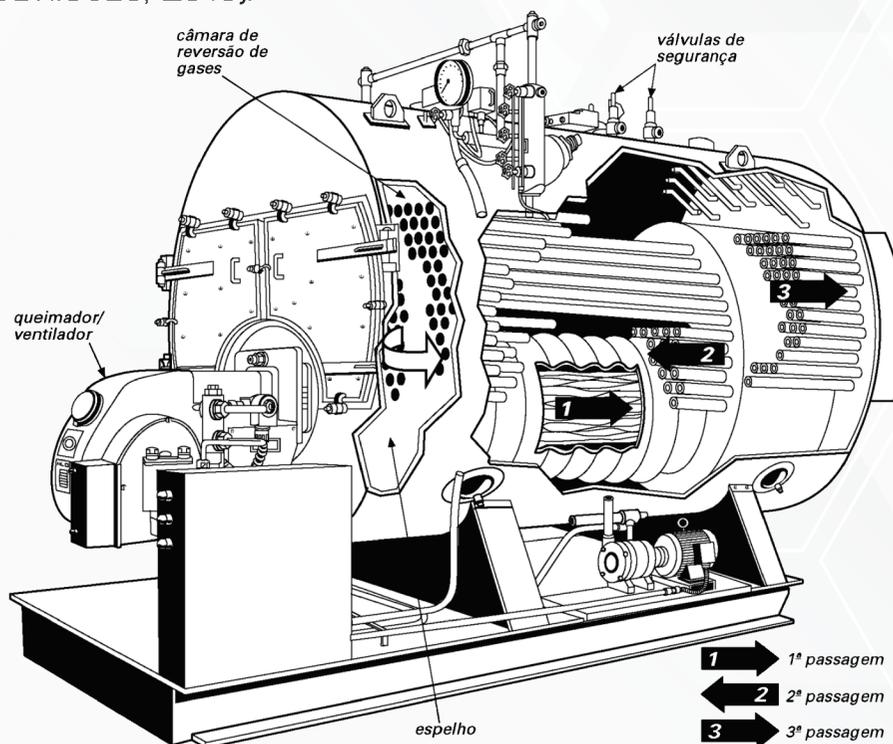


Figura 1 – Caldeira Flamotubular

O intervalo que as inspeções devem ocorrer é definido pelos itens 13.4.4.4 e 13.4.4.5:

“13.4.4.4 A inspeção de segurança periódica, constituída por exames interno e externo, deve ser executada nos seguintes prazos máximos:

- a) 12 (doze) meses para caldeiras das categorias A e B;*
- b) 15 (quinze) meses para caldeiras de recuperação de álcalis de qualquer categoria;*
- c) 24 (vinte e quatro) meses para caldeiras da categoria A, desde que aos 12 (doze) meses sejam testadas as pressões de abertura das válvulas de segurança”.*

“13.4.4.5 Estabelecimentos que possuam SPIE, conforme estabelecido no Anexo II, podem estender seus períodos entre inspeções de segurança, respeitando os seguintes prazos máximos:

- a) 24 (vinte e quatro) meses para as caldeiras de recuperação de álcalis;*
- b) 24 (vinte e quatro) meses para as caldeiras da categoria B;*
- c) 30 (trinta) meses para caldeiras da categoria A”.*

Observação: SPIE (Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos) é definido pelo Anexo II da NR13.

2.1.2 Vasos de Pressão

No glossário da NR13 é mencionada a definição dos Vasos de Pressão:

“Vasos de pressão são reservatórios projetados para resistir com segurança a pressões internas diferentes da pressão atmosférica, ou submetidos à pressão externa, cumprindo assim a sua função básica no processo no qual estão inseridos; para efeitos desta NR, estão incluídos:

- a) permutadores de calor, evaporadores e similares;*
- b) vasos de pressão ou partes sujeitas à chama direta que não estejam dentro do escopo de outras NR, nem do subitem 13.2.2 e alínea “a” do 13.2.1 desta NR;*
- c) vasos de pressão encamisados, incluindo refervedores e reatores;*
- d) autoclaves e caldeiras de fluido térmico”.*

Os vasos de pressão devem ser inspecionados de acordo com a sua Categoria. A NR13 define a Categoria dos vasos de pressão conforme o item 13.5.1.2:

“13.5.1.2 Para efeito desta NR, os vasos de pressão são classificados em categorias segundo a classe de fluido e o potencial de risco.

- a) os fluidos contidos nos vasos de pressão são classificados conforme descrito a seguir:*

Classe A:

Fluidos inflamáveis;

Fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a 200° C (duzentos graus Celsius);

Fluidos tóxicos com limite de tolerância igual ou inferior a 20 ppm (vinte partes por milhão);

Hidrogênio;

Acetileno.

Classe B:

Fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200° C (duzentos graus Celsius);

Fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a 20 ppm (vinte partes por milhão).

Classe C:

Vapor de água, gases asfixiantes simples ou ar comprimido.

Classe D:

Outro fluido não enquadrado acima”.

Observações:

- Os fluidos tóxicos tem o seu limite de tolerância definido pelo Anexo 11 da NR15;
- A classificação de fluidos inflamáveis e combustíveis é definida pelo item 20.3 da NR20:

“20.3 Definições:

20.3.1 Líquidos inflamáveis: são líquidos que possuem ponto de fulgor 60°C.

20.3.2 Gases inflamáveis: gases que inflamam com o ar a 20°C e uma pressão padrão de 101,3kPa.

20.3.3 Líquidos combustíveis: são líquidos com ponto de fulgor > 60° C e 93° C”.

A categoria dos vasos de pressão é definida em função da Classe do fluido, sua pressão de operação e o seu volume, conforme a Tabela contida no item 13.5.1.2 alínea “d”:

Classe de Fluido	Grupo de Potencial de Risco				
	1	2	3	4	5
	P.V \geq 100	P.V < 100 P.V \geq 30	P.V < 30 P.V \geq 2,5	P.V < 2,5 P.V \geq 1	P.V < 1
Categorias					
A - Fluidos inflamáveis, e fluidos combustíveis com temperatura igual ou superior a 200 °C - Tóxico com limite de tolerância 20 ppm - Hidrogênio - Acetileno	I	I	II	III	III
B - Fluidos combustíveis com temperatura menor - Fluidos tóxicos com limite de tolerância > 20ppm	I	II	III	IV	IV
C - Vapor de água - Gases asfixiantes simples - Ar comprimido	I	II	III	IV	V
D - Outro fluido	II	III	IV	V	V

Notas:

a) Considerar volume em m^3 e pressão em Mpa;

b) Considerar 1 MPa correspondente a 10,197 kgf/cm^2 .

O intervalo máximo das inspeções dos vasos de pressão é definido pelo item 13.5.4.5:

“13.5.4.5 A inspeção de segurança periódica, constituída por exames externo e interno, deve obedecer aos seguintes prazos máximos estabelecidos a seguir:

a) para estabelecimentos que não possuam SPIE, conforme citado no Anexo II:

Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno
I	1 ano	3 anos
II	2 anos	4 anos
III	3 anos	6 anos
IV	4 anos	8 anos
V	5 anos	10 anos

b) para estabelecimentos que possuam SPIE, conforme citado no Anexo II, consideradas as tolerâncias nele previstas:



Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno
I	3 anos	6 anos
II	4 anos	8 anos
III	5 anos	10 anos
IV	6 anos	12 anos
V	7 anos	a critério

2.1.3 Tubulações

As tubulações são definidas no glossário da Nr13:

“Tubulações: conjunto de linhas, incluindo seus acessórios, projetadas por códigos específicos, destinadas ao transporte de fluidos entre equipamentos de uma mesma unidade de uma empresa dotada de caldeiras ou vasos de pressão”.

A definição das tubulações que se enquadram na NR13 é mencionada no item 13.2.1 alínea “e” :

“13.2.1 Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

e) tubulações ou sistemas de tubulação ligados a caldeiras ou vasos de pressão, categorizados, conforme subitens 13.4.1.2 e 13.5.1.2, que contenham fluidos de classe A ou B, conforme a alínea “a” do subitem 13.5.1.2 desta NR”.

Exemplos deste enquadramento podem ser vistos em RODRIGUES, 2019:

a) “Tubulações de fluidos combustíveis e/ou inflamáveis que alimentam as caldeiras, tais como:

- Diesel;*
- Gás natural;*
- GLP (gás liquefeito de petróleo);*
- Licor Negro (resíduo de processo de fábricas de celulose);*
- Óleo combustível (Desde que atendam a norma NR20 – Combustíveis e Inflamáveis);*
- Xisto.*

b) Tubulações de fluidos combustíveis e/ou inflamáveis que sejam interligados a vasos de pressão, tais como:

- Tubulações de GLP que saem de vasos de pressão para as mais diversas utilizações de processo, cocção (cozinha industrial), etc.

c) Tubulações de fluidos tóxicos que interligam vasos de pressão, tais como:

- Tubulações de amônia em circuitos de refrigeração nas indústrias de processamento de carnes, laticínios, bebidas em geral”.

O período de inspeção é definido na NR13 pelo item 13.6.3.3:

“13.6.3.3 Os intervalos de inspeção das tubulações devem atender aos prazos máximos da inspeção interna do vaso ou caldeira mais crítica a elas interligadas, podendo ser ampliados pelo programa de inspeção elaborado por PH, fundamentado tecnicamente com base em mecanismo de danos e na criticidade do sistema, contendo os intervalos entre estas inspeções e os exames que as compõem, desde que essa ampliação não ultrapasse o intervalo máximo de 100 % (cem por cento) sobre o prazo da inspeção interna, limitada a 10 (dez) anos”.

2.1.4 Tanques de Armazenamento

A definição dos tanques de armazenamento que se enquadram na NR13 é mencionada no item 13.2.1 alínea “f”:

“13.2.1 Esta NR deve ser aplicada aos seguintes equipamentos:

f) tanques metálicos de superfície para armazenamento e estocagem de produtos finais ou de matérias primas, não enterrados e com fundo apoiado sobre o solo, com diâmetro externo maior do que 3 m (três metros), capacidade nominal maior do que 20.000 L (vinte mil litros), e que contenham fluidos de classe A ou B, conforme a alínea “a” do subitem 13.5.1.2 desta NR”.

O período de inspeção é definido na NR13 pelo item 13.7.3.3:

“13.7.3.3 Os intervalos de inspeção de segurança periódica dos tanques devem atender aos prazos estabelecidos em programa de inspeção formalmente instituído pelo empregador, não podendo esses prazos exceder aos estabelecidos na norma ABNT NBR 17505-2”.

2.2. Calibração dos Dispositivos de Segurança

A NR13 define os dispositivos de segurança em seu glossário:

“Dispositivos de segurança: dispositivos ou componentes que protegem um equipamento contra sobrepressão manométrica, independente da ação do operador e de acionamento por fonte externa de energia”.

A ausência de dispositivos de segurança e de seu certificado de calibração é considerada RISCO GRAVE E IMINENTE para a NR13 conforme o item 13.1.2:

“13.3.1 Constitui condição de Risco Grave e Iminente RGI o não cumprimento de qualquer item previsto nesta NR que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho, com lesão grave à integridade física do trabalhador, especialmente:

a) operação de equipamentos abrangidos por esta NR sem os dispositivos de segurança previstos conforme alínea “a” do subitem 13.4.1.3, alínea “a” do subitem 13.5.1.3 e subitens 13.6.1.2 e 13.7.1.2”.

O RISCO GRAVE E IMINENTE é motivo para interdição do equipamento da NR13, conforme o item 3.1 e 3.1.1 da NR3:

"3.1 Embargo e interdição são medidas de urgência, adotadas a partir da constatação de situação de trabalho que caracterize risco grave e iminente ao trabalhador".

"3.1.1 Considera-se grave e iminente risco toda condição ou situação de trabalho que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho com lesão grave à integridade física do trabalhador".

Para as **caldeiras** a exigência da NR13 é definida no item 13.4.1.3 alínea "a":

"13.4.1.3 As caldeiras devem ser dotadas dos seguintes itens:

*a) válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a Pressão Máxima de Trabalho Admissível PMTA, considerados os requisitos do **código de projeto** relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração".*

Observação: Um exemplo de código de projeto para a construção de caldeiras é a norma ASME I.

Para os **vasos de pressão** a exigência da NR13 é definida no item 13.5.1.3 alínea "a":

"13.5.1.3 Os vasos de pressão devem ser dotados dos seguintes itens:

a) válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o inclui, considerados os requisitos do código de projeto relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração".

Observação: Exemplo de código de projeto para a construção de vasos de pressão é a norma ASME VIII.

Para as **tubulações** a exigência da NR13 é definida no item 13.6.1.2:

"13.6.1.2 As tubulações ou sistemas de tubulação devem possuir dispositivos de segurança conforme os critérios do código de projeto utilizado, ou em atendimento às recomendações de estudo de análises de cenários de falhas".

Observação: Um exemplo de código de projeto para a construção de tubulações é a norma ASME B31.3.

Para os **tanques de armazenamento** a exigência da NR13 é definida no item 13.7.1.2:

"13.7.1.2 Os tanques devem possuir dispositivos de segurança contra sobrepressão e vácuo conforme os critérios do código de projeto utilizado, ou em atendimento às recomendações de estudo de análises de cenários de falhas".

Observação: Um exemplo de código de projeto para a construção de tanques de armazenamento é a norma API 620.



2.3 Treinamento dos operadores de caldeiras e vasos de pressão

Os operadores das caldeiras devem ser treinados e a ausência desta qualificação é considerada RISCO GRAVE E IMINENTE conforme o item 13.3.1 alínea f.

“13.3.1 Constitui condição de Risco Grave e Iminente – RGI o não cumprimento de qualquer item previsto nesta NR que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho, com lesão grave à integridade física do trabalhador, especialmente:

f) operação de caldeira por trabalhador que não atenda aos requisitos estabelecidos no Anexo I desta NR, ou que não esteja sob supervisão, acompanhamento ou assistência específica de operador qualificado”.

No Anexo I existe a definição com relação aos critérios para este treinamento conforme seu item A1.3.

“A1.3 O Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras deve, obrigatoriamente:

- a) ser supervisionado tecnicamente por PH;*
- b) ser ministrado por profissionais capacitados para esse fim;*
- c) obedecer, no mínimo, ao currículo proposto no item A2 deste Anexo;*
- d) ocorrer com o acompanhamento da prática profissional, conforme item A1.5;*
- e) ser exclusivamente na modalidade presencial;*
- f) ter carga horária mínima de 40 (quarenta) horas”.*

Quanto aos operadores dos vasos de pressão, somente é exigido o treinamento para os de Categoria I e II, conforme o item B1.1 e B1.4:

“B1.1 A operação de unidades de processo que possuam vasos de pressão de categorias I ou II deve ser feita por profissional com Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processos”.

“B1.4 O Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo deve obrigatoriamente:

- a) ser supervisionado tecnicamente por PH;*
- b) ser ministrado por profissionais capacitados para esse fim;*
- c) obedecer, no mínimo, ao currículo proposto no item B2 deste Anexo;*
- d) ocorrer com o acompanhamento da prática profissional conforme item B1.6;*
- e) ser exclusivamente na modalidade presencial;*
- f) ter carga horária mínima de 40 (quarenta) horas”.*

2.4 Plano de Manutenção para as Tubulações de Vapor de Água

A NR13 determina no seu item 13.6.2.2 que todas as tubulações de vapor de água possuam um Plano de Manutenção:

*“13.6.2.2 As tubulações de vapor de água e seus acessórios devem ser mantidos em boas condições operacionais, de acordo com **um plano de manutenção elaborado pelo estabelecimento**”.*



Uma sugestão de RODRIGUES (2009) para este Plano de Manutenção é a seguinte:

“O Plano de manutenção pode conter:

- *Inspeção com líquido penetrante nas juntas de dilatação;*
 - *Inspeção nos purgadores;*
 - *Inspeção nas válvulas de controle, redutoras de pressão, válvulas de segurança;*
 - *Inspeção nas válvulas de bloqueio (globo, gaveta, esfera, etc);*
 - *Medida de espessura nas curvas das tubulações de vapor;*
 - *Termografia para verificar “pontos frios” e “pontos quentes” no isolamento térmico das tubulações”.*
- “O histórico de ocorrências deve ser verificado tomando como prioridade as ocorrências mais graves, tais como:*
- *Golpes de Aríete;*
 - *Rompimentos;*
 - *Trincas;*
 - *Tubulações fora dos apoios;*
 - *Válvulas com necessidade de manutenção constante e repetitiva, etc”.*



3 O que de mais grave pode ocorrer com os equipamentos submetidos à pressão?

O que de mais grave que pode ocorrer com as caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento são **as explosões e os rompimentos**.

As causas destas **explosões** são diversas, mas as mais comuns são as seguintes:

3.1 Explosões de caldeiras

As principais causas das explosões de caldeiras são:

3.1 Falta de água

A ausência de água provoca superaquecimento das partes mecânicas (chapas e tubos) fazendo com que haja perda das propriedades mecânicas e os rompimentos. Devido à água estar a alta pressão e à alta temperatura (por exemplo, 183°C a 10 bar), a descompressão provoca uma reevaporação instantânea de parte desta água.

A vazão deste vapor é apenas parte da água pressurizada, porém cada quilo de vapor a pressão atmosférica possui 1.725 litros de volume. Ou seja, esta expansão é suficiente para destruição da caldeira e de várias instalações próximas.

Devido ao alto risco, a NR13 define no item 13.3.1 e alíneas “c”, “d” e “e” do item 13.4.1.3, a prioridade quanto **ao controle do do nível de água nas caldeiras.**

“13.3.1 Constitui condição de Risco Grave e Iminente RGI o não cumprimento de qualquer item previsto nesta NR que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho, com lesão grave à integridade física do trabalhador, especialmente:

*d) **ausência de dispositivo operacional** de controle do nível de água de caldeira”.*

“13.4.1.3 As caldeiras devem ser dotadas dos seguintes itens:

c) injetor ou sistema de alimentação de água independente do principal que evite o superaquecimento por alimentação deficiente, acima das temperaturas de projeto, de caldeiras de combustível sólido não atomizado ou com queima em suspensão;

*d) sistema **dedicado de drenagem rápida de água** em caldeiras de recuperação de álcalis, com ações automáticas após acionamento pelo operador;*

*e) **sistema automático de controle** do nível de água com intertravamento que evite o superaquecimento por alimentação deficiente.*

3.2 Problemas de acendimento / Falha de chama

Principalmente nas caldeiras a óleo combustível e de gás ocorrem problemas de acendimento, em alguns casos com a injeção de combustível em alta vazão ou de forma indevida. No item 13.4.4.7.2 da NR13 são detalhadas estas funções de segurança, para que a inspeção possa ser em 30 meses ao invés de 12 meses.

13.4.4.7.2 As novas caldeiras categoria B com queima de combustíveis líquidos ou gasosos devem dispor de SGC definido no projeto pelo fabricante para este fim, que garanta a execução segura da seqüência de acendimento e o bloqueio automático dos combustíveis em casos de perda do controle de combustão ou da geração de vapor, prevendo as seguintes funções de segurança:

- a) proteção de nível baixo de água;*
- b) sequenciamento de purga e acendimento;*
- c) teste de estanqueidade de válvulas de bloqueio de combustível;*
- d) proteção de pressão alta ou baixa do combustível líquido ou gasoso;*



Figura 02 – Resultado de explosão de uma caldeira por falta de água

3.2 Explosões de vasos de pressão

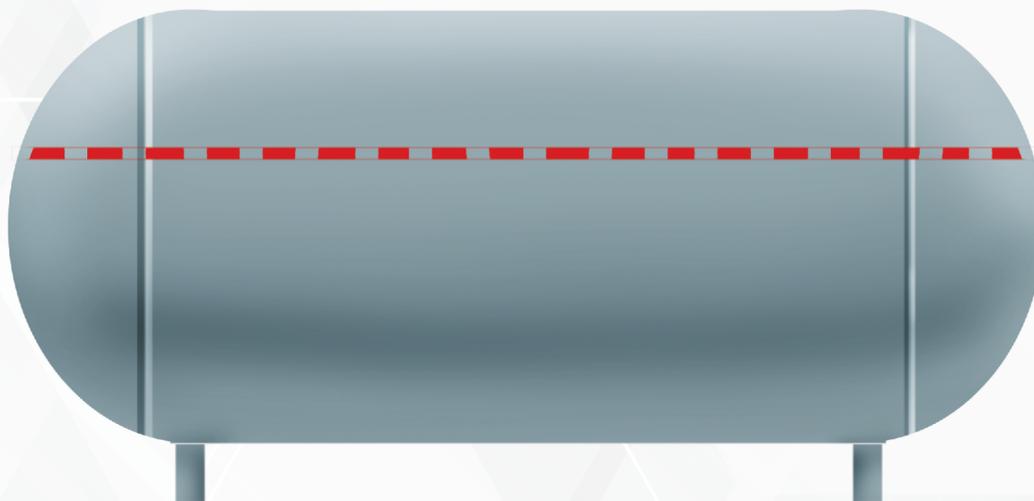
A principal causa de explosões dos vasos de pressão é a **perda de espessura** das partes pressurizadas. Esta perda de espessura é normalmente provocada por corrosão. Na Figura 03 é mostrado o resultado uma explosão de um reservatório de um compressor de ar. Já na Figura 04 se apresenta a indicação da parte mais corroída, a princípio por água parada na parte inferior do reservatório.



Figura 03 – Reservatório rompido



Figura 04 – Tampo do reservatório com a marca de “água”



3.3 Explosões de tubulações

As principais causas de explosões de tubulações são as seguintes:

3.3.1 Vazamentos

Os vazamentos de gás (GLP ou Gás Natural) ou fluidos tóxicos (por exemplo, amônia) podem provocar explosões. Um exemplo deste tipo de acidente pode ser visto na Figura 05.

3.3.2 Golpes de aríete

A água acumulada em tubulações de vapor saturado provoca os golpes de Aríete que causam explosões e rompimentos. A velocidade máxima da água em tubulações deve ser 2,5 m/s; sendo que para vapor saturado a velocidade deve estar entre 20 e 30 m/s. Na Figura 06 é mostrado um exemplo de explosão de tubulação de vapor por golpe de aríete.

4 O que deve conter os relatórios de inspeção?

Os relatórios de inspeção dos equipamentos da NR13 devem constar todos os itens mencionados nesta norma, além de se verificar se estes equipamentos podem operar nas pressões para atender os processos.



Figura 06 – Rompimento de tubulação em Nova York (Fonte: Gauchazh,2018)



Figura 05 - explosão no Osasco Plaza Shopping mata mais de 40 pessoas (Fonte: Zona de Risco, 1996)

4.1 Caldeiras

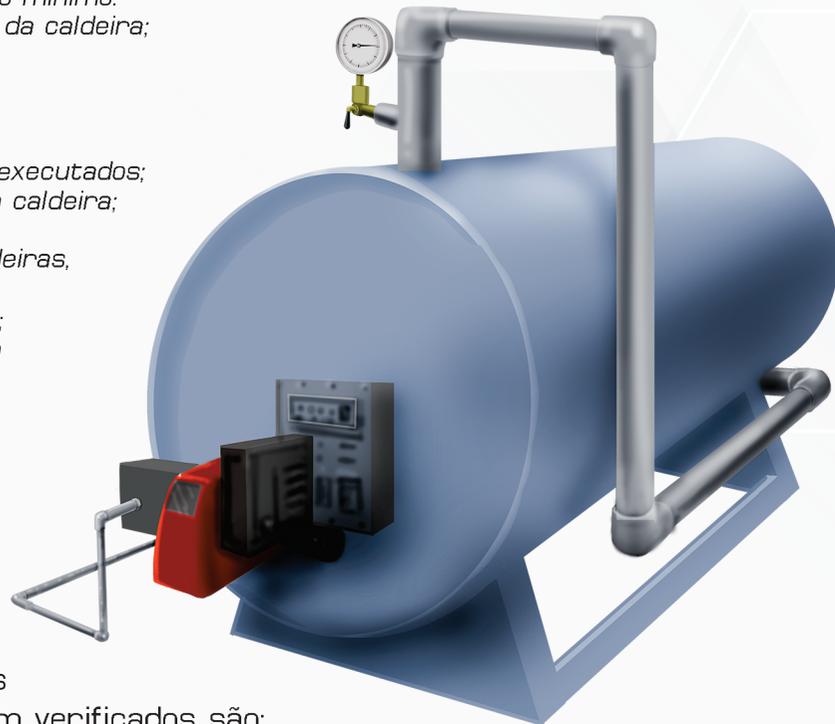
O relatório de inspeção de caldeiras deve atender ao item 13.4.4.16 da NR13.

"13.4.4.16 O relatório de inspeção de segurança, mencionado na alínea "e" do subitem 13.4.1.6, deve ser elaborado em páginas numeradas contendo no mínimo:

- a) dados constantes na placa de identificação da caldeira;*
- b) categoria da caldeira;*
- c) tipo da caldeira;*
- d) tipo de inspeção executada;*
- e) data de início e término da inspeção;*
- f) descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- g) registros fotográficos do exame interno da caldeira;*
- h) resultado das inspeções e providências;*
- i) relação dos itens desta NR, relativos a caldeiras, que não estão sendo atendidos;*
- j) recomendações e providências necessárias;*
- k) parecer conclusivo quanto à integridade da caldeira até a próxima inspeção;*
- l) data prevista para a nova inspeção de segurança da caldeira;*
- m) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção".*

O **manual da caldeira** deve ser sempre considerado para se atender as recomendações do **fabricante**. Os sistemas prioritários a serem verificados são:

- Suficiência de **suprimento de água**, ou seja, verificar se a bomba tem capacidade e pressão suficientes para alimentar a caldeira na sua máxima vazão;
- **Medição de espessura** em todas as partes submetidas à pressão;
- Desmontagem, verificação e teste do(s) sistema(s) de **controle de nível de água**;
- Verificação do funcionamento dos **pressostatos** (liga e desliga a caldeira por pressão);
- **Calibração das válvulas de segurança** com as pressões definidas pelo fabricante;
- **Calibração do manômetro** e transmissores de pressão caso existam;
- Nas **caldeiras a óleo** as prioridades são: teste do dispositivo de falha de chama; resíduos de queima nos compartimentos de gases; resíduo de óleo na fornalha; pressão de óleo;
- Nas **caldeiras a gás** a prioridade é a verificação da estanqueidade das válvulas de bloqueio e confirmação de funcionamento do detector de vazamento de gás (item 13.4.2.4 alínea "d");



“d) *dispor de sensor para detecção de vazamento de gás quando se tratar de caldeira a combustível gasoso*”;

- Nas **caldeiras**, a **biomassa** a prioridade é a inspeção na fornalha; limpeza dos coletores de água das paredes com tubos; funcionamento e estado das grelhas; limpeza do injetor;
- Verificação de **ocorrências anormais**, tais como: incrustações, corrosões, trincas, deformações, resíduos de tratamento de água, etc;
- Caso haja qualquer **redução de espessura** em partes submetidas à pressão deverá ser **recalculada a PMTA** (Pressão Máxima de Trabalho Admissível);
- O teste de acumulação é mencionado no item 13.4.4.11 da NR13:

“13.4.4.11 Adicionalmente aos testes prescritos nos subitens 13.4.4.9 e 13.4.4.10, as válvulas de segurança instaladas em caldeiras podem ser submetidas a testes de acumulação, a critério do PH”.

Em RODRIGUES (2019) é mencionada a definição do teste de acumulação:

“O Teste de Acumulação é feito para verificar se a válvula (ou válvulas) de segurança instaladas em caldeiras tem capacidade de descarregar todo o vapor gerado, na máxima taxa de queima, sem permitir que a pressão interna suba para valores acima dos valores considerados no projeto (no caso de caldeiras projetadas pelo ASME, Seção I, este valor corresponde a 6% acima da PMTA)”.



- O teste hidrostático consiste na pressurização acima da PMTA conforme o código de projeto. A ASME I define 50% acima da PMTA. Este teste é definido pelos itens 13.4.4.3 e 13.4.4.3.1 da NR13:

“13.4.4.3 As caldeiras devem obrigatoriamente ser submetidas a Teste Hidrostático TH em sua fase de fabricação, com comprovação por meio de laudo assinado por PH e ter o valor da pressão de teste afixado em sua placa de identificação”.

“13.4.4.3.1 Na falta de comprovação documental de que o Teste Hidrostático TH tenha sido realizado na fase de fabricação, se aplicará o disposto a seguir:

a) para as caldeiras fabricadas ou importadas a partir da vigência da Portaria do MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014, o TH deve ser feito durante a inspeção de segurança inicial;

b) para as caldeiras em operação antes da vigência da Portaria do MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014, a execução do TH fica a critério do PH e, caso seja necessário, deve ser executada até a próxima inspeção de segurança periódica interna”.

Observação: Os relatórios de inspeção anteriores devem ser verificados, para a conferência se as “pendências” mencionadas foram sanadas e resolvidas.

4.2 Vasos de Pressão

O relatório de inspeção dos vasos de pressão deve atender ao item 13.5.4.14 da NR13.

"13.5.4.14 O relatório de inspeção de segurança, mencionado no item 13.5.1.6, alínea "d", deve ser elaborado em páginas numeradas ou em sistema informatizado do estabelecimento com segurança de informação, no qual o PH esteja identificado como o responsável pela respectiva aprovação, e conter no mínimo:

- a) identificação do vaso de pressão;*
- b) categoria do vaso de pressão;*
- c) fluidos de serviço;*
- d) tipo do vaso de pressão;*
- e) tipo de inspeção executada;*
- f) data de início e término da inspeção;*
- g) descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- h) registro fotográfico das anomalias do exame interno do vaso de pressão;*
- i) resultado das inspeções e intervenções executadas;*
- j) recomendações e providências necessárias;*
- k) parecer conclusivo quanto a integridade do vaso de pressão até a próxima inspeção;*
- l) data prevista para a próxima inspeção de segurança;*
- m) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção".*

O **manual do vaso de pressão** deve ser sempre considerado para se atender às recomendações do fabricante. Os sistemas prioritários a serem verificados são:

- **Medição de espessura** em todas as partes submetidas à pressão;
- Verificação do funcionamento dos **pressostatos** dos compressores (liga e desliga o compressor por pressão);
- **Calibração das válvulas de segurança** com as pressões definidas pelo fabricante;
- **Calibração do manômetro** e transmissores de pressão caso existam;
- Verificação de **ocorrências anormais**, tais como: incrustações, corrosões, trincas, deformações, resíduos de processo, etc;
- Caso haja qualquer **redução de espessura** em partes submetidas à pressão deverá ser recalculada a PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível);



- Caso haja a redução de espessura em partes submetidas à pressão, conforme as normas API 510, N2619 e ABNT NBR 15417 deverá ser calculada a Taxa de Corrosão e a Vida Remanescente:

$$\text{Taxa de Corrosão} = TC = \frac{t_i - t_e}{T} \quad (01)$$

Em que:

t_i = Espessura inicial (mm);

t_e = Menor espessura encontrada (mm); T = Tempo (anos).

$$\text{Vida Remanescente} = VR = \frac{t_e - t_m}{TC} \quad (02)$$

Em que:

t_m = Espessura mínima (pressão de operação).

Com o objetivo de dar maior clareza, mostra-se abaixo um exemplo prático e didático (dados não são reais).

Na inspeção de um reservatório de ar comprimido se detectou uma redução de espessura no tampo inferior tipo elíptico (a principio por acumulo de água). Dados:

- Pressão de operação = 6,0 bar (0,6 MPa);
- Diâmetro do vaso: D = 1.000 mm;
- Tensão admissível: S = 95 MPa (ASTM A 285);
- Eficiência das juntas soldadas: E = 0,7;
- Espessura inicial: t_i = 9,5 mm;
- Menor espessura encontrada: t_e = 6,3 mm;
- Tempo: T = 8 anos.

- **Cálculo da espessura mínima.** Considera-se a pressão de operação com a fórmula do código de projeto ASME VIII Divisão 1 item UG32(d):

$$\text{Espessura mínima} = t_m = \frac{PD}{2SE - 0,2P} \quad (03)$$

$$t_m = \frac{0,6 * 1000}{2 * 95 * 0,7 - 0,2 * 0,6} = 4,5\text{mm}$$

- **Cálculo da Taxa de Corrosão.** Conforme fórmula 01:

$$\text{Taxa de Corrosão} = TC = \frac{9,5 - 6,3}{8} = 0,4 \text{ mm / ano}$$

- **Cálculo da Vida Remanescente.** Conforme a fórmula 02:

$$\text{Vida Remanescente} = VR = \frac{6,3}{0,4} = 15,75 \text{ anos}$$

- Observações:

- A norma **ABNT NBR 15417** recomenda que a próxima inspeção no vaso de pressão seja anterior a 50% da vida remanescente calculada. Ou seja, no exemplo acima a próxima inspeção deveria ocorrer, no mais tardar, a 2,25 anos da inspeção realizada;

- **No Anexo B da norma ABNT NBR 15417** é apresentado um relatório de inspeção bastante detalhado em que se recomenda a avaliação do Profissional Habilitado para a sua utilização nos vasos de pressão mais perigosos (Categorias I, II e III).

4.3 Tubulações

O relatório de inspeção de tubulações deve atender ao item 13.6.3.9 da NR13.

"13.6.3.9 O relatório de inspeção de segurança, mencionado na alínea "d" do subitem 13.6.1.4, deve ser elaborado em páginas numeradas, contendo no mínimo:

- a) identificação da(s) linha(s) ou sistema de tubulação;*
- b) fluidos de serviço da tubulação, e respectivas temperatura e pressão de operação;*
- c) tipo de inspeção executada;*
- d) data de início e de término da inspeção;*
- e) descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- f) registro fotográfico, ou da localização das anomalias significativas detectadas no exame externo da tubulação;*
- g) resultado das inspeções e intervenções executadas;*
- h) recomendações e providências necessárias;*
- i) parecer conclusivo quanto à integridade da tubulação, do sistema de tubulação ou da linha até a próxima inspeção;*

j) data prevista para a próxima inspeção de segurança;

k) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção”.

Para as tubulações é adotado o mesmo critério dos vasos de pressão com o **cálculo da Taxa de Corrosão e da Vida Remanescente**, conforme as normas N2555, API 570 e API 574.

Ocorre que para as tubulações de gás, **tanto GLP quanto Gás Natural**, estes fluidos não corroem a tubulação por dentro. Ou seja, neste caso fica sem sentido medir as espessuras, salvo alguma corrosão externa acentuada. Para estes fluidos é recomendável conforme a **norma ABNT NBR 15358 a realização de teste de estanqueidade** para a verificação de eventuais vazamentos.

Na norma API 574 é definido uma tabela (Table 6) com as mínimas espessuras para aço carbono e aço liga:

Diâmetro nominal	Padrão de espessura mínima estrutural para temperaturas < 205°C (mm)	Espessura mínima de alerta para temperaturas < 205°C (mm)
1/2" a 1"	1,8	2,0
1 1/2"	1,8	2,3
2"	1,8	2,5
3"	2,0	2,8
4"	2,3	3,1
6" a 18"	2,8	3,3
20" a 24"	3,1	3,6

Table 6 - Mínimas espessuras para tubulações de aço carbono e de baixa liga

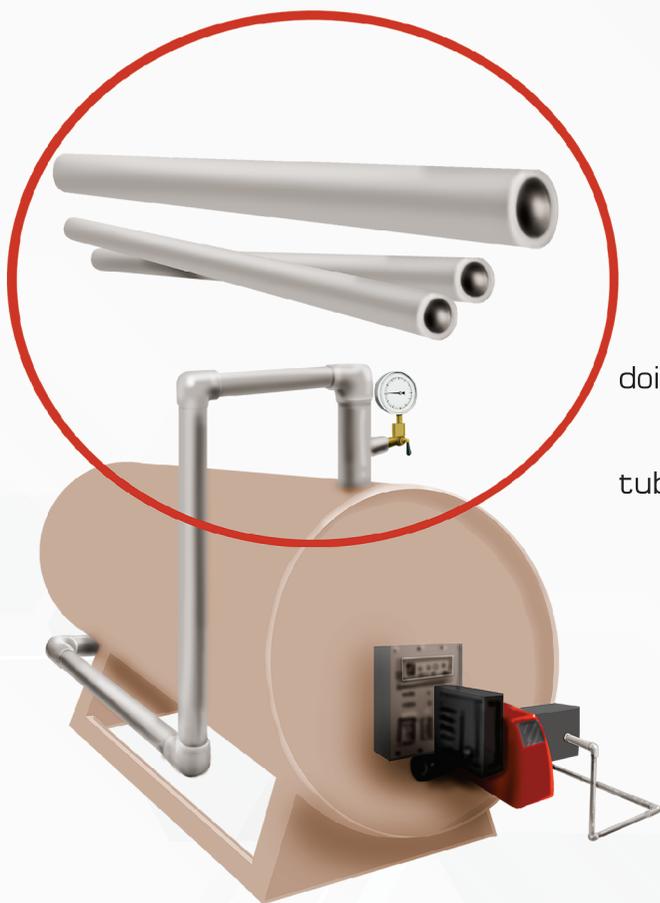
Com o objetivo de maior clareza, apresentam-se abaixo os dois exemplos apresentados na norma API 574:

a) Determine a mínima espessura requerida para uma tubulação com os seguintes dados:

- Diâmetro nominal = 2" (diâmetro externo = 60,325 mm);
- Material = ASTM A 106 Grau B (S = 137,9 MPa);
- Pressão de projeto = 100 psi (0,6895 MPa);
- E = 1,0 (tubulação sem costura);
- Y = 0,4 (aço carbono).

Utilizando a fórmula da norma ASME B31.3:

$$\text{Espessura} = t = \frac{PD}{2[(SE) + (PY)]} = \frac{0,6895 \cdot 60,325}{2[(137,9 \cdot 1) + (0,6835 \cdot 0,4)]} = 0,15 \text{ mm} \quad (04)$$



Comparando o resultado acima (0,15 mm) com o da "Table" 6 (**1,8 mm**) o maior resultado é exatamente o da Table 6.

a) Determine a mínima espessura requerida para uma tubulação com os seguintes dados:

- Diâmetro nominal = 14" (diâmetro externo = 355,6 mm);
- Material = ASTM A 106 Grau B (S = 137,9 MPa);
- Pressão de projeto = 600 psi (4,13685 MPa);
- E = 1,0 (tubulação sem costura);
- Y = 0,4.

Utilizando a formula da norma ASME B31.3:

$$\text{Espessura} = t = \frac{PD}{2[(SE)+(PY)]} = \frac{4,16895 \cdot 355,6}{2[(137,9 \cdot 1) + (4,13685 \cdot 0,4)]} = 5,258 \text{ mm}$$

Comparando o resultado acima (5,26 mm) com o da "Table" 6 (2,8 mm) o maior resultado é exatamente o calculado acima.

4.4 Tanques de Armazenamento

O relatório de inspeção de caldeiras deve atender ao item 13.7.1.4 da NR13.

"13.7.3.6 O relatório de inspeção de segurança, mencionado na alínea "d" do subitem 13.7.1.4 deve ser elaborado em páginas numeradas, contendo no mínimo:

- identificação dos tanques;*
- fluidos armazenados nos tanques, e respectiva temperatura de operação;*
- tipo de inspeção executada;*
- data de início e de término da inspeção;*
- descrição das inspeções, exames e testes executados;*
- registro fotográfico, ou da localização das anomalias significativas detectadas nos exames internos e externos dos tanques;*
- resultado das inspeções e intervenções executadas;*
- recomendações e providências necessárias;*
- parecer conclusivo quanto à integridade dos tanques até a próxima inspeção;*
- data prevista para a próxima inspeção de segurança;*
- nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do responsável técnico formalmente designado pelo empregador e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção".*

Para tanques de armazenamento é importante estar verificando o projeto do mesmo e as normas utilizadas neste projeto e construção. A inspeção pode ter como orientação as normas da Petrobrás N-2318 e N-2789; sendo que para as espessuras mínimas deve-se verificar a norma API 653.



5 Qual a documentação deve existir das caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento?

A documentação para cada tipo de equipamento da NR13 é definida nos respectivos itens.

5.1 Caldeiras

A documentação das caldeiras deve estar de acordo com o item 13.4.1.6 da NR13:

"13.4.1.6 Toda caldeira deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalada, a seguinte documentação devidamente atualizada:

*a) **Prontuário da caldeira**, fornecido por seu fabricante, contendo as seguintes informações:*

- código de projeto e ano de edição;*
- especificação dos materiais;*
- procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final;*
- metodologia para estabelecimento da PMTA;*
- registros da execução do teste hidrostático de fabricação;*
- conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da vida útil da caldeira;*
- características funcionais;*
- **dados dos dispositivos de segurança**;*
- ano de fabricação;*
- categoria da caldeira;*

*b) **Registro de Segurança**, em conformidade com o subitem 13.4.1.9;*

*c) **Projeto de instalação**, em conformidade com o subitem 13.4.2.1;*

*d) **Projeto de alteração ou reparo**, em conformidade com os subitens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;*

*e) **Relatórios de inspeção de segurança**, em conformidade com o subitem 13.4.4.16;*

*f) **Certificados de calibração dos dispositivos de segurança**".*



5.2 Vasos de Pressão

A documentação dos vasos de pressão deve estar de acordo com o item 13.5.1.6 da NR13:

"13.5.1.6 Todo vaso de pressão deve possuir, no estabelecimento onde estiver instalado, a seguinte documentação devidamente atualizada:

*a) **prontuário do vaso de pressão** a ser fornecido pelo fabricante, contendo as seguintes informações:*

- código de projeto e ano de edição;
- especificação dos materiais;
- procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final;
- metodologia para estabelecimento da PMTA;
- conjunto de desenhos e demais dados necessários para o monitoramento da sua vida útil;
- pressão máxima de operação;
- registros documentais do teste hidrostático;
- características funcionais, atualizadas pelo empregador, sempre que alteradas as originais;
- **dados dos dispositivos de segurança, atualizados pelo empregador sempre que alterados os originais;**
- ano de fabricação;
- categoria do vaso, atualizada pelo empregador sempre que alterada a original;
- b) Registro de Segurança** em conformidade com o subitem 13.5.1.8;
- c) Projeto de alteração ou reparo** em conformidade com os subitens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;
- d) Relatórios de inspeção** em conformidade com o subitem 13.5.4.14;
- e) Certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável”.**

5.3 Tubulações

A documentação das tubulações deve estar de acordo com o item 13.6.1.4 da NR13:

“13.6.1.4 Todo estabelecimento que possua tubulações, sistemas de tubulação ou linhas deve ter a seguinte documentação devidamente atualizada:

- a) Especificações aplicáveis às tubulações** ou sistemas, necessárias ao planejamento e execução da sua inspeção;
- b) Fluxograma de engenharia** com a identificação da linha e seus acessórios;
- c) Projeto de alteração ou reparo** em conformidade com os subitens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;
- d) Relatórios de inspeção** em conformidade com o subitem 13.6.3.9;
- e) Registro de Segurança** em conformidade com o subitem 13.6.1.4.1”.

5.4 Tanques de Armazenamento

A documentação dos Tanques de Armazenamento deve estar de acordo com o item 13.7.1.4 da NR13:

“13.7.1.4 Todo estabelecimento que possua tanques enquadrados nesta NR deve ter a seguinte documentação devidamente atualizada:

- a) Folhas de dados com as especificações** dos tanques necessárias ao planejamento e execução da sua inspeção;
- b) Desenho geral;**
- c) Projeto de alteração ou reparo** em conformidade com os subitens 13.3.3.3 e 13.3.3.4;
- d) Relatórios de inspeção de segurança,** em conformidade com o subitem 13.7.3.7;
- e) Registro de Segurança** em conformidade com o subitem 13.7.1.5”.



6 A inspeção pode ocorrer em caldeiras ou vasos de pressão sem prontuário? Como reconstituir o prontuário?

Não é recomendável executar inspeção de segurança em nenhum equipamento da norma NR13, quer seja caldeira, vaso de pressão, tubulações ou tanques de armazenamento que não possua prontuário (caldeiras e vasos de pressão); especificação e fluxograma de engenharia (tubulações); folha de dados e desenhos (tanques de armazenamento). Inicialmente deve-se reconstituir o prontuário, para que após isto seja realizada a inspeção do equipamento.

Os motivos são diversos:

- Não havendo a PMTA da caldeira ou vaso de pressão como se dimensiona ou calibra a válvula de segurança? Lembrando que o dispositivo de segurança deve estar calibrado na PMTA ou abaixo da mesma e nunca acima da PMTA;
- Não se tem a definição dos materiais das partes submetidas à pressão. Com isto, não se possui a tensão admissível necessária para cálculo da espessura mínima;
- Não havendo desenhos com as espessuras iniciais, como definir se as espessuras medidas tiveram ou não reduções nas mesmas?

Por exemplo, na norma **ABNT NBR 15417** é mencionado nos itens 4.2.2 e 5.4.3:

6.1 Planejamento da Inspeção citado no seu item 4.2.2:

“Quando não existir prontuário completo do vaso de pressão ou que tenha extraviado, ou faltar o registro de segurança, o prontuário deve ser reconstituído pelo PH, de acordo com a NR13, devendo conter os seguintes documentos:

a) Mapa de medições de espessura, realizado por meio de ultrassom, ou outro meio adequado, de todos os elementos do vaso submetidos à pressão, assim como os elementos soldados nas partes pressurizadas;

b) Memória de cálculo do vaso de pressão, com base no código de construção, levando-se em conta **as menores espessuras encontradas**, calculando a PMTA de todos os elementos do vaso, com a finalidade de determinação da PMTA do vaso. Também devem ser consideradas as cargas externas atuantes no vaso.



c) Desenhos contendo todas as informações necessárias para o acompanhamento da vida útil do vaso, com dimensões, dados do código de construção adotado na reconstituição da memória de cálculo e demais informações necessárias para satisfazer a NR13;

d) Desenho da nova plaqueta de identificação conforme a NR13;

e) Especificações dos dispositivos de segurança;

f) Abertura do registro de segurança;

g) Demais documentos exigidos pela NR13 ou mesmo determinados pelo RH, que será responsável pela reconstituição do prontuário”.

6.2 Inspeção de Reconstituição de Prontuário no seu item 5.4.3:

“Deve ser executada inspeção de reconstituição de prontuário quando o vaso de pressão instalado **não tiver o seu prontuário**, seja por inexistência ou extravio, que deve ser reconstituído pelo fabricante ou pelo PH de acordo com um código de construção a ser adotado e NR13. A reconstituição pode ser **total** (quando não houver quaisquer dos documentos obrigatórios de um prontuário) ou **parcial** (quando faltar documentos obrigatórios no prontuário) tomando os seguintes cuidados:

a) Efetuar inspeções denominadas periódicas **conjuntas**, tais como: interna, externa, e teste hidrostático nos moldes da NR13 e desta forma;

b) Elaborar todo o prontuário do vaso de pressão nas condições atuais em que se encontra, devendo ser complementado com projeto de alteração e reparo, caso necessário, assim como restabelecer todos os **desenhos e memórias** de cálculo;

c) Realizar no mínimo um **END** para análise das condições do vaso, e a medição de **espessura obrigatória através de ultrassom** conforme o código adotado pelo PH.

d) Fazer todas as considerações necessárias, registrando no **relatório de inspeção**, nos moldes da NR13 e desta Norma;

e) Abrir ou atualizar o **registro de segurança**, com as suas devidas anotações.

NOTA

No caso da dificuldade de levantamento dos **materiais do vaso**, a critério do PH, devem ser elaborados ensaios END ou outros necessários para levantamento do material do vaso. O PH deve **justificar as tensões utilizadas** para cálculo das PMTA das partes do vaso na memória de cálculo”.

7 Quem dimensiona as válvulas de segurança (dispositivos de segurança)?

Os fabricantes das caldeiras e dos vasos de pressão dimensionam e especificam os dispositivos de segurança para estes equipamentos.

Estes documentos fazem parte do prontuário das caldeiras, conforme o item 13.4.1.6 alínea "a". Nos vasos de pressão no item 13.5.1.6 alínea "a" é mencionado esta exigência.

Porém, a cada inspeção de caldeira e de cada vaso de pressão o Profissional Habilitado deve ter a preocupação de verificar se os dispositivos de segurança **tem a capacidade de aliviar a vazão** necessária **para despressurizar** estes sistemas.

As caldeiras possuem o teste de acumulação (citado no item 4.1 deste documento) que garante que a pressão não ultrapasse a 6% acima da PMTA, conforme a ASME I.

Já para os vasos de pressão esta definição fica a cargo do Profissional Habilitado. Ou seja, principalmente nas inspeções de "Reconstituição de Prontuário" uma das prioridades é exatamente o dimensionamento e a correta especificação do dispositivo de segurança que deve atender ao código de projeto do vaso de pressão.



A norma API 520 define as formulas para o dimensionamento das válvulas de segurança e válvulas de alívio. Alguns fabricantes destas válvulas possuem softwares que ajudam muito neste dimensionamento.

Lembrando que a válvula de segurança para as caldeiras deve atender a um código de projeto para estes equipamentos, por exemplo, ASME I (Figura 07).

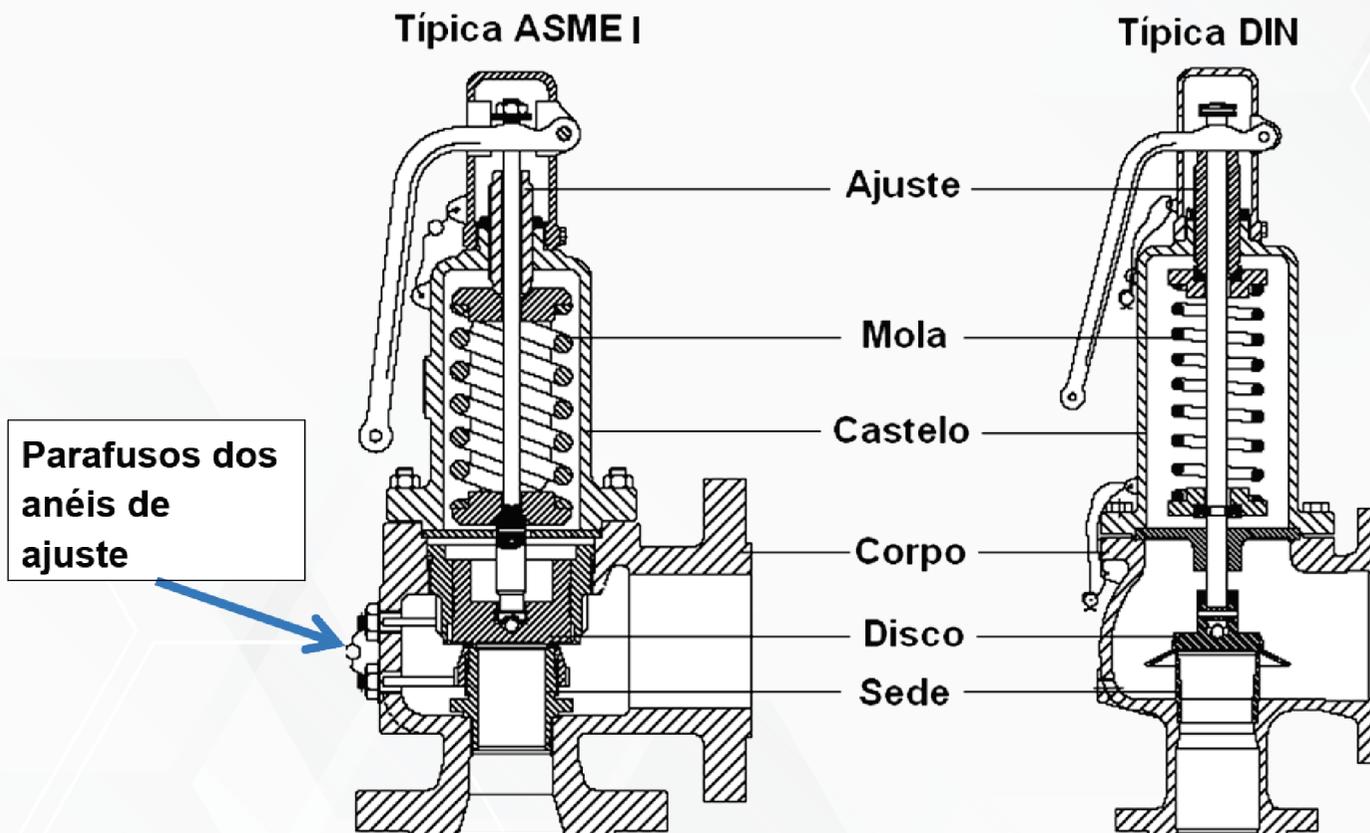


Figura 07 – Válvulas de Segurança ASME I e DIN (Fonte Spirax Sarco)

8 Em quais documentos o Ministério do Trabalho se baseia para elaborar as multas e interdições?

A Norma Regulamentadora 28 define os critérios para a elaboração de multas.

Na NR28 existe uma tabela (Anexo I) com a definição de Grau de Infração (I₁, I₂, I₃ ou I₄) juntamente com o número de empregados da empresa, caso algum item da NR13 não seja atendido.

NR 13 (213.000-9)			
13.3.1, "a"	213001-7	I4	S
13.3.1, "b"	213002-5	I4	S
13.3.1, "c"	213003-3	I4	S
13.3.1, "d"	213004-1	I4	S
13.3.1, "e"	213005-0	I4	S
13.3.1, "f"	213006-8	I4	S
13.3.1.1	213007-6	I4	S
13.3.1.1.1	213008-4	I4	S
13.3.3	213009-2	I3	S
13.3.6	213010-6	I3	S
13.3.7, "a"	213011-4	I2	S
13.3.7, "b"	213012-2	I2	S
13.3.7, "c"	213013-0	I2	S
13.3.8	213014-9	I3	S
13.3.9	213015-7	I3	S
13.3.10	213016-5	I4	S
13.3.11	213017-3	I2	S
13.3.11.1	213018-1	I2	S
13.3.11.3.1, "a"	213019-0	I4	S
13.3.11.3.1, "b"	213020-3	I4	S
13.3.11.4	213021-1	I2	S
13.4.1.3, "a"	213022-0	I4	S
13.4.1.3, "b"	213023-8	I4	S
13.4.1.3, "c"	213024-6	I4	S
13.4.1.3, "d"	213025-4	I4	S
13.4.1.3, "e"	213026-2	I4	S
13.4.1.4	213027-0	I2	S
13.4.1.5	213028-9	I2	S
13.4.1.6, "a"	213029-7	I3	S
13.4.1.6, "b"	213030-0	I3	S
13.4.1.6, "c"	213031-9	I3	S
13.4.1.6, "d"	213032-7	I3	S
13.4.1.6, "e"	213033-5	I3	S
13.4.1.6, "f"	213034-3	I3	S
13.4.1.7	213035-1	I3	S
13.4.1.9, "a"	213036-0	I2	S
13.4.1.9, "b"	213037-8	I2	S
13.4.1.10	213038-6	I2	S

Anexo II - NR 13 - Código de Multas

GRADAÇÃO DAS MULTAS (EM UFIR)								
NUMERO DE EMPREGADOS	SEGURANÇA DO TRABALHO				MEDICINA DO TRABALHO			
	I ¹	I ²	I ³	I ⁴	I ¹	I ²	I ³	I ⁴
1-10	630-729	1129-1393	1691-2091	2252-2792	378-428	676-839	1015-1254	1350-1680
11-25	730-830	1394-1664	2092-2495	2793-3334	429-498	840-1002	1255-1500	1681-1998
26-50	831-963	1665-1935	2496-2898	3335-3876	499-580	1003-1166	1501-1746	1999-2320
51-100	964-1104	1936-2200	2899-3302	3877-4418	581-662	1167-1324	1747-1986	2321-2648
101-250	1105-1241	2201-2471	3303-3718	4419-4948	663-744	1325-1482	1987-2225	2649-2976
251-500	1242-1374	2472-2748	3719-4121	4949-5490	745-826	1483-1646	2226-2471	2977-3297
501-1000	1375-1507	2749-3020	4122-4525	5491-6033	827-906	1647-1810	2472-2717	3298-3618
mais de 1000	1508-1646	3021-3284	4526-4929	6034-6304	907-990	1811-1973	2718-2957	3619-3782

Anexo I - NR 28 - Cálculo de Multas

No Anexo II se define para cada item da NR13 a infração, bem como o código da multa (Figura 08).

9 Quais os critérios para se definir os fluidos combustíveis, inflamáveis e tóxicos nos vasos de pressão?

Os fluidos tóxicos têm o seu limite de tolerância definido pelo Quadro 1 do Anexo 11 da NR15 (Figura 09). Por exemplo, a amônia possui o limite de tolerância de 20 ppm e com isto se enquadra como fluido de Classe A.

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Acetaldeído			78	140	máximo
Acetato de cellosolve		+	78	420	médio
Acetato de éter monoetílico de etileno glicol (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etílico etila (vide acetato de cellosolve)			-	-	-
Acetileno			Axfixante	simples	-
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo
Ácido crômico (névoa)			-	0,04	máximo
Ácido etanóico (vide ácido acético)			-	-	-
Ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo
Ácido fórmico			4	7	médio
Ácido metanóico (vide ácido fórmico)			-	-	-
Acrilato de metila		+	8	27	máximo
Acrilonitrila		+	16	35	máximo
Álcool I isoamílico			78	280	mínimo
Álcool n -butílico	+	+	40	115	máximo
Álcool isobutílico			40	115	médio
Álcool sec -butílico (2 -butanol)			115	350	médio
Álcool terc -butílico			78	235	médio
Álcool etílico			780	1480	mínimo
Álcool furfurílico		+	4	15,5	médio
Álcool metil amílico (vide metil isobutil carbinol)			-	-	-
Álcool metílico		+	156	200	máximo
Álcool n -propílico		+	156	390	médio
Álcool isopropílico		+	310	765	médio
Aldeído acético (vide acetaldeído)			-	-	-
Aldeído fórmico (vide formaldeído)			-	-	-
Amônia			20	14	médio
Anidro sulfuroso (vide dióxido de enxofre)			-	-	-
Anilina		+	4	15	máximo

Figura 09 – Parte do Quadro 1 do Anexo 11 da NR15 – Limite e Tolerância

A classificação de fluidos inflamáveis e combustíveis é definida pelo item 20.3 da NR20:

“20.3 Definições:

20.3.1 Líquidos inflamáveis: são líquidos que possuem ponto de fulgor $\leq 60^\circ \text{C}$.



LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS

PONTO DE FUGOR $\leq 60^\circ \text{C}$

20.3.2 Gases inflamáveis: gases que inflamam com o ar a 20°C e a uma pressão padrão de 101,3 kPa.



GASES INFLAMÁVEIS
INFLAMAM COM AR A 20°C , A UMA
PRESSÃO PADRÃO DE 101,3 kPa

20.3.3 Líquidos combustíveis: são líquidos com ponto de fulgor $> 60^\circ \text{C}$ e $\leq 93^\circ \text{C}$ ”.



LÍQUIDOS COMBUSTÍVEIS

PONTO DE FUGOR
 $> 60^\circ \text{C}$ E $\leq 93^\circ \text{C}$

10 Por que as tubulações de vapor de água são mencionadas na NR13?

O principal motivo são os “Golpes de Aríete”. Como já mencionado no item 3.3 alínea “b” deste documento estes golpes são suficientes para romper tubulações, juntas e acessórios, tais como filtros e válvulas. Exemplos podem ser vistos nas Figuras 10 e 11.



Figura 10 – Filtro Y rompido devido a golpe
(Fonte: Spirax Sarco)

reatores e panelões que devem ter os seus respectivos dispositivos de segurança.

Ocorre que em muitas aplicações os equipamentos a vapor não suportam a pressão da caldeira. Necessitam de válvulas de redução de pressão. Uma das ocorrências frequentes é a **falta de dispositivos de segurança** após estas válvulas redutoras de pressão.

Uma das providencias para se evitar o acúmulo de água nas tubulações de vapor é a correta instalação de drenagens. Esta necessidade já foi mencionada neste documento no seu item 2.4 para atender a exigência da NR13 (item 13.6.2.2) quanto ao “Plano de Manutenção” a ser elaborado.

Por outro lado, existem diversos vasos de pressão que possuem como fluido o vapor saturado. São diversos tipos de equipamentos, tais como: cozinhadores, cilindros secadores,



Figura 11 – Válvula globo rompida devido a golpe
(Fonte: Spirax Sarco)

11 Como deve ser executada a inspeção nos equipamentos para atender a NR13?

Como já mencionado, a inspeção deve atender plenamente a todos os itens da NR13.

Além do relatório de inspeção de segurança estar de acordo com a NR13, como detalhado no item 4 deste documento; deve-se **emitir a ART** (Anotação de Responsabilidade Técnica) do CREA conforme mencionado no item 2 deste documento:

- 2.1: Inspeções das caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques de armazenamento;
- 2.2: Calibrações dos dispositivos de segurança;
- 2.3: Treinamentos dos operadores das caldeiras e vasos de pressão das Categorias I e II;
- 2.4: Plano de Manutenção para as tubulações de vapor de água.

A norma ABNT NBR 15417 cita no seu item 7.1 a obrigatoriedade da utilização da **medição das espessuras nas partes submetidas a pressão**. Esta tarefa é considerada um Ensaio Não Destrutivo (END). Outros END podem ser utilizados e são mencionados nesta norma:

- 7.2: Partícula Magnética;
- 7.4: Ultrassom;
- 7.5: Líquido Penetrante;
- 7.7: Outros ensaios: ACFM (item 7.3); Emissão acústica (item 7.6); etc.

Na norma N-2619 da Petrobrás são mencionados no seu item 6, além destes END outros ensaios não destrutivos:

- Radiografia;
- Réplica Metalográfica;
- Dimensional;
- Termografia.

Com isto, é usual a necessidade dos **certificados de calibração dos equipamentos** utilizados para a execução dos END, bem como a certificação e/ou qualificação dos técnicos que elaboraram estes ensaios.

12 O que pode ocorrer devido a explosões com danos materiais e morte de pessoas?

A legislação brasileira é bastante abrangente com relação às consequências de danos e/ou explosões nos equipamentos da norma NR13. Cita-se abaixo a legislação mais adotada nestes casos:

- CLT (Consolidação das Leis do Trabalho) seção XII no seu artigo 187:

"As caldeiras, equipamentos e recipientes em geral que operam sob pressão deverão dispor de válvula e outros dispositivos de segurança, que evitem seja ultrapassada a pressão interna de trabalho compatível com a sua resistência (Lei 6.514 de 22/12/1977)".

- CDC (Código de Defesa do Consumidor) no seu artigo 6º item I:

"São direitos básicos do consumidor a proteção à vida, saúde e segurança contra riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados perigosos ou nocivos (Lei 8.078 de 11/09/1990)".

- Código Civil no seu artigo 927:

"Aquele que por ato ilícito, causar dano a outrem, fica obrigado a repará-lo (Lei 10.406 de 10/01/2002)".

- Código Penal no seu artigo 121 e paragrafo 3º:

"Homicídio culposo, ou seja, aquele que não tem intenção de matar (Lei 2.848 de 07/12/1940)".

- CREA:

"O engenheiro que, no exercício de sua atividade, lesa alguém tem a obrigação legal de cobrir os prejuízos, sob pena inclusive, de suspensão do exercício profissional".

"A escolha dos materiais a serem empregados na obra ou serviço é da competência exclusiva do profissional. Quando o material não estiver de acordo, com a especificação, ou dentro dos critérios de segurança, o profissional deve rejeitá-lo, sob pena de responder por qualquer dano futuro".

Em caso de acidente ocorre normalmente:

- a) **Danos Materiais:** Processo Civil;
- b) **Mortes de pessoas:** Processo Penal.

As ações jurídicas podem ocorrer em consequência a acidentes:

Ação civil contra a empresa:

- Provar culpa;
- Busca a indenização;
- Quem paga é a empresa.



Ação civil pública:

- Visa proteger o direito coletivo;
- Imposto pelo Ministério Público;
- Muito espaço na imprensa.

Ação Penal contra as pessoas:

- Independente ou não da Ação Civil;
- Tem aspecto de punição;
- Contra os profissionais.

Bibliografia

- ABNT NBR 15358. Rede de distribuição interna para gases combustíveis em instalações industriais Projeto e execução. ABNT. São Paulo. 2008.
- ABNT NBR 15417. Vasos de Pressão – Inspeção de segurança em serviço. ABNT. São Paulo. 2007.
- API RP 510. Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration. American Petroleum Institute. Washington. 2006.
- API RP 520. Sizing, Selection and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries. American Petroleum Institute. Washington. 2008.
- API 570 – Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair and Alteration of Piping Systems. Washington. 1998 (Second Edition) e 2009
- API 574 - Inspection Practices for Piping System Components. Washington. 1998 (Second Edition) e 2009 (Third Edition).
- API 620 - Recommended rules for design and construction of large welded, low-pressure storage tanks;
- API 653 - Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction. Washington. 2008.
- ASME Section I. Rules for Construction of Power Boilers. New York. 2010.
- ASME Section VIII Divisão 1. Rules for Construction of Pressure Vessels. New York. 2007. ASME B31.3. Process Piping. New York. 2004.
- Lei 2.878. Código Penal. Câmara dos Deputados. Brasília/DF. 07/12/1940. Lei 6.514. CLT – Consolidação das Leis do Trabalho. Brasília/DF. 22/12/1977.
- Lei 8.078. Código de Defesa do Consumidor. Câmara dos Deputados. Brasília/DF. 11/09/1990. Lei 10.406. Código Civil. Câmara dos Deputados. Brasília/DF. 10/01/2002.
- N-2318. Inspeção em Serviço de Tanque de Armazenamento Atmosférico. 2003. N-2555. Inspeção em Serviço de Tubulações. Petrobrás. 2000.
- N-2619. Inspeção em Serviço de Vasos de Pressão. Petrobrás. 2000.
- N-2789. Inspeção em Serviço de Tanques Atmosféricos de Uso Geral. 2004. NR3. Embrago e Interdição. MTE. 2011.
- NR13. Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de Armazenamento. MTE. SIT. DSST. Brasília, 2018.
- NR15. Atividades e Operações Insalubres. MTE. 2008. NR20. Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis. MTE. 2017. NR28. Fiscalização e Penalidades. MTE. 2017.
- RODRIGUES, M. L. M. NR13 Comentada e Atualizada com a Portaria 1.082. 2019. Disponível em: <http://eepurl.com/gfT-cD>
- SPIRAX SARCO. Válvulas de Segurança / Alívio. Cotia, São Paulo. 2005.



FICHA TÉCNICA

REALIZAÇÃO

CREA-MG Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

EQUIPE TÉCNICA

COORDENAÇÃO

Eng. Mecânico Marcos Luiz de Macedo Rodrigues

MSc. Sistemas Térmicos e Fluidos

Diretor da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

Supervisor de Engenharia da Spirax Sarco Brazil

Eng. Mecânico Ronaldo Chartuni Bandeira

Conselheiro da Câmara Especializada da Engenharia Mecânica e Metalúrgica do CREA-MG

Eng. Mecânico Marcelo Aguiar de Sousa

Presidente da ABEMEC-MG Associação de Engenharia Mecânica e Industrial de Minas Gerais

COLABORADORES

Lorena Laís Rezende Freitas

REVISÃO GRAMATICAL E ORTOGRÁFICA

Andréia Shirley Taciana de Oliveira

DIAGRAMAÇÃO, PROJETO GRÁFICO E ARTE

Márcio Eduardo Ferreira

MARDUF PRODUÇÕES AUDIOVISUAIS

ILUSTRAÇÃO

Fernando Pereira dos Santos

ABEMEC-MG

CREA-MG

2019



CARTILHA

NR

13



CREA-MG

Conselho Regional de Engenharia
e Agronomia de Minas Gerais



ABEMEC
ASSOCIAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
E INDUSTRIAL DE MINAS GERAIS