

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

FABIO FELIPE PEDROSO SCHULTZ

**ANÁLISE DE RISCO PRESENTE EM ATIVIDADES ENVOLVENDO
VASOS DE PRESSÃO CONTENDO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO**

Cachoeira do Sul, RS
2022

Fabio Felipe Pedroso Schultz

ANÁLISE DE RISCO PRESENTE EM ATIVIDADES ENVOLVENDO VASOS DE PRESSÃO CONTENDO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus Cachoeira do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Mecânico**.

Orientador: Prof. Dr. Juan Galvarino Cerda Balcazar

Coorientadora: Ana Rita Pereira Wollmann

Cachoeira do Sul, RS
2022

Fabio Felipe Pedroso Schultz

ANÁLISE DE RISCO PRESENTE EM ATIVIDADES ENVOLVENDO VASOS DE PRESSÃO CONTENDO GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS) – Campus Cachoeira do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Mecânico**.

Aprovado em 11 de agosto de 2022:

Juan Galvarino Cerda Balcazar, SIAPE: 2147444 (UFSM)
(Orientador)

Ana Rita Pereira Wollmann, SIAPE: 2908772 (UFSM)
(Coorientadora)

Cristiano Frandalozo Maidana, SIAPE:1890370 (UFSM)

Lidiane Bittencourt Barroso, SIAPE: 3447638 (UFSM)

Cachoeira do Sul, RS
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a minha mãe, que sempre foi minha base e quem me inspirou a entrar na área da engenharia, por sempre acreditar nos meus sonhos e comprar minhas ideias.

A minha vó Alcenira, por sempre acreditar no meu potencial e auxiliar na minha educação.

Aos meus amigos verdadeiros que tive a oportunidade de fazer durante a graduação e vou levar para a vida inteira, mesmo distante sempre amarei vocês: Gabriel, Luiz Felipe, Maicon, Norton, Pedro e Valéria.

Ao meu orientador Juan e coorientadora Ana Rita, por me auxiliarem no desenvolvimento desse projeto.

A minha esposa Gabriela, por estar comigo em todos momentos, me dando forças para encarar, de frente e sem medo, qualquer desafio. Sempre que eu olhasse para o espelho de Ojesed te veria ao meu lado.

"Mas como sabem pode-se encontrar a felicidade mesmo nas horas mais sombrias, se a pessoa lembrar de acender a luz."

(Alvo Dumbledore)

RESUMO

Análise de risco presente em atividades envolvendo vasos de pressão contendo gás liquefeito de petróleo

AUTOR: Fabio Felipe Pedroso Schultz
ORIENTADOR: Juan Galvarino Cerda Balcazar
COORIENTADORA: Ana Rita Pereira Wollmann

Os vasos de pressão utilizados para armazenar gás liquefeito de petróleo estão presentes em áreas residenciais e industriais. As atividades realizadas de forma direta ou indireta com esses vasos devem seguir normas de segurança, pois há riscos de acidentes devido a negligência/imprudência e imperícia, com relação aos aspectos de segurança geram graves danos materiais e/ou pessoais. No Brasil, a legislação principal que rege os aspectos de segurança envolvendo vasos de pressão são dispostos pela portaria 3.214, de 08 de junho de 1978 do Ministério do Trabalho e atualizada recentemente pela Secretaria Especial de Trabalho e Previdência (SEPRT). Entretanto, após serem realizadas investigações de acidentes são verificados que muitos aspectos de segurança que deixam de ser cumpridos são os principais causadores de acidentes. Para a prevenção de acidentes é necessário um entendimento dos riscos presentes no processo. Desta forma, o presente trabalho visa realizar um estudo sobre os riscos ambientais e desenvolver metodologias para análise e controle dos riscos através de entrevistas com funcionários que realizam atividade laboral em empresas que utilizam vasos de pressão contendo gás liquefeito de petróleo, verificando o nível de conhecimento sobre os riscos e cumprimento das normas regulamentadoras. O estudo mostrou que um número considerável de funcionários não possui conhecimento ou acesso a documentos fundamentais, demonstraram incapacidade descrever os riscos presente em suas atividades e as medidas de controle e sinalizações que devem ser verificadas.

Palavras-chave: Vasos de pressão. Gás Liquefeito de Petróleo. Segurança. Acidentes industriais.

ABSTRACT

Risk analysis present in activities involving pressure vessels containing liquefied petroleum gas

AUTHOR: Fabio Felipe Pedroso Schultz
ADVISOR: Juan Galvarino Cerda Balcazar
CO-SUPERVISOR: Ana Rita Pereira Wollmann

The Pressure vessels used to store liquefied petroleum gas are present in residential and industrial areas. As the activities performed directly or indirectly with these vessels must follow safety rules, as the risks of accidents occur due to the neglect of the safety aspects generated by serious and material damages. In Brazil, a main legislation dealing with safety aspects involving pressure vessels is discarded by ordinance 3,214, of June 8, 1978, by the Ministry of Labor and recently by the Special Secretariat for Labor and Welfare (SEPRT) accident investigations are verified that many safety aspects that are left unfulfilled are the main causes of accidents. For the prevention of accidents, an understanding of the risks present in the process is necessary. In this way, the present work aims to carry out a study on environmental risks and develop methodologies for analysis and control of risks through interviews with employees who carry out work activities in companies that use pressure vessels containing liquefied petroleum gas, verifying the level of knowledge on the risks and compliance with regulatory standards. The study showed that a considerable number of employees do not have knowledge or access to fundamental documents, demonstrated inability to describe the risks present in their activities and the control measures and signs that must be verified.

Keywords: Pressure vessel. Liquefied petroleum gas. Safety. Industrial accidents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número de acidentes CNAE 4682: Comércio atacadista de gás liquefeito de petróleo	17
Figura 2 – Caldeira de Haycock.....	15
Figura 3 – Caldeira Vagão.....	16
Figura 4 – Principais formatos vasos de pressão.....	17
Figura 5 – Manômetro instalado no vaso.	18
Figura 6 – Principais constituintes parafínicos do GLP.	19
Figura 7 – Relatório das constatações de violação.	23
Figura 8 – Distribuição setor de atuação participantes do questionário	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 – Áreas operacionais da filial da empresa de exploração e distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo	34
Figura 10 - Relação dos funcionários por setor que possuem acesso aos manuais de operação ou instruções de operação dos vasos de pressão.....	35
Figura 11 - Relação das respostas dos funcionários por setor referente as saídas dos vasos de pressão.....	36
Figura 12 - Relação das respostas dos funcionários referente as identificações dos vasos de pressão.....	37
Figura 13 - Relação das respostas dos funcionários referente as distribuições dos riscos presentes nas atividades realizadas nos vasos de pressão.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diâmetro mínimos para bocas de visita N-253.	18
Quadro 2 - Tipos de gases liquefeitos de Petróleo.	20
Quadro 3 – Classificação dos vasos de pressão.	26
Quadro 4 - Período das inspeções periódicas	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVO GERAL	13
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
1.3	JUSTIFICATIVA.....	14
2	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	15
2.1	VASOS DE PRESSÃO.....	15
2.2	GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO - GLP.....	19
2.3	ACIDENTES DE TRABALHO	21
2.4	NORMAS REGULAMENTADORAS.....	23
2.4.1	NR 1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais	24
2.4.2	NR 3 – Embargo ou interdição	25
2.4.3	NR 13 – Caldeiras, vasos de pressão e tubulações e tanques metálicos de armazenamento	25
2.4.3.1	<i>Definição e campo de aplicação</i>	25
2.4.3.2	<i>Profissional habilitado</i>	26
2.4.3.3	<i>Itens de segurança</i>	27
2.4.3.4	<i>Identificação</i>	27
2.4.3.5	<i>Documentação</i>	28
2.4.3.6	<i>Instalação de vasos de pressão</i>	29
2.4.3.7	<i>Segurança na operação de vasos de pressão</i>	29
2.4.3.8	<i>Inspeção de segurança em vasos de pressão</i>	30
3	METODOLOGIA	33
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5	CONCLUSÃO	40
6	ANEXO I	46

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre os tipos de riscos que estão envolvidos nas atividades realizadas em vasos de pressão contendo Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), como por exemplo explosões, rajada de projéteis, incêndio e exposição a um ambiente tóxico, de forma a analisar o atendimento das medidas adotadas para controlar os riscos e tornar as atividades mais seguras, podendo contribuir para a diminuição dos índices de acidentes pessoais e estruturais (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

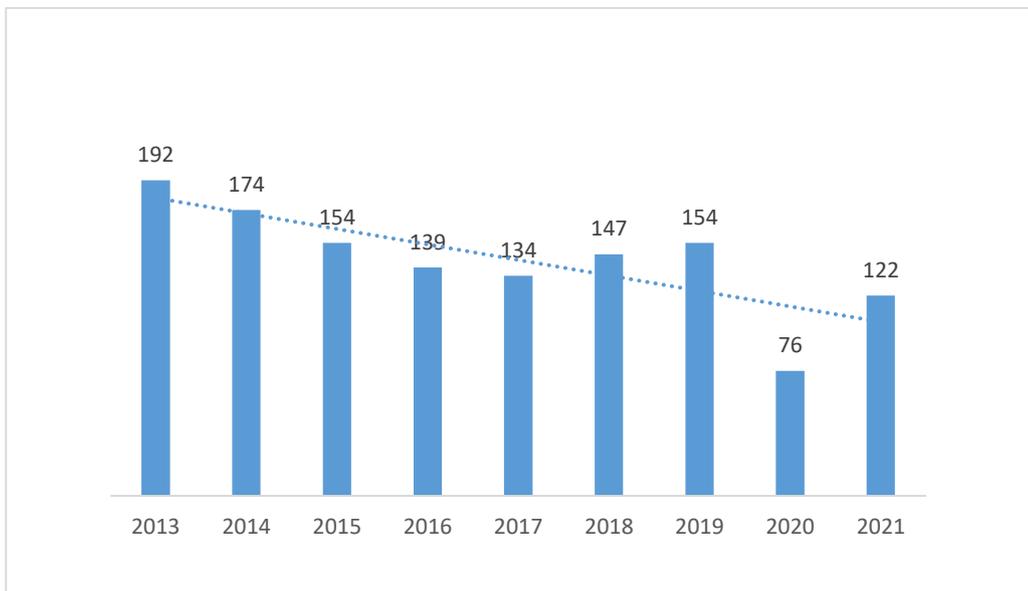
Um exemplo de negligência dos aspectos de segurança e visão de suas consequências ocorreu durante a manhã de 19 de novembro de 1984, ocasionando a explosão de uma nuvem de vapor e uma série BLEVE¹ na base de armazenamento e distribuição de GLP de uma empresa localizada na cidade do México, ocasionando a morte de 650 pessoas, mais de 6.000 feridos e destruição total da base (ARAUJO e MACHADO, 2007). Para prevenir e minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes, a gestão da empresa deverá incorporar a filosofia de prevenção e controle de acidentes. Tendo como propósito o gerenciamento de riscos através de um esforço coletivo que deverá envolver empresa e trabalhadores (BARBOSA FILHO, 2018).

Os acidentes envolvendo máquinas e equipamentos são, infelizmente, mais comuns nos dias atuais. De acordo com Ladokun, Nabhani e Zerei (2010), durante o período de 1992 a 2001, foram registrados pelo conselho americano de inspetores de caldeiras e vasos de pressão, 23.338 acidentes relacionados com vasos de pressão.

Conforme dados o Ministério do Trabalho e Previdência, podemos observar que nos últimos anos houve uma diminuição nos números de acidentes envolvendo atividades envolvendo vasos de pressão contendo GLP. A figura 1 mostra números de acidentes entre os anos de 2013 a 2021, segundo os códigos da Classificação Nacional de Atividades Econômicas número 4682, referente ao Comércio atacadista de gás liquefeito de petróleo, portanto é possível observar que apesar da diminuição o número de acidentes nos últimos é considerável.

¹Do inglês *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*. É um fenômeno decorrente da explosão catastrófica de um reservatório com projeção de fragmentos e de expansão adiabática, quando um líquido nele contido atinge uma temperatura bem acima de sua temperatura de ebulição à pressão atmosférica (AGEO, 2016).

Figura 1 – Número de acidentes CNAE 4682: Comércio atacadista de gás liquefeito de petróleo.



Fonte: (Brasil, 2022).

É fundamental que todos os profissionais, envolvidos nas atividades realizadas de forma direta e indireta, estejam cientes de todos os riscos inerentes aos processos de trabalho, aos equipamentos envolvidos nestes processos, inclusive os vasos de pressão contendo gás liquefeito de petróleo, para adotarem todas as medidas de segurança necessárias para que consigam controlar os riscos à vida e ao patrimônio.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como principal objetivo pesquisar os principais riscos associados às atividades realizadas em vasos de pressão e as medidas de controle. Diante disto, verificar a eficácia da análise dos riscos e controles adotados nos ambientes industriais.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar um levantamento dos riscos operacionais presentes nos processos industriais que utilizam vaso de pressão contendo GLP e suas medidas de controle.
- Identificar deficiências e dificuldades no atendimento das normas de segurança.

1.3 JUSTIFICATIVA

É obrigatório que todas as empresas, privadas ou estatais, realizem o controle dos riscos ambientais presentes no ambiente de trabalho e que sejam adotadas medidas de prevenção (BRASIL, 2019), com objetivo de preservar à saúde e a integridade dos trabalhadores. Apesar de que os programa de gerenciamento de riscos terem sido incluídos há muitos anos nos textos das normas regulamentadoras, eles ainda são bastante desconsiderados por diversas empresas, e muitas vezes não implementados de forma correta (OLIVEIRA, 2012).

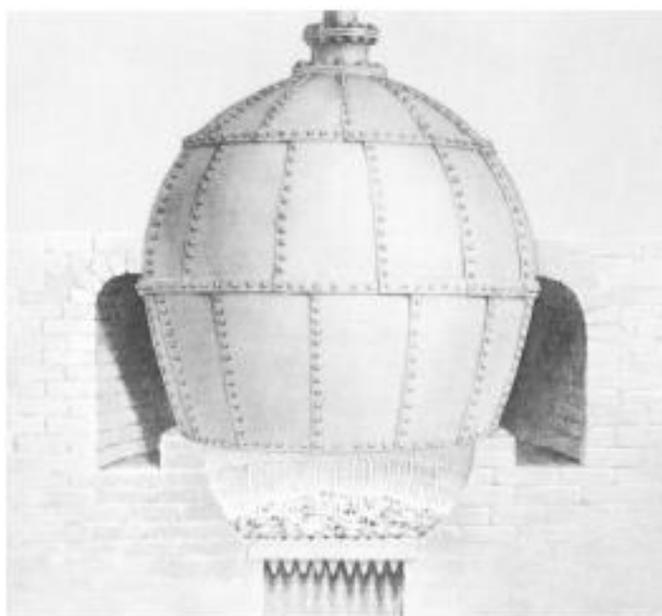
A compreensão sobre os riscos ambientais pode ser convertida em ações que busquem integrar os processos industriais com a segurança do trabalho e, desta maneira, vir a reduzir os índices de acidentes envolvendo vasos de pressão que contenham gás liquefeito de petróleo.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 VASOS DE PRESSÃO

A primeira referência histórica sobre um projeto de vasos de pressão tem registro em 1495, quando Leonardo da Vinci elaborou a teoria para utilização de contêineres transportando ar pressurizado para levantar pesos embaixo d'água (BALL e CARTER, 2002). De acordo com Bizzo (2017, p. 67), o inventor Thomas Savery realizou a patente de um sistema de bombeamento de água utilizando vapor como força motriz em 1698. Mais tarde no ano de 1711, o inglês Newcomen, projetou outro equipamento com funcionalidade semelhante, a caldeira de Haycock, que era um reservatório esférico, com aquecimento direto no fundo. A figura 1 mostra a caldeira de Haycock.

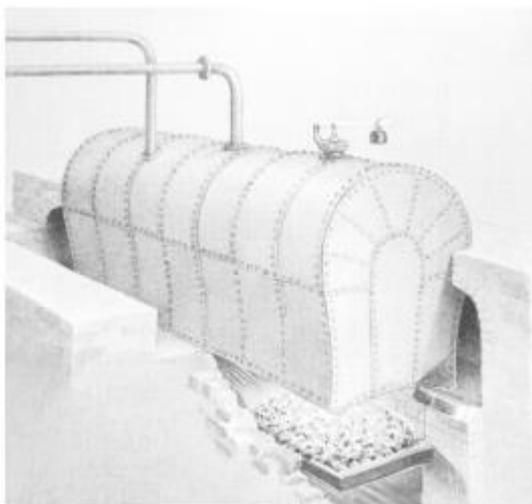
Figura 2 – Caldeira de Haycock.



Fonte: (Bizzo, 2017).

Ainda segundo Bizzo (2017, p. 67), o engenheiro James Watt aperfeiçoou em 1769, desenvolvendo a caldeira Vagão, o que tornava viável a utilização em locomotivas a vapor. É possível observar precursora das caldeiras utilizadas em locomotivas a vapor na figura 2.

Figura 3 – Caldeira de Vagão.



Fonte: (Bizzo, 2017).

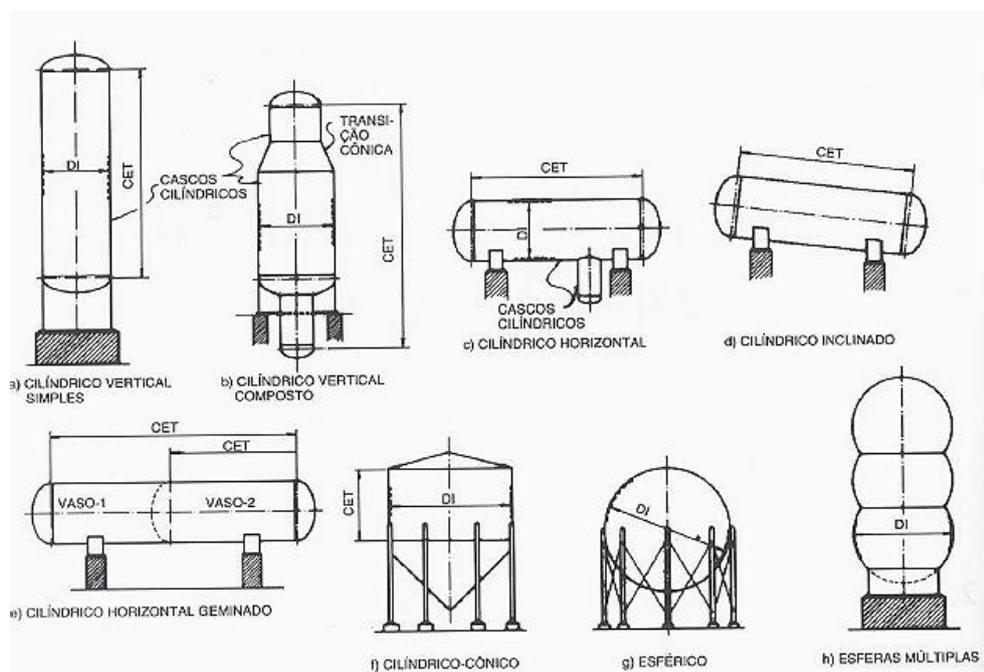
Apenas na Revolução industrial é que a utilização do vapor pressurizado para diversas aplicações industriais, como a movimentação de máquinas e equipamentos, começou a repercutir, desta maneira, gerando um aumento na utilização dos vasos de pressão, ou vapor de processo (ALTAFINI, 2002, p. 6 apud ENNES e SILVA, 2019, p. 19). Após a primeira Guerra Mundial a utilização se acentuou com o aumento da demanda por produtos químicos. Desta maneira, foi fundamental o desenvolvimento de processos produtivos eficientes e de maior capacidade (CHAINHO, 2012, p. 3).

Os vasos de pressão têm como finalidade atender as demandas de diversas áreas industriais de processamento contínuo, como a indústria petroquímica, indústrias de alimentos, geração de energia, dentre outras (FILHO, 2004).

Pode ser atribuído como vaso de pressão qualquer reservatório de diferentes formatos, dimensões ou finalidade, não sujeito à chama, capaz de conter qualquer fluido em pressão inferior ou superior à atmosférica. (ASME, 2004). Os principais componentes que integram um vaso de pressão são parede de pressão, os tampos, os bocais, peças internas e acessório externos (MARTINS, 2009).

A parede de pressão de um vaso é formada pelo casco (ou cascos) do vaso e dos tampos de fechamento. Os cascos dos vasos possuem formato de uma superfície em revolução, com a forma básica cilíndrica, cônica e esférica, ou combinações dessas formas (TELLES, 1996). Na figura 3 são mostra exemplos de vasos de diversos formatos.

Figura 4 – Principais formatos de vasos de pressão.



Fonte: (Telles, 1996).

Os vasos de pressão possuem uma faixa de variação intensa em relação a pressões e temperatura de trabalho. Aplicações de diversas pressões, que vão desde vácuo absoluto até pressão de trabalho de cerca de 400 MPa. Também pode-se destacar a aplicação para diversas faixas de temperatura, como temperaturas próximas do zero absoluto até temperaturas da ordem de 1500 °C. As dimensões e peso dos vasos de pressão podem ser grandes, havendo alguns com mais de 60m de comprimento, e outros com mais de 200 ton de massa (TELLES, 1996).

Pode ser atribuída uma pressão máxima de trabalho admissível (PMTA) para cada uma das partes de um vaso ou para um vaso como todo. A PMTA é o valor geralmente empregado para a pressão de abertura da válvula de segurança (NAVA,2005).

Para definir a PMTA para cada parte do vaso de pressão deve ser considerado a pressão que causa na parte avaliada uma tensão máxima igual à tensão admissível do material na temperatura de operação correspondente à parte considerada (NAVA,2005).

Atribuição da PMTA do vaso como todo é através do maior valor permissível para pressão, o valor é medido no topo do vaso, na sua posição normal de trabalho na temperatura correspondente à pressão considerada, tomando-se o vaso com a espessura corroída. Essa pressão será o menor dos valores das PMTA (BRASIL MTP - NR-13, 2022).

Os testes hidrostáticos são aplicados com o objetivo de aferir se haverá ocorrência de vazamentos ou se haverá rupturas nos vasos de pressão. Sendo realizados com equipamentos

fora de serviço através do preenchimento completo do vaso com água ou um líquido adequado que exercerá uma determinada pressão, em pressões superiores às pressões operacionais ou de projeto (FILHO, 2004).

O manômetro é o instrumento utilizado para medição de pressão, utilizado para medir e indicar a pressão de operação no vaso de pressão. O mostrador do manômetro pode ser analógico ou digital, podendo ser instalado no próprio vaso ou na sala de controle. A figura 4 ilustra a instalação do manômetro no próprio vaso (BRASIL, 2022):

Figura 5 - Manômetro instalado no vaso.



Fonte: (The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors, 2012).

As bocas de visitas em vasos de pressão são aberturas fechadas através de tampas removíveis que permite que pessoas entrem no interior do vaso para realizar inspeção, montagem ou retirada de peças internas (LECKER,2014).

É obrigatório algum meio de visita ou de inspeção interna, em cada compartimento de todos os vasos (ASME, 2004). O quadro 1, especifica os diâmetros mínimos para bocas de visita para vasos dados pela norma N-253.:

Quadro 1 - Diâmetro mínimos para bocas de visita N-253.

Diâmetro interno do vaso (mm)	Vasos sem peças internas desmontáveis (mm)	Vasos com peças internas desmontáveis
800 - 900	400	400
900 - 1000	450	450
acima de 1000	450	500

Fonte: (PETROBRÁS, 2010).

Ainda de acordo com a ASME (2004), quando houver necessidade de entrada de pessoas no interior de um vaso de pressão com o objetivo de inspeção ou reparo no equipamento, o

diâmetro da abertura deve ser de, no mínimo, 400mm, sendo, sendo necessário adotar os seguintes procedimentos, se os vasos de pressão permitirem, as seguintes dimensões:

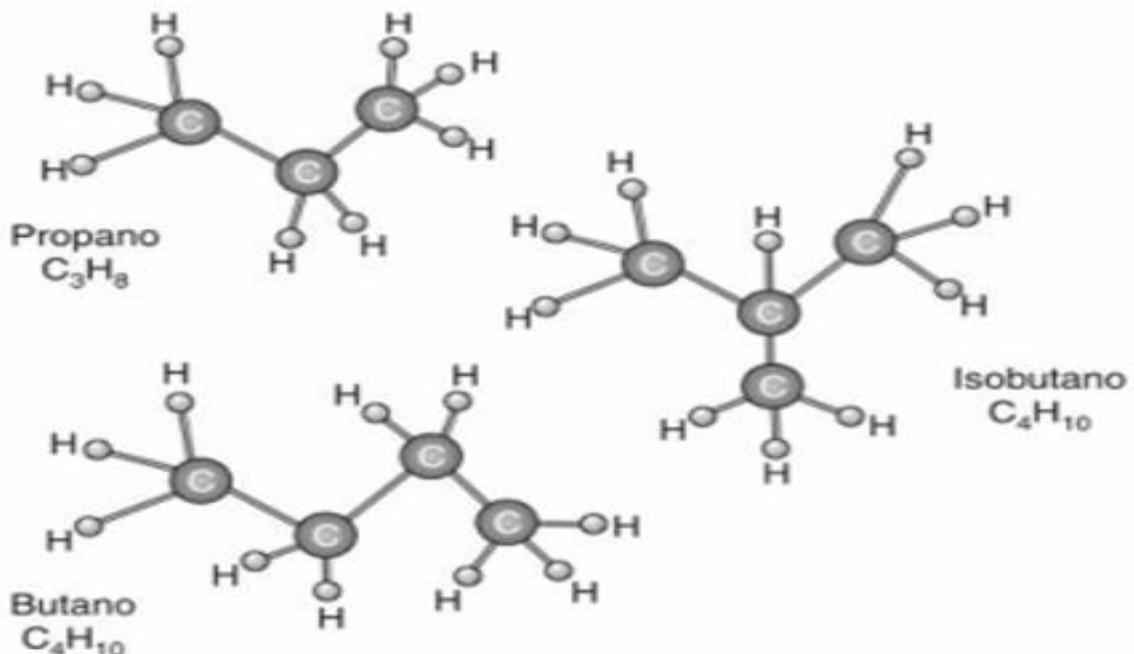
- a) Bocas para entradas eventuais: 450mm / 18”;
- b) Bocas para entradas mais frequentes: 500mm / 20”;
- c) Bocas para serviços de montagem e remoção de peças internas: 600mm / 24”.

2.2 GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO - GLP

A nomenclatura do termo GLP teve sua origem devido a referência histórica dos gases que antes eram descartados no processamento do gás natural e refino do petróleo. Sendo que quando comprimidos e armazenados sob alta pressões tornam-se liquefeitos (MORAIS, 2005).

Segundo o art. 3º da resolução da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP, o GLP é definido como conjunto de hidrocarbonetos com três ou quatro átomos de carbono (propano, propeno, butano e buteno), podendo apresentar-se isoladamente ou em mistura entre si e com pequenas frações de outros hidrocarbonetos (ANP, 2017). A figura 5 apresenta os principais arranjos químicos que constituem parafínicos do GLP.

Figura 6 - Principais constituintes parafínicos do GLP.



Fonte: (Farah, 2012).

Segundo Farah (2012, p.151), o GLP apresenta como característica ser facilmente liquefeito, ocupar apenas 0,4% do seu volume no estado gasoso, ser incolor, ser inodoro quando apresentar baixo teor de enxofre.

Ainda segundo Farah (2012, p.151) além dos hidrocarbonetos apresentados na figura, o GLP pode conter etano e pentanos em reduzidas porcentagens. É recomendado controlar o teor de pentanos e o resíduo de evaporação para que ele apresente facilidade de vaporização, o que resulta em uma queima limpa, livre de resíduos no equipamento em que é utilizado.

O GLP pode ser especificado como um produto insolúvel na água, inflamável e asfixiante. O mesmo pode ocasionar irritação nos olhos e no sistema respiratório, tonteados e queimaduras na pele. (FARAH, 2012, p.153).

Além disso, o GLP possui a densidade entre 0,5 e 0,6 no estado gasoso, o que é cerca da metade da densidade da água e no estado gasoso é quase o dobro do ar. Desta forma durante vazamentos, não ocorre dispersão para atmosfera e concentração no ambiente, com elevado risco de inflamabilidade (FARAH, 2012, p.151).

A medida adotada para que sejam identificados vazamentos é a adição de compostos odorizantes à base de enxofre, atribuindo um odor característico de fácil reconhecimento. Geralmente essa medida ocorre para GLP produzidos a partir do gás natural, situação onde existe menores teores de enxofre (FARAH, 2012, p.151).

Farah (2012, p.151) destaca que a aplicação do GLP é largamente utilizada no Brasil para cozimento de produtos, entretanto sua aplicação é vasta, podendo ser aplicada matéria-prima na petroquímica, em processos de fabricação e combustível industrial para segmentos industriais. Isto leva a produção de variação dos teores de butano ou propano dos produtos, o quadro 2 mostra essa variação dos gases liquefeitos de petróleo.

Quadro 2 - Tipos de gases liquefeitos de Petróleo.

Nome comercial	Composição	Aplicação
GLP	Proporção variável de propano/ propeno e butanos/butenos	Cozimento de alimentos em uso residencial ou comercial Sistemas de combustão industrial que não necessitem de composição fixa do produto Combustível automotivo em máquinas empilhadeiras Combustível para tratamento térmico e galvanização
Propano comercial	Mistura contendo predominantemente propano e/ou propeno ($C4+ \leq 2,5\%$)	Indicado para sistemas que necessitam de alta volatilidade do produto além de composição e pressão de vapor bem definidas
Propano especial	Mistura contendo no mínimo 90% de propano (volume) e no máximo 5% de propeno (volume) ($C4+ \leq 2,5\%$)	Recomendado para aplicações onde o teor de olefinas é fator limitante.
Butano comercial	Mistura contendo predominantemente butanos e/ou butenos ($C5+ \leq 2,0\%$)	Indicado para sistemas de combustão com pré- vaporizadores e que necessitam de composição/pressão de vapor estáveis.
Butano especial	Mistura contendo no mínimo 96% de butano (volume) e no máximo 2% de buteno (volume) ($C4+ \leq 0,5\%$)	Propelente

Fonte: (PETROBRAS, 2022).

2.3 ACIDENTES DE TRABALHO

O acidente de trabalho pode ser definido como infortúnio ocorrido durante a jornada de trabalho e em decorrência dela, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause morte, perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho (AYRES e CORRÊA, 2017).

Os acidentes de trabalhos deverão ser comunicados à Previdência Social, através do preenchimento do formulário de Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), até o primeiro dia útil seguinte ao da ocorrência, pela empresa ou empregador doméstico (BRASIL, 1991). Desta forma, o governo brasileiro consegue mapear os acidentes de trabalho, possibilitando a

construção de uma base de conhecimento específica a respeito dos grupos que estão mais vulneráveis, apresentando considerações sobre setores econômicos, ocupações, agentes causadores, natureza da lesão, entre outros.

De acordo com o Observatório de Saúde e Segurança do trabalho, em 2018 ocorreram 628.800 mil acidentes de trabalhos registrados em CAT sendo que destes números 2.000 mil trabalhadores vieram a óbito. Esses altos índices de acidentes de trabalho devem-se a falta de conscientização por parte dos empregadores e empregados, formação inadequada dos profissionais, jornadas de trabalho com horas extraordinárias, alimentação imprópria ou insuficiente, entre outros fatores (SÜSSEKIND, 1999).

Os empregadores têm por obrigação, analisar e registrar todos os acidentes de trabalho ocorridos, descrevendo a história e as características, fatores ambientais, as características do agente as condições do trabalho (BRASIL, 2016). Este procedimento pode ser realizado pelo Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT). Entretanto, conforme Cohn (1985), citado por Vilela (2004, p.4), muitas vezes, não são analisados todos os aspectos dos acidentes, sendo largamente utilizado o modelo explicativo de uma única causa, centrando a culpa pelo acidente, na própria vítima.

A realidade das causas dos acidentes de trabalho envolvendo Vasos de Pressão são diferentes do modelo de apenas um causador, pois muitas empresas deixam de obedecer a aspectos básicos de segurança, como é possível observar no quadro elaborado pelo conselho americano de Inspetores de Caldeiras e Vasos de Pressão (*The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors*), onde constam as ocorrências em vasos de pressão, apresentadas em categorias de violação. Um total de 62.802 ocorrências. A figura 6 apresenta as atividades de violação do ano de 2011.

Figura 7 - Relatório das constatações de violação.



Fonte: (DOUIN, 2012).

De acordo com a *Health and Safety Executive* (HSE,020), que é a agência governamental responsável pela saúde ocupacional no Reino Unido, no ano de 1984 foi registrado um dos maiores acidentes envolvendo vasos de pressão contendo GLP, ocorrido na cidade do México no terminal de GLP PEMEX, devido ao vazamento de produto. Após 15 minutos da explosão inicial, ocorreu uma série de *BLEVEs*, explosões de navios, e destruição do terminal. Além dos danos materiais, o acidente teve como consequência a morte de cerca de 500 pessoas. Foram constadas falhas graves nas medidas de segurança:

- A) falha na base geral de segurança, que incluiu o layout das instalações e os recursos de isolamento de emergência.
- B) Desativação do sistema de água de controle de incêndio durante a explosão inicial e os sistemas de pulverização de água eram inadequados.
- C) Falta de sistema eficaz que realizasse a detecção do gás.

2.4 NORMAS REGULAMENTADORAS

O crescimento da indústria brasileira foi marcado pelos altos números de acidentes de trabalho. Em 1971, o Instituto Nacional de Previdência Social – INPS registrou 1.325.410 acidentes do trabalho e subiu para 1.916.187 no ano de 1975. Diante destes números, foram tomadas algumas medidas para melhorar as condições de trabalho, por exemplo, a criação da Lei nº. 6.514, de 22 de dezembro de 1977 e a Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978 (VELOSO, 2017).

2.4.1 NR 1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais

A redação da portaria SEPRT n.º6.730, de 9 de março de 2020, dentre todas as diretrizes nela contidas, descreve os direitos e deveres do empregador no subitem 1.4.1 da NR-1:

- “a) cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho;
- b) informar aos trabalhadores:
 - I. os riscos ocupacionais existentes nos locais de trabalho;
 - II. as medidas de prevenção adotadas pela empresa para eliminar ou reduzir tais riscos;
 - III. os resultados dos exames médicos e de exames complementares de diagnóstico aos quais os próprios trabalhadores forem submetidos; e
 - IV. os resultados das avaliações ambientais realizadas nos locais de trabalho.
- c) elaborar ordens de serviço sobre segurança e saúde no trabalho, dando ciência aos trabalhadores;
- d) permitir que representantes dos trabalhadores acompanhem a fiscalização dos preceitos legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho;
- e) determinar procedimentos que devem ser adotados em caso de acidente ou doença relacionada ao trabalho, incluindo a análise de suas causas;
- f) disponibilizar à Inspeção do Trabalho todas as informações relativas à segurança e saúde no trabalho; e
- g) implementar medidas de prevenção, ouvidos os trabalhadores, de acordo com a seguinte ordem de prioridade: I. eliminação dos fatores de risco; II. minimização e controle dos fatores de risco, com a adoção de medidas de proteção coletiva; III. minimização e controle dos fatores de risco, com a adoção de medidas administrativas ou de organização do trabalho; e IV. adoção de medidas de proteção individual. (BRASIL SEPRT - NR-1, 2020).”

Da mesma forma determina os direitos e deveres do empregado no subitem 1.4.2 da NR-1:

- “a) cumprir as disposições legais e regulamentares sobre segurança e saúde no trabalho, inclusive as ordens de serviço expedidas pelo empregador;
- b) submeter-se aos exames médicos previstos nas NR;
- c) colaborar com a organização na aplicação das NR; e d) usar o equipamento de proteção individual fornecido pelo empregador (BRASIL SEPRT - NR-1, 2019).”

A norma regulamentadora prevê também que o empregado poderá interromper suas atividades quando constatar uma situação de trabalho onde, a seu ver, envolva um risco grave e iminente para a sua vida e saúde (BRASIL SEPRT - NR-13, 2020). Que será chamada neste trabalho de direito de recusa.

2.4.2 NR 3 – Embargo ou interdição

Redação dada pela Portaria SEPRT n.º 1.068, de 23 novembro de 2019, onde esta norma regulamentadora estabelece as diretrizes para caracterização do grave e iminente risco e os requisitos técnicos objetivos de embargo e interdição. Sendo grave e iminente risco toda condição ou situação de trabalho que possa causar acidente ou doença com lesão grave ao trabalhador (BRASIL SEPRT - NR-3, 2020).

Em caso de constatação ou condições descritas deve ser realizado o embargo ou interdição. Desta forma, as atividades realizadas local são totalmente ou parcialmente paralisadas até que sejam desenvolvidas medidas que corrijam a situação (BRASIL SEPRT - NR-3, 2022).

2.4.3 NR 13 – Caldeiras, vasos de pressão e tubulações e tanques metálicos de armazenamento

A Norma Regulamentadora n.º 13 teve a sua publicação original em 8 de junho de 1978 pelo Ministério do Trabalho e sua última atualização realizada pela Secretaria Especial de Previdência e Trabalho (SEPRT) do Ministério da Economia em 30 de julho de 2019 pela portaria n.º 915. Esta norma define os requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de vasos de pressão nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

2.4.3.1 Definição e campo de aplicação

Segundo a NR-13, vasos de pressão são equipamentos que contêm fluidos sob pressão interna ou externa, diferente da atmosférica. Os mesmos são classificados em categorias segundo a classe de fluido e o potencial de riscos (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

Para fins de classificação, quando se tratar de mistura, o fluido que apresentar maior risco aos trabalhadores e as instalações, considera sua toxicidade, inflamabilidade e concentração. A segunda classificação é dada em grupos de potencial de risco em função do produto P.V, onde P é a pressão máxima de operação em MPa, em módulo, e V o seu volume em m³. Através da classe do fluido e a classificação conforme o potencial de risco é possível categorizar os vasos de pressão conforme a tabela 3 (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

Quadro 3 – Classificação dos vasos de pressão.

Classe do Fluido	Grupo de potencial de risco				
	1 P.V \geq 100	2 P.V \leq 100 P.V \geq 30	3 P.V \leq 30 P.V \geq 2,5	4 P.V \leq 2,5 P.V \geq 1	5 P.V $<$ 1
A Fluidos inflamáveis, fluidos combustíveis com temperatura superior ou igual a 200 °C; fluidos tóxicos com limite de tolerância igual ou inferior a 20 ppm; hidrogênio; acetileno.	I	I	II	III	III
B Fluidos combustíveis com temperatura inferior a 200 °C, fluidos tóxicos com limite de tolerância superior a 20 ppm.	I	II	III	IV	IV
C vapor de água, gases asfixiantes simples ou ar comprimido	I	II	III	IV	V
D Outro fluido não enquadrado acima.	II	III	IV	V	V

Fonte: (Brasil, 2019).

2.4.3.2 *Profissional Habilitado*

Conforme a redação da NR-13, profissional habilitado aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento da operação e da manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de vasos de pressão em conformidade com a regulamentação profissional vigente no País (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

A certificação das competências profissionais pode ser obtida através de um Organismo de Certificação de pessoa acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (CGCRE / INMETRO). Os profissionais que obtiverem o reconhecimento de suas competências profissionais através da certificação

voluntária de Profissional Habilitado da NR-12, devem ter essa informação divulgada pelo Ministério do Trabalho (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

2.4.3.3 Itens de segurança

De acordo com norma regulamentadora 13, os vasos de pressão devem ser dotados de itens de segurança.

- a) Válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à pressão máxima de trabalho admitida (PMTA), instalada diretamente no vaso ou no sistema que o inclui. Segundo o Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão, “outro dispositivo” de segurança é aquele que têm por objetivo impedir que a pressão interna do vaso não alcance valores que comprometam sua integridade estrutural, como por exemplo discos de ruptura, válvulas quebra-vácuo, plugues fusíveis, etc. Esses itens devem considerar os requisitos do código de projeto relativo à abertura escalonadas e tolerância de calibração.
- b) Para vasos de pressão submetidos a vácuo é necessário a adoção de dispositivos de segurança quebra-vácuo ou outros meios previstos no projeto. Caso estejam também submetidos à pressão positiva devem atender à alínea “a”.
- c) Dispositivo Contra Bloqueio Inadvertido (DCBI) afim de definir formalmente os meios para evitar o bloqueio inadvertido de dispositivos de segurança. Na ausência do DCBI deve conter no mínimo um dispositivo físico associado à sinalização de advertência.
- d) Instrumento que mostre a pressão de operação, devendo ser instalado no sistema ou diretamente no vaso. O Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão cita como exemplo manômetros com mostrador analógico ou digital e a instalação dos mesmos poderá ser feita no próprio vaso ou em sala de controle apropriada (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

2.4.3.4 Identificação

Em conformidade com a NR 13, todos os vasos de pressão devem ter afixado em seu corpo, em local de fácil acesso e de boa visibilidade, placa de identificação indelével com as

informações referentes ao nome do fabricante, número de identificação, ano de fabricação, PMTA, pressão de teste hidrostático de fabricação, código de projeto e ano de edição (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

Além da placa de identificação, obrigatoriamente necessita constar, em local visível, a categoria do vaso e seu número ou código de identificação (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

2.4.3.5 Documentação

Conforme estabelecido pela NR-13, os vasos de pressão devem possuir documentações legais sobre prontuário do vaso, registro de segurança, projeto de alteração ou reparo, relatório de inspeção e certificados de calibração (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

- a) Prontuário do vaso de pressão: fornecido pelo fabricante contendo 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 vida útil do vaso; pressão máxima de operação; características funcionais; dados dos dispositivos de segurança; ano de fabricação. Os documentos devem ser permanentemente atualizados sempre que forem alteradas as informações dos originais.
- b) Registro de segurança: podendo ser um livro com páginas numeradas, pastas ou sistema informatizado com informações de todas ocorrências capazes de influenciar nas condições de segurança dos vasos de pressão; as ocorrências de inspeções de segurança (Inicial, periódica e extraordinária), devendo conter a condição operacional do vaso, o nome legível e assinatura do profissional habilitado no caso de livro físico ou cópias impressas.
- c) Projeto de alteração ou reparo: documentação do projeto do vaso que foi submetido a alteração devido as mudanças das condições de projeto ou em casos de reparos passíveis de comprometer a segurança. Sendo que este documento deve ser concebido ou aprovado pelo profissional habilitado; pelo qual deve determinar os materiais, procedimentos de execução, controle de qualidade e qualificação de pessoal; divulgado para os empregados do estabelecimento que estão envolvidos com o equipamento.

- d) Relatório de inspeção: desenvolvido em páginas numeradas, ou em um sistema informatizado do estabelecimento com segurança de informação, no qual o profissional habilitado esteja identificado como responsável pela respectiva aprovação, contendo pelo menos as seguintes informações do vaso: a identificação, categoria, fluídos de serviço, tipo de vaso de pressão, tipo de inspeção executada contendo a data de início e término da inspeção; descrição das inspeções, exames e testes executados; registros fotográficos das anomalias do exame interno do vaso de pressão; resultado das inspeções e intervenções; recomendações e providências a serem adotadas; parecer conclusivo quanto a integridade do vaso de pressão; data da próxima inspeção de segurança; informações do profissional habilitado (nome legível, assinatura, número de registro no conselho) e assinaturas de técnicos que participaram da inspeção.
- e) Certificados de calibração dos dispositivos de segurança quando for aplicável.

2.4.3.6 Instalação de vasos de pressão

Em relação às instalações de vasos de pressão, a norma regulamentadora, estabelece que os mesmos deverão ser instalados de maneira que possuam visibilidade acessível a todos os drenos, respiros, bocas de visitas e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

Para vasos de pressão instalados em ambientes fechados deve obedecer aos seguintes parâmetros:

- a) Contar no mínimo 2 saídas amplas, sem obstruções, sinalizadas e dispostas em direções distintas;
- b) Acesso fácil e seguro para atividades de manutenção, operação e inspeções;
- c) Possuir ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas;
- d) Iluminação conforme normas vigentes;
- e) Dispor de sistema de iluminação de emergência.

2.4.3.7 Segurança na operação de vasos de pressão

Para uma operação segura, todo o vaso de pressão que esteja enquadrado nas categorias I e II deve possuir manual de operação próprio ou instruções de operação contidas no manual

de operação da unidade onde estiver instalado, e devem estar em local onde todos os operadores possam acessar e em língua portuguesa. O manual deve conter as informações a respeito dos procedimentos para situações de emergência, procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

Os instrumentos e controles de vasos de pressão devem ser mantidos calibrados e em boas condições. O Manual Técnico de Caldeiras e Vasos de Pressão ainda enfatiza que a periodicidade de manutenção e a definição de quais instrumentos de controle deverão ser englobados são de responsabilidade do profissional legalmente habilitado (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

A neutralização provisória dos instrumentos e controles poderá ocorrer, desde que seja mantida a segurança operacional, e que esteja prevista nos procedimentos formais de operação e manutenção, ou com justificativa formalmente documentada, com prévia análise e respectivas medidas que possuem a mitigação dos riscos, desenvolvida pelo responsável técnico do processo, com aprovação do profissional habilitado (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

A operação das unidades de processo que possuam vasos de pressão que estejam enquadrados nas categorias I ou II deve ser efetuada por profissional capacitado (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

2.4.3.8 Inspeção de segurança em vasos de pressão

Segundo a NR 13, devem ser realizadas nos vasos de pressão inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária nos vasos de pressão (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

A inspeção de segurança inicial é feita em vasos novos, antes do início das operações de funcionamento, no local definitivo de instalação, contendo exames externo e interno. Os vasos de pressão de categoria IV ou V de fabricação em série, com certificação dada pelo INMETRO e que possuam válvula de segurança calibrada de fábrica estão dispensados da inspeção inicial, desde que sigam as recomendações de instalação do fabricante (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

O teste hidrostático (TH) deve ser realizado durante a fase de fabricação dos vasos de pressão, deve ser comprovado por meio de laudo técnico assinado por profissional habilitado e possuir o valor da pressão de teste em sua placa de identificação. Para vasos que não possuam comprovação documental de que o teste hidrostático tenha sido realizado na fabricação deve seguir o seguinte disposto (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019):

a) para os vasos de pressão fabricados ou importados a partir da vigência da Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014, o TH deve ser feito durante a inspeção de segurança inicial;

b) para os vasos de pressão em operação antes da vigência da Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014, a execução do TH fica a critério do PH e, caso seja necessária à sua realização, o TH deve ser realizado até a próxima inspeção de segurança periódica interna. (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

As inspeções periódicas de segurança são formadas por exames externo e interno. O quadro 4 mostra os prazos estabelecidos para vasos que possuem ou não Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos (SPIE) creditado pelo INMETRO (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

Quadro 4 - Período das inspeções periódicas

Categoria vaso	Possuam SPIE		Não possuam SPIE	
	Exame externo	Exame interno	Exame externo	Exame interno
I	1 ano	3 anos	3 anos	6 anos
II	2 anos	4 anos	4 anos	8 anos
III	3 anos	6 anos	5 anos	10 anos
IV	4 anos	8 anos	6 anos	12 anos
V	5 anos	10 anos	7 anos	a critério

Fonte: (Brasil adaptado, 2019).

Para os vasos de pressão em que não seja possível o acesso para realização do exame interno e externo, os mesmos deverão ser submetidos a outros exames não destrutivos e utilizado uma metodologia para avaliação da integridade baseados em normas e códigos aplicáveis ao reconhecimento de mecanismos de deterioração (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

Os vasos de pressão com categoria I e II, com SPIE e que tenham realizado um exame visual interno em um prazo máximo correspondente a 50% do intervalo determinado na tabela 4, podem executar uma inspeção não intrusiva seguindo a metodologia especificada na norma ABNT NBR 16455 (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

As válvulas de segurança dos vasos de pressão devem ser desmontadas, inspecionadas e calibradas de modo adequado para o seu funcionamento, entretanto, não superior ao previsto na tabela 4 (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

A inspeção de segurança extraordinária em vasos de pressão é realizada conforme ocorrência de defeito por acidente ou ocorrência que o torne inseguro, quando forem realizados reparos ou alterações capazes de alterar as condições de segurança, antes do vaso de pressão ser recolocado em funcionamento após permanecer inativo por mais de 1 ano e quando houver alterações no local para vasos que não sejam móveis (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

As inspeções de segurança do vaso de pressão devem ser anotadas no Registro de Segurança a sua condição operacional e emitido relatório de inspeção no prazo de até 60 dias, podendo ser estendido para 90 dias caso trate-se de uma parada geral de manutenção. Sendo que a responsabilidade técnica da inspeção de segurança pertence ao profissional habilitado, bem como, a aprovação do relatório da inspeção.

O relatório de inspeção de segurança deve estar disponível para aos trabalhadores e, quando os resultados das inspeções que determinarem mudanças nas condições do projeto, as placas de identificação do prontuário devem ser atualizadas com estes dados (BRASIL SEPRT - NR-13, 2019).

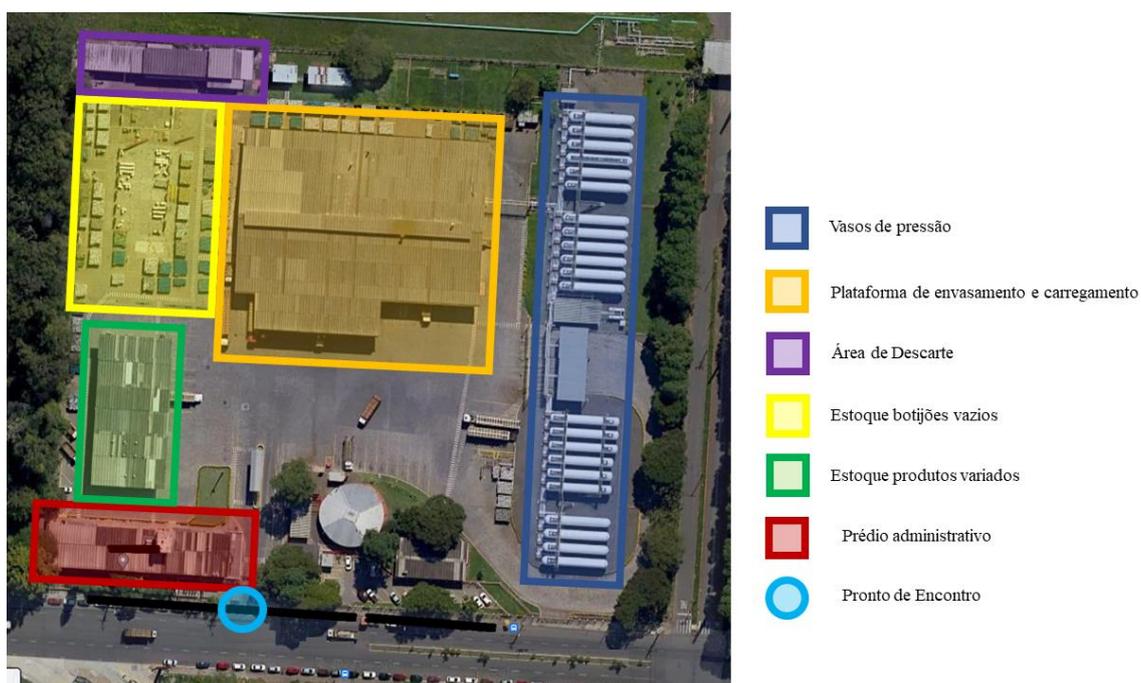
3 METODOLOGIA

Com o objetivo de realizar uma análise do nível de conhecimento dos funcionários e gestores em relação aos riscos ambientais e medidas de segurança que estejam presentes em uma empresa que atua no ramo de exploração e distribuição de gás liquefeito de petróleo.

A avaliação do nível de conhecimento em relação aos riscos e medidas de segurança foi realizado através da aplicação de um questionário composto por 29 questões. Cada questão foi baseada na NR 13, avaliando o atendimento dos aspectos básicos de segurança para operação e manutenção de vasos de pressão.

A planta da filial da empresa que participa deste estudo está localizada no Estado do Rio Grande do Sul, possuindo o total de 22 vasos de pressão, 200 funcionários atuando no setor de operação, manutenção e administração da filial. A figura 8 mostra a planta da filial especificando as áreas operacionais, administrativas e ponto de encontro.

Figura 8 – Áreas operacionais da filial da empresa de exploração e distribuição de Gás Liquefeito de Petróleo.



Fonte: (Autor, 2022)

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

O questionário é composto por questões objetivas. Desta forma, avaliando se o funcionário possui conhecimento sobre determinado assunto e, também, medindo de maneira

qualitativa o nível de segurança de suas atividades. As questões presentes no questionário estão apresentadas no Anexo 1.

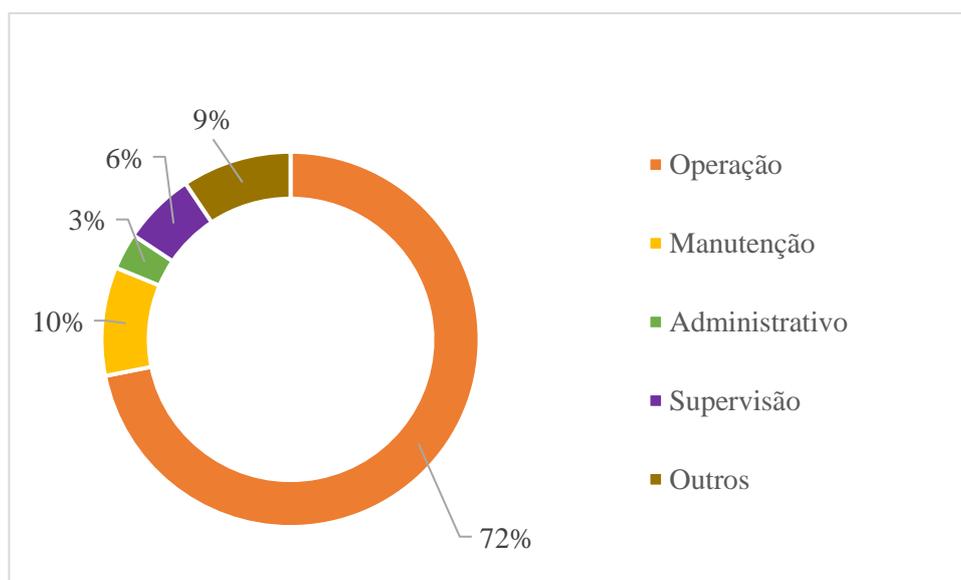
Foi determinada uma semana para a aplicação do questionário. Começando na segunda-feira e finalizando no sábado durante o período regular de trabalho, e conforme os funcionários chegavam, eram convidados a participar do estudo. No total, trinta e três voluntários responderam ao questionário, ressaltando que não seriam coletadas informações pessoais e esclarecendo o objetivo da pesquisa.

Os critérios para inclusão do participante no estudo compreendem ser funcionário da empresa ou terceiro, realizar atividade há pelo menos dois anos na empresa, independente do setor e aceitar participar voluntariamente. O questionário foi empregado para que fosse possível conhecer o grau de envolvimento da atividade do funcionário com a operação dos vasos de pressão, participação de treinamentos de segurança, nível de qualidade dos treinamentos, certificações, conhecimento sobre procedimentos de emergência, acesso a manuais ou instruções de operação dos vasos de pressão. Além disso, mediu o conhecimento relacionado a calibração dos instrumentos e controle dos vasos, condições atuais dos vasos de pressão, acidentes e incidentes ocorridos e procedimentos de análise e controle dos riscos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O questionário foi respondido por cerca de 16% dos funcionários na participação do questionário. Entretanto, obteve menor participação dos setores administrativos e outros, que alegaram não estar expostos sobre os riscos presentes na planta. A figura 7 mostra a distribuição por setor de atuação dos participantes.

Figura 9 – Distribuição por setor de atuação participantes do questionário.



Fonte: (Autor, 2022)

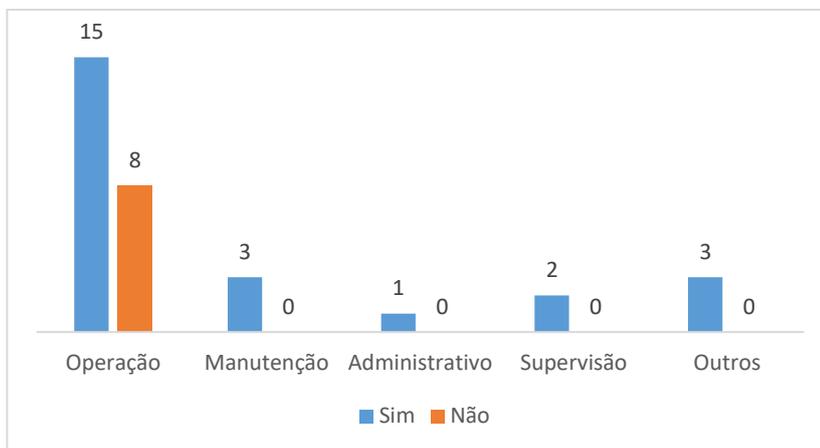
Todos os entrevistados participaram de treinamento de segurança e avaliaram a qualidade dos mesmos como “Boa” ou “Muito boa”. Sendo que, para 84% dos funcionários o Treinamento de Segurança em Operação de Unidades de Processos foi considerado como “Muito bom”. Entretanto, o treinamento Sobre os Riscos envolvendo Vasos de Pressão e Procedimentos de Segurança antes de iniciar as atividades, obteve uma avaliação de qualidade como “Muito bom” por apenas 53% dos entrevistados. Pode-se concluir, desta forma, que o segundo treinamento possui qualidade inferior segundo os entrevistados.

Os procedimentos para situações de emergência são conhecidos por todos os funcionários entrevistados. O que é muito positivo, pois em uma situação de ocorrência de incidentes ou acidentes envolvendo vasos de pressão, todas as pessoas presentes devem estar devidamente preparadas.

A figura 8 mostra a resposta dos funcionários entrevistados, por setor, em relação a possuir ou não acesso aos manuais de operação ou instruções de operação dos vasos de pressão.

Podemos observar que 35% dos entrevistados do setor da operação, que trabalham diretamente com os vasos de pressão, não possuem acesso aos manuais dos mesmos.

Figura 10 – Relação dos funcionários por setor que possuem acesso aos manuais de operação ou instruções de operação dos vasos de pressão.

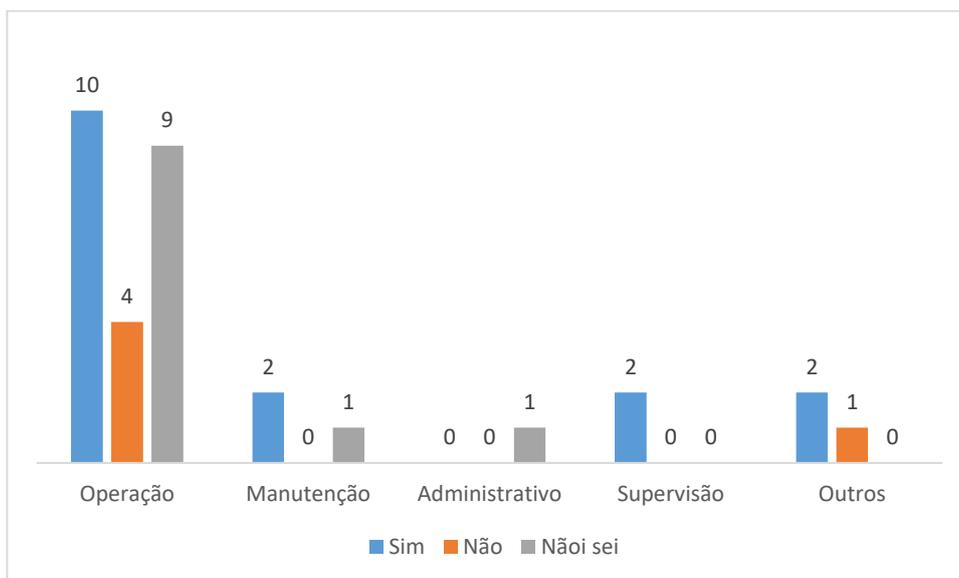


Fonte: (Autor, 2022)

Segundo as respostas do questionário, os instrumentos e controles dos vasos de pressão em sua totalidade são mantidos calibrados e em boas condições. O total de 75% dos entrevistados respondeu que os vasos de pressão possuem facilidade de acesso a todos os drenos, respiros, bocas de visitas e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes. Outros 25% responderam que não sabem.

Referente aos vasos de pressão contarem com, no mínimo, duas saídas amplas, sem obstruções, sinalizadas e dispostas em direções distintas, podemos observar as respostas dos entrevistados na figura 9. Com base nas respostas, pode-se verificar que cerca de 16% dos funcionários responderam que os vasos não possuem saídas, enquanto cerca de 34% de funcionários dos setores de operação, manutenção e administração não souberam responder. Desta forma, percebe-se a necessidade de verificação dos vasos de pressão e orientação dos funcionários sobre as saídas dos mesmos.

Figura 11 – Relação das respostas dos funcionários por setor referente as saídas dos vasos de pressão.



Fonte: (Autor, 2022)

Foi confirmado por 75% dos funcionários entrevistados que os vasos de pressão contam com acesso fácil e seguro para atividades de manutenção, operação e inspeções. Cerca de 25% não souberam responder, sendo essa resposta dada em sua totalidade pelo setor de operação. Portanto, seria interessante dialogar com os funcionários sobre o tema.

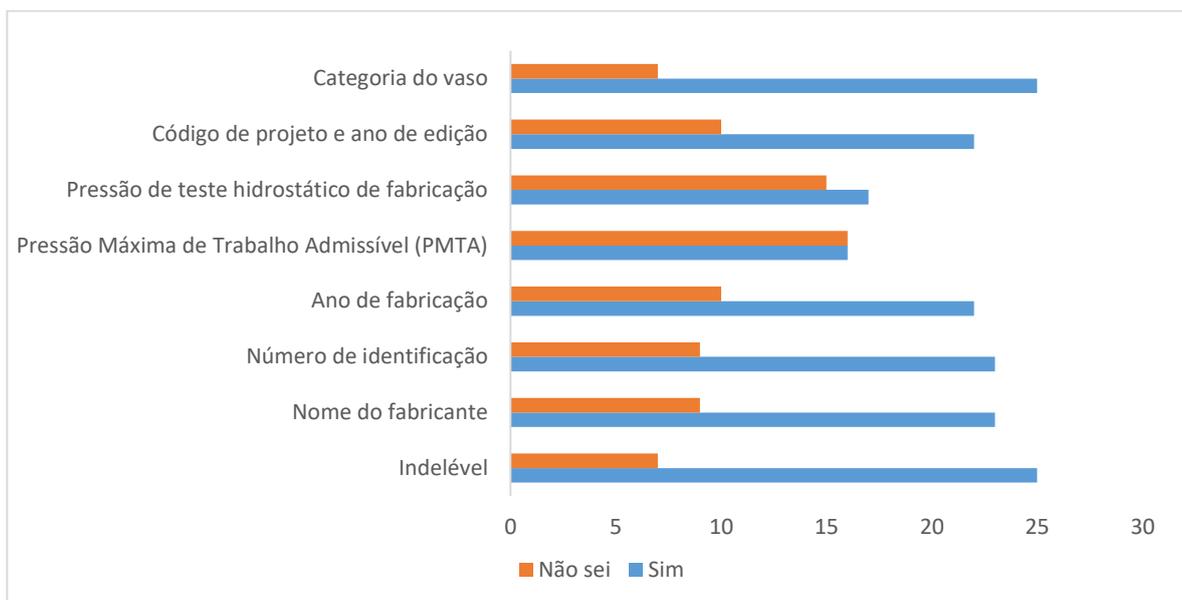
Sete entrevistados afirmaram que a planta possui vasos instalados em ambientes fechados sem ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas. Da mesma forma, foi apontado por doze funcionários que os vasos não dispõem de sistema de iluminação de emergência.

Dos questionados, sobre os vasos de pressão possuírem válvula de segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à Pressão Máxima de Trabalho, 16% não souberam responder. Sendo que 33% dos que alegaram “Não saber”, pertencem ao setor da manutenção. Foi indicado por 19% dos funcionários que os vasos de pressão não possuem Dispositivo Contra Bloqueio Inadvertido (DCBI).

Cerca de 9% dos entrevistados não souberam responder se os vasos de pressão possuem instrumento que mostre a pressão de operação, instalado no sistema ou diretamente no vaso, sendo que a resposta foi dada por funcionários do setor de manutenção, operação e supervisão.

Em relação às identificações presentes nos vasos instalados na planta, as alternativas de resposta foram divididas entre “Sim” e “Não sei” em todos os setores, sendo possível observar o resultado na figura 10.

Figura 12 – Relação das respostas dos funcionários referente as identificações dos vasos de pressão.



Fonte: (Autor, 2022)

Cerca de 22% do grupo de entrevistados não soube responder se os vasos de pressão possuem Prontuário do vaso da pressão e, aproximadamente 31% dos funcionários entrevistados não souberam responder se os vasos de pressão possuem Registro de Segurança com informações de todas as ocorrências capazes de influenciar nas condições de segurança dos vasos de pressão.

Em torno de 25% dos funcionários entrevistados não sabem responder se os vasos de pressão possuem Projeto de alteração ou reparo, concebido ou aprovado por profissional habilitado. Aproximadamente 9% dos funcionários entrevistados não sabem responder se os vasos de pressão possuem Relatório de Inspeção. Cerca de 9% dos funcionários entrevistados não sabem responder se os vasos de pressão possuem Certificados de Calibração dos dispositivos de segurança.

Apenas 6% dos entrevistados afirmaram ter presenciado algum acidente ou incidente envolvendo vaso de pressão contendo Gás Liquefeito de Petróleo nos últimos 2 anos. Sendo que apenas um funcionário contabilizou um acidente ou incidente e o descreveu como “sem danos”.

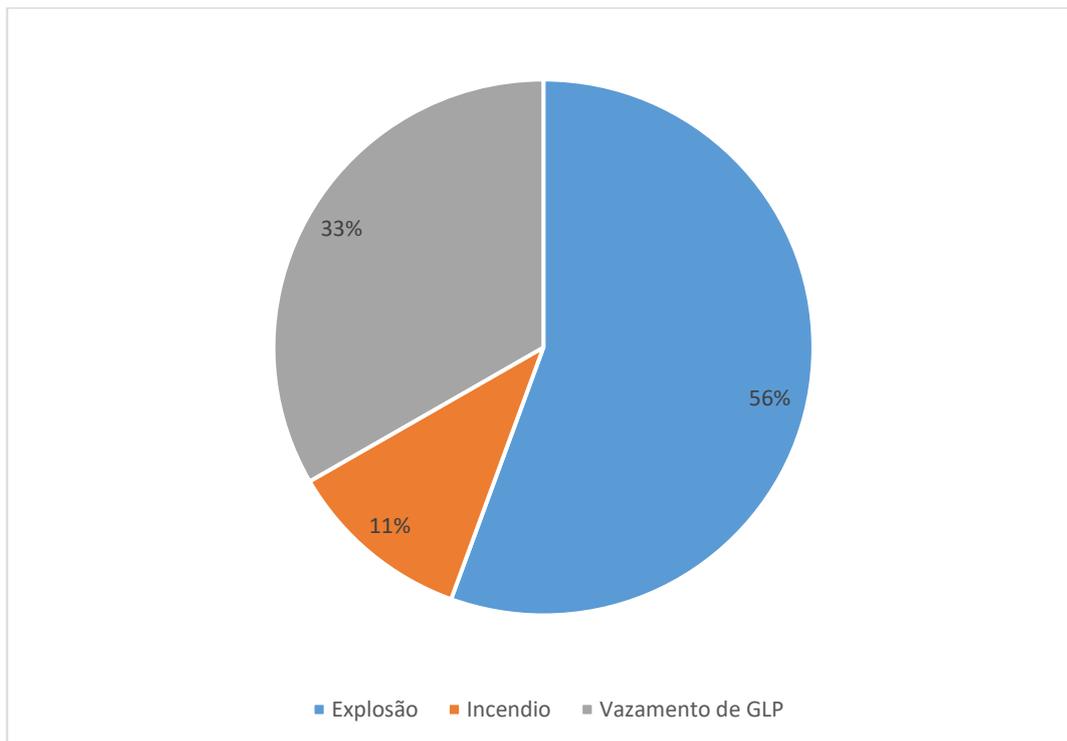
Nenhum funcionário foi capaz de descrever as ações realizadas após a ocorrência de algum acidente ou incidente envolvendo vasos de pressão.

Cerca de 87% dos entrevistados afirmaram realizar algum tipo de procedimento de avaliação de risco antes de executar suas atividades em áreas próximas a vasos de pressão.

Entretanto, apenas 29% descreveu os riscos e 25% descreveu as medidas de controle para amenizar os riscos.

A figura 11 mostra a distribuição dos riscos presentes nas atividades realizadas nos vasos de pressão, descritos pelos funcionários.

Figura 13 – Relação das respostas dos funcionários referente à distribuição dos riscos presentes nas atividades realizadas nos vasos de pressão.



Fonte: (Autor, 2022)

As medidas de controle descritas pelos entrevistados foram:

- A) Utilização de rotas de fuga em caso de emergência.
- B) Avaliação de gases presentes na atmosfera com detector de vazamento de gás.
- C) Evacuação imediata da área de operações em caso de emergência.
- D) Uso de EPI corretos.
- E) Sempre atento a possíveis vazamentos de GLP e qualquer outra eventualidade.
- F) Checklist diários de segurança.
- G) Realizar procedimento de Permissão de trabalho.
- H) Realizar Análise de Risco.
- I) Realizar orientações de procedimentos.

5 CONCLUSÃO

Em busca da redução do número de acidentes envolvendo vasos de pressão que contenham Gás Liquefeito de Petróleo, necessita-se conhecer a situação atual a respeito dos riscos ambientais e a eficácia das medidas de controle relativas aos mesmos. Uma vez que os números de mortes por acidentes são consideráveis conforme observado na literatura.

Com base nas respostas, percebe-se a necessidade de uma verificação sobre como está sendo realizado o treinamento Sobre os Riscos envolvendo Vasos de Pressão e Procedimentos de Segurança antes de iniciar as atividades, visto que a avaliação dele poderia ser melhor. Portanto, buscar aprimorá-lo, o que resultará em um melhor entendimento sobre o assunto.

A partir dos resultados da pesquisa, seria interessante a empresa, a qual foi aplicada o questionário, realizar uma verificação de como está a situação das sinalizações e também realizar orientações aos funcionários a respeito de cada informação pertinente que deve conter nos vasos de pressão, de acordo com orientações da norma regulamentadora 13.

Pelo número reduzido de funcionários que responderam o questionário, pode-se verificar a necessidade da realização de treinamento e sensibilização dos trabalhadores de todos os setores da empresa e, não apenas dos setores de operação e manutenção, pois todos devem ter conhecimento sobre as medidas de segurança adotadas na empresa, visto que, em ocorrência de acidentes, todos estarão expostos aos riscos.

Deve-se enfatizar a relevância do assunto e também a necessidade de novos estudos, em virtude do número de acidentes ocorridos no Brasil, a fim de verificar o nível de eficiência e cumprimento das medidas de controle levantadas no presente estudo.

O estudo mostrou que um número considerável de funcionários não possui conhecimento ou acesso a documentos fundamentais para a execução de atividades em vasos de pressão como, por exemplo, o prontuário do vaso de pressão, registro de segurança, projeto de alteração ou reparo, relatório de inspeção ou certificado de calibração. Sendo assim, é possível concluir que a empresa deve verificar o aspecto da acessibilidade desses documentos a todos os funcionários.

Por último, como o Gás liquefeito de petróleo é indispensável para o atendimento às demandas da sociedade brasileira, é fundamental que o conhecimento a respeito dos riscos ambientais referentes aos processos de trabalho com este produto seja mais efetivo e eficaz, em busca de operações mais seguras. A oportunidade verificada por esse estudo em uma empresa de grande porte do estado do Rio Grande do Sul, permitiu coletar informações pertinentes na forma como são vistos os riscos ambientais. Através deste estudo, pode-se observar que

menos de 30% dos funcionários entrevistados foram capazes de descrever os riscos aos quais estão expostos diariamente e, uma parcela menor ainda, conseguiu descrever as medidas de controle para os riscos envolvidos nestes processos.

Desta forma, pode-se concluir que deve ser dada uma atenção especial em relação às informações relacionados aos riscos e às medidas que a empresa adota, bem como, a verificação dos mecanismos utilizados para orientações, a fim de aprimorá-los e monitorá-los constantemente.

REFERÊNCIAS

AGEO. **Estudo de Análise de riscos: Integração dos riscos**. Santos, 2016. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/DadosAbertos/EAR_AGEO_Integracao.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2021.

ALTAFINI, Carlos Roberto. **Apostila sobre caldeiras**. Disponível em: <<https://fluidcontrols.com.br/wp-content/uploads/2019/05/2-Apostilas-sobre-Caldeiras-Prof%C2%BA-Carlos-Alberto-Altafini.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2021.

ANP - AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Manual de segurança para o posto revendedor de GLP**. 6. Ed. Rio de Janeiro: ANP. 2017. 282p. il. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/images/pdf/77118.pdf>> Acesso em: 29 jun. 2020.

ARAÚJO, P. R. R.; MACHADO, M. M. O novo estatuto do meio ambiente na prática empresarial mundializada: uma análise preliminar sobre a logística reversa. *Gaia Scientia*, [S. l.], v. 1, n. 1, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/gaia/article/view/2229>. Acesso em: 29 jun. 2020

ASME - AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **Section VIII – Division 1, 2 and 3**. New York, 2004.

AYRES, D.O.; CORRÊA, A.P. **Manual de prevenção de acidentes do trabalho**. 3. Ed. São Paulo: Atlas. 2017. 278p.

BALL, E. B.; CARTER, W. J. **Guidebook to ASME Section VIII Div. 1 – Pressure Vessels**. 3 Ed. Edmonton: Casti. 2002. 78p.

BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do trabalho e gestão ambiental**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2018.

BIZZO, Waldir A. **EM 722 - Geração, distribuição e utilização de vapor**. Cap 4. São Paulo: Unicamp, p. 67- 68, jan., 2001. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP4.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2020.

BRASIL. Portaria n. 3.214 de 08 de junho de 1978. Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho (NR). **NR 1** -Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais Diário Oficial da União Brasília, DF, 08 de junho de 1978.

____. **NR 3** – Embargo ou interdição.

____. **NR 9** – Programa de prevenção de riscos ambientais.

____. **NR 13** - Caldeiras, vasos de pressão e tubulações e tanques metálicos de armazenamento.

BRASIL. Lei nº8.213, de 24 de julho de 1993. Lei de Benefícios da Previdência Social. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 de jun. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/LEIS/L8213cons.htm>. Acesso em: 29 mai. 2020.

BRASIL. Ministério Público do Trabalho. Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst> >. Acesso em: 15 dez. 2020.

BRASIL. Ministério Público do Trabalho. Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão. Brasília, 2006. Disponível em: <<https://smartlabbr.org/sst> >. Acesso em: 13 dez. 2020.

CHAINHO, J. A. P. A origem da inspeção. Cubatão: Blog Inspeção de Equipamentos, 2013. Disponível em: <<http://inspecaoequipto.blogspot.com/p/sobre-o-blog.html>>. Acesso em: 08 out. 2020.

DOUIN, D. A. Report of violation findings. **Technical jornal of the national board of boiler and pressure vessel inspectors**. Columbus, v.67, n. 2, jan./jun. 2012. Disponível em: <<https://www.nationalboard.org/SiteDocuments/Bulletins/SU2012.pdf>> Acesso em: 29 mai. 2020.

FARAH, M. A. **Petróleo e seus Derivados**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC. 2013. 282p.

FILHO, S. P. J.; **Análise de efeitos de teste hidrostático em vasos de pressão**. 2004. 133 p. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

LADOKUN, Temilade; NABHANI, Farhad; ZAREI, Sara. Accidents in pressure vessels: Hazard awareness. In: Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of the World Congress on Engineering 2010. International Association of Engineers, 2010.

LECKER, T. D. **Análise de Tensões em Vasos de Pressão através do Método de Elementos Finitos**. 2005. 76p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, 2014.

MARTINS, F. J. S. **Análise da possibilidade de crescimento subcrítico de descontinuidades durante a realização de testes hidrostáticos em vasos de pressão e seus possíveis efeitos**. Dissertação (Mestre em Engenharia, Modalidade Profissional, Especialidade Engenharia de Inspeção de Equipamentos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MORAIS, A. B. **Perspectivas de inserção do GLP na matriz energética brasileira**. Tese de Doutorado (Mestre em ciências em planejamento energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

NAVA, C. A. G. Projeto Vaso de Pressão (Autoclave) para Vulcanização de Mangueiras de borracha automotiva. 2005. 38p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Mecânica Automação e Sistemas) – Universidade São Francisco, Itatiba, SP, 2005.

OLIVEIRA J. M. DOS SANTOS, F.C.C. Programa de Prevenção de Riscos Ambientas – PPRA, Um mito ou realidade? **Revista Gestão & Saúde**, Curitiba, v. 4, n. 2, p.22-29. 2012. Disponível em: < <https://www.scielo.org/article/csp/2004.v20n2/570-579/pt/>>. Acesso em: 29 mai. 2020.

PETROBRAS. **Gás Liquefeito de Petróleo: Informações técnicas**. Versão fev. 2022. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/data/files/47/63/18/74/EB62F7105FC7BCD7E9E99EA8/Manual%2>

Ode%20GLP_%20fevereiro%202022.pdf>. Acesso em: mar. 2022.

PETROBRAS. **N-253. Projeto de Vaso de Pressão**. Rev. K, 12/2010.

SÚSSEKIND, Arnaldo Lopes et al. **Instituições de direito do trabalho**. 18. ed. São Paulo: LTr, 1999. 2 v.

TEMILADE, T.; NABHANI, F.; ZEREI, S. Accidents in Pressure Vessels: Hazard Awareness. **The World Congress on Engineering**, Londres, p. 10-33, jul., 2010. Disponível em: < <https://core.ac.uk/download/pdf/322324478.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2021.

TELLES, P. C. S. **Vasos de pressão. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos**, 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

VELOSO, G. N. S.; **Trabalhadores no Governo Ditatorial: Legislações em Saúde, Higiene e Segurança do Trabalho**. (1970-1980). 2017. 133 p. Dissertação (Mestre em trabalho, saúde e ambiente.). Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho Fundacentro, São Paulo, 2017.

VILELA, R. A. G.; IGUTI, A. M; ALMEIDA, I. M. Culpa da vítima: um modelo para perpetuar a impunidade nos acidentes do trabalho. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p. 570-579, mar./ abr., 2004. Disponível em: < <https://www.scielosp.org/article/csp/2004.v20n2/570-579/pt/>>. Acesso em: 29 mai. 2020.

6 ANEXO I



PESQUISA DE CAMPO PARA TCC II

Questionário: Estudo de Análise de Risco envolvendo Vasos de Pressão contendo Gás Liquefeito de Petróleo

Cargo / Função	
----------------	--

1. Selecione o tipo de empresa que trabalha:
<input type="checkbox"/> Empresa de exploração e distribuição de gás liquefeito de petróleo
<input type="checkbox"/> Empresa de refino de petróleo
2. Selecione o seu setor de atuação:
<input type="checkbox"/> Operação
<input type="checkbox"/> Manutenção
<input type="checkbox"/> Administrativo
<input type="checkbox"/> Supervisão
<input type="checkbox"/> Outro: <input type="text"/>
3. Como descreveria o grau de envolvimento de sua atividade com a operação de vasos de pressão?
<input type="checkbox"/> Realizo atividades de operação, manutenção ou inspeção em vasos de pressão
<input type="checkbox"/> Realizo atividade em área próxima aos vasos de pressão em tempo integral
<input type="checkbox"/> Realizo eventuais atividades nas proximidades dos vasos de pressão
4. Você participou de Treinamento de Segurança em Operação de Unidades de Processos?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
5. Em relação a esse treinamento, considera que a qualidade foi:

<input type="checkbox"/> Muito boa <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ruim
6. Recebeu algum tipo de treinamento sobre os riscos envolvendo vasos de pressão e procedimentos de segurança antes de iniciar as atividades?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
7. Possui certificado de Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo expedido por uma instituição competente para o treinamento?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
8. Em relação a esse treinamento, considera que a qualidade foi:
<input type="checkbox"/> Muito boa <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ruim
9. Possui conhecimento sobre os procedimentos de emergência?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
10. Possui acesso ao manual de operação ou instruções de operação dos vasos de pressão?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
11. Os instrumentos e controles de vasos de pressão são mantidos calibrados e em boas condições?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
12. Os vasos de pressão possuem fácil acessibilidade a todos os drenos, respiros, bocas de visitas e indicadores de nível, pressão e temperatura, quando existentes?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
13. Os vasos contam com, no mínimo, duas saídas amplas, sem obstruções, sinalizadas e dispostas em direções distintas?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
14. Os vasos contam com acesso fácil e seguro para atividades de manutenção, operação e inspeção?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei

15. Os vasos possuem ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas (ambientes fechados)?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
16. Os vasos de pressão dispõem de sistema de iluminação de emergência?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
17. Os vasos de pressão possuem Válvula de Segurança ou outro dispositivo de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior à Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA), instalado diretamente no vaso ou no sistema que o inclui?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
18. Os vasos de pressão possuem Dispositivo Contra Bloqueio Inadvertido (DCBI)?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
19. Os vasos de pressão possuem um instrumento que mostre a pressão de operação instalada no sistema ou diretamente no vaso?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
20. Em relação a identificação, os vasos de pressão possuem:
Placa de identificação que não se pode apagar ou desaparecer?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
Nome do fabricante?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
Número de identificação?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
Ano de fabricação?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA)?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei
Pressão de teste hidrostático de fabricação?
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei

<p>Código de projeto e ano de edição?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p> <p>Categoria do vaso e seu número ou código de identificação?</p> <p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p>
<p>21. Os vasos de pressão possuem Prontuário do Vaso de Pressão?</p>
<p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p>
<p>22. Os vasos de pressão possuem Registro de Segurança com informações de todas as ocorrências capazes de influenciar nas condições de segurança?</p>
<p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p>
<p>23. Os vasos de pressão possuem projeto de alteração ou reparo: concebido ou aprovado por um profissional habilitado?</p>
<p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p>
<p>24. Os vasos de pressão possuem Relatório de Inspeção?</p>
<p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p>
<p>25. Os vasos de pressão possuem Certificados de Calibração dos dispositivos de segurança?</p>
<p><input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p>
<p>26. Presenciou acidente ou incidente envolvendo vasos de pressão contendo Gás Liquefeito de Petróleo nos últimos 2 anos? Caso seja sim, quantos?</p>
<p><input type="checkbox"/> Sim. Quantos? <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sei</p>
<p>27. Em relação aos acidentes ou incidentes, quais os tipos de danos ocorreram?</p>
<p><input type="checkbox"/> Materiais (danos as instalações, entre outros)</p> <p><input type="checkbox"/> Pessoais (lesões leves, graves ou morte)</p> <p><input type="checkbox"/> Materiais e pessoais</p> <p><input type="checkbox"/> Sem danos</p>

28. Descreva quais medidas foram executadas após a ocorrência dos incidentes:

29. Realiza algum tipo de procedimento de avaliação de risco antes de executar suas atividades em áreas próximas a vasos de pressão instalados?

Não

Sim

Quais são os tipos de riscos existentes?

Quais são as medidas de segurança adotadas?

Fonte: (Autor, 2022)