

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
GUSTAVO NICOLAU PINTO

CORREÇÃO DA CRIOGENIA EM TUBULAÇÕES DE TANQUES DE OXIGÊNIO
LÍQUIDO ATRAVÉS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Varginha
2022

GUSTAVO NICOLAU PINTO

**CORREÇÃO DA CRIOGENIA EM TUBULAÇÕES DE TANQUES DE OXIGÊNIO
LÍQUIDO ATRAVÉS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação da Prof. Dra. Deborah Alvarenga.

**Varginha
2022**

GUSTAVO NICOLAU PINTO

**CORREÇÃO DA CRIOGENIA EM TUBULAÇÕES DE TANQUES DE OXIGÊNIO
LÍQUIDO ATRAVÉS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para a obtenção de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

A Deus, princípio e autor da vida, pela força ao longo dessa jornada;

À minha esposa, pelo incentivo e companheirismo, além da compreensão e da paciência;

Aos meus pais e à minha irmã, por toda inspiração e apoio;

Dedico este trabalho, assim como dedico a eles o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que estiveram ao meu lado, me apoiando e incentivando. Foram 5 anos em que, além de todo conhecimento técnico adquirido ao longo do curso, pude crescer como pessoa e ser sempre forte para alcançar meus sonhos. Agradeço ainda a todos aqueles que cruzaram meu caminho e ajudaram a preencher minha bagagem, me fazendo ser quem sou hoje. E agradeço a todos os professores pelo empenho, e por todos seus ensinamentos.

“Comece fazendo o que é necessário, depois o que é possível, e de repente você estará fazendo o impossível.”

São Francisco de Assis.

RESUMO

O presente trabalho visa instalar um material isolante em uma tubulação de um tanque criogênico, que opera entre 8 e 10 *bar* de pressão. Partindo da premissa de que a partir do momento que não há contato com as gotículas de água da atmosfera, o congelamento não acontece, deixa-se então a manutenção corretiva utilizada pela equipe de manutenção e a partir daí se usa somente o plano de manutenção preventiva. O objetivo principal é o desenvolvimento em cima da tubulação do tanque e conseqüentemente a implantação do modo de manutenção preventiva. A viabilidade do material isolante instalado, é verificado mediante a avaliações periódicas e é coletado uma amostra do material para raio x da peça. Foi coletado duas amostras, uma antes da instalação e a última no fim do estudo de caso. Assim percebe-se as variações e efeitos que aconteceram durante o período em que estava atuando como isolante. A instalação aconteceu em 15 de agosto de 2022 e permaneceu até o dia 21 de outubro de 2022. Assim espera-se que a tubulação esteja isenta de gelo. Contudo é imprescindível atentar-se às variações que poderiam ser possíveis mediante a instalação, variação de pressão, congelamento passou a ocorrer somente no condensador, aplicação adequada para que o congelamento não cubra o material.

Palavras-chave: Tanque criogênico. Tubulação. Manutenção preventiva. Congelamento.

ABSTRACT

The present work aims to install an insulating material in a pipeline of a cryogenic tank, which operates between 8 and 10 bar of pressure. Assuming that from the moment there is no contact with the water droplets in the atmosphere, freezing does not occur, then the corrective maintenance used by the maintenance team is left and from there, only the preventive maintenance plan is used. . The main objective is the development on top of the tank piping and consequently the implementation of the preventive maintenance mode. The viability of the installed insulating material is verified through periodic evaluations and a sample of the material is collected for x-ray of the part. Two samples were collected, one before installation and the last one at the end of the case study. Thus, the variations and effects that occurred during the period in which it was acting as an insulator can be seen. Installation took place on August 30, 2022 and lasted until October 14, 2022. It is essential to pay attention to the variations that could be possible through the installation, pressure variation, freezing started to occur only in the condenser, suitable application for that freezing does not cover the material.

Keywords: Cryogenic tank. Piping. Preventive maintenance. Freezing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Esquema de fluxo do tanque criogênico AIRLiquide.....	14
Figura 02 - Montagem do tanque criogênico vertical	16
Figura 03 - Volume de controle.....	21
Figura 04 - Painel do raio x com parâmetros.....	24
Figura 05 - Distância do foco para a peça	25
Figura 06 - Primeira imagem de raio x do material isolante	26
Figura 07 - Dispersão de água para descongelamento	27
Figura 08 - Descolamento da placa de gelo e início do congelamento	28
Figura 09 - Congelamento em 3 minutos após o degelo	29
Figura 10 - Aplicação do tubo esponjoso	30
Figura 11 - Fim da aplicação do isolante.....	31
Figura 12 - Tentativa de congelamento sobre o isolante.....	32
Figura 13 - Alteração na propriedade do material.....	33
Figura 14 - Tubulação após retira do material isolante.....	35
Figura 15 - Início do congelamento após retirada do isolante.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Vasos de pressão	13
2.1.1 Tanques criogênicos	14
2.2 Manutenção	16
2.2.1 Manutenção preventiva.....	17
2.3 Plano de manutenção	18
2.3.1 Projetando e planejando um sistema de manutenção	18
2.3.2 Modos de realizar a manutenção preventiva	19
2.3.3 Elaboração de um plano de manutenção preventiva	19
2.4 CÁLCULO DE VAZÃO	20
2.5 CÁLCULO DE GASTOS COM ÁGUA	22
2.6 RAIOS X.....	22
3 METODOLOGIA.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Este projeto procurou entender qual o melhor processo de isolamento para eliminar de um tanque criogênico o congelamento de suas tubulações.

Um plano de manutenção preventiva tem como objetivo controlar e monitorar qualquer falha ou problema, reduzir as paradas e manutenções de emergência, aumentar o aproveitamento da vida útil dos equipamentos e a confiabilidade do desempenho de máquinas dentro de uma empresa. Para a eficácia deste modelo de manutenção, necessita de minuciosas análises e de estudos vinculados ao tema.

Para alcançar resultado desejado, os objetivos têm como indicativo, estabelecer alguns requisitos a serem seguidos e toda parte que se faz necessária no projeto. De modo sucinto, funciona como tópicos a serem seguidos. Sendo assim, pode-se ter, um ou outro requisito que esteja no escopo, que tenha mais de uma variável, com isto o prazo para a realização do projeto caso sinta os efeitos dessas variáveis, estará sujeito a atrasos ou até mesmo mudança de planejamento.

Saber como se deu a realização deste, é um dos fatores mais complexos do projeto, pois necessitou pesquisar e conhecer sobre manutenções preventivas, suas características e aplicabilidades a fundo, assim como o material isolante. Pois ao aplicá-lo no tanque criogênico esperasse que esses congelamentos cessem.

Conforme descrito anteriormente os requisitos a serem seguidos são de suma importância para a realização e obtenção de resultados, a seguir está transcrito de maneira geral como se deu o planejamento deste projeto: pesquisar sobre os tipos de manutenção existentes na atualidade; determinar qual o tipo de manutenção se enquadra a necessidade e as condições da empresa e seus equipamentos; quais as tecnologias e ferramentas que podem ser utilizadas, material isolante; qual o tipo de equipamento da indústria, seu funcionamento, e a NR que a atende; levantar o histórico de falhas através das OSs para conhecer os problemas mais recorrentes; colocar em pratica o plano de manutenção preventiva, e instalar o tubo esponjoso; Tirar raio x das peças para checagem final e viabilidade das mesmas.

O projeto evidenciou a importância de um bom plano de manutenção preventiva para evitar gastos desnecessários, além de contribuir para a preservação do meio ambiente. Isso se dá, retirando todo contato da tubulação do tanque criogênico com o ar atmosférico, isolando-a. O contato da tubulação com o ar atmosférico gera camadas de gelo em volta da tubulação, devido ao congelamento das partículas de água presentes na atmosfera. Esse congelamento é prejudicial e deve ser evitado.

A equipe de manutenção, para evitar que acarrete maiores problemas nos equipamentos hospitalares e garantir a temperatura ideal de funcionamento, utilizam água, pelo menos 4 vezes semanais, para descongelar esta tubulação. Fica evidente o grande consumo de água, alta demanda e tempo dedicado de funcionários para a realização do descongelamento dessas tubulações. Esse trabalho tem como objetivo principal evitar o desperdício dessa água, propondo uma forma de isolamento para as tubulações, a fim de evitar o congelamento externo e conseqüentemente diminuir o tempo de dedicação dos funcionários no descongelamento.

Este projeto verificou qual o melhor processo de isolamento para eliminar de um tanque criogênico o congelamento de suas tubulações.

Manutenção preventiva tem como objetivo controlar e monitorar qualquer falha ou problema, reduzir as paradas e manutenções de emergência, aumentar o aproveitamento da vida útil dos equipamentos e a confiabilidade do desempenho de máquinas dentro de uma empresa. Para a eficácia deste modelo de manutenção, necessita de minuciosas análises e de estudos vinculados ao tema.

A partir do momento que o engenheiro está atuando em certa área e esta tem a ocorrência de qualquer problema, é dever deste, procurar solucioná-la, pois é ele o responsável dentro do setor em que é empregado. Toda empresa, sendo ela pequena, média ou grande, deve ter ao menos um plano de manutenção preventiva de seus equipamentos. E esse plano deve ser efetivo, e sistemático. Pois toda parada de máquinas não programada, gera uma perda de produtividade, que acarreta um prejuízo em potencial para a empresa.

Portanto, sua elaboração, aplicação e análise de resultados já é praticamente uma obrigação para qualquer empresa, visto que elas trabalham em cima de produtividade, querendo cada vez mais maximizar seus lucros, reduzir as despesas e eliminar as paradas de maquinário não programadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Elucidar este projeto, é o maior desafio, pois a partir da premissa é necessário apresentar embasamentos que solidifiquem a aplicação deste, tanto para não gerar gastos desnecessários, assim como é importante trazer segurança aos trabalhadores e pacientes que necessitam de oxigênio de maneira mecânica.

Para então chegar a uma conclusão, é estudado cada parte em detalhamento do processo, que é muito importante, pois neste processo o que é realizado antes, durante e depois pode trazer condições positivas ou negativas.

2.1 Vasos de pressão

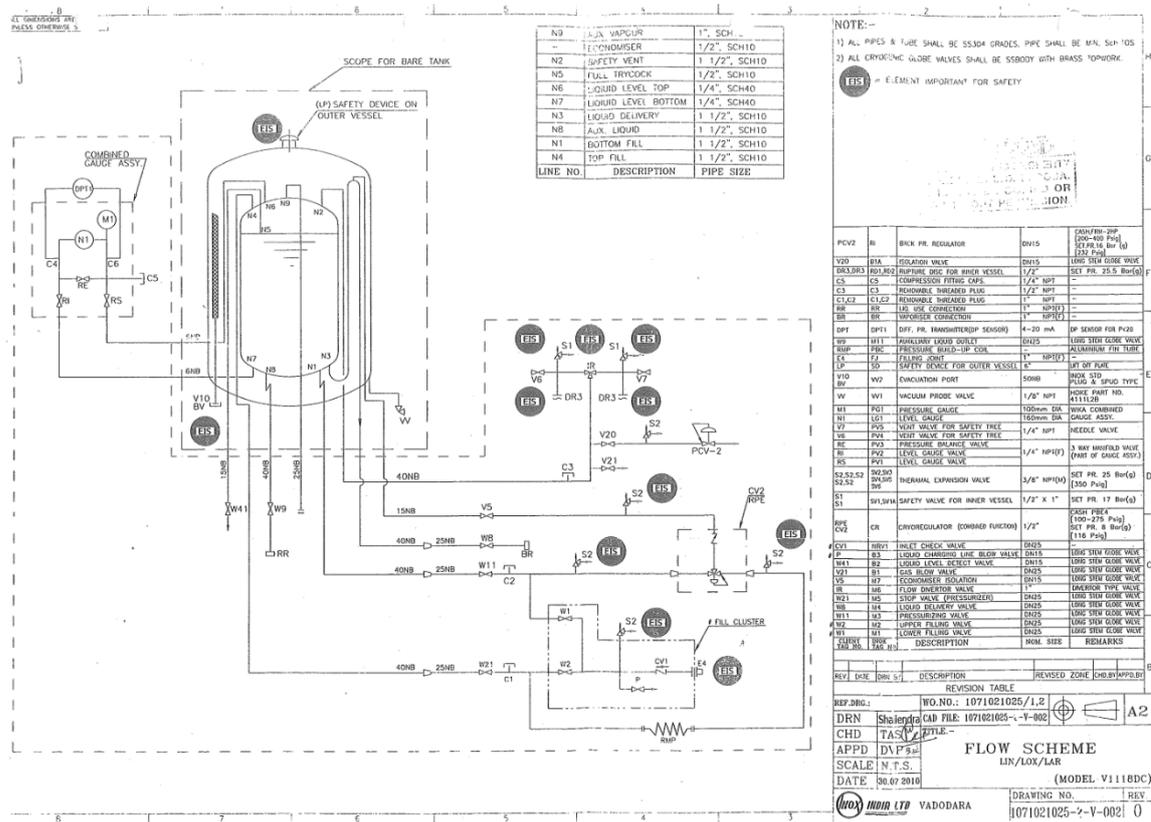
Para Campos (2011) pode-se definir vasos de pressão como todo reservatório, de qualquer tipo, tamanhos ou utilizações que não propagam chama e são essenciais nos processos industriais, contendo fluidos e projetados para aguentar com segurança a pressões internas distintas da pressão atmosférica, ou que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

Ainda de acordo com Campos (2011) os vasos de pressão, aqui representados pelos tanques criogênicos, operam com pressões maiores que a pressão atmosférica e devido a isso, sua operação representa um risco iminente onde qualquer erro pode ter consequências potencialmente desastrosas. No caso de episódios com acidentes podem ocorrer vítimas fatais. Por isso as empresas que utilizam esses equipamentos em suas atividades precisam seguir os procedimentos obrigatórios impostos pela Norma Regulamentadora - NR 13 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT que disponibiliza orientações indispensáveis e específicas para garantir a segurança do processo de operação, instalação e manutenção.

A NR-13 tem sua aplicabilidade para caldeiras e vasos de pressão, e conseqüentemente a tanques criogênicos, instalados em empresas industriais, e outros estabelecimentos públicos ou privados, como por exemplo, hotéis, hospitais, restaurantes, lavanderias industriais, entre outros. As indicações trazidas pela NR 13 são preventivas visando evitar danos ao ser humano e às instalações em termos de disposição sobre inspeções periódicas, dispositivos de segurança, identidades, registros e documentos, projeto de instalação, manutenções preventivas e 13 habilitação dos profissionais que operam estes equipamentos, entre outras predisposições. Desta forma, esta pesquisa tem como escopo realizar a verificação das condições de instalação

e manutenção destes equipamentos em empresas industriais, tomando como base a norma regulamentadora específica para este caso (BRASIL, 2006).

Figura 1: Esquema de fluxo do tanque criogênico AIRLiquide.



Fonte: AIRLiquide 2010.

2.1.1 Tanques criogênicos

Segundo coloca Dalpiaz (2010) tanques criogênicos são equipamentos projetados de maneira especial e focados para acondicionarem fluidos criogênicos, isto é, fluidos que passam por liquefação em temperaturas entre -150°C e -273° à pressão atmosférica. De maneira básica um recipiente criogênico se constitui num vaso de paredes duplas com um sistema de isolamento térmico entre elas.

O sistema de isolamento inclui A câmara entre o tanque interno e o tanque externo, na qual um vácuo é preenchido com perlita. O vácuo suprime a transferência de calor por convecção e o pó de perlita é um minério vulcânico expandido que reduz resíduos para transferência de calor por radiação. A conexão entre o tanque interno e o tanque externo é usado

suporte especial, projetado de forma a impedir a transferência de calor que é gerado pela condução entre eles. A necessidade de produzir o referido suporte de baixa condutividade térmica, pequena seção transversal.

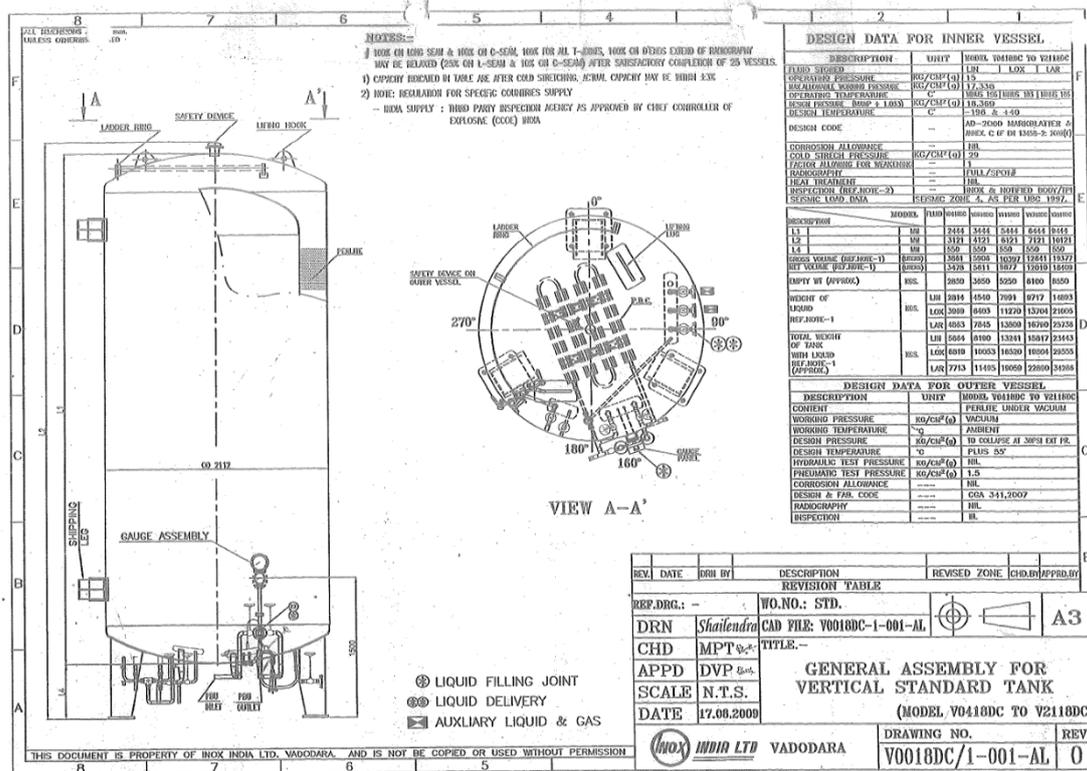
A norma regulamentadora do Ministério do Trabalho NR-13 - Caldeiras e Vasos de Pressão [3] é a norma do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil que tem como objetivo dar as diretrizes para projeto, inspeção e operação de vasos de pressão e caldeiras.

A NR-13 inclui a obrigação da determinação do valor da PMTA para todos os vasos em operação no Brasil e do Teste Hidrostático na fase de fabricação. É necessário que todos os vasos de pressão em operação possuam um prontuário com memória de cálculo, código aplicado no projeto e especificação dos materiais.

Desde a atualização da norma em 2011, esta permite que sejam utilizadas tecnologias mais avançadas no projeto de vasos em substituição aos códigos de projeto. Desta forma, é razoável adotar a metodologia de Elementos Finitos neste trabalho.

É no tanque criogênico de oxigênio líquido que torna visível o problema em questão. De início observa-se que existe um desperdício alto de água para o descongelamento da tubulação, isso economicamente e ambientalmente é inviável para qualquer empresa.

Figura 2: Montagem do tanque criogênico vertical.



Fonte: AIRLiquide 2010.

2.2 Manutenção

Todo tipo de organização, indústria ou equipamento, aqueles que produzem bens ou realizam serviços, precisam periodicamente passar por manutenções para assegurar a sua qualidade. Essas manutenções podem ser de inúmeros processos, e ainda, utilizar dos mais vários tipos de ferramentas, equipamentos de todos os portes, que vão desde a manutenção de um simples sistema de aferir peso, até a manutenção de uma locomotiva, ou navio por exemplo.

Quando os equipamentos estão bem ajustados, eles se desgastam menos, não utilizam tantos recursos, tem uma maior taxa de produtividade, e uma necessidade cada vez menor de substituição de peças (SELEME, 2015).

Embora a manutenção de equipamentos tenha progredido de forma impressionante e eficaz, ela ainda apresenta ser um grande desafio em razão de diversos fatores tais como: Tamanho, custo, complexidade, qualidade de recursos humanos e financeiros (SELEME, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Manutenção e gestão de Ativos Abraman (2013), é gasto no Brasil pelas empresas em manutenção aproximadamente 4,69% do produto Interno Bruto, PIB nacional.

Isso representa, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2014), a R\$ 206,5 bilhões no ano de 2013.

De acordo com Almeida (2014; Pg.15) podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados e procedimentos técnicos necessários ao bom funcionamento e ao reparo de máquinas, equipamentos, peças, moldes e ferramentas.

Segundo o Dicionário Aurélio (1986), manutenção são as medidas necessárias para a conservação ou permanência de alguma coisa ou de alguma situação, os cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de motores e máquinas.

A manutenção também abrange a concepção de um projeto, e não somente as máquinas e equipamentos já em operação. Pois na concepção do projeto, o dimensionamento das peças, sua localização e de seus componentes, devem seguir critérios para futuras manutenções (ALMEIDA, 2014, Pg.15).

A NBR 5462/1994, no seu item 2.81, relata que manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em seu estado no qual ele possa desempenhar uma função.

De acordo com Seleme (2015, Pg.21) manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Analisando as definições elaboradas pelos autores acima citados, conclui-se que manutenção é um conjunto de ações, e não somente uma ação isolada, no qual busca manter o funcionamento correto e adequado de todo e qualquer tipo de equipamento. E que esse tipo de ação, envolve inúmeras questões, tanto no quesito humano quanto no financeiro.

2.2.1 Manutenção preventiva

De acordo com Almeida (2014; Pg.17), manutenção preventiva é a manutenção planejada e controlada, de modo a manter a máquina ou o equipamento em corretas condições de funcionamento e conservação, evitando paradas imprevistas.

É uma manutenção que ocorre sempre em intervalos já pré-estabelecidos, com critérios que variam de acordo com o equipamento, as necessidades do operador desse equipamento, a

necessidade, entre outros, de modo que se reduza ao máximo a possibilidade de falha ou degradação de algum item (SELEME, 2015, Pg.21).

É possível constatar uma singularidade com a opinião dos dois autores, de que a manutenção preventiva, é uma manutenção planejada e sempre executada em intervalos já pré-definidos, de modo a reduzir o prejuízo de um equipamento parado, ou pior, quebrado por falta de manutenção básica.

Com o passar do tempo, programas de manutenção preventiva acabam em fracasso, perdem apoio da gerência superior, pois estes julgam ser injustificável o seu custo. Os resultados demoram muito a aparecer.

O princípio mais importante para manter o apoio a gestão contínua é: “Se não vai poupar dinheiro, então não faça isso!!” (DHILLON, 2002, Pg. 42).

Algumas vantagens da manutenção preventiva são: O aumento da vida útil dos equipamentos, redução de custos, mesmo que a curto prazo, diminuição das interrupções do fluxo produtivo, criação de uma mentalidade preventiva na empresa, permissão da programação em horários mais convenientes para a organização, melhora da qualidade dos produtos, por manter as condições operacionais dos equipamentos (DHILLON, 2002, Pg.44).

2.3 Plano de manutenção

De acordo com Seleme (2015, Pg.21), é o documento no qual são descritos a gestão e o procedimento técnico a ser empregado para manter um item; geralmente descreve instalações, ferramentas, cronogramas e recursos.

Assim, estipulando práticas específicas, recursos e as atividades que garantam que um item irá atender aos requisitos solicitados pelo projeto ou contrato.

2.3.1 Projetando e planejando um sistema de manutenção

Seleme (2015, Pg.28) nos diz que ao projetarmos um sistema de manutenção, é preciso ter em mente que as alterações nos ambientes de trabalho ocorrem rapidamente, e que o sistema precisa adaptar-se tão veloz quanto a novas exigências.

Para ser eficiente, esse sistema tem que atender a todas as necessidades e não pode ser demasiado complexo, pois dessa forma, corre-se o risco de não conseguir se adequar e, portanto, deve ser ao máximo simplificado.

Deve ser confiável, visto que recursos são escassos, e fazer parte de um todo no processo produtivo. Todo elemento precisa ser especializado, (máquinas, ferramentas, pessoal, etc) atendendo as necessidades da produção e fazendo parte integrante do todo. (SELEME, 2015, Pg.28).

Ainda de acordo com Seleme (2015, Pg.28) a determinação dos objetivos do sistema de manutenção deve ser direcionada aos objetivos principais da empresa, ou seja, não deve ser considerada como um meio em si, mas como parte de todo o sistema.

2.3.2 Modos de realizar a manutenção preventiva

Abaixo estão alguns exemplos de ações que são realizadas regularmente na manutenção preventiva.

- a) Inspeção: Inspecione materiais e itens para determinar suas necessidades de qualidade e manutenção, compare suas propriedades e compare com os padrões esperados.
- b) Manutenção: Lubrifique e limpe o equipamento com frequência, e fique atento às manutenções necessárias para evitar a ocorrência de pequenas falhas.
- c) Calibração: Compare a característica com um padrão. Isso significa comparar dois instrumentos, um com normas e certificações conhecidas, como parâmetros do outro.
- d) Testes: Inclui programas de teste e verificação para determinar as necessidades de manutenção e detectar a degradação do sistema.
- e) Alinhamento: Fazer alterações com variáveis especificadas (regulagem), a fim de atingir um funcionamento ideal.
- f) Instalação: Consiste na substituição de itens cuja vida útil é limitada, e que pelo ciclo de tempo cause desgaste ou degradação, mantendo assim, o sistema especificado e dentro das tolerâncias exigidas (SELEME, 2015, Pg.46).

2.3.3 Elaboração de um plano de manutenção preventiva

De acordo com Seleme (2015, Pg. 46) para desenvolver um programa de manutenção preventiva eficaz, é necessária a disponibilidade de uma série de informações.

Algumas dessas informações e procedimentos incluem registros históricos e precisos do equipamento, as recomendações do fabricante, dados anteriores de equipamentos com as mesmas características, os manuais de operação, a instrumentação e ferramentas de testes

apropriados, informações sobre falhas por tipo de problema, consumo de componentes e instruções específicas por escrito, etc. (DHILLON, 2002).

Deve-se inicialmente escolher uma área, onde será concentrado o esforço inicial voltado a manutenção preventiva. Devem ser áreas cruciais para o sucesso das operações globais da planta, sujeitas a experimentar uma alta taxa de ações de manutenção.

Essa etapa tem por objetivo principal, alcançar resultados tanto quanto imediatos, em áreas de grande destaque, para assim, conseguir apoio da gerência superior.

Em seguida, identificar as necessidades de manutenção preventiva, definindo seus requisitos. Teremos então, o estabelecimento de um cronograma para as tarefas de inspeções diárias e ações periódicas. Funções diárias podem ser executadas por qualquer integrante da manutenção, ou outra com capacitação.

Estabelecer então, uma análise da condição do equipamento. A base para estabelecer a frequência é a experiência dos que estão familiarizados com o equipamento, pelas recomendações do fabricante ou engenharia.

Tarefas diárias e periódicas são identificadas e descritas em detalhes preparando assim, as ações de manutenção preventiva, que estarão sujeitas a aprovação dos supervisores.

Os períodos de ação da manutenção preventiva, são agendadas com base em um calendário de doze meses.

A partir de então, pode-se expandir esse programa de manutenção preventiva a outras áreas, lembrando que a implementação de um projeto piloto é fundamental para essa expansão.

2.4 CÁLCULO DE VAZÃO

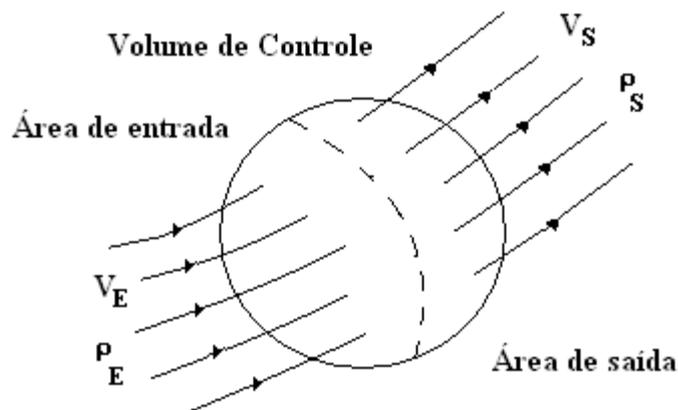
Dentro do cálculo de vazão, obtêm-se a relação dos valores primordiais na construção do projeto, o início de tudo, se dá pela vazão, pois como atende a uma gama de requisitos primários, que é perca de água e prejuízo econômico pela forma de manutenção existente. Vê-se a necessidade de ter um método para dar prosseguimento no restante do projeto.

Comumente equaciona-se o escoamento de um fluido por meio de seu volume de controle, caracterizando o método de Euler. O desenvolvimento do chamado princípio ou equação da continuidade é utilizado para demonstrar o conceito de volume de controle - VC. Da figura abaixo, pode-se observar que a equação da continuidade é estabelecida quando se considera que o escoamento atravessa um determinado volume de controle, ou seja, o escoamento entra no VC por uma área de entrada AE e sai por uma área de saída AS (ROMA, 2003).

Segundo Daniel Bernoulli a equação da continuidade é a equação que mostra a conservação da massa de líquido no conduto, ao longo de todo escoamento. Esta equação da continuidade estabelece que:

- O volume total de um fluido incompressível (fluido que mantém constante a densidade apesar das variações na pressão e na temperatura) que entra em um tubo será igual aquele que está saindo do tubo;
- A vazão medida num ponto ao longo do tubo será igual a vazão num outro ponto ao longo do tubo, apesar da área da seção transversal do tubo em cada ponto ser diferente;

Figura 3: Volume de controle.



Fonte: Daniel Bernoulli aula cap. 15 – 2ª parte.

Informações práticas:

A área da seção transversal será dada por: $\pi r^2 \rightarrow \pi \times 0,0125^2 = 0,0004908 \text{ m}^2$

Os testes apontaram um fluxo de água da mangueira de: 4,5 L/s

As unidades de vazão são obtidas pela divisão de unidade de volume por unidade de tempo. Tem-se, então: $[Q] = \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$; convertendo 4,5 L/s, temos: $0,0045 \text{ m}^3/\text{s}$.

Vale ressaltar que pelo menos 5 dias eles ficam 10 min dispersando água sobre a tubulação para que ocorra o descongelamento. Sendo assim, fica o seguinte cálculo:

5 dias x 10 min = 50 minutos semanais que são 200 minutos mensais.

Para cada minuto temos 60 segundos, ou seja: $200 \times 60 = 12.000$ segundos

Em m^3 , teremos $12.000 \text{ s} \times 0,0045 \text{ m}^3/\text{s} = 54 \text{ m}^3$

2.5 CÁLCULO DE GASTOS COM ÁGUA

Uma vez que se tem a quantidade em m³ de água que será desperdiçada. Pode-se calcular o valor gasto na conta de água em um mês. Obtém como referência o valor de 54m³, calculado acima no item anterior.

Quadro 1: Registro de Tabela Tarifária Copasa (Vigência: julho 2022).

Faixas de Consumo	Unidade gasta (m ³)	Tarifa de Água (R\$)	Tarifa de Esgoto (R\$)	Total (R\$)
De 0 a 5 (5)	1	18,70	13,85	32,55
De 5 a 10 (5)	1	28,06	20,76	48,82
De 10 a 20 (10)	2	75,46	55,84	262,60
De 20 a 40 (20)	1	190,16	140,73	330,89
TOTAL				674,86

Fonte: O autor.

2.6 RAIOS X

O conhecido raio x, que na verdade é a emissão de partículas provenientes de corpos radioativos, é utilizada para detectar variação de uma região de um determinado material que apresenta diferença em espessura ou densidade. Ou seja, a radiografia é um método usado para inspeção não destrutiva que se baseia na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que está sendo inspecionada.

A radiologia industrial desempenha um papel importante e de forma insuperável na documentação da qualidade do produto inspecionado, pois a imagem projetada do filme radiográfico representa a fotografia interna da peça, o que nenhum outro ensaio não destrutivo é capaz de mostrar na área industrial (ANDREUCCI, 2017, Pg.5).

3 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado no Hospital Regional do Sul de Minas localizado na cidade de Varginha, no sul de Minas Gerais. A referida empresa não tem um plano de manutenção preventiva, apenas se utiliza da manutenção corretiva.

A referida empresa possui inúmeras demandas, sem antes atentar para o processo de manutenções. A proposta é analisar o funcionamento de uma linha de oxigênio, e o funcionamento operacional da empresa, assim como as ordens de serviço de manutenção corretiva, e com base nesses dados coletados, desenvolver e aplicar um plano de manutenção preventiva nesta linha como modelo, apresentando os resultados no intuito de que os responsáveis compreendam a necessidade de se ter um bom plano de manutenção preventiva em operação, estendendo-o aos demais setores.

Foi apresentado a diretoria financeira da empresa o escopo do projeto em cima do tanque, assim como o modelo de implantação da manutenção preventiva. Com isso, foi aprovado e passado para o setor de compras realizar a cotação do material. Toda característica técnica dos materiais já estava no escopo, como:

- a) Diâmetro e espessura do tubo esponjoso.
- b) Fita silvertape.
- c) Fita de PVC.

O período de estágio na referida empresa, a princípio será de 07/02/2022 até 10/06/2020, tempo em que haverá a coleta dos dados, levantamento dos problemas e desenvolvimento do plano. Poderá haver renovação do contrato de estágio se necessário para conclusão do trabalho e acesso liberado a qualquer momento na empresa para análise dos resultados e acompanhamentos técnicos. Esta renovação aconteceu do dia 15/08/2022 até dia 28/10/2022 para inspeção do projeto em cima do tanque de oxigênio líquido.

Para desenvolver esse plano de manutenção preventiva, serão utilizados os manuais de operação dos tanques, com os dados e normas regulamentadoras sobre períodos de quando devem ser efetuados as manutenções e trocas de componentes. Também será feita inspeções periódicas, com a finalidade de checar a integridade desses componentes.

Esta aplicação se deu após os estudos e plano de manutenção preventiva e corretiva, visto que a aplicação do isolante de maneira inadequada poderia trazer sérias consequências a vida de pacientes, equipamentos hospitalares, ao próprio tanque de oxigênio e até mesmo aos funcionários que circundam o pátio interno, onde fica localizado o tanque criogênico.

A aplicação do material na tubulação é o viés do projeto, pois é ele que vai apresentar as características de ter um isolante, em relação a custo-benefício, prejuízos caso não instalado da maneira adequada, transferência do congelamento para o condensador que não viabiliza o projeto, dentre outros fatores que se pode majorar, trazendo uma alegação negativa para ele.

O que se sabe é que o contato com a atmosfera deve ser nulo, visto que qualquer umidade que permanece dentro do isolante vai fazer com que o congelamento aconteça de qualquer maneira, sendo assim, o primeiro passo para a aplicação é a metodologia para realizar esta tarefa, conforme descrito no próximo tópico.

Para a aplicação do tubo esponjoso foi coletado material deste para que possamos utilizar como forma de identificação de suas propriedades físicas. Foi tirado um raio x da peça antes da instalação que se deu no final do mês de agosto, depois uma segunda coleta em um mês e por último em outubro. Sendo assim apresentaremos os resultados de cada peça para verificar o que aconteceu com cada amostra coletada. Por isso colocamos como parâmetros alguns itens que foram definidos previamente para que após o raio x da segunda amostra não tivesse qualquer diferença vinda do equipamento de raio x.

Figura 4: Painel do raio x com parâmetros.



Fonte: O autor.

E para finalizar com os parâmetros, foi utilizado a distância do foco do raio x para a peça de 1 metro.

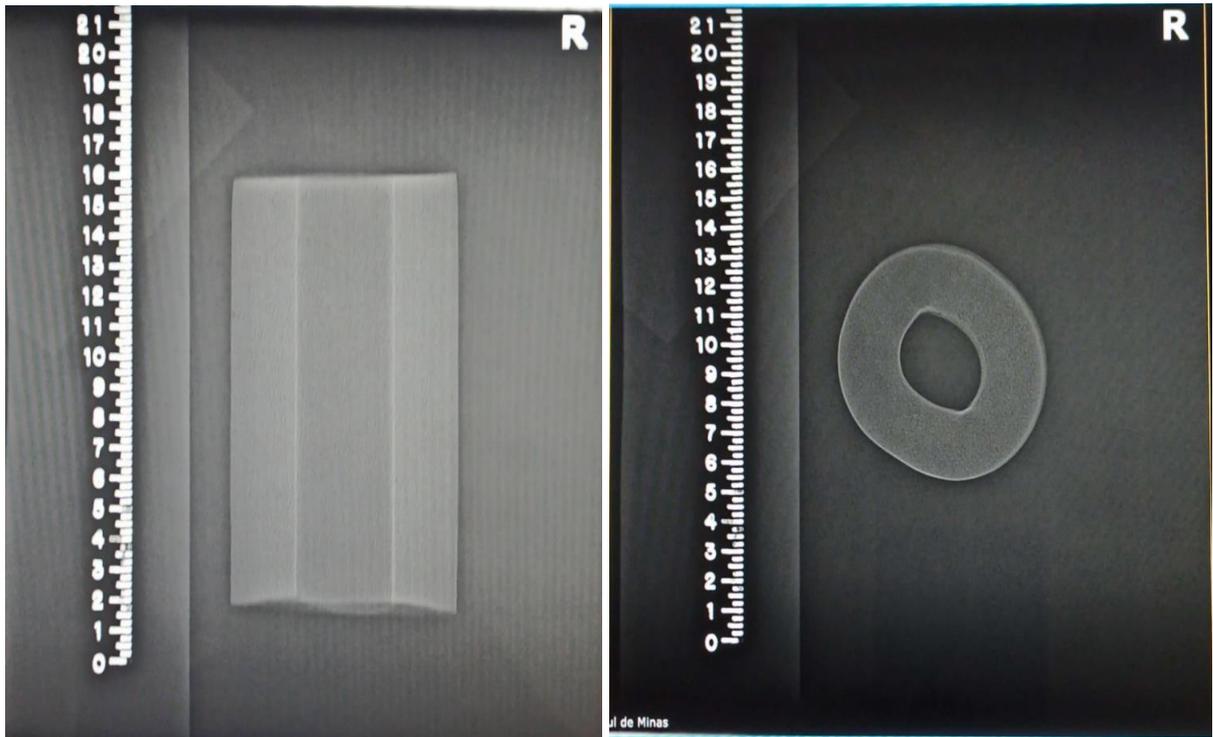
Figura 5: Distância do foco para a peça.



Fonte: O autor.

Desta forma, após toda a parametrização, foi tirado o primeiro raio x, conforme segue a imagem abaixo.

Figura 6: Primeira imagem de raio x do material isolante.



Fonte: O autor.

A seguir, apresenta-se como se deu a aplicação do isolante, seguindo os passos que estavam no escopo do projeto. Como o intuito é evitar a geração de placas de gelo, foi realizado o descongelamento dela, dispersando água nestas placas, conforme a manutenção trabalhava.

Figura 7: Dispersão de água para descongelamento.



Fonte: O autor.

Em pouco tempo após o degelo a tubulação já voltava a apresentar características de congelamento, isto porque é característico do fluido de oxigênio em baixa temperatura e pelo contato com a atmosfera. Assim como podemos verificar nas imagens abaixo:

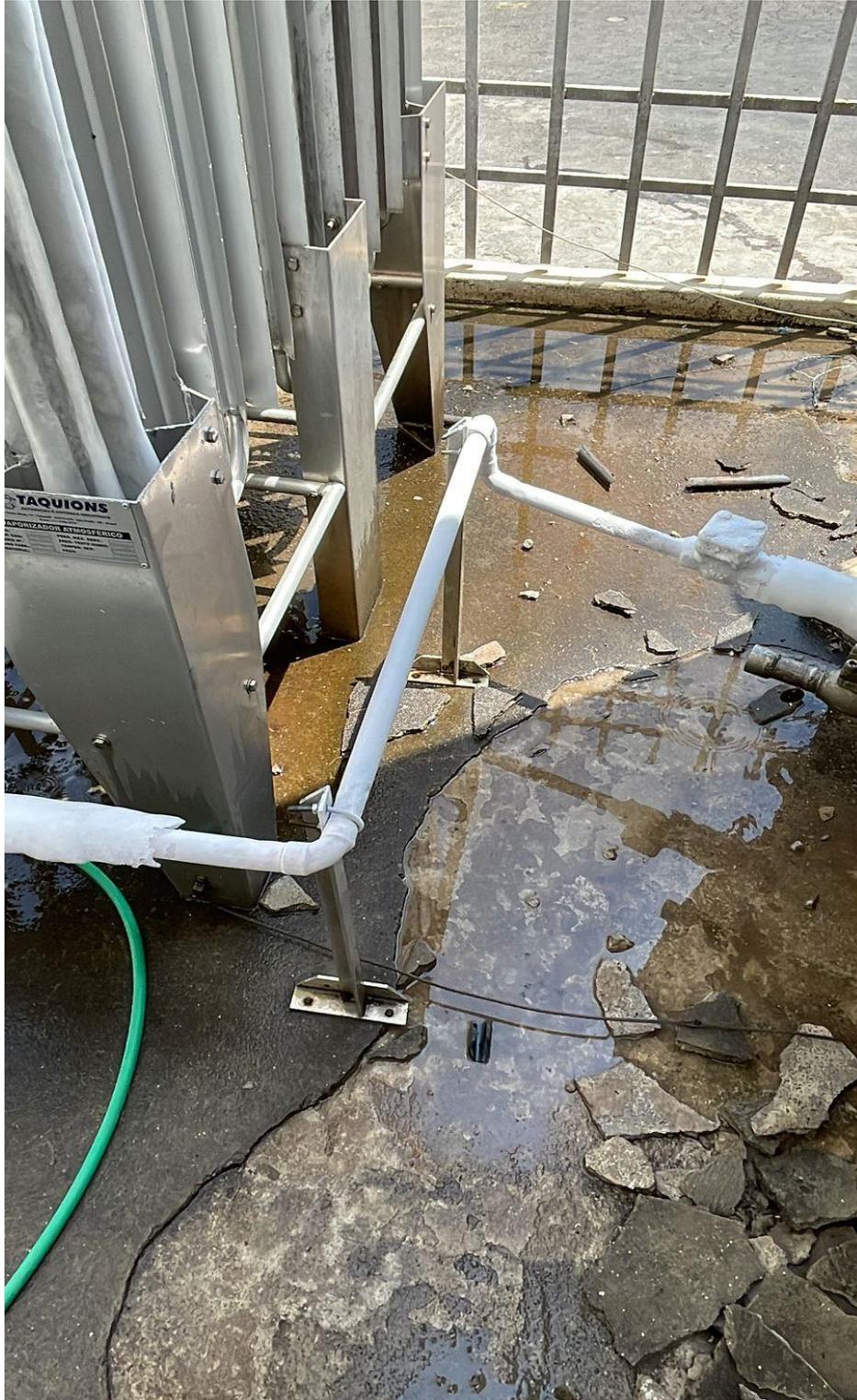
Figura 8: Descolamento da placa de gelo e início do congelamento.



Fonte: O autor.

E em apenas 3 minutos, já se tem um congelamento inicial de toda superfície, que antes estava toda descongelada. Com isso, pode-se observar que é necessário ser ágil na aplicação do isolante. Como pode ser observado na seguinte figura:

Figura 9: Congelamento em 3 minutos após o degelo.



Fonte: O autor.

Então para a aplicação do material, foi realizado o degelo, seguido da absorção de água com pano e foi aplicado uma primeira camada de fita de PVC branca para isolamento com a atmosfera. Em seguida foi aplicado o tubo esponjoso que é o material adequado para manter

nossa tubulação descongelada e fazer com que o congelamento não encubra o nosso material. Segue figura para apresentar a instalação deste:

Figura 10: Aplicação do tubo esponjoso.



Fonte: O autor.

Ao final da aplicação, é checado se realmente as laterais e a parede do tubo esponjoso ficou sem a aplicação das fitas, visto que qualquer contato com a umidade atmosférica pode comprometer o estudo.

Figura 11: Fim da aplicação do isolante.



Fonte: O autor.

Na aplicação do material, é necessário todo cuidado para não causar nenhum dano a tubulação e para que a instalação fosse bem-sucedida. Isto é, fechar toda a extremidade do isolante para que não entre umidade. Sendo assim, o que já era previsto aconteceu logo no primeiro dia de instalação que é a tentativa de congelamento sobre o material. Mas visto que, não foi permitido nada que acarretasse congelamento interno do isolante, isto não aconteceu. Segue imagem para verificar como permaneceu o material isolante.

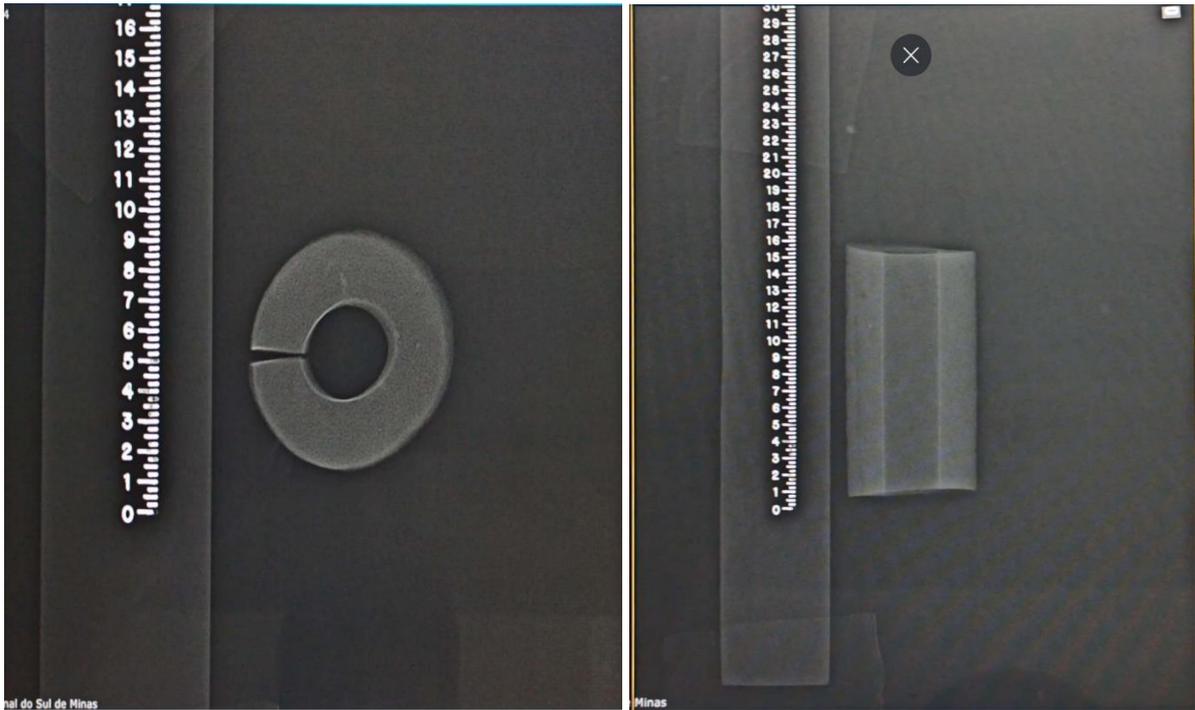
Figura 12: Tentativa de congelamento sobre o isolante.



Fonte: O autor.

E por fim, verifica-se se houve algumas avarias no processo, o que já é esperado, ou no mínimo alguma alteração das propriedades do material. Fez-se necessário então, um segundo raio x para entender qual a condição que a peça se encontrava, para entender se houve ou não aumento do feixe de elétrons sobre a peça. Segue então o segundo raio x:

Figura 13: Alteração na propriedade do material.



Fonte: O autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O que se sabe até o momento é a utilização de alguns materiais, que com o estudo, mostra ser eficiente e já é utilizado em gases com baixas temperaturas, que no caso é o ar-condicionado. Diferente do ar-condicionado será utilizado um material com uma diferença de espessura da parede da tubulação isolante, pois como se tem um processo que trabalha com temperaturas mais baixas, o material também será proporcional.

Quadro 2: Cotação do Material.

Material	Valor
Tubo esponjoso 1.1/4", 25mm de espessura	R\$ 202,72
Fita Silvertape	R\$ 28,40
Fita PVC branca	R\$ 11,70
TOTAL	R\$ 242,82

Fonte: O autor.

Outra maneira encontrada para análise de material, foi através de fotos tiradas após a realização destes testes e de imagens de raio x conforme mostrado anteriormente, com isso entendemos o comportamento do material selecionado, sendo assim é possível ver a necessidade de manutenção, troca do material isolante e por quanto tempo isso se dá. Pode-se analisar através das imagens obtidas que a instalação foi bem-sucedida e como consequência a obtenção do resultado esperado.

No entanto, é nítido ver as avarias que ocorreram no material. Antes da instalação o tubo esponjoso tinha uma película protetora externa e interna, foi constatado que o nível de porosidade interna se encontra maior depois da instalação, isso deve-se ao fato de que a temperatura interna, como ainda continua muito baixa e essa variação de temperatura que passa pelo tubo esponjoso vai tentar fazer com que toda a peça seja submetida a um congelamento. Assim como percebe-se que o material tem uma característica de flexibilidade maior e após a aplicação este mesmo material se torna mais enrijecido.

Assim como o tubo esponjoso, a fita de PVC também sofreu efeitos da tentativa da tubulação em congelar. O material que é bem mais maleável, ficou enrijecido e até mesmo quebradiço no seu primeiro contato com a tubulação.

Figura 14: Tubulação após retira do material isolante.



Fonte: O autor.

De modo em que todo e qualquer referencial sobre este assunto fosse exclusivamente escasso, visto a falta de proposta dele por outros estudiosos. Foi raro encontrar algo que substancialmente fosse relevante para o estudo. Desta forma o projeto foi além das expectativas que visa atender, trouxe economia para a empresa em que foi desenvolvida, preservação de recurso hídrico, além da implantação do plano de manutenção preventiva para este equipamento e já é estudo de caso para outras áreas visto que foi apresentado que há economia, vista que só era trabalhado de maneira corretiva. Percebe-se que a troca de temperatura com o meio, ou seja, o congelamento da tubulação acontece de maneira muito rápida, conforme podemos ver na imagem seguinte.

Figura 15: Início do congelamento após retirada do isolante.



Fonte: O autor.

5 CONCLUSÃO

Com esse trabalho, conclui-se que é indiscutível nos dias de hoje a não implementação e utilização de um plano de manutenção preventivo, que possa garantir o bom funcionamento e confiabilidade do maquinário em uma empresa. Além de apresentar melhorias dentro da produção de cada equipamento.

Assim como a confiabilidade, uma manutenção preventiva evita desperdícios, o lucro cessante e acidentes. Deve ser criado de acordo com as características e necessidades de cada equipamento, e aplicado com inteligência, programando a intervenção de modo que não prejudique o processo produtivo. E neste projeto foi possível ver que os resultados foram alcançados e são de maneira segura um caminho viável para obter economia e ajudar a preservar o meio ambiente.

A não observância dos parâmetros de funcionamento do tanque criogênico, pode acabar por interferir no seu bom desempenho, assim pode acarretar acidentes severos, podendo levar a óbito os pacientes e estragar os aparelhos que utilizam de oxigênio já na forma gasosa. Por isso foi necessário desde o início do estágio acompanhar as manutenções preventivas realizadas pela empresa terceirizada, para saber quais são as partes frágeis, o que pode ser alterado, como vai se dar o processo, o que está começando a se comportar de uma forma não prevista, indicando que apresentará problemas, dentre outros fatores. E para que isso aconteça, é preciso uma análise rigorosa sobre o material a ser implantado e como consequência a sua implantação.

Por fim, destacamos que todo o conjunto de estudo mais aplicabilidade é necessário para obter um resultado que fosse satisfatório. É notório a diferença entre o valor de instalação e de gasto com água. Vale dizer que quando se atua na solução de problemas, no uso da tecnologia, pesquisa de materiais e sempre através de pesquisas científicas, que se pode identificar como trabalho de engenharia.

REFERÊNCIAS

ABRAMAM, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ATIVOS. **Documentação Nacional A Situação da Manutenção no Brasil Edição 2018**. Disponível em: <http://www.eventos.abraman.org.br/pesquisa/glossario.php>. Acesso em 07 mar. 2020.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção mecânica industrial**. Conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Érica, 2014.

ANDREUCCI, Ricardo. **Radiologia industrial: A radiologia industrial**. São Paulo: Abendi, Ed. Maio, 2017

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 13: Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento**. Brasília: ABNT, 2019.

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

DALPIAZ, Lucas de Medeiros. **Análise do fornecimento dos produtos da destilação criogênica do ar**. Trabalho de Conclusão de Curso. Porto Alegre: UFRS, 2010.

DHILLON, B. S. **Engineering Maintenance a Modern Approach**. London: CRC Press; New York: Boca Raton, 2002.

SELEME, Robson. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: InterSaberes, 2015.