

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

FABIO HENRIQUE PERUSSULO

APLICAÇÃO DA NR-13 EM COMPRESSORES DE AR COMPRIMIDO

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2017

FABIO HENRIQUE PERUSSULO

APLICAÇÃO DA NR-13 EM COMPRESSORES DE AR COMPRIMIDO

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: M. Eng. Roberto Serta

CURITIBA

2017

FABIO HENRIQUE PERUSSULO

APLICAÇÃO DA NR-13 EM COMPRESSORES DE AR COMPRIMIDO

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M.Eng. Roberto Serta
Professor do CEEST, DACOC, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2017

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

Resumo

Este trabalho em questão vai mostrar os riscos de acidentes que os vasos de pressão oferecem, com objetivo de saber se os compressores estão tendo os cuidados necessários para um bom funcionamento sem oferecer risco à integridade física das pessoas que estão próximo dos equipamentos. Foi formulado e aplicado um questionário para identificar como está o nível de conhecimento das pessoas que utilizam vasos de pressão, avaliando se as instalações e manutenções estão conforme a NR-13 estabelece. Os estabelecimentos abordados foram postos de combustíveis e auto centers situados na região metropolitana de Curitiba, no Município de Campo Largo, PR, o equipamento referido é um vaso de pressão e trata se de compressor de ar. Por fim sugerir melhorias nos pontos que foram detectados não conformidades para que as mesmas sejam tratadas de forma eficiente visando minimizar riscos de acidentes e zelar pela integridade física das pessoas e do patrimônio.

Palavras-chave: Compressores; Segurança; Vasos de Pressão.

ABSTRACT

This work will show the risks of accidents that the pressure vessels offer, in order to know if the compressors are taking the necessary care for a smooth operation without posing a risk to the physical integrity of the people who are close to the equipment. A questionnaire was formulated and applied to identify how well the people are using pressure vessels, assessing whether facilities and maintenance are in accordance with NR-13. The establishments approached were gas stations and auto centers located in the metropolitan area of Curitiba, in the Municipality of Campo Largo, PR, the referred equipment is a pressure vessel and is treated as an air compressor. Finally, to suggest improvements in points that have been detected non-conformities so that they are treated in an efficient way to minimize the risk of accidents and ensure the physical integrity of people and assets.

Key-words: Compressors; Safety; Pressure vessels.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Compressor de ar após explosão	12
Figura 02 - Compressor de ar	12
Figura 03 - Teste hidrostático em um compressor	18
Figura 04 - Bomba com manômetro para teste hidrostático em vasos de pressão...	19
Figura 05 - Válvula de alívio de pressão	19
Figura 06 - Manômetro analógico de compressor	20
Figura 07 - Cilindro de compressor alternativo de simples efeito	22
Figura 08 - Compressor de palhetas	23
Figura 09 - Turbo compressor	23
Figura 10 - Questionário aplicado aos empreendedores entrevistados	26
Figura 11 - <i>Check list</i> aplicado em vasos de pressão com base na NR-13	27
Figura 12 - 1ºVaso de pressão da empresa “A” (compressor de ar).....	28
Figura 13 - Plaqueta de identificação do 1º vaso de pressão empresa “A”	29
Figura 14 - 2ºvaso de pressão da empresa “A” (compressor de ar).....	29
Figura 15 - Plaqueta de identificação do 2º vaso de pressão da empresa “A”	30
Figura 16 - Vaso de pressão empresa “B” (compressor de ar)	31
Figura 17 - Plaqueta de identificação vaso empresa “B”	31
Figura 18 - Vaso de pressão empresa “C” (compressor de ar)	32
Figura 19 - Plaqueta de identificação vaso empresa “C”	32
Figura 20 - Vaso de pressão empresa “D” (compressor de ar)	33
Figura 21 - Plaqueta de identificação, vaso empresa “D”	34
Figura 22 - Considerações dos questionários aplicados	35
Figura 23 - Considerações do check list aplicado nos vasos de pressão	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Categoria de vasos de pressão.....	14
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Prazos de inspeção para estabelecimentos que não possuem serviço de inspeção de segurança interno.	16
Quadro 02 - Prazos de inspeção para estabelecimentos que possuem serviço de inspeção de segurança interno.	16

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	10
1.1.1	Objetivo geral.....	10
1.1.2	Objetivos específicos.....	10
1.2	JUSTIFICATIVAS.....	10
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	11
2.1	VASOS DE PRESSÃO.....	11
2.1.1	ACIDENTES COM VASOS DE PRESSÃO	11
2.1.2	Categorias de vasos de pressão	13
2.1.3	Aplicação de vasos de pressão	15
2.1.4	Instalação	15
2.1.5	Inspeção de Segurança.....	16
2.1.6	Teste hidrostático	17
2.1.7	Dispositivos de segurança.....	19
2.1.8	Documentação.....	20
2.2	Compressores.....	21
3	METODOLOGIA	24
3.1	PROCEDIMENTOS E MÉTODOS	24
4	RESULTADOS	28
4.1	EMPRESA "A"	28
4.2	EMPRESA "B".....	30
4.3	EMPRESA "C".....	32
4.4	EMPRESA "D"	33
4.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	34
5	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Diante da imensa frota de veículos no Brasil da para imaginar a grande quantidade de veículos automotores que precisam ser abastecidos e ter suas devidas manutenções para funcionar normalmente. Nota-se que o fluxo de veículos nos postos de combustíveis e auto centers são enorme. Em todos os postos de combustíveis e auto centers existe no mínimo um vaso de pressão (compressor de ar), o mesmo serve para armazenar o ar comprimido em pressões elevadas e ser utilizado em uso de ferramentas pneumáticas como calibradores de pneus, parafusadeiras, máquinas de desmontar pneus, entre outras.

Vasos de pressão são reservatórios de dimensões variadas ou com diferentes finalidades, fundamentais nos processos industriais que contenham fluidos e sejam projetados para resistir com segurança às pressões internas diferentes da pressão atmosférica, ou submetidos à pressão externa, cumprindo assim a função básica de armazenamento (Brasil, 2017).

NR-13 é a norma regulamentadora 13 do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, e tem como objetivo condicionar inspeção de segurança e operação de vasos de pressão, caldeiras e tubulações. Foi criada em 8 de junho de 1978, sofrendo revisões pelas portarias SSMT n.º2, de 8 de maio de 1984, SSMT n.º23, de 27 de dezembro de 1994, pela Portaria SIT n.º 57, de 19 de junho de 2008 e pela portaria MTE nº 594 de 28 de abril de 2014 (incluindo também as tubulações na norma, entre outras mudanças significativas) (REIS, 2011).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Verificar se os vasos de pressão instalados em postos de combustíveis e auto centers estão instalados de acordo com os padrões estabelecidos pela norma NR-13.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

- Analisar quatro estabelecimentos, sendo eles dois postos de combustíveis e duas auto centers para verificar as condições de instalação dos vasos de pressão aplicando um questionário e um *check list* com base na NR-13;
- Sugerir melhorias nos pontos que foram detectados não conformidades.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Todos os postos de combustíveis e auto centers utilizam no mínimo um vaso de pressão. Falhas em vasos de pressão podem acarretar consequências catastróficas até mesmo com perda de vidas, sendo considerados os Vasos de Pressão equipamentos de grande periculosidade. O estudo vai mostrar se os estabelecimentos abordados estão de acordo com a legislação.

Os requisitos de segurança do trabalho estabelecidos pela NR-13 promovem aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção de vasos de pressão e suas tubulações de interligação, visando melhorias na saúde e na segurança dos trabalhadores promovendo redução nos índices de acidentes (ARAUJO, 2007).

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Neste item baseado na norma NR-13 vai ser apresentado os conceitos de vasos de pressão em específico compressor de ar comprimido.

2.1 VASOS DE PRESSÃO

Conforme a NR-13 estabelece 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 a saúde dos trabalhadores (Brasil, 2017).

Vasos de pressão é o termo genérico para qualquer recipiente estanque, de qualquer tipo, formato, dimensão ou finalidade, que seja capaz de conter um fluido de pressão. De forma genérica, podemos dizer que uma panela de pressão é um vaso de pressão, da mesma forma que um botijão de gás (SILVA, 2010).

Mas, em termos mais específicos, comumente vasos de pressão são considerados equipamentos de processos industriais, utilizados em indústrias, em processo de transformação física ou química de qualquer matéria ou a equipamentos que se destinam ao armazenamento dos líquidos e gases necessários aos processos industriais (ARAUJO, 2013).

2.1.1 ACIDENTES COM VASOS DE PRESSÃO

Todo vaso de pressão é um equipamento de alta periculosidade. O risco de acidente aumenta quando o referido equipamento não possui os devidos cuidados exigidos pelas normas vigentes (Brasil, 2017).

Através de pesquisas na internet, foram encontrados vários acidentes com vasos de pressão. Não foi possível relatar estatísticas, devido não encontrar dados confiáveis. Para facilitar o entendimento do assunto, segue um exemplo de acidente com um compressor de ar ocorrido em uma oficina mecânica.

Esta imagem da Figura 01 apresenta um acidente com compressor de ar em uma oficina mecânica, sem vítimas, mas que causou um estrago de grande proporção no estabelecimento.



Figura 01 - Compressor de ar após explosão

Fonte: CALTEC CALDEIRAS (2012).

A figura 2 apresenta um exemplo de compressor comum, utilizado para variados fins, e que será analisado nesta pesquisa. Em todos os estabelecimentos abordados foi deparado com equipamentos parecidos ao da figura 2, contendo princípio de funcionamento igual, embora características diferentes, variando fabricante e tamanhos dos equipamentos.



Figura 02 - Compressor de ar

Fonte: Schulz Compressores (2017).

2.1.2 Categorias de vasos de pressão

Para efeito da NR-13, (BRASIL, 2017) 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 (vinte) partes por milhão (ppm);
- Hidrogênio;
- Acetileno.

Classe B:

- Fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200 °C (duzentos graus Celsius);
- Fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a 20 (vinte) partes por milhão (ppm).

Classe C:

- Vapor de água, gases asfixiantes simples ou ar comprimido.

Classe D:

- Outro fluido não enquadrado acima.

b) Quando se tratar de mistura deverá ser considerado para fins de classificação o fluido que apresentar maior risco aos trabalhadores e instalações, considerando-se sua toxicidade, inflamabilidade e concentração.

c) Os vasos de pressão são classificados em grupos de potencial de risco em função do produto P.V, onde P é a pressão máxima de operação em MPa e V o seu volume em m³, conforme segue:

Grupo 1 - P.V = 100

Grupo 2 - P.V < 100 e P.V = 30

Grupo 3 - P.V < 30 e P.V = 2,5

Grupo 4 - P.V < 2,5 e P.V = 1

Grupo 5 - P.V < 1

d) Vasos de pressão que operem sob a condição de vácuo devem se enquadrar nas seguintes categorias:

- Categoria I: para fluidos inflamáveis ou combustíveis;
- Categoria V: para outros fluidos.

e) A tabela a seguir classifica os vasos de pressão em categorias de acordo com os grupos de potencial de risco e a classe de fluido contido.

Tabela 1 - Categoria de vasos de pressão

Classe de fluido	1	2	3	4	5
	P.V ≥ 100	P.V < 100 P.V ≥ 30	P.V < 30 P.V ≥ 2,5	P.V < 2,5 P.V ≥ 1	P.V < 1
	Categorias				
"A" Inflamáveis Combustível com temperatura igual ou superior a 200°C Tóxico com limite de tolerância ≤ 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: (BRASIL, 2017).

2.1.3 Aplicação de vasos de pressão

A NR-13 aplica-se a vasos de pressão instalados em unidades industriais e outros estabelecimentos públicos e privados, tais como hotéis, restaurantes, hospitais entre outros. Algumas das aplicações são: armazenamento final ou intermediário, amortecimento de pulsação, troca de calor, contenção de reações, filtração, destilação, separação de fluidos, criogenia, etc (ARAUJO, 2007).

Os vasos de pressão podem ser constituídos de materiais e formatos variados, em função do tipo de sua utilização. Desta forma existem vasos de pressão cilíndricos, esféricos, cônicos etc. Construído em aço carbono, alumínio, aço inoxidável, fibra de vidro e outros materiais (ARAUJO, 2007).

2.1.4 Instalação

Conforme a NR-13, sempre que na instalação de vaso de pressão todos os drenos, respiros, bocas de visita e indicadores de nível, pressão e temperatura quando existentes devem ser de fácil acesso (BRASIL, 2017).

O local de instalação do vaso de pressão em ambientes fechados deve possuir duas saídas em direções distintas. A condição de direção distinta não obriga ter sentidos opostos, o que se quer evitar é a existência de duas saídas na mesma parede. Os locais que possam exigir a presença de trabalhadores para operação, manutenção ou inspeção, devem permitir acesso fácil e seguro, através de escada, plataformas e outros, em conformidade com as normas. Quando da instalação do vaso de pressão em local próximo a paredes (alvenaria ou não) recomenda-se manter uma distância mínima de 0,8 m (metro) a 1,0 m para que o mesmo possa ser circundado para inspeção de segurança. Os locais ainda devem dispor de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas, iluminação conforme normas oficiais vigentes e sistemas de iluminação de emergência. (BRASIL, 2017).

2.1.5 Inspeção de Segurança

Neste tópico estão citados os principais itens que a NR-13 exige para inspeção de segurança. Os vasos de pressão devem ser submetidos à inspeção inicial, periódica e extraordinária, esta inspeção deve ser feita em vasos novos, antes de ser colocados em funcionamento, no seu local definitivo de instalação, devendo conter exame externo, interno e teste hidrostático (BRASIL, 2017).

Para inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno, externo e teste hidrostático a NR-13 dispõem de uma tabela, onde os prazos máximos de inspeção devem ser obedecidos, isto para estabelecimentos que não possui serviço próprio de inspeção, observe a tabela a seguir (BRASIL, 2017).

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

Quadro 01 - Prazos de inspeção para estabelecimentos que não possuem serviço de inspeção de segurança interno

Fonte: (BRASIL, 2017).

Para estabelecimentos que possuem serviços próprios de inspeção deve ser utilizado o seguinte quadro.

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

Quadro 02 - Prazos de inspeção para estabelecimentos que possuem serviço de inspeção de segurança interno.

Fonte: (BRASIL, 2017).

No caso do equipamento (Compressor) em que está sendo realizado este estudo, conforme tabela 1, se enquadra na classe “C” categoria “V” com P.V < 1. Sendo assim, conforme quadro 01 para estabelecimentos que não possuem

“Serviços próprios de inspeção”, prazo máximo de exame externo 5 anos, prazo máximo para exame interno 10 anos e prazo máximo para teste hidrostático 20 anos. Para os locais que possuem “Serviço próprio de inspeção”, prazo máximo para exame externo 7 anos, exame interno e teste hidrostático fica a critério do PH profissional habilitado.

As técnicas a serem utilizadas para inspeção de segurança periódica devem ser definidas pelo profissional habilitado, com base no histórico dos vasos de pressão e nas normas técnicas vigentes. O prazo real deve ser estabelecido pelo profissional habilitado em função da experiência anterior, contado a partir do último exame executado no vaso de pressão (ARAUJO, 2013).

Não é detalhado pela norma os métodos ou procedimento de inspeção, esta ação deve ser feita pelo profissional habilitado com base em código e normas internacionais reconhecidas.

2.1.6 Teste hidrostático

É um tipo de teste de pressão com fluido incompressível executado com objetivo de avaliar a integridade estrutural dos equipamentos e o rearranjo de possíveis tensões residuais, de acordo com o código de projeto. Os recipientes que podem ser testados incluem caldeiras, cilindros de gás ou os tubos em um sistema de água. O teste assegura que não existam quaisquer fugas no recipiente e que é estruturalmente seguro realizar qualquer operação normal para tal equipamento. (Brasil, 2017).

A NR-13 regulamenta que 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 profissional habilitado - PH, e ter o valor da pressão de teste afixado em sua placa de identificação.

Os testes são realizados com os equipamentos fora de serviço, através de sua pressurização com água (teste hidrostático), normalmente essas pressões situam-se na ordem de 1,5 vezes a Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA). Simula-se então uma condição operacional mais rigorosa, para garantir que em serviço normal (a pressões mais baixas) não ocorrerão falhas ou vazamentos.

O Teste Hidrostático apresenta os seguintes benefícios:

- Importante ferramenta para confirmar a ausência de vazamentos;
- Confirmação do estado de integridade e capacidade de resistir às condições operacionais normais, no momento de sua realização;
- Alívio de tensões residuais de soldagem de modo a que a estrutura testada funcione mais “relaxada”.

Resumindo, um equipamento projetado e fabricado de acordo com a Norma ASME, e que sofreu um TH após sua fabricação ou reparo com soldagem, terá maior garantia de integridade durante sua vida útil e estará “imunizado” contra determinados tipos de danos relacionados a estados de tensões. (SILVA 2010).

Para a realização do teste devem ser utilizados uma bomba hidráulica confiável e um manômetro de boa qualidade previamente aferido (SILVA 2010).



Figura 03 - Teste hidrostático em um compressor

Fonte: PERSEUS INSPEÇÃO (2017).

Existem vários modelos de bombas para realizar o teste hidrostático. A figura 04 apresenta um exemplo de bomba para realização de teste hidrostático em vaso de pressão. Esta bomba trata - se de uma bomba manual, que atende a realização de teste hidrostático em vaso de pressão, tomando como exemplo o equipamento apresentado na figura 02.



Figura 04 - Bomba com manômetro para teste hidrostático em vasos de pressão

Fonte: MECALTEC (2017).

2.1.7 Dispositivos de segurança

Conforme a NR-13, são dispositivos ou componentes que protegem o equipamento contra sobre pressão manométrica independente da ação do operador e do acionamento por fonte externa de energia com objetivo de impedir que a pressão interna do vaso atinja valores que comprometam sua integridade estrutural. No caso do compressor é obrigatório que o equipamento contenha uma válvula de alívio de pressão e um manômetro.

Quando o vaso de pressão possuir apenas uma válvula de segurança, existem normas internacionais aceitas que consideram inadequada a existência de bloqueio entre a válvula de segurança e o vaso de pressão.

A válvula de alívio de pressão serve para que nenhum ponto interior do vaso ultrapasse a pressão máxima de trabalho admitida PTMA.



Figura 05 - Válvula de alívio de pressão

Fonte: PRESSURE COMPRESSORES (2017).

O manômetro é um instrumento utilizado para medir a pressão de fluidos contidos em recipientes fechados. Existem basicamente dois tipos, os de líquidos e os de gases. No caso de compressor é utilizado o manômetro de gás, o mostrador do manômetro pode ser analógico ou digital e a instalação do mesmo pode ser feita no próprio vaso ou em uma sala de controle apropriada. (ARAUJO 2013).

A figura 06 apresenta um exemplo de manômetro analógico utilizado em compressores.



Figura 06 - Manômetro analógico de compressor

Fonte: DUTRA MÁQUINAS (2017).

2.1.8 Documentação

A documentação listada abaixo deverá sempre estar disponível para consulta e fiscalização dentro do estabelecimento. Quando for necessário retirar a documentação do estabelecimento, deverá ser providenciada sua duplicação, devendo se manter o original no estabelecimento onde se encontra instalado o vaso de pressão.

Conforme a NR-13 (BRASIL 2017) 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

c) Projeto de Instalação

d) Projeto de alteração ou reparo

e) Relatórios de inspeção

f) Certificados de calibração dos dispositivos de segurança, onde aplicável.

A documentação exigida no prontuário do vaso deve ser fornecida de forma detalhada pelo fabricante do vaso de pressão. Se o estabelecimento não possuir esta documentação parte da mesma deve ser reconstituída.

Os documentos a serem reconstituídos são sempre de responsabilidade do fabricante do vaso de pressão. Para tanto, poderá utilizar-se dos serviços do fabricante do vaso, ou de um profissional habilitado ou empresa especializada.

2.1.9 Compressores

Compressores são máquinas ou equipamentos geralmente utilizados em indústrias responsáveis por admitir ou sugar o ar da atmosfera, comprimi-lo e enviá-

lo para um reservatório de armazenamento (vaso de pressão) com a finalidade de utilizar o ar armazenado em pressões mais elevadas (LEDA NETO, 2008).

Os compressores podem ser classificados em dois principais tipos, conforme sua operação: Compressores de deslocamento positivo e compressores dinâmicos (CANDIDO, 2011).

Os compressores de deslocamento positivo são divididos em Alternativos ou Rotativos. Nos compressores Alternativos a compressão do gás é feita em uma câmara de volume variável por um pistão, ligado a um mecanismo biela-manivela similar ao de um motor alternativo (CANDIDO, 2011).

A figura 07 apresenta um exemplo de funcionamento de compressor alternativo de pistão simples.

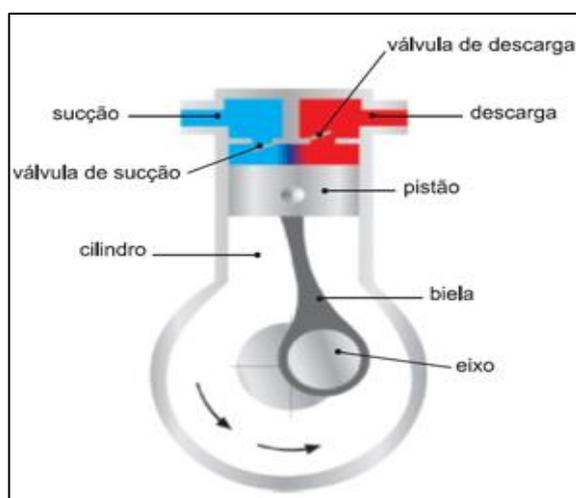


Figura 07 - Cilindro de compressor alternativo de simples efeito

Fonte: MÁQUINAS MISSÃO (2017).

Em compressores Rotativos, um rotor é montado dentro de uma carcaça com uma excentricidade, desnivelamento entre o centro do eixo do rotor e da carcaça. No rotor são montadas palhetas móveis, de modo que a rotação faz as palhetas se moverem para dentro e para fora de suas ranhuras. O gás existente entre duas palhetas sucessivas é comprimido à medida que o volume entre elas diminui devido à rotação e à excentricidade do rotor. Nos compressores rotativos, os gases são comprimidos por elementos giratórios (CANDIDO, 2011).

A figura 08 apresenta um exemplo de funcionamento dos compressores rotativos de palhetas.

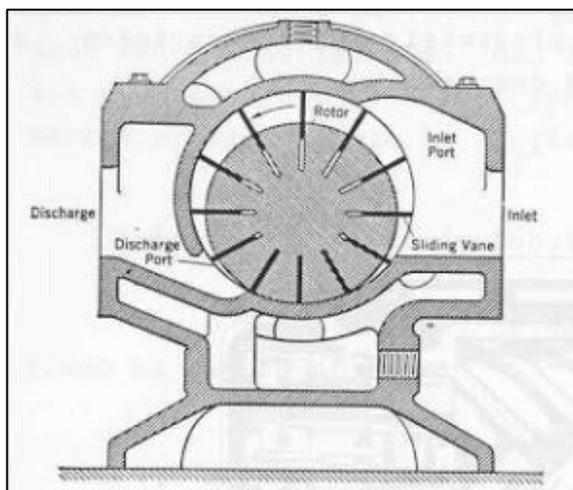


Figura 08 - Compressor de palhetas

Fonte: MAQUINAS MISSAO (2017).

Os compressores dinâmicos efetuam o processo de compressão de maneira contínua, atualmente são utilizados em diversas aplicações. A mais simples é a compressão de ar, alimentação de motores ou turbinas a gás, até aplicações mais complexas, como o transporte de gás natural (CANDIDO, 2011).

A figura 09 apresenta um exemplo de compressor dinâmico, neste caso é um turbo compressor utilizado em motores a combustão.

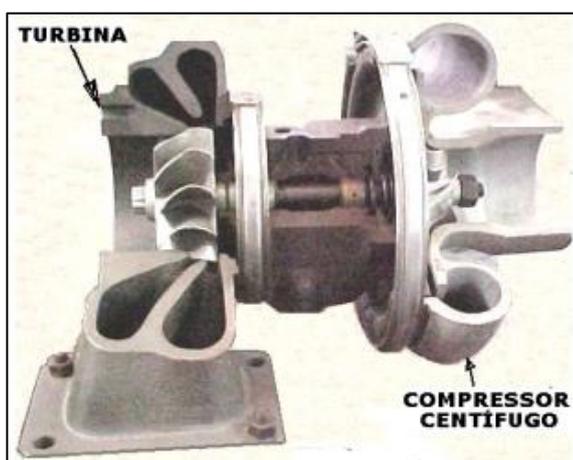


Figura 09 - Turbo compressor

Fonte: MAQUINAS MISSAO (2017).

Todos os compressores encontrados no estudo de caso desta monografia foi o compressor de deslocamento positivo de pistão.

3 METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTOS E MÉTODOS

Este trabalho tem o foco de inspecionar os compressores e verificar como está instalado nos estabelecimentos abordados. O equipamento referido é classificado como vaso de pressão, conforme descrito no anexo IV da NR-13.

A metodologia aplicada foi por meio de um questionário e um *check list*, cujas respostas foram objetivadas como SIM e NÃO, de modo a fornecer subsídios para o estudo em questão. Para a elaboração deste trabalho foi aplicado um questionário e um *check list* em quatro estabelecimentos, os quais dispõem de compressor de ar (vaso de pressão).

O primeiro estabelecimento entrevistado, empresa “A”, atua no ramo de revenda de combustível, lava car e troca de óleo para veículos leves. Está aproximadamente com 35 anos de serviço no mercado, instalada em uma área total de 2500 m² com 18 funcionários, horário de atuação é das 6 às 23 horas, localizada na região central de Campo Largo PR. Esta empresa dispõe de três vasos de pressão, sendo dois atuando em tempo integral e um de reserva. O primeiro compressor abastece todos os calibradores de pneus e a linha pressurizada de ar comprimido para uso de ferramentas pneumáticas, já o segundo compressor é de uso exclusivo do lava car.

O segundo estabelecimento entrevistado, empresa “B”, atua no ramo de revenda e conserto de rodas e pneus, incluindo serviços de balanceamento e geometria em veículos leves. Está aproximadamente com 6 anos de serviço no mercado, instalada em uma área total de 300 m² com 6 funcionários, horário de atuação é das 8 às 18 horas, de segunda a sexta feira, localizada na região central de Campo Largo PR. Esta empresa dispõe de um vaso de pressão o mesmo abastece todos os calibradores de pneus e a linha pressurizada de ar comprimido para uso de ferramentas pneumáticas.

O terceiro estabelecimento entrevistado, empresa “C”, atua no ramo de revenda de combustível e troca de óleo para veículos leves. Está aproximadamente com 8 anos de serviço no mercado, instalada em uma área total de 1000 m² com 8 funcionários, horário de atuação é das 6 às 20 horas, localizada na região sul de

Campo Largo PR. Esta empresa dispõe de um vaso de pressão, o mesmo abastece todos os calibradores de pneus e a linha pressurizada de ar comprimido para uso de ferramentas pneumáticas.

O quarto estabelecimento entrevistado, empresa “D”, atua no ramo de manutenção de veículos, incluindo serviços de balanceamento e geometria em veículos leves. Está aproximadamente com 4 anos de serviço no mercado, instalada em uma área total de 96 m² com 2 funcionários, horário de atuação é das 8 às 18 horas, de segunda a sexta feira, localizada na região central de Campo Largo PR. Esta empresa dispõe de um vaso de pressão, o mesmo abastece a linha pressurizada de ar comprimido para uso de ferramentas pneumáticas.

Os dados levantados têm a finalidade de identificar e avaliar através de vistoria in loco, as reais condições quanto ao atendimento à legislação vigente nos postos de combustíveis e auto centers, em relação a compressores de ar (vasos de pressão).

Para entender como está o nível de conhecimento dos proprietários de todos os estabelecimentos abordados que utilizam vasos de pressão foi elaborado e aplicado um questionário com perguntas básicas sobre o equipamento referido e a respectiva norma regulamentadora. Exemplo: se o empreendedor sabe o risco que o equipamento oferece, qual a NR que regulamenta os vasos de pressão, se há um cronograma de manutenção para o compressor, ou é feita somente a manutenção quando quebra e entre outras.

Os dados levantados através do questionário e do *check list* foram processados e demonstrados através de gráficos. Serão apresentados e discutidos nesta monografia no capítulo quatro. Os resultados são de extrema importância para o entendimento de cada caso, e em seguida tendo a ciência das não conformidades possam ser regularizados os itens pendentes.

A figura 10 apresenta o questionário aplicado aos proprietários dos estabelecimentos que foram entrevistados.

Questionário

Este questionário foi desenvolvido com o objetivo de coletar informações a ser adicionada em uma monografia para do título de engenheiro de segurança do trabalho abordando o assunto de vasos de pressão. "Compressor de ar".

Análise de campo
Local da entrevista: _____ Data ___/___/___
Função do entrevistado no estabelecimento: _____
Nome do entrevistador: _____

1. O empreendedor utiliza vaso de pressão "compressor em seu estabelecimento"?
 Sim Não
2. O empreendedor sabe o risco que o equipamento oferece?
 Sim Não
3. Existe um cronograma de manutenção para este compressor, ou é feita manutenção somente quando quebra?
 Sim existe Não existe
4. O empreendedor já ouviu falar de normas regulamentadoras?
 Sim Não
5. O empreendedor sabe qual a finalidade da existência das normas regulamentadoras?
 Sim Não
6. O empreendedor sabe qual a NR que regulamenta os vasos de pressão "compressores"?
 Sim Não
7. O empreendedor esta ciente de que em caso do descumprimento da norma pode ser notificado?
 Sim Não

Figura 10 - Questionário

Fonte: Autor (2017).

Com base na NR-13, direcionado diretamente para os vasos de pressão, foi elaborado um *check list* dos principais itens a serem vistoriados em cada estabelecimento. Segue o exemplo na figura 11.

Check list dos principais itens Nr-13 aplicáveis em vasos de pressão					
Item	Os vasos de pressão devem ser dotados dos seguintes itens	Sim	Não	Observações	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	Disponer de pelo menos 2 (duas) saídas amplas				4
13.5.2.2	Disponer de acesso fácil e seguro para as atividades de manutenção				3
13.5.2.2	Disponer de ventilação permanente				4
13.5.2.2	Disponer 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	Disponer de pelo menos 2 (duas) saídas amplas,				4
13.5.2.3	Disponer de ventilação				4
13.5.2.3	Disponer 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

Figura 11 - *Check list* aplicado em vasos de pressão com base na NR-13

Fonte: Autor (2017).

4 RESULTADOS

Neste tópico a seguir está descrito as principais informações, e relatado as ocorrências relevantes abordadas na pesquisa de campo de cada estabelecimento. Foi feita a pesquisa em quatro estabelecimentos, sendo eles: dois postos de combustíveis e duas auto centers.

4.1 EMPRESA “A”

Para demonstrar cada equipamento e observar suas principais características foram registrados as imagens de cada vaso de pressão visitado e todos os estabelecimentos visitados.

A figura 12 apresenta o primeiro vaso de pressão visitado.



Figura 12 - 1º Vaso de pressão da empresa “A” (compressor de ar)

Fonte: Autor (2017).

Analisando a figura 12 nota-se que no local onde está instalado o vaso de pressão tem produtos inflamáveis muito próximos ao equipamento, válvula de segurança e manômetro estão acoplados no compressor e o equipamento demonstra estar aparentemente conservado.

A figura 13 apresenta a plaqueta de identificação do primeiro vaso vistoriado.



Figura 13 - Plaqueta de identificação do 1º vaso de pressão empresa “A”

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se a figura 13 observa-se que apesar da plaqueta de identificação estar com alguns dados ilegíveis é possível verificar que constam dados de projeto. Em contra partida não foi possível verificar a classe do vaso.

A figura 14 apresenta o segundo vaso de pressão vistoriado.



Figura 14 - 2º vaso de pressão da empresa “A” (compressor de ar)

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se a figura 14 nota-se que é um equipamento bem antigo, bastante deteriorado com estado de conservação ruim, não tem as proteções das correias, falta manômetro, relé de acionamento e fiações estão expostas sem proteções.

A figura 15 apresenta a plaqueta de identificação do segundo vaso vistoriado.



Figura 15 - Plaqueta de identificação do 2º vaso de pressão da empresa “A”

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se a figura 15 nota-se que por ser um equipamento muito antigo, não constam na plaqueta todos os dados exigidos pela NR-13, bem como classe do vaso, pressão de teste hidrostático, entre outras informações importantes que estão faltando.

4.2 EMPRESA “B”

Este vaso de pressão apresentado na figura 16 está instalado na empresa “B”. É o equipamento em que foi vistoriado e aplicado o *check list* da figura 11. Foi a empresa que chamou mais a atenção por dois motivos, primeiro pelo fato do empreendedor desconhecer que o equipamento pode oferecer risco as pessoas que estão trabalhando próximo, e segundo motivo foi que o dono do estabelecimento relatou em notar vazamentos de ar no equipamento devido a uma trinca no casco. Após identificar a trinca pediu para realizar uma solda, em seguida colocou o equipamento para funcionar sem nenhum teste ou inspeção de segurança.

A figura 16 apresenta o terceiro vaso de pressão vistoriado.



Figura 16 - Vaso de pressão empresa “B” (compressor de ar)

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se a figura 16 nota-se que é um equipamento de boa aparência, mas com mau uso, a proteção da correia esta fora do equipamento, não tem acesso ao dreno, o manômetro não estava funcionando e com alguns objetos que não faz parte do equipamento armazenado muito próximo onde estava instalado.

A figura 17 apresenta a plaqueta de identificação do terceiro vaso.



Figura 17 - Plaqueta de identificação vaso empresa “B”

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se a figura 17 nota-se que esta plaqueta está completa, este equipamento foi construído em conformidade com a norma vigente, segundo informação contida no casco do vaso de pressão, vem com prontuário e teste hidrostático de fábrica.

4.3 EMPRESA "C"

No terceiro estabelecimento visitado a figura 18 apresenta o vaso de pressão que se encontra instalado em uma área externa, o acesso ao equipamento foi limitado devido a chave do cadeado não estar disponível no momento.

A figura 18 apresenta o quarto vaso de pressão vistoriado.



Figura 18 - Vaso de pressão empresa "C" (compressor de ar)

Fonte: Autor (2017).

Analisando a figura 18 nota-se que é um equipamento de boa aparência, segundo informação contida no casco, este equipamento foi construído conforme a norma vigente, e vem com prontuário e teste hidrostático de fábrica.

A figura 16 apresenta a plaqueta de identificação vaso 4.



Figura 19 - Plaqueta de identificação vaso empresa "C"

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se a figura 19 nota-se que esta plaqueta está completa, este equipamento foi construído em conformidade com a norma vigente, o acesso foi limitado a este equipamento devido o mesmo estar cadeado.

4.4 EMPRESA “D”

Na quarta empresa em que foi aplicado um e o Check list da NR 13 apresentou um equipamento com menos tempo de uso entre as demais.

A figura 20 apresenta o quinto vaso de pressão vistoriado.



Figura 20 - Vaso de pressão empresa “D” (compressor de ar)

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se a figura 20 nota-se que é um equipamento de boa aparência, instalado em um local que não há pessoas trabalhando próximo, o manômetro e a válvula de segurança estão em boas condições. Segundo informação contida no casco, este equipamento foi construído conforme a norma vigente, e vem com prontuário e teste hidrostático de fábrica.

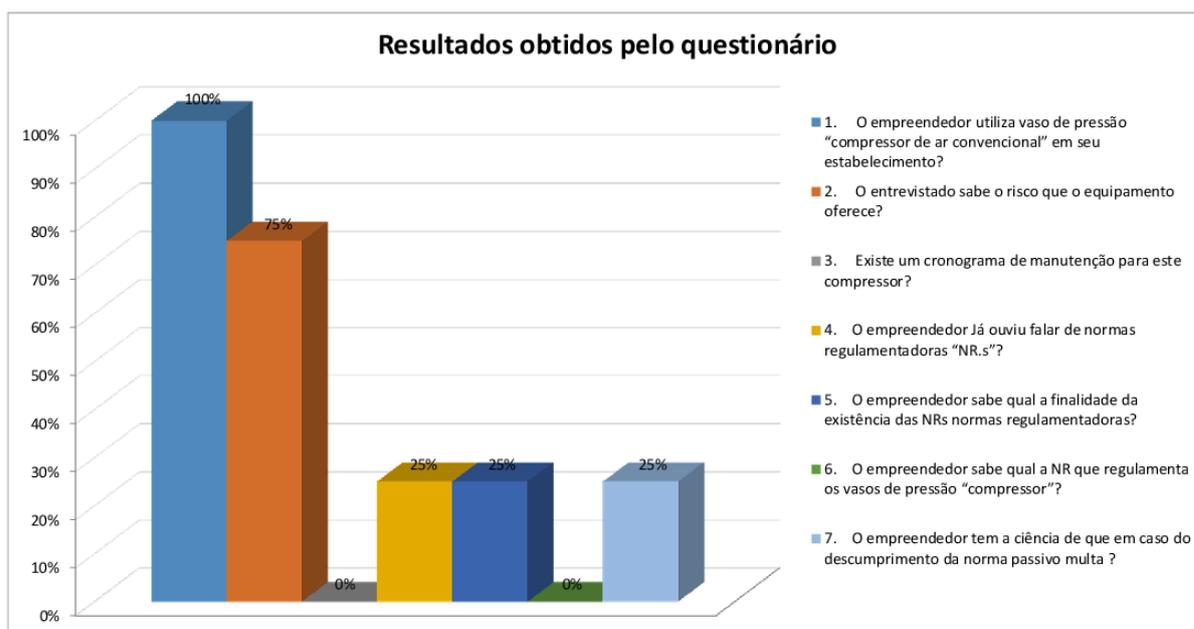


Figura 22 - Considerações dos questionários aplicados

Fonte: Autor (2017).

Percebe-se que se destaca a não existência do cronograma de manutenção em nenhum dos estabelecimentos inspecionados, nota-se que os proprietários não estão dando a devida importância para o caso. Fator preocupante onde poucos sabem que existe uma norma que regulamenta os vasos de pressão. No entanto, ficam visíveis que nos estabelecimentos entrevistados estão precárias as informações sobre a norma vigente aos usuários do equipamento de vasos de pressão.

Após aplicar o *check list* voltado para os vasos de pressão com base nos itens da norma NR-13 coletou-se dados importantes para o entendimento deste trabalho. Em forma de gráfico apresenta-se o percentual dos vasos de pressão que estão de acordo com os itens referidos da norma.

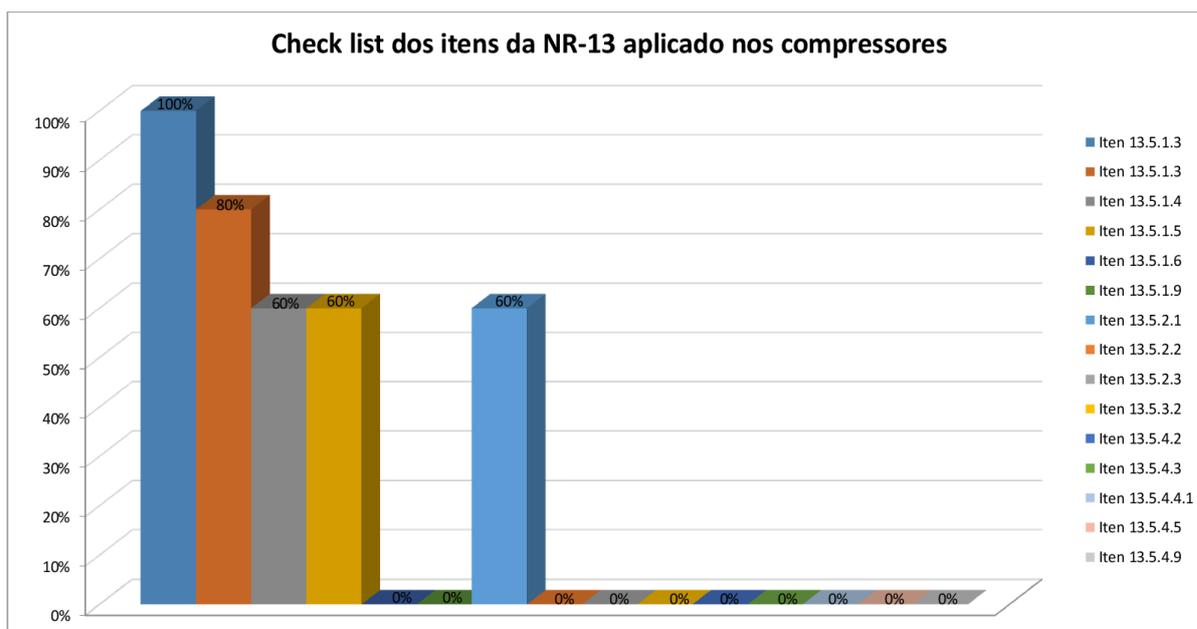


Figura 23 - Considerações do check list aplicado nos vasos de pressão

Fonte: Autor (2017).

Analisando-se o gráfico da figura 23 o único item que de todos os vasos de pressão, que está em conformidade é o item 13.5.1.3. Este item refere-se a válvula ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à PMTA. Percebe-se que 80% dos equipamentos contém instrumento que indique a pressão de operação referido no item 13.5.1.3, e 60% dos compressores estão de acordo com os itens:

- 13.5.1.4 – Refere-se em Todo vaso de pressão deve ter afixado em seu corpo, em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação;
- 13.5.1.5 – Além da placa de identificação, deve constar, em local visível, a categoria do vaso, qual classe;
- 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.

Percebe-se que nos demais itens nenhum dos equipamentos estão de acordo com os quesitos estabelecidos pela norma. Em percentual somente 33% dos itens aplicados no *check list* estão parcialmente de acordo.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos nas inspeções pode-se observar que mesmo com a grande variedade de uso de compressores de ar, em variados fins, para efeito da conclusão quanto aos dados registrados neste documento, verificou-se que de forma geral em todos os casos analisados nenhum dos estabelecimentos está de acordo com a legislação. De forma geral em nenhum dos casos foi verificado o atendimento total dos preceitos referentes à NR 13, ou seja, não há projeto de instalação, registros de qualquer natureza de manutenção preditivas, preventivas e corretivas e/ou testes hidrostáticos. E unanimemente em todos os casos os mesmos só param para manutenção corretiva e a manutenção nem sempre é realizada por profissionais qualificados.

O descaso observado para com a importância das observações de segurança quanto ao vaso de pressão (compressor de ar), infelizmente tem resultado em acidentes com danos materiais e pessoais, inclusive com a morte de pessoas. Fica entendido que é preciso trabalhar muito para a conscientização de que o fato abordado é grave e precisa ser tratado com importância para que possamos trabalhar em segurança e manter em dia a integridade física dos colaboradores.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rogério Fabiano. Aplicação da NR-13 em vasos de pressão: Estudo de caso em tanques criogênicos em quatro indústrias de Curitiba – PR. Monografia de especialização Curitiba: UTFPR, 2014.

ATLAS. Manuais de Legislação: Segurança e medicina do trabalho. 77. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

ARAUJO, Giovane Moraes de. Normas Regulamentadoras Comentadas: Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho. 6 ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde, 2007.

ARAUJO, Giovane Moraes. Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho: Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego. 10 ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde, 2013.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas regulamentadoras. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 17 mar. 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-13. Caldeiras e vasos de pressão. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr13.htm#13.5Vasos_de_Pressão> Acesso em: 17 mar. 2017.

CALTEC CALDEIRAS. Explosão de compressor de ar. 21 julho 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=usnOm5eUHaQ>>. Acessado em: 17 mar. 2017.

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

CÂNDIDO, Francisco Almir de Assis. Compressores. Junho 2011. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAE1Z4AH/compressores-almir-candido>>. Acessado em: 19 maio 2017.

DUTRA MAQUINAS. Site Institucional. Manômetro analógico de compressor. 2017. Disponível em: <www.dutramaquinas.com.br>. Acesso em: 19 mar. 2017.

LEDA NETO, A. J. Principais tipos de compressores utilizados nas indústrias. Abril 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABAUgAC/compressores-1>>. Acesso em: 16 maio 2017.

MAQUINAS MISSAO. Site Institucional. Compressores. Maio 2013. Disponível em: <<http://maquinasmissao.blogspot.com.br>>. Acessado em: 19 maio 2017.

MECALTEC. Site Institucional. Bomba Hidrostática. 2017. Disponível em: <<http://www.mecaltec.com.br/detalhes.asp?id=83>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

PERSEUS INSPEÇÃO. Site Institucional. Teste hidrostático em vaso de pressão. 2017. Disponível em: < <http://perseusengenhariainspecao.negociol.com/photos>> Acessado em: 19 mar.2017.

PRESSURE COMPRESSORES. Site Institucional. Manual de instruções compressor a pistão. 2017. Disponível em: <http://www.pressure.com.br/download/manual_compressores_de_pistao.pdf> Acessado em: 17 maio 2017.

PRESSURE COMPRESSORES. Site Institucional. PRESSURE COMPRESSORES. Válvula de alívio de pressão. 20 dez. 2015. Disponível em: <<https://i.ytimg.com/vi/wEpEzw38h5U/maxresdefault.jpg>> Acessado em: 19 mar.2017.

REIS, Roberto Salvador. Segurança e Saúde do Trabalho Normas Regulamentadoras. 8° ed. Editora Yendis (2011). Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/NR-13>> Acesso em: 13 mar. 2017

SCHULZ COMPRESSORES. Site institucional da empresa Schulz compressores. Disponível em: <http://www.schulz.com.br/pt/site/compressores/produto/index/cod_segmento/37#>. Acesso em: 10/03/2017.

SILVA, Enéas Rodrigues da. Teste hidrostático em vaso de pressão, artigo (2010). Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABQVUAH/teste-hidrostatico-vasos-pressao>> Acesso em: 14 maio. 2017

WIKIPEDIA. Compressor. Março 2015. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Compressor#Compressores_rotativos>. Acesso em: em: 17 mar.2017.