



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS CENTRO - CMC  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA - DPI**

**NAZÁRIO BRASIL MENEZES**

**APLICAÇÃO DA NR-13 EM VASOS DE PRESSÃO: TESTE HIDROSTÁTICO DE  
UM VASO DE PRESSÃO DO LABORATÓRIO DE MECÂNICA DO IFAM,  
MANAUS-AM.**

**MANAUS – AM  
2021**

**NAZÁRIO BRASIL MENEZES**

**APLICAÇÃO DA NR-13 EM VASOS DE PRESSÃO: TESTE HIDROSTÁTICO DE  
UM VASO DE PRESSÃO DO LABORATÓRIO DE MECÂNICA DO IFAM,  
MANAUS-AM.**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado ao IFAM – Campus Centro  
Manaus, como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia  
Mecânica.

Orientador: Prof. Msc. Cristóvão Américo  
Ferreira de Castro

**MANAUS – AM  
2021**

NAZÁRIO BRASIL MENEZES

**APLICAÇÃO DA NR-13 EM VASOS DE PRESSÃO: TESTE HIDROSTÁTICO DE  
UM VASO DE PRESSÃO DO LABORATÓRIO DE MECÂNICA DO IFAM,  
MANAUS-AM**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido ao Bacharelado de  
Engenharia Mecânica do Instituto Federal  
de Educação, Ciência e Tecnologia do  
Amazonas, como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Mecânica, no Instituto  
Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Amazonas.

Orientador: Prof. Msc. Cristóvão Américo  
Ferreira de Castro

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. MSc. CRISTÓVÃO AMÉRICO FERREIRA DE CASTRO  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

Prof. MSc. SIDNEY ASSIS CHAGAS  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

Prof. PLÁCIDO FERREIRA LIMA  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

MANAUS-AM  
2021

*Aos meus pais, minha esposa e minhas filhas Ellis e Eloá, pela dedicação, paciência e compreensão que teve em todo o tempo de duração do curso. Pelo amor, carinho e estímulo incomensurável que me ofereceram enquanto me dediquei a este investimento, dedico-lhes esta conquista em forma de homenagem.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço inicialmente a Deus, Força Suprema que rege todo o universo.

Agradeço ainda a Natureza e o ar que respiramos.

A minha família pelo incentivo e compreensão nos momentos que foram privados da minha presença.

Ao meu orientador, Prof. MSc. Cristóvão Américo Ferreira de Castro, por me orientar e colaborar neste trabalho.

Aos meus colegas de curso que acompanharam e auxiliaram em muitos momentos.

A todos os professores e aos funcionários que incansavelmente estiveram presentes ao longo da minha jornada no curso de graduação.

**RESUMO:**

A NR-13 é uma norma do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, e tem como objetivo estabelecer requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão e suas tubulações de interligação nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores. Objetiva-se neste trabalho aplicar a NR-13 através de check list ao executar um teste hidrostático em um vaso de pressão do laboratório de mecânica do IFAM. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e experimental, de natureza qualitativa. Buscou-se a leitura aprofundada da NR-13, foi produzido uma lista de itens a serem inspecionados com base na NR-13 e foi realizado um teste hidrostático com um vaso de pressão no laboratório de mecânica, onde foi evidenciado a importância da integridade estrutural do vaso, visto que o rompimento de uma unidade desta acarreta graves acidentes. Além disso, esta é uma conduta profissional da modalidade mecânica e que se enquadra dentro da Manutenção Preventiva.

**Palavras-chave:** NR-13. Vasos de Pressão. Hidrostático. Manutenção Preventiva.

**ABSTRACT:**

NR-13 is a standard of the Ministry of Labor and Employment of Brazil and aims to establish minimum requirements for managing the structural integrity of steam boilers, pressure vessels and their interconnecting pipes in aspects related to installation, inspection, operation and maintenance, aiming at the safety and health of workers. The objective of this work is to apply the NR-13 through a checklist when performing a hydrostatic test in a pressure vessel in the IFAM mechanics laboratory. It is a bibliographical and experimental research, of a qualitative nature. A thorough reading of NR-13 was sought, a list of items to be inspected based on NR-13 was produced and a hydrostatic test was performed with a pressure vessel in the mechanics laboratory, where the importance of integrity was highlighted structure of the vessel, since the rupture of a unit of it causes serious accidents. In addition, this is a professional conduct of the mechanical modality and that fits within Preventive Maintenance.

**Keywords:** NR-13. Pressure vessel. Hydrostatic. Preventive maintenance.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	10
2.1 NR-13 CONCEITOS E ESPECIFICAÇÕES.....	10
2.2 PORTARIAS REGULAMENTADORAS.....	14
2.3 VASOS DE PRESSÃO.....	16
2.3.1 Segurança.....	19
2.3.2 Aplicação dos Vasos de pressão.....	20
2.3.3 Instalação de Vasos de pressão.....	21
2.3.4 Inspeção.....	23
2.3.5 Deterioração e avaria.....	27
2.3.6 Documentação.....	27
2.4 INSPEÇÕES.....	30
2.4.1 Inspeção de segurança Inicial.....	30
2.4.2 Inspeção de segurança periódica.....	31
2.4.3 Inspeção de segurança extraordinária.....	31
2.5 TESTES HIDROSTÁTICOS.....	32
2.5.1 Aplicabilidade.....	33
2.5.2 Aplicação de Teste Hidrostático em Vasos de Pressão.....	35
2.5.3 Dispositivos de Alívio de Tensão.....	37
2.5.4 Manômetro.....	37
2.5.5 Aspectos legais.....	39
3. MATERIAIS E METODOS.....	41
4. RESULTADOS OBTIDOS.....	43
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
6. REFERÊNCIAS .....	46
ANEXOS E APÊNDICES.....	48



## 1 INTRODUÇÃO

O aumento das Indústrias no Brasil que utilizam o vapor gerado por caldeiras e vasos de pressão para a geração de energia elétrica e também para o seu próprio consumo, nos mostra a necessidade e importância dos vasos de pressão se adequarem as suas normas regulamentadoras, no caso para caldeiras e vasos de pressão temos a Norma Regulamentadora NR 13.

A NR 13 é uma norma do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, e tem como objetivo condicionar a operação de vasos de pressão e caldeiras. Foi criada em 8 de junho de 1978, sofrendo revisão em 8 de maio de 1984. Um Manual Técnico sobre a NR 13 foi elaborado pelo Grupo Técnico Tripartite, em 1996, composto por técnicos, a convite da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho (SSST), do Ministério do Trabalho (MTb) (PROMINP, 2008).

Com o desenvolvimento desta nova fonte de energia alternativa oriunda das termoelétricas, que utilizam o vapor superaquecido gerado pela caldeira para movimentar a turbina, a qual transforma a energia térmica em energia mecânica na turbina, e esta energia mecânica é transformada em energia elétrica no gerador.

Nos últimos anos ocorreu no país uma crise no suprimento de eletricidade, com a falta de água provocando um racionamento que abalou a confiança da população e do governo na confiabilidade da hidroeletricidade como fonte de energia. Esse problema foi enfrentado com medidas de racionalização de água e conservação de energia. Essa crise despertou a atenção das autoridades e de especialistas para a vulnerabilidade do nosso sistema hidroelétrico, em parte, da escassez de investimentos em novos reservatórios e em linhas de transmissão (SILVA, 2012).

Este trabalho de conclusão de curso abordou a aplicação da NR 13 em Vasos de Pressão, através da aplicação de testes hidrostáticos - TH em um vaso de pressão localizado no laboratório de mecânica do Instituto Federal do Amazonas - IFAM, na cidade de Manaus, estado do Amazonas.

Este trabalho, ancora-se nas seguintes questões norteadoras:

- a) Como é o funcionamento e classificação dos vasos de pressão?

b) Quais os parâmetros de segurança de vasos de pressão de acordo com a Norma Regulamentadora – NR 13?

c) Quais os resultados da aplicação de testes hidrostáticos em vasos de pressão?

As hipóteses apresentadas, para estes questionamentos são:

a) A NR 13 é uma norma do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil e tem como objetivo condicionar a operação de vasos de pressão;

b) Os vasos de pressão devem passar por inspeções periódicas. No Brasil as inspeções realizadas nestes tipos de equipamentos devem seguir diversas condições e metodologias que são regidas por normas regulamentadoras;

c) A NR 13 recomenda condições e exames, incluindo a realização de Testes Hidrostáticos (TH) que devem ser realizados de forma periódica, de acordo com a categoria do equipamento.

Buscando responder as questões levantadas, de acordo com as hipóteses propostas, o trabalho teve como objetivo geral identificar as condições de operação, segurança e disposição geral de um Vaso de pressão disponível no laboratório de mecânica do IFAM, Manaus-AM, com ênfase no teste hidrostático. Os objetivos específicos definidos, foram conhecer sobre os vasos de pressão, seu funcionamento e classificação; analisar parâmetros de segurança de vasos de pressão de acordo com a Norma Regulamentadora NR-13; sendo possível aplicar testes hidrostáticos em vasos de pressão.

No segundo capítulo foi realizada uma investigação acerca dos conceitos e especificações do Norma Regulamentadora NR-13, parâmetros de segurança de vasos de pressão, no que tange a aplicação; instalação; inspeção; deterioração /avaria e documentação.

No terceiro capítulo, foi realizado a aplicação de teste hidrostático em vasos de pressão, com análise do vaso de pressão em sua estrutura física e preservação de seus aspectos naturais de tensão e forma.

## 2 REFERENCIAL TEORICO

### 2.1 NR-13 CONCEITOS E ESPECIFICAÇÕES

Conforme tratam Leite e Militão (2008), a NR13 apresenta como objetivo principal determinar as formas de operação de vasos de pressão e caldeiras desde 1984, carecendo já de atualização visto que existem equipamentos que não são contemplados nesta normatização e atualmente são muito utilizados.

A NR 13, atualmente, abrange todos os itens conceituados anteriormente, como as Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques de armazenamento e estabelece no item 13.1.1 os seus requisitos mínimos:

Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão, suas tubulações de interligação e tanques metálicos de armazenamento nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores (JUNIOR, 2018).

A NR 13 é bem abrangente e detalhada para atender todos os pontos, tanto que a sua última revisão é composta de oito itens mais três anexos (Quadro 01).

QUADRO 1 - Estrutura de Sumário da NR-13

ITEM	DESCRIÇÃO
13.1	Introdução
13.2	Campo de Aplicação
13.3	Disposições Gerais
13.4	Caldeiras
13.5	Vasos de Pressão
13.6	Tubulações
13.7	Tanques Metálicos de Armazenamento
13.8	Glossário
Anexo I	Capacitação de Pessoal
Anexo II	Requisitos para Certificação de Serviços Próprios de Inspeção e Equipamentos.
Anexo III	Certificação Voluntária de Competências do Profissional Habilitado da NR-13

Fonte: JUNIOR (2018)

Altafini (2002) observa que, dentre os vários pontos importantes desta norma, a qual é centrada nas inspeções de segurança de vasos de pressão existem regulamentações fundamentais destacadas ao longo deste estudo.

A principal modificação introduzida na NR-13 é a adoção da classificação dos vasos de pressão em categorias de inspeção, em função do: tipo de fluido armazenado, produto da pressão máxima de operação do vaso e seu volume geométrico e o grupo potencial de risco do vaso.

As categorias de inspeção variam de I a V, sendo mais rigorosa quanto MENOR for sua categoria. Assim um vaso enquadrado na categoria I é aquele que estará submetido aos maiores rigores da Norma.

A NR 13, na parte referente a vasos de pressão aplica-se, basicamente, a vasos de pressão, estacionários, não sujeitos a chama, cujo produto da pressão máxima de operação (KPa) e seu volume geométrico ( $m^3$ ) seja superior a 8 ou que armazene fluido classe A (IBP,2017).

Todo vaso em quadrado nas categorias I e II, deve possuir um manual de operação que contenha os procedimentos específicos adotados para o vaso em manobras operacionais, como: paradas, partidas, emergências, etc. Além disso, os operadores devem ser treinados, conforme os requisitos especificados na Norma.

Todos os reparos ou alterações devem respeitar o respectivo código de projeto e construção do vaso. A critério do Profissional Habilitado, podem ser utilizadas tecnologias de cálculo ou procedimentos mais avançados em substituição aos previstos pelos códigos de projeto e construção

A periodicidade de inspeção exigida pela Norma, depende da categoria do vaso e se a empresa possui Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos. As tabelas 01 e 02 mostram os prazos de inspeção e exigências para os vasos de pressão.

Para estabelecimento que não possuem Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE). (Tabela 02):

Tabela 02: Classificação dos fluidos

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

Fonte: Silva e Peixoto (2019).

Para estabelecimento que possuam o Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE). (Tabela 03).

Tabela 03: Prazo de inspeção para quem tem SPIE

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

Fonte: JUNIOR ( 2018).

As válvulas de segurança devem ser desmontadas, inspecionadas e recalibradas durante o exame interno do vaso. Em situações que possam alterar as condições iniciais do vaso este deve ser submetido a uma inspeção de segurança extraordinária. Por exemplo: quando houver alteração de local do vaso.

Após a inspeção deve ser emitido relatório de inspeção contendo no mínimo o seguinte:

- a) Identificação do vaso;
- b) Fluido de serviço e categoria do vaso;
- c) Tipo do vaso;
- d) Data de início e término da inspeção;
- e) Tipo de inspeção executada;
- f) Descrição dos exames e testes executados;
- g) Resultados das inspeções e intervenções executadas;
- h) Conclusões;

- i) Recomendações e providências necessárias;
- j) Data prevista para a próxima inspeção;
- k) Nome e assinatura do profissional habilitado;
- l) Nome e assinatura dos técnicos que participaram da inspeção.

As Delegacias Regionais do Trabalho (DRT) cabem executar as atividades relacionadas com a segurança e medicina do trabalho e a fiscalização do cumprimento dos preceitos legais e regulamentares sobre a segurança e higiene do trabalho. A fiscalização quanto ao cumprimento dos requisitos da NR 13 pode ser feita pelos empregados da empresa ou seus sindicatos de classe, mediante solicitação formal a empresa, ou através de denúncia ao ministério público.

Cabe, portanto, às DRT's impor penalidades, embargar, interditar etc. em função da inobservância das Normas Regulamentadoras.

Conforme, LEAL (2020) A NR-1 estabelece também que cabe ao empregador cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentares, sob pena de aplicação das penalidades previstas na legislação pertinente. Ao empregado cabe cumprir essas disposições. A recusa injustificada constitui ato faltoso. Merece destaque o não cumprimento dos itens da NR 13 considerados como risco grave e iminente, nesses casos a empresa está sujeita a interdição total ou parcial de suas atividades enquanto esses itens não forem atendidos.

Os critérios de interdição para embarco de obras ou interdição de unidades operacionais estão descritos na Norma Regulamentadora NR 3.

A interdição e embargo poderão ser requeridos pelo Setor de Segurança e Medicina do Trabalho da DRT ou por entidade sindical. As penalidades que as empresas e profissionais habilitados estão sujeitos por não atendimento aos requisitos da Norma Regulamentadora NR-13 estão descritas na Norma Regulamentadora NR-28. São exemplos de risco grave e iminente a falta de dispositivos de segurança, de indicadores de pressão, etc. (IBP, 2017).

Destaca-se que além da emissão da sua portaria de implementação em 1978, a NR-13 possui mais sete portarias, essas publicadas até 2018, buscando mantê-la atualizada, menos burocrática e mais abrangente e segura. Todavia todas estas alterações acabam gerando dúvidas, necessidades de novos investimentos, atualizações de treinamentos e impactos na cadeia produtiva.

## 2.2 PORTARIAS REGULAMENTADORAS

Com objetivo de analisar o desenvolvimento das portarias emitidas, ao longo dos anos, serão tratados a seguir os principais temas alterados em cada portaria:

Conforme Prieto(1978), a Portaria MTB Nº 3.214, de 08 de junho de 1978, teve como objetivo regulamentar as Normas Regulamentadoras do Capítulo V, Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho sendo elas:

- NR - 1 - Disposições Gerais
- NR - 2 - Inspeção Prévia
- NR - 3 - Embargo e Interdição
- NR - 4 - Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho - SESMT
- NR - 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA
- NR - 6 - Equipamento de Proteção Individual - EPI
- NR - 7 - Exames Médicos
- NR - 8 - Edificações
- NR - 9 - Riscos Ambientais
- NR - 10 - Instalações e Serviços de Eletricidade
- NR - 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais
- NR - 12 - Máquinas e Equipamentos
- NR - 13 - Vasos Sob Pressão
- NR - 14 - Fornos
- NR - 15 - Atividades e Operações Insalubre
- NR - 16 - Atividades e Operações Perigosas
- NR - 17 - Ergonomia
- NR - 18 - Obras de Construção, Demolição e Reparos
- NR - 19 - Explosivos
- NR - 20 - Combustíveis Líquidos e Inflamáveis
- NR - 21 - Trabalhos a Céu Aberto
- NR - 22- Trabalhos Subterrâneos
- NR - 23 - Proteção Contra Incêndios
- NR - 24 - Condições Sanitárias dos Locais de Trabalho

- NR - 25 - Resíduos Industriais
- NR - 26 - Sinalização de Segurança
- NR - 27 - Registro de Profissionais

Segundo Junior(2018), a portaria mais atual até a elaboração deste trabalho, é a Portaria MTB N° 1.082 de 18 de dezembro de 2018 contendo 10 artigos com o objetivo de mantê-la atualizada, diminuir a possibilidade destas ocorrências e a burocracia alterando desde o nome da NR-13 CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO, TUBULAÇÕES E TANQUES METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO, diversos pontos, mas principalmente o item 13.1.1 com a inclusão de Tanques Metálicos de Armazenamento.

13.1.1 Esta Norma Regulamentadora NR estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão, suas tubulações de interligação e tanques metálicos de armazenamento nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores. (JUNIOR, 2018)

A inclusão do Tanques Metálicos de Armazenamento pela nova redação da NR-13 define a aplicabilidade para os tanques metálicos através do Item 13.2.1, alínea “f”, conforme transcrito abaixo:

13.2.1 ... 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. (JUNIOR, 2018).

O profissional habilitado - PH agora conta com a possibilidade de obter voluntariamente a certificação de suas competências profissionais com a inclusão dos itens 13.3.2.1 e detalhado no Anexo III trazendo mais formalidades e treinamentos aos profissionais.

13.3.2.1 O PH, definido no subitem 13.3.2, pode obter voluntariamente a certificação de suas competências profissionais através de um Organismo de Certificação de Pessoas OPC acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia CGCRE/INMETRO, conforme estabelece o Anexo III desta NR. (JUNIOR, 2018).



Nos itens referentes às caldeiras as mudanças principais são o aumento do volume das categorias A e B de 50L para 100L, retirada da obrigatoriedade de controle e tratamento da qualidade da água para categoria A, mas que todas devem possuir tratamento e controle conforme critérios estabelecidos pelos fabricante, esclarecimento que na falta de comprovação documental do Teste Hidrostático é a partir da vigência da Portaria do MTE nº 594, de 28 de abril de 2014 e não mais da 2017 como era descrito na revisão anterior.

Alteração do item 13.4.4.5 referente a permissão para estender os períodos entre inspeções de segurança para estabelecimentos que possuem Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos - SPIE com a remoção da alínea “d” referente caldeiras especiais e a alteração dos itens 13.4.4.6, com a permissão de alteração dos prazos de inspeção para 48 (quarenta e oito) meses para categorias A que disponham de barreiras de proteção implementadas no SIS que atendam ao subitem 13.4.4.6.2, e do item 13.4.47 com a permissão de extensão para a categoria B que operam continuamente com Sistema de Gerenciamento – SGC para 30 (trinta) meses que atendam os requisitos do item.

## 2.3 VASOS DE PRESSÃO

Para Campos (2011) pode-se definir vasos de pressão como todos reservatórios, de qualquer tipo, tamanhos ou utilizações que não propagam chama e são essenciais nos processos industriais, contendo fluidos e projetados para aguentar com segurança a pressões internas distintas da pressão atmosférica, ou que sejam submetidos à pressão externa.

De acordo com Telles (1996) o nome vaso de pressão designa genericamente todos os recipientes estanques, de qualquer tipo, dimensões, formato e finalidade, capazes de conter um fluido pressurizado. Entre os mais variados exemplos estão: aquecedores, resfriadores, condensadores, caldeiras, torres de destilação, entre outros.

Corroborando Pereira Filho (2004, p. 1) afirma que:

Vasos de pressão são equipamentos que armazenam fluidos pressurizados, objetivando atender a finalidades diversas na indústria de processamento contínuo, como a indústria química, a petroquímica, de petróleo, ou ainda na área nuclear, na indústria de alimentos, na geração de energia, etc. São diversas as aplicações de vasos de pressão, que assumem formas e

tamanhos bastante variados em virtude da sua função precípua, que é a de contenção de um fluido pressurizado, sem que apresente vazamento.

A referida norma faz a categorização dos vasos de pressão em termos da classe de fluido conforme Tabela 04:

Tabela 04: **Categorias de Vaso de pressão**

Classe de fluido	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" Inflamáveis Combustível com temperatura igual ou superior a 200°C Tóxico com limite de tolerância $\leq$ 20ppm Hidrogênio • Acetileno	I	I	II	III	III
"B" Combustível com temperatura menor que 200°C • Tóxico com limite de tolerância > 20ppm	I	II	III	IV	V
"C" Vapor de água Gases asfixiantes simples • Ar comprimido	I	II	III	IV	V
"D" • Água ou outros fluidos não enquadrados nas classes "A", "B" ou "C", com temperatura superior a 50°C	II	III	IV	V	V

Fonte: FILHO (2006)

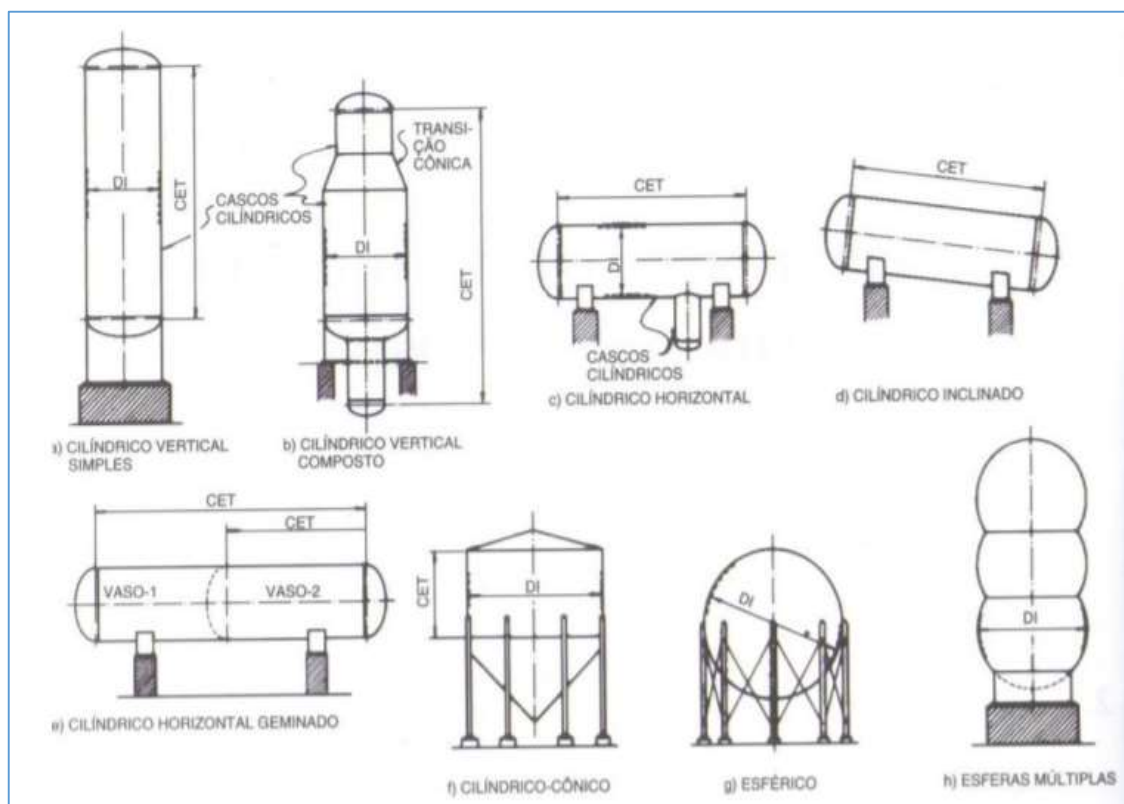
Conforme afirma Telles (1996), em todos os vasos de pressão existe sempre um invólucro estanque externo, denominada "parede de pressão" do vaso. O invólucro pode ser simples ou múltiplo e variar seu formato e dimensão. Essa variação se dá devido ao uso do equipamento. A parede de pressão do vaso é composta do casco e dos tampos de fechamento. O casco dos vasos de pressão tem sempre o formato de uma superfície de revolução.

Quanto ao formato dos vasos, cada empresa tem o tipo específico que atende à sua necessidade, e que vai variar, desde uma fábrica que trabalha com temperatura elevada até aquelas com criogenia. Existe uma variedade de material para a

fabricação dos vasos, como os tipos de dispositivo de segurança empregado a cada produto que vai ser comprimido nesses vasos, sendo assim, citados os materiais metálicos e não metálicos os mais comuns: aço-carbono, aço-liga, aços inoxidáveis, alumínio, titânio, e os não metálicos: plásticos borrachas, cerâmicas, termoplásticos, vidro, concreto. (TELLES, 1996).

Ainda, segundo Telles (1996), as três formas básicas dos vasos são a cilíndrica, a cônica e a esfera, ou ainda, as combinações destas formas (Figura 01):

Figura 01: Formato dos Vasos de pressão



Fonte: Telles (1996)

Os formatos são diversos para vários fins e com finalidade específica para cada fluido com sua característica e particularidade, onde, para uma melhor compreensão destes formatos: aquecedores, resfriadores, condensadores, caldeira, torres de destilação. (TELLES, 1996).

NR – 13 caracteriza vaso de pressão como sendo um equipamento que contém fluido sob pressão interna ou externa, definido no Anexo III da NR-13. Conforme o Anexo III da NR-13 são considerados vasos de pressão:

a) Qualquer vaso cujo produto 'P.V' seja superior a oito onde 'P' é a máxima pressão de operação em kPa, e 'V', o seu volume geométrico interno em m<sup>3</sup>

incluindo: – permutadores de calor, evaporadores e similares; – vasos de pressão ou partes sujeitas a chama direta que não estejam dentro do escopo de outras NRs, nem do item 13.1 desta NR; – vasos de pressão encamisados, incluindo refervedores e reatores; – autoclaves e caldeiras de fluido térmico que não o vaporizem;  
b) Vasos que contenham fluido da classe 'A', especificados no Anexo IV, independentemente das dimensões e produto 'P.V'.(FILHO,2006, p.112).

O ponto de vazamento é outro importante assunto, pois assunção de vaso de pressão é não perder seu produto para o meio ambiente, sendo assim são diversas as aplicações de vasos de pressão, que assumem formas e tamanhos bastante variados, em virtude da sua função principal, que é a de contenção de fluido pressurizado, sem que apresente vazamento. (PEREIRA FILHO, 2004).

### **2.3.1 Segurança**

Quanto ao risco em potencial do vaso de pressão e suas instalações, há necessidade do emprego de material que ofereça o máximo de segurança, citando os equipamentos que vão trabalhar com fluidos inflamáveis, tóxicos, explosivos ou em temperatura ou pressão muito elevadas. Os equipamentos com baixo ponto de fusão como plásticos, borrachas, alumínio, chumbo, não podem ser empregados à prova de fogo. (TELLES, 1996).

Também existe o Sistema Instrumentado de Segurança - SIS, que é uma classe de sistema responsável pela Segurança Operacional de Unidades e Equipamentos Industriais. Ela causa a parada de emergência ou impede uma operação insegura sempre que as condições ultrapassarem os limites pré-estabelecidos como seguros (BEGA et al., 2011).

Existe o sistema de shutdown para processos industriais habilitando ou desabilitando máquinas para evitar riscos de acidentes, esta evolução não é por acaso. Infelizmente é a partir da análise de acidentes, realmente ocorridos, que tornou conhecido que os sistemas de segurança aplicados deixavam muito a desejar (BEGA et al., 2011).

Pelo que expõe a NR – 13 os vasos de pressão são equipamentos que se encontram continuamente submetidos tanto à pressão interna quanto à pressão externa. Até os vasos de pressão que atuam com vácuo se encontram submetidos a essas pressões já que não se pode supor um vácuo absoluto. Vale ressaltar que de maneira usual designa-se vácuo qualquer pressão menor que a atmosférica.

Dimensiona-se os vasos de pressão levando em consideração a pressão diferencial que resulta da atuação sobre as paredes, podendo ser maior interna ou externamente (FILHO,2006).

Por isso, segundo Dutra et al. (2006) a concepção, desenvolvimento e operação destes vasos abrangem inúmeros cuidados especiais e demanda que se conheça as normas e materiais apropriados para cada tipo de aproveitamento, porque os erros em vasos de pressão podem ocasionar decorrências desastrosas, podendo até causar mortes, e por isso consideram-se que apresentam elevada periculosidade.

Da mesma forma que as caldeiras, os vasos de pressão necessitam de múltiplos dispositivos de segurança, registros/documentações, qualificação profissional para operação, além de inspeções periódicas. As inspeções de segurança periódica se constituem por exame externo, interno e teste hidrostático, devendo ser desenvolvidas em prazos máximos estipulados pela legislação em vigor.

Conforme traz Filho (2006), para a construção de vasos de pressão pode-se utilizar materiais e formatos geométricos variáveis conforme o tipo de utilização a que se prestam. Assim sendo, pode-se encontrar vasos de pressão esféricos, cilíndricos, cônicos, entre outros, e serem construídos com aço carbono, alumínio, aço inoxidável, fibra de vidro e outros materiais.

### **2.3.2 Aplicação dos Vasos de pressão**

Segundo coloca Santiago (s/d) com relação a aplicação, os vasos de pressão podem ser todos os reservatórios que se destinam a armazenamento e processamento por meio de transformações físicas ou químicas de líquidos e gases colocados sob pressão ou que se localizam em ambientes submetidos a vácuo total ou parcial. Pode-se igualmente conceituar os vasos de pressão como reservatórios de qualquer tipo, dimensões ou finalidade, não inflamáveis e que armazenem todo tipo de fluido em pressão manométrica igual ou maior que 1,02 kgf/cm<sup>2</sup> ou submetidos à pressão externa.

De acordo com o autor acima citado, os vasos de pressão são utilizados em três categorias diferentes:

- Armazenamento de gases sob pressão: os gases são contidos sob pressão para que este comporte grande peso em um volume pequeno em comparação a este peso;

- Acumulação intermediária de líquidos e gases: este processo sucede em sistemas onde é indispensável a armazenagem de líquidos ou gases entre etapas de um mesmo processo ou entre múltiplos processos diferenciados;
- Processamento de gases e líquidos: grande número de processos de transformação de líquidos e gases devem ser desenvolvidos sob pressão.

Ainda para Santiago (s/d) a construção de um vaso de pressão abrange uma relação de cuidados específicos que se referem a itens como projeto, fabricação, montagem e testes porque este equipamento traz consigo:

- Grande risco: porque de maneira geral atua submetido a grandes pressões e temperaturas altas;
- Alto investimento: constitui um equipamento de custo por unidade alto;
- Continuidade operacional: é necessário que seja operado em condições de segurança pelo maior período plausível, sem que seja necessário deter o equipamento para proceder a sua manutenção, diminuindo os custos de operação.

### **2.3.3 Instalação de Vasos de pressão**

Segundo o subitem 13.7.1 da NR 13 os vasos de pressão devem ter sua instalação feita de maneira que todos os drenos, respiros, bocas de visita e indicadores de nível, pressão e temperatura, no caso de existirem, possam ser de fácil acesso (FILHO,2006).

Porque estes acessórios descritos acima, quando demandem a presença do trabalhador para operá-los, fazer a manutenção ou inspeção, devem possibilitar que o acesso seja facilitado e com nível de segurança adequado utilizando-se para tal, escadas, plataformas e outros que estejam em conformidade com as normas regulamentadoras afins.

De acordo com o subitem 13.7.2 no caso da necessidade de instalar vasos de pressão em ambientes confinados, a mesma deve atender os requisitos que são trazidos por (FILHO, 2006):

- Contar com ao menos duas saídas largas, permanentemente sem qualquer obstrução e localizadas em direções diferentes;

- Apresentar acesso facilitado e com segurança para que as atividades de manutenção, operação e inspeção sejam realizadas, contando desta forma, com guarda-corpos vazados, onde os houver, que apresentem vãos que tenham dimensões que previnam a queda de indivíduos;
- Dispor de ventilação permanente que apresentem entradas de ar que não possam ser impedidas;
- Contar com iluminação em conformidade com as normas oficiais em vigência;
- Ter sistema de iluminação de emergência.

Estes requisitos devem ser aplicados ao local onde será instalado o vaso de pressão e assim, o primeiro item determina que a área de processo ou ambiente onde este vaso esteja instalado deve apresentar duas saídas direcionadas distintamente uma da outra. O objetivo deste requisito, dessa forma, é impedir que, em casos de ocorrer um vazamento, incêndio ou qualquer outra chance de exposição dos operadores à risco, não haja o bloqueio destes indivíduos pelo fogo ou vazamento, tornando acessível sempre uma rota de fuga alternativa (FILHO,2006).

No caso do sistema de iluminação de emergência, entende-se que seja todo sistema de acionamento rápido a ser empregado nos casos de falha no fornecimento de energia elétrica, para que se possa manter de maneira adequada a iluminação dos pontos estratégicos à operação do vaso de pressão.

De acordo com a NR 13 podem ser considerados como exemplos desses sistemas: lâmpadas ligadas a baterias com autocarregamento automático nos períodos de fornecimento normal, geradores movidos a vapor ou motores a combustão.

A referida norma preconiza que se o estabelecimento onde está localizado ou vai receber o vaso de pressão não possa atender às exigências estabelecidas ou atender a aspectos de segurança, saúde e meio ambiente previstos tanto nas normas regulamentadoras, nas convenções ou mais disposições legais, será necessário quem elabore um projeto alternativo de instalação que contemple ações concretas para diminuição dos possíveis riscos (FILHO,2006).

É necessário que este projeto de instalação apresente pelo menos a planta baixa do estabelecimento com o posicionamento e a categoria de cada vaso de pressão existente ou a ser instalado. Este documento precisa também dar a posição

de instalações de segurança como por exemplo, extintores, sistemas de sprinklers, canhões de água, câmaras de espuma, hidrantes, entre outros.

Destaca a norma ainda que todos os documentos que constituem o referido projeto de instalação devem estar devidamente firmados por profissionais legalmente habilitados. Assim, quando uma instalação já existente não tiver os desenhos ou documentos citados ou não apresentar a identificação dos profissionais legalmente habilitados, o referido projeto deve ser refeito sob autoria de um Profissional Habilitado - PH (FILHO,2006).

### **2.3.4 Inspeção**

Conforme a NR 13, subitem 13.10.2 os vasos de pressão precisam ser submetidos a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária, sendo que a inspeção de segurança inicial deve ser realizada em vasos novos antes que entre em funcionamento, no local definitivo de instalação, precisando contar com exame externo, interno e teste hidrostático (FILHO,2006).

Não são aceitos como inspeção de segurança inicial exames internos, externos e teste hidrostático realizados nas instalações do fabricante do vaso de pressão, porque esses exames são de grande importância e indispensáveis, contudo, não são considerados como inspeção de segurança inicial, devido ao fato de que seus componentes podem ser avariados durante o transporte, armazenamento e montagem no local definitivo. Assim, destaca-se o que frisa a norma, a inspeção de segurança inicial só pode ser feita quando o vaso de pressão já estiver instalado em seu espaço definitivo.

Os prazos colocados nos quadros acima devem ser considerados como máximos e o prazo real fica a cargo do PH em relação a experiência anterior disponível, devendo ser contado partindo do último exame realizado no vaso de pressão.

A abrangência da inspeção de segurança periódica e as técnicas que devem ser empregadas podem ser definidas pelo PH baseado no histórico do vaso de pressão e nas normas técnicas em vigor (FILHO,2006).

Segundo traz Filho (2006) a inspeção de segurança periódica se constitui por exame externo, interno e teste hidrostático, obedecendo prazos máximos determinados estabelecidos nos seguintes casos:



- Para estabelecimentos que não tenham serviço próprio de inspeção de equipamentos, de acordo com o quadro a seguir:

Tabela 04 – Prazos de inspeção de segurança periódica para empresas que não tenham serviço próprio de inspeção de equipamentos em relação a categoria do vaso

Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno	Teste Hidrostático
I	1 ano	3 anos	6 anos
II	2 anos	4 anos	8 anos
III	3 anos	6 anos	12 anos
IV	4 anos	8 anos	16 anos
V	5 anos	10 anos	20 anos

Fonte: Filho (2006, p. 100).

- Para estabelecimentos que tenham serviço próprio de inspeção de equipamentos, conforme quadro a seguir

Tabela 05 – Prazos de inspeção de segurança periódica para empresas que tenham serviço próprio de inspeção de equipamentos em relação a categoria do vaso.

Categoria do Vaso	Exame Externo	Exame Interno	Teste Hidrostático
I	3 anos	6 anos	12 anos
II	4 anos	8 anos	16 anos
III	5 anos	10 anos	a critério
IV	6 anos	12 anos	a critério
V	7 anos	a critério	a critério

Fonte: Filho (2006, p. 100).

Os vasos de pressão que não possibilitem a realização de exame interno ou externo por impossibilidade física podem ser de maneira alternativa submetidos a teste hidrostático, levando-se em conta as possíveis limitações.

A NR 13 não detalha os métodos ou procedimentos a serem utilizados para a realização da inspeção, devendo esta definição ficar por conta do PH que tomará como base os códigos e normas internacionalmente reconhecidos e conhecimentos de engenharia (FILHO,2006).

Pode-se citar como exemplos de vasos de pressão que não permitem o exame interno (FILHO,2006):

- Os que não possuem bocas de visita ou aberturas que permitam a passagem de uma pessoa;
- Os que apresentam diâmetro do casco que não permite o acesso de uma pessoa;
- Os equipamentos enterrados não possibilitam acesso externo;
- Trocadores de calor com espelho soldado ao casco, entre outros.

A responsabilidade pela definição das técnicas de inspeção que possibilitem segurança equiparada ao Teste Hidrostático é o PH. Pode-se citar algumas delas (FILHO,2006):

- Ensaio ultra-sônico;
- Ensaio radiográfico;
- Ensaio com líquido penetrante;
- Ensaio com partículas magnéticas;
- Ensaio de estanqueidade;
- Apreciação do histórico de operação ou de inspeções anteriores;
- Técnicas de análise *leakage before breaking* (vazamento ocorre sempre antes da ruptura).

Pode-se considerar como razões técnicas que tornam inviável o teste hidrostático (FILHO,2006):

- Resistência estrutural da fundação ou da sustentação do vaso incompatível com o peso da água que seria utilizada no teste;
- Efeito prejudicial que o fluido pode causar a elementos internos do vaso;
- Impossibilidade técnica de purga e secagem do sistema;
- Existência de revestimento interno;
- Influência prejudicial do teste sobre defeitos subcríticos.

Estas razões técnicas que inviabilizam o teste hidrostático apontadas são as que ocorrem com maior frequência, desta forma podem existir outras razões. Contudo, razões simplesmente econômicas não devem ser avaliadas como restrições ao teste

hidrostático e por isso, em casos de sérias restrições econômicas, a empresa deve buscar soluções alternativas de segurança equivalente (FILHO,2006).

Podem ser apontados como exemplos internos que inviabilizam o teste:

- Presença de revestimentos vitrificados;
- Presença de revestimentos higroscópicos (refratários);
- Uso de catalisadores que se comprometem quando retirados.

De modo contrário, não são levados em consideração como razões técnicas que inviabilizam o teste a existência de revestimentos pintados, cladeados, *lining* etc.

Segundo a NR – 13 os vasos de pressão que trabalham abaixo de 0°C são os vasos criogênicos, que muito raramente podem apresentar deterioração severa, por isso, a inspeção interna feita com frequência e o teste hidrostático podem provocar fenômenos que comprometam sua vida útil.

Por isso, a referida norma não prediz a obrigatoriedade da execução do teste e determina prazos para inspeção interna de até 20 anos, que é compatível com o prognosticado em outras legislações internacionais. Assim, o detalhamento dos exames internos e externos deve acatar o previsto nas normas de caráter voluntário internacionalmente reconhecidos e as demais disposições da NR-13 também se aplicam aos vasos de pressão criogênicos.

De acordo com Santiago (s/d) pode-se destacar como razões principais para que os vasos de pressão necessitam de inspeções periódicas são as seguintes:

- Averiguação do grau de extensão da possível ocorrência de deterioração e/ou avaria e até que ponto este processo pode afetar a estrutura do equipamento, para garantir a operação do mesmo dentro das condições de segurança imprescindíveis;
- Afiançar a partir de alto nível de probabilidade que o equipamento possa continuar a operar utilizando-se um eficiente programa de manutenção preventiva;
- Evitar que ocorram perdas provenientes de possíveis paradas de emergência como consequência de ruptura do vaso, que potencialmente podem ser excessivamente altas;
- Redução dos custos de manutenção e operação;
- Manutenção do rendimento global da unidade elevado.

O autor assegura que estes itens somente podem ser alcançados se forem desenvolvidas inspeções cautelosas e bem programadas, combinadas com um serviço de manutenção eficaz.

### **2.3.5 Deterioração e avaria**

Conforme Santiago (s/d) a corrosão é apontada como maior razão de deterioração dos equipamentos das indústrias. Pode-se então, conceituar a corrosão como a destruição dos materiais metálicos devido a ação química ou eletroquímica no meio, podendo ou não estar atrelada à ação física. Porém as indústrias têm desenvolvido e implementado processos mais modernos, alguns até utilizando produtos químicos corrosivos, este tipo de ação nos metais tem se tornado mais numerosos e complexos.

Neste contexto, deve-se manter o controle dos custos de corrosão diminuindo o processo de deterioração antes que ela ocasione perda de produção ou grandes danos nos equipamentos. Por isso as avaliações periódicas são tão importantes.

### **2.3.6 Documentação**

Segundo Busatto (2010), no que se refere a documentação dos vasos de pressão, a NR 13 preconiza no item 13.6.4 que os mesmos devem apresentar no local onde está instalado, a documentação devidamente atualizada da qual constem os seguintes itens:

- a) Prontuário do Vaso de Pressão que é disponibilizado pelo fabricante dispendo das seguintes informações:
  - Código de projeto e ano de edição;
  - Especificação dos materiais;
  - Procedimentos utilizados na fabricação, montagem e
  - Inspeção final e determinação da PMTA;
  - Conjunto de desenhos e demais dados para o monitoramento da sua vida útil;
  - Características funcionais;
  - Dados dos dispositivos de segurança;
  - Ano de fabricação;
  - Categoria do vaso;

- b) Registro de Segurança;
- c) Projeto de Instalação;
- d) Projeto de Alteração ou Reparo;
- e) Relatórios de Inspeção.

A NR – 13 estipula que onde estiverem instalados os vasos de pressão, mesmo que sejam em unidades diversas, os documentos devem estar disponíveis na unidade de instalação para que possam ser consultados sempre que houver necessidade e prontamente (FILHO,2006).

No caso dos operadores e responsáveis pelos equipamentos não ficarem no local de instalação do vaso de pressão permanentemente, os documentos devem ficar próximos ao operador responsável (FILHO,2006), sendo que esta exigência também se aplica a navios e plataformas de exploração e produção de petróleo. Não existe a necessidade de que toda a documentação fique arquivada num único local da unidade, sendo, contudo, recomendável que todos os documentos do prontuário permaneçam juntos.

O processo de determinação da Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA deve destacar o roteiro para seu estabelecimento, passo a passo, abrangendo tabelas, ábacos, entre outros itens que tenham a necessidade de ser consultados. Caso a empresa queira, pode adotar como PMTA a pressão de projeto do vaso de pressão. Outro item destacado na documentação se refere a vida útil do vaso de pressão que pode ser entendida como o período de tempo entre a data de fabricação até o momento em que o vaso tenha sido avaliado como inapropriado para utilização (FILHO,2006).

A documentação deve ser conservada ao longo da vida útil do vaso de pressão, sendo que a maior parte da documentação exigida, especialmente aquela afixada junto ao prontuário, deve ser detalhada pelo fabricante do equipamento.

Assim, se o estabelecimento não possuir essa documentação, parte da mesma deve ser reconstituída conforme determinado pela norma. Neste caso, a reconstituição dos documentos é sempre de responsabilidade do proprietário do vaso de pressão, que pode se utilizar dos serviços do fabricante do vaso. Caso não se tenha acesso a procedência correta ou já não exista PH, será necessário um PH ou empresa especializada para a referida constituição (FILHO,2006).

As normas técnicas que são reconhecidas internacionalmente recomendam que o cálculo da PMTA deve levar em conta, além da pressão, outros esforços solicitantes, sendo necessário que se englobe todas as partes do equipamento, tais como: conexões, flanges, pescoços de conexões, suportes, selas, entre outras.

Para Busatto (2010) a documentação precisa ficar sempre à disposição para a realização de consultas pelos operadores do pessoal de manutenção, de inspeção e das representações dos trabalhadores e do empregador na Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, sendo obrigação do proprietário garantir total acesso a essa documentação de modo inclusivo à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento, quando houver solicitação formal (BRASIL, 2009).

## 2.4 Inspeções

Para a inspeção de caldeiras e vasos de pressão devemos seguir o relatório de inspeção de acordo com a classificação da indústria que estamos tratando, no caso deste trabalho, iremos focar as indústrias, identificando dentro da sua linha de produção os seus principais equipamentos que trabalham sobre pressão, para isso iremos detalhar na sequência os tópicos de inspeção de segurança de vasos de pressão dentro da sua norma regulamentadora a NR-13.

Vasos de Pressão são equipamentos que operam com pressão interna diferente da pressão atmosférica. São equipamento que contém fluidos sob pressão interna e/ou externa e sua inspeção é regida pela NR13 do Ministério do Trabalho.

### 2.4.1 Inspeção de segurança Inicial

A inspeção de segurança inicial deve ser feita em vasos novos, antes da sua entrada em funcionamento, no local definitivo da sua instalação, devendo possuir exame externo, interno e teste hidrostático.

A inspeção externa de um vaso de pressão, deve ser feita através de uma análise visual de um profissional habilitado, verificando todos os seus equipamentos de segurança, como a válvulas de segurança e instrumentos de medição de pressão e temperatura e sua placa de identificação de acordo com a NR13.

A inspeção de segurança interna dos vasos de pressão (Figura 3) vai depender do tipo de equipamento, muitos equipamentos possuem visores externos para a verificação interna dos seus componentes, mas na maioria dos vasos pressão é necessária à desmontagem do mesmo para a verificação dos seus componentes internos, devem ser analisados visualmente os tubos que possa ter sofrido danos mecânicos a qual será verificado algum tipo de anormalidade (corrosão, trinca e etc),

Dentre as técnicas utilizadas para a inspeção de segurança interna dos vasos de pressão, o mais recomendado é a técnica de ensaios não destrutivos. Os ensaios

não destrutivos são testes para o controle da qualidade, realizados sobre peças, para a detecção de falta de homogeneidade( SILVA, 2013).

#### **2.4.2 Inspeção de segurança periódica**

De acordo com a NR- 13 (Manual Técnico de Operação, 1994) no item 13.10.3, a inspeção de segurança periódica é constituída por exame externo, interno e testes hidrostáticos.

A Abrangência da inspeção de segurança periódica, bem como as técnicas a serem utilizadas deverão ser definidas pelo PH (Profissional Habilitado) com base no histórico do vaso de pressão e nas normas técnicas vigentes da NR 13 (Manual Técnico de operação, 94). Os prazos definidos na tabela1 devem ser considerados como máximos.

O prazo real deverá ser determinado em função do profissional habitado ou experiência anterior disponível, devendo ser contado a partir do último teste executado no vaso de pressão. Mesmo fora de operação o equipamento poderá sofrer desgastes corrosivos acentuados. Faz parte deste trabalho detalhar os métodos e procedimentos de inspeção. Essa ação deverá ser feita pelo profissional habilitado com base em códigos e normas internacionalmente reconhecidos e conhecimentos de engenharia, NR 13 (Manual Técnico de operação, 1994).

É importante estabelecer de acordo com o item 13.10.3.1 da NR 13 (Manual Técnico de Operação, 1994), que os vasos de pressão que não permitem o exame externo e interno por possibilidade física devem ser submetidos a testes hidrostáticos. A inspeção de segurança periódica deve ser feita também pelos operadores e pela equipe de manutenção responsável pelo vaso de pressão.

#### **2.4.3 Inspeção de segurança extraordinária**

A inspeção de segurança extraordinária deve ser feita quando houver um acontecimento de algum dado do equipamento capaz de comprometer sua segurança ou quando for feito modificações que altere suas condições de segurança.

De acordo com a NR13 (Manual Técnico de operação, 1994), a Inspeção de segurança extraordinária deve ser feita nas seguintes oportunidades:



- a) Sempre que o vaso for danificado por acidente ou outra ocorrência que comprometa sua segurança;
- b) Quando o vaso for submetido a reparo ou alteração importante, capazes de alterar sua condição de segurança;
- c) Antes do vaso ser recolocado em funcionamento, quando permanecer por mais de 12 meses;
- d) Quando houver alterações de local de instalação do vaso.

De acordo com a NR13 , ao concluir a inspeção do vaso de pressão, deve ser emitido um relatório de inspeção, que passa a fazer parte da documentação, a qual o relatório final de inspeção, item 13.10.8, deve conter no mínimo:

- a) Identificação do vaso de pressão;
- b) Fluidos de serviços e categoria do vaso de pressão;
- c) Tipo do vaso de pressão;
- d) Data de início e término da inspeção;
- e) Tipo de inspeção executada;
- f) Descrição dos exames e teste executados;
- g) Resultado das inspeções e intervenções executadas;
- h) Conclusões;
- i) Recomendações e providências necessárias;
- j) Data prevista para a próxima inspeção.

Analisando e não encontrando nenhuma anormalidade estabelecida pelos itens citados acima, o relatório de inspeção deverá ser arquivado, mas se os resultados apresentarem alterações dos dados descritos deverá ser feitos os reparos necessários no vaso de pressão para que o mesmo entre em funcionamento, a qual será atualizada a placa de identificação do equipamento.

## 2.5 TESTES HIDROSTÁTICOS

De acordo com (FILHO, 2004), testes hidrostáticos são feitos para detectar algum vazamento ou ruptura no vaso de pressão, são realizados com água ou ar comprimido ou outro material disponível, e feito com a pressão 1,5 vezes maior que sua Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA), e esse processo possui suas vantagens e desvantagens.

a) Vantagens: importante ferramenta para confirmar a ausência de vazamentos; confirmação do estado de integridade e capacidade de resistir às condições operacionais normais (FILHO, 2004);

b) Desvantagens: possibilidade de crescimento crítico de descontinuidade e destruição do equipamento seja na fabricação ou após ter sido colocado em serviço; possibilidade de crescimento subcrítico de descontinuidades pela sujeição de regiões danificadas por mecanismos de danos a solicitações mecânicas muito superiores às operacionais normais, e com isso a redução das margens de segurança do equipamento, sem que isto seja percebido; elevada relação custo/benefício da sua aplicação, (FILHO, 2004).

### **2.5.1 Aplicabilidade**

Em geral, os testes hidrostáticos devem ser realizados por exigência do código de projeto, ao término de fabricação do equipamento e após a realização de reparos ou alterações de projetos em que houver a realização de soldagem. No Brasil, a execução periódica dos testes hidrostáticos em vasos de pressão deve ser realizada por obrigatoriedade, como descrito na NR 13.

De acordo com a NR-13 (2014), algumas situações estão previstas em que o teste hidrostático periódico é inviabilizado: quando a resistência estrutural da fundação em que foi instalado o vaso for menor que ao peso de água a ser usado no teste, ou quando possa ocorrer um efeito prejudicial da água usada no teste a elementos do vaso de pressão e quando não é possível efetuar uma secagem no sistema.

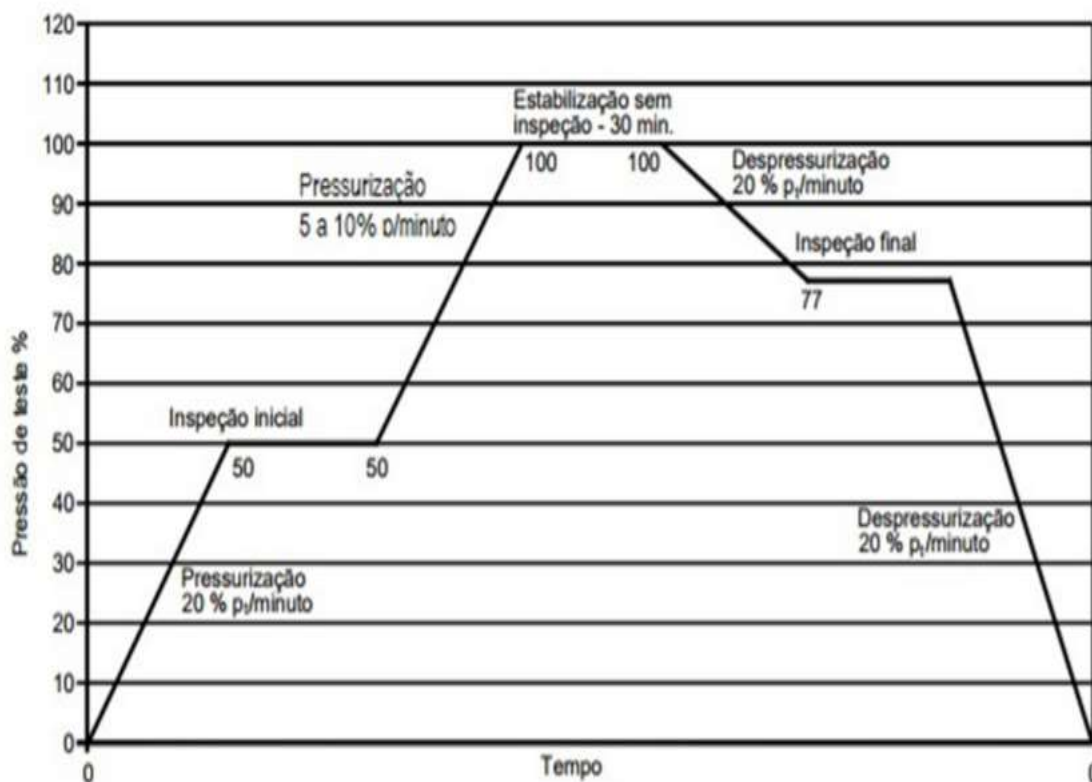
Porém, segundo Pereira Filho (2004), como esta norma não caracteriza de forma objetiva o defeito subcrítico, profissionais da área preferem dispensar esta permissão, exatamente por não saber o que considerar como defeito subcrítico, uma vez que a maioria, se não todas, das estruturas e equipamentos existem defeitos.

Segundo Furini (2012), deve ser selecionada uma temperatura de teste compatível com a temperatura de projeto do equipamento, com o objetivo de evitar a ocorrência de fratura frágil durante a realização do teste. O autor ainda afirma que a temperatura do metal deve ser superior em 17°C da temperatura mínima de projeto para equipamentos com espessuras superiores a 50,8mm, já em equipamentos com

espessuras menores a temperatura do metal deve ser 6°C acima da temperatura mínima de projeto.

A velocidade de pressurização recomendada, segundo a Furini (2012), não deve ser maior que 20% da pressão do teste, quando atingir a metade da pressão do teste hidrostático a velocidade da pressurização deve ser de 5 a 10% da pressão do TH até chegar a pressão do teste final. A execução do teste pode seguir a sequência mostrada na Figura 04.

Figura 04: Curva de Velocidade de pressurização



Fonte: Furini, 2012.

A Figura 04, mostra como é realizada a velocidade do teste hidrostático, onde no primeiro momento, a velocidade do teste deve ser de 20% da pressão do teste final por minuto. Ao atingir a metade pressão final, deve-se manter esta pressão por um período, recomenda-se que um período de 5 minutos. Onde é feito a primeira inspeção a procura de possíveis vazamentos. Logo em seguida retoma a pressurização com uma velocidade de 5 a 10% da pressão final do teste por minuto, ao atingir a pressão final do teste, deve-se mantê-la por um tempo de até 30 minutos. Em seguida é feito um alívio da pressão onde é realizado mais uma inspeção a procura de possíveis vazamentos. A despressurização é realizada por fim até não ter mais pressão no vaso.

Em material como aços carbono, baixa liga, ferríticos, materiais comumente utilizados na confecção de vasos de pressão, são muito susceptíveis a fraturas frágeis, portanto, essas restrições na temperatura. Um recurso muito utilizado na indústria para evitar estas fraturas, é aumentar a tenacidade da estrutura, aquecendo a água. A condição importante de teste hidrostático quanto a tensão máxima atuando nas paredes dos vasos de pressão deve ser de 80% do limite de escoamento do material nas paredes pressurizadas (FURINI, 2012).

Segundo Donato (2007), a pressão do primeiro teste hidrostático realizado no equipamento deve ser a maior possível, respeitando a segurança da parte mais fraca. A NR 13 permite que em testes hidrostáticos periódicos as condições do teste possam ser idênticas aquelas do teste de fábrica. Porém, muitos profissionais habilitados preferem não fazer uso dessa recomendação tendo em vista que como o equipamento já foi submetido a determinados tempos de operação e vários esforços, com prováveis desgastes de suas dimensões. Dessa forma, considera uma nova condição de teste uma pressão de até 1,5 vezes a pressão de trabalho do vaso (DONATO, 2007).

### **2.5.2 Aplicação de Testes Hidrostáticos em Vasos De Pressão**

A NR – 13 define o teste hidrostático como sendo o teste realizado por meio de fluido incompressível, com pressão estipulada pelo código de construção, com a finalidade de avaliar a integridade e resistência estruturais dos componentes pressurizados dentro das condições estabelecidas para realização do teste (FILHO,2006).

Ainda para Telles (1996) através do teste hidrostático, é possível verificar falhas, defeitos e vazamentos (em soldas, roscas, etc.). A NR-13 regulamenta como obrigatório os testes hidrostáticos em vasos de pressão. A periodicidade varia de acordo com a categoria do vaso (Anexo IV da NR13) (FILHO,2006).

De acordo com Pereira Filho (2004) a pressão de teste hidrostático deve ser a mais alta possível, compatível com a segurança da parte mais fraca do vaso. Por esse motivo, a pressão do teste hidrostático deve ser sempre superior a pressão de projeto e a pressão máxima de trabalho admissível.

Portanto, durante o teste hidrostático, o vaso ficará submetido a uma tensão maior a sua admissível. Para os vasos construídos de acordo com a normatização, a

pressão de teste deve ser no mínimo 1,5 vezes a Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA do vaso.

Segundo Telles (1996) o teste hidrostático em vasos de pressão incide no preenchimento total do vaso com um líquido adequado que desempenha uma determinada pressão, denominada "pressão de teste hidrostático" (Figura 01).

Figura 02: Teste hidrostático



Fonte: [http://www.shidraulica.com.br/teste\\_hidro.php#2.](http://www.shidraulica.com.br/teste_hidro.php#2.), 2021.

A restrição do fluido a ser utilizado para o teste deve levar em conta o código de construção, preservar a segurança da equipe a qual está realizando os testes, além de não causar danos ambientais, no caso de vazamentos ou colapso do vaso (ABNT, 2007).

### **2.5.3 Dispositivos de Alívio de Tensão**

Para Telles (1996) todos os vasos, quaisquer que sejam as suas dimensões, finalidade ou pressão de projeto, devem ser protegidos por dispositivos de alívio de pressão, sendo essa exigência comum a todas as normas de projeto de vasos.

Segundo o autor acima citado, estes dispositivos utilizados para proteção contra surtos de sobre pressão nos vasos, dispõem de mola, pino, orifícios de passagem do ar e ainda argola que permite o acionamento manual, da válvula, com o objetivo de verificar se a mesma esta operante. A normatização exige que os dispositivos de alívio de pressão não permitam que a pressão em nenhum ponto no interior do vaso ultrapasse o valor da PMTA.

A NR – 13 (FILHO,2006) caracteriza válvula de alívio como sendo um dispositivo automático de alivio de pressão, caracterizado por uma abertura progressiva e proporcional ao aumento de pressão acima da pressão de abertura e usado para fluidos incompressíveis

Segundo Telles (1996) todos os dispositivos de alívio de pressão devem ser instalados na parte superior do vaso e em local de fácil acesso para a manutenção e inspeção. É obrigatório que entre o vaso e esses dispositivos não haja nenhuma válvula ou qualquer outra possível obstrução. O autor destaca que os dispositivos de alívio de pressão não são considerados partes do vaso, mas sim instrumentos. Desse modo, a responsabilidade não se dá ao projetista nem ao fabricante do vaso.

### **2.5.4 Manômetro**

De acordo com Telles (1996) o manômetro é o instrumento utilizado nos vasos de pressão, o qual indica a pressão de operação daquele vaso. Pode ter seu mostrador analógico ou digital e deve ser instalado diretamente no vaso ou em uma sala de controle apropriada, devendo sempre que necessário, ser calibrado.

Vasos de pressão são equipamentos projetados para armazenar fluidos pressurizados. Diversos são os ramos da indústria utiliza este tipo de equipamento, tais como; na indústria de processamento, alimentícia, química, petroquímica, ou até mesmo na nuclear, para geração de energia. Sendo assim, há muitas aplicações dos vasos de pressão, que assumem formas e tamanhos bastantes variados de acordo

com sua principal função, que é a de contenção de fluido pressurizado, sem que ocorram vazamentos (PEREIRA FILHO, 2014).

Os Testes Hidrostáticos (TH) são aplicados em vasos de pressão e em outros equipamentos industriais pressurizados, como tanques e tubulões. Em geral, esse teste se caracteriza em submeter ao vaso uma pressurização com um líquido até um nível de pressão estabelecido com base nas condições de projeto, cujo valor no ponto mais alto é denominado de “pressão de teste hidrostático” (TELLES, 1996), sendo realizado quando os equipamentos estão fora de serviço.

De acordo com o item 13.6.2, referente a NR-13, a falta de um instrumento que indique a pressão de operação do vaso, constitui risco grave e iminente (FILHO,2006).

Figura 03: Manômetro



Fonte: [http://www.shhidraulica.com.br/teste\\_hidro.php#4](http://www.shhidraulica.com.br/teste_hidro.php#4), 2021

Segundo a NR-13 (2014), esta pressão de teste deve ser três vezes maior que a condição nominal do equipamento, simulando assim as condições de trabalho mais rigorosas em que o equipamento foi projetado para trabalhar e objetivando garantir

que em trabalho normais, a baixa pressão, os vasos de pressão suportem os esforços de trabalho sem que ocorra vazamento ou até mesmo a ruptura.

Desde a publicação da NR 13 de 1995 é um teste exigido por lei em vasos de pressão, com um intervalo máximo para a execução de acordo com a categoria do equipamento.

Telles (1996) afirma que o teste hidrostático tem a finalidade de detectar possíveis vazamentos, proporcionar alívio de tensão oriunda das descontinuidades geométricas do equipamento novo antes de sua operação e verificar a integridade física do equipamento através de exames periódicos de acordo com a NR 13.

No caso de testes hidrostáticos realizados no Brasil, as condições do teste devem ser determinadas em função das exigências do código de projeto do equipamento e definidas entre fabricante e usuário, sendo atribuída a responsabilidade ao Profissional Habilitado. Segundo Brasil (2006), a inspeção periódica por meio de teste hidrostático deve obedecer a prazos máximos de acordo com dois casos em particular.

O termo Sistema Próprio de Inspeção de Equipamentos, segundo Camisassa (2015), significa que na empresa possui um setor próprio para a realização de inspeções de segurança visando assegurar as condições seguras de operação desses equipamentos.

### **2.5.5 Aspectos legais**

A NR-13 exige a aplicação de testes hidrostáticos periódicos em todos os equipamentos classificados como vasos de pressão, sempre que o produto da pressão máxima operacional (em kPa) pelo seu volume (em m<sup>3</sup>) seja igual ou superior a 8.

Em função da classificação pelo produto da pressão pelo volume, a frequência de testes é definida. Entretanto, é permitida a não realização dos testes quando houver a possibilidade de propagação de defeitos (descontinuidades) subcriticamente, ou seja, de maneira estável. Esta limitação não está bem definida na NR-13, ficando a critério do Profissional Habilitado a determinação em fazê-lo ou não, baseada em seu conhecimento.

A definição de propagação subcrítica também não é bem entendida. Sabe-se que praticamente todos os equipamentos possuem defeitos, que se não tem



comportamento “crítico”, poderão ter comportamento subcrítico. Isto por si só já permitiria a não realização dos testes hidrostáticos na grande maioria dos casos, mas resta-nos discutir a questão e avaliar o balanço entre vantagens e desvantagens dos mesmos, e por que devem ser realizados. Alternativamente, a NR-13 reconhece a realização dos testes pneumáticos em substituição aos testes mas aspectos relacionados à segurança e dificuldades de execução inibem a sua disseminação.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Em termos de metodologia aplicada, esta desempenha duas importantes funções: Permitir a replicabilidade do trabalho e tirar dúvida sobre os resultados encontrados (LAKATOS & MARCONI, 2010).

A metodologia aplicada será por meio de *Check List* extraído da NR 13 segundo (PERUSSULO,2017) utilizado na aplicação de teste hidrostático em um vaso de pressão disponível no laboratório de mecânica do Instituto Federal do Amazonas - IFAM, localizado na cidade de Manaus, estado do Amazonas.

Como a realização do teste hidrostático é um evento potencialmente perigoso, as condições do teste devem ser determinadas privilegiando não só a segurança dos equipamentos como também das pessoas envolvidas no processo.

No geral, são duas as principais variáveis envolvidas no processo, pressão e velocidade do teste. Quanto ao fluido, será utilizado água, por ser um líquido de pequena compressibilidade e de fácil obtenção. Atentando aos casos em que os vasos de pressão são confeccionados com aço inoxidáveis austeníticos ou com revestimento desses materiais, a água do teste não pode conter mais de 50ppm (partes por milhão) de cloretos. Após o teste o vaso deve ser completamente drenado e seco.

A pressão do teste hidrostático deve ser medida no topo e no fundo do vaso, porém a pressão que deve ser adotada como pressão teste é a que será medida no topo do vaso. No fundo do vaso, esta pressão será adicionada a carga hidráulica. Recomenda-se o uso de no mínimo dois manômetros aferidos para o acompanhamento do teste, um acoplado no sistema de pressurização de maneira a facilitar o controle da velocidade de pressurização e o outro no topo do vaso. (TELLES, 1996)

O TH será realizado nas condições da estrutura da instituição a qual será agendada pelo orientador e pelo Laboratorista responsável ambos acompanharão o teste do início a o término e será realizado seguindo o Check list e as características do vaso de pressão, para o teste utilizaremos a Bomba de pressão do Laboratório de mecânica a mangueira de alta pressão um vaso de pressão em aço inoxidável com volume de 50litros.

Check list dos principais itens Nr-13 aplicaveis em vasos de pressão					
Item	Os vasos de pressão devem ser dotados dos seguintes itens	Sim	Não	Obsevações	Código
13.5.1.3	Válvula ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA				4
13.5.1.3	Instrumento que indique a pressão de operação, instalado diretamente no vaso ou no sistema que o contenha				4
13.5.1.4	Todo vaso de pressão deve ter afixado em seu corpo, em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação				1
13.5.1.5	Além da placa de identificação, deve constar, em local visível, a categoria do vaso, qual classe ? Conforme anexo IV				1
13.5.1.6	Prontuário do vaso de pressão a ser fornecido pelo fabricante				
13.5.1.6	Registro de Segurança em conformidade( livro de ocorrência)				3
13.5.1.6	Projeto de Instalação				3
13.5.1.6	Projeto de alteração ou reparo				3
13.5.1.6	Relatórios de inspeção				3
13.5.1.7	Quando inexistente ou extraviado, o prontuário do vaso de pressão deve ser reconstituído pelo empregador				3
13.5.1.9	A documentação referida no item 13.5.1.6 deve estar sempre à disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção, de inspeção e das representações dos trabalhadores e do empregador na Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA				2
13.5.2.1	Todo vaso de pressão deve ser instalado de modo que todos os drenos, respiros, bocas de visita e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes, sejam facilmente acessíveis				2
13.5.2.2	Quando os vasos de pressão forem instalados em ambientes fechados, a instalação deve satisfazer os seguintes requisitos:				
13.5.2.2	Dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas				4
13.5.2.2	Dispor de acesso fácil e seguro para as atividades de manutenção				3
13.5.2.2	Dispor de ventilação permanente				4
13.5.2.2	Dispor de iluminação conforme normas oficiais vigentes;				4
13.5.2.2	Possuir sistema de iluminação de emergência				4
13.5.2.3	Quando o vaso de pressão for instalado em ambiente aberto				
13.5.2.3	Dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas,				4
13.5.2.3	Dispor de ventilação				4
13.5.2.3	Dispor de iluminação conforme normas oficiais vigentes;				4
13.5.2.3	Possuir sistema de iluminação de emergência				4
13.5.3.2	Os instrumentos e controles de vasos de pressão devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais.				3
13.5.4.2	A inspeção de segurança inicial deve ser feita em vasos de pressão novos, antes de sua entrada em funcionamento, no local definitivo de instalação, devendo compreender exames externo e interno.				3
13.5.4.3	Os vasos de pressão devem obrigatoriamente ser submetidos 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.				3
13.5.4.4.1	Deve ser anotada no Registro de Segurança a data da instalação do vaso de pressão a partir da qual se inicia a contagem do prazo para a inspeção de segurança periódica.				2
13.5.4.5	A inspeção de segurança periódica, constituída por exames externo e interno				3
13.5.4.9	As válvulas de segurança dos vasos de pressão devem ser desmontadas, inspecionadas e calibradas com prazo adequado à sua manutenção, porém, não superior ao previsto para a inspeção de segurança periódica interna dos vasos de pressão por elas protegidos.				3

Check List extraído da NR13 por (PERUSSULO, 2017)

No que tange a realização de testes hidrostáticos, considerando diversas análises, verifica-se que existem variáveis que são determinantes da possibilidade de propagação de descontinuidades durante um TH periódico. São elas: - Alteração no tamanho da descontinuidade (ou aparecimento de nova); - Alteração das propriedades do material (ou variação de temperatura de teste); - Mudança de geometria.

Por este motivo, a identificação dos mecanismos que agem sobre os equipamentos deve preceder a utilização de TH's para a definição das estratégias.

O TH inicial desempenha papel fundamental na garantia da integridade durante a vida de um equipamento, permitindo-os trabalhar no regime elástico. Os efeitos de “shakedown” e “blunting” ocorridos durante o TH são importantes fatores para salvaguardar a “saúde” dos equipamentos durante sua vida útil.

Seguramente não seria vantajoso esperar haver uma falha catastrófica num TH periódico em um vaso de pressão. Isto poderia gerar grandes prejuízos materiais e eventualmente pessoais. O crescimento subcrítico durante um TH sem que se saiba da sua ocorrência também pode ser considerado como nocivo, pois haverá um encurtamento da vida residual e das margens de segurança.

O conhecimento da condição real do equipamento através de boas práticas de inspeção é uma das principais fontes de garantia da integridade dos mesmos. A revisão bibliográfica alertou para a utilização de técnicas de inspeção para a identificação de danos ou mesmo a substituição do ensaio periódico tradicional. O ideal é que a aplicação do TH ocorra após uma avaliação sobre potenciais mecanismos de danos e condição física do equipamento.

#### 4 RESULTADOS OBTIDOS

O Teste Hidrostático realizado nas dependências do Laboratório obteve resultado satisfatório balizado pela NR 13 e seguindo o Check list constatou-se q ausência da plaqueta de identificação no referido vaso de pressão entretanto de acordo com as suas características adotou a pressão de 10 PSI no período de 15 minutos para a realização do teste com fins didáticos.

Foi utilizado no TH a bomba hidráulica do laboratório de mecânica no vaso de pressão conforme imagem abaixo submetendo o vaso de pressão no período acordado com o Profissional Habilitado de Engenharia Mecânica submetendo o vaso a uma pressão de 10 PSI, ao final do teste foi constatado a boa condição do vaso de pressão testado.

FOTO 01 - INÍCIO DO TESTE HIDROSTÁTICO



FONTE: Foto Própria

A condição do vaso de pressão ao final do teste no aspecto visual apresentou sua forma regular sem alteração e ainda manteve sua integridade nos pontos de solda suportando a pressão a qual foi submetido.

As condições de segurança foram observadas durante todo o teste não havendo prejuízo nem pra instituição nem para os participantes do teste.

Os equipamentos utilizados apresentaram boas condições durante todo o teste sem alteração ou variação do valor apresentado no manômetro da bomba de pressão.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho é um instrumento estratégico de informação e esclarecimento para ser utilizado por operadores que trabalham com vasos de pressão e por profissionais de inspeção de vasos de pressão. Durante a operação normal de um vaso de pressão, podem surgir determinados fatos que indiquem uma provável falha ou necessidade de manutenção em um determinado equipamento, muitas dessas falhas, no entanto não são detectadas durante a operação, fazendo-se necessárias as inspeções regulares.

As observações e recomendações gerais para a inspeção de vasos de pressão devem ser de acordo com sua norma regulamentadora NR13, feito através do *check list* de inspeção para que o vaso de pressão funcione normalmente de acordo com a especificação do fabricante.

Os dados obtidos com a inspeção do vaso de pressão analisado acima, indicam que o mesmo está apto a operar na PMTA, e se encontra em perfeito estado de uso.

A aplicação prática e testagem empregada no vaso de pressão disponibilizado pela instituição proporcionaram um crescimento acadêmico e técnico profissional para ser diretamente aplicado no campo de trabalho.

Como trabalhos futuros cito uma especificação mais detalhada da Norma regulamentadora sobre o teste hidrostático quanto a sua periodicidade e execução regular nos dispositivos instalados e em funcionamento,

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15417 – **Vasos de pressão – inspeção de segurança em serviço**. Disponível em: <http://pt.slideshare.net/jarson957/nbr-15417rev07-vasos-de-pressoinspeo-de-segurana-em-servio>. Acesso em 24 out.2021.

ALTAFINI, Carlos R. **Curso de engenharia mecânica – disciplina de máquinas térmicas – apostila sobre caldeiras** – Universidade de Caxias do Sul, 2002. Disponível em: [http://www.segurancanotrabalho.eng.br/manuais\\_tecnicos/manualcaldeiras.pdf](http://www.segurancanotrabalho.eng.br/manuais_tecnicos/manualcaldeiras.pdf) Acesso em 24 out.2021.

BEGA, E.A.; DELMÉE, G.J.; COHN, P.E.; BULGARELLI, R.; KOCH, R.; FINKEL, V. S. **Instrumentação Industrial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Intercedência Ltda., 2011.

FILHO, João Carlos Pinto. **Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão**. UFU, s/d. Disponível em: [http://www.segurancanotrabalho.eng.br/manuais\\_tecnicos/manualcaldeiras.pdf](http://www.segurancanotrabalho.eng.br/manuais_tecnicos/manualcaldeiras.pdf). Acesso em 24 out 2021.

PRIETO, ARNALDO. **Portaria N° 3.214, de 08 de junho de 1978**. Instituição das Normas Regulamentadoras, Brasília,DF, 06 Jul 1978.

JUNIOR, Carlos Pimentel De Matos. **Portaria N° 1.082, de 18 de dezembro de 2018**. NR-13 Caldeiras, Vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento., Brasília,DF, 18 dez 2018.

LEAL, Bruno Bianco. **Portaria N° 6.730, de 9 De Março De 2020**. A Nova Redação Da Norma Regulamentadora N° 01 - Disposições Gerais E Gerenciamento De Riscos Ocupacionais. Brasília, DF, 9 mar 2020.

CAMISASSA, Mara Queiroga. **Segurança e Saúde no Trabalho: NRs 1 a 36 Comentadas e Descomplicadas**. São Paulo: Editora Método, 2015.

CAMPOS, Márcia Aparecida de. **Estudo das instalações e operação de caldeira e vasos de pressão de uma instituição hospitalar, sob análise da NR 13**. Monografia de especialização. Criciúma: UNESC, 2011.

DUTRA, Aldo Cordeiro et al. **Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão**. Brasília: MTE, SIT, DSST, 2006

FILHO, Jorge dos Santos Pereira. **Análise de defeitos de teste hidrostático em vaso de pressão**. Florianópolis. UFSC, 2004.



FURINI, Adriano. **Avaliação da aplicabilidade do teste hidrostático em vasos de pressão visando a garantia da integridade**. 2012. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia dos Materiais, Universidade do Vale do Paraíba - Univap, São José dos Campos, 2012.

GIL, A. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEITE, Nilson R.; MILITÃO, Renato de A. **Tipos e aplicações de caldeiras. Fabricação e Montagem de Caldeiras e Trocadores de Calor**. (2008). Disponível em: [http://lcsimei.files.wordpress.com/2012/09/caldeiras\\_prominp.pdf](http://lcsimei.files.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf). Acesso em 23 de out.2021.

PEREIRA FILHO, Jorge dos Santos. **Análise de efeitos de teste hidrostático em vaso de pressão**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2004.

SANTIAGO, Eduardo Ferrer. **Apostila sobre Vasos de pressão**. UFU, s/d. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAsgYAJ/apostila-sobrevasos-pressao#>. Acesso em 24 out.2021.

PERUSSULO, Fabio Henrique. Aplicação de NR13 em compressores de ar comprimido Disponível em: [https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17573/1/CT\\_CEE\\_ST\\_XXXIV\\_2017\\_12.pdf](https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17573/1/CT_CEE_ST_XXXIV_2017_12.pdf) . Acesso em 01 de dez.2021.

SILVA, Daniel Fernando. **Operação de caldeiras: gerenciamento, controle e manutenção**. 2012. 33f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Fesurv - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2012.

TELLES, Pedro Carlos Silva. **Vasos de pressão**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 1996.

## APÊNDICES

Figura: Abastecimento do vaso de pressão com água



Fonte: O próprio autor (2021)

Imagem: Vedação das conexões com fita veda-rosca



Fonte: O próprio autor (2021)

Imagem: Aplicação de teste hidrostático em vaso de pressão



Fonte: O próprio autor (2021)