Unisanta Science and Technology, 2023, March
Published Online 2023 Vol. 12 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

A Importância da Inspeção Termográfica em partes Mecânicas e Elétricas de *Boilers* Empregados em Vestiários

Arlindo de Goes Moreira, Alex Brasil, Christopher Magalhães, Renan Alves Nori, Tiago Amâncio Pereira da Silva, Wesley Gomes de Oliveira

UNISANTA– Universidade Santa Cecília – Faculdade de Engenharia – Pós-Graduação em Engenharia da Confiabilidade
Rua Oswaldo Cruz, 266 - Santos-SP, Brasil - CEP: 11045-100

E-mail: arlindomoreira@unisanta.br
Received November, 2022

Resumo: Este artigo apresenta análise de ocorrência de prováveis acidentes em aquecedor elétrico de água, *boiler*, envolvendo pessoas que sofreram queimaduras. O desvio principal no funcionamento do sistema foi o fornecimento apenas de água quente de duchas em vestiário industrial. Para a elaboração do trabalho foi utilizado referências bibliográficas bem como coleta de dados em campo, local da falha. Serão apresentadas as análises onde pode ser observado as formas propostas para evitar este tipo de ocorrência, com o emprego de técnicas de inspeções mecânica e elétrica, empregando a técnica de termografia e inspeções do vaso de pressão. As metodologias empregadas para a realização da análise de falhas desse evento, gerou também a necessidade de ser implementado melhorias para permitir o aumento da confiabilidade do sistema de aquecimento de água, onde as principais ações foram revalidar a matriz de criticidade ABC, além da criação dos planos de inspeções mecânica e elétrica com o emprego da termografia nos painéis de controle e alimentação elétrica das cargas, corpo do *boiler* e conexões dos resistores, além de gerar um plano para inspeção baseado na NR13.

Palavras-chave: *Boiler*; Termografia; Matriz; NR13; Manutenção.

The Importance of Thermographic Inspection in Mechanical and Electrical Parts of Boilers used in Changing Rooms

Abstract: This article presents an analysis of the occurrence of accidents in an electric water heater, boiler, involving people who suffered burns. The main deviation in the functioning of the system was the supply of hot water only in the shower in an industrial locker room. For the elaboration of the work, bibliographical references were used as well as data collection in the field, location of the failure. The analyzes will be presented where the proposed ways to avoid this type of occurrence can be observed, with the use of mechanical and electrical inspection techniques, using the thermography technique and inspections of the pressure vessel. The methodologies used to carry out the failure analysis of this event also generated the need to implement improvements to allow the increase of the reliability of the water heating system, where the main actions were to revalidate the ABC criticality matrix, in addition to the creation of mechanical and electrical inspection plans with the use of thermography in control panels and electrical supply of loads, boiler body and resistor connections, in addition to generating an inspection plan based on NR13.

Keywords: Boiler; Thermography; Matrix; NR13; Maintenance.

1. Introdução

Atualmente, a norma regulamentadora NR-24 define que em empresas cuja necessidade de vestimentas de trabalho ou imposto o uso de uniforme, deve prover de vestiários em condição de conservação, limpeza e higiene. Devem ser dispostos de cerâmicas nos seus pisos e paredes, ventilação forçada, assentos e armários para armazenar os pertences (NR 24, 2019).

Copyright © 2023 ISESC

Nos vestiários das empresas são instalados *boxes* que podem conter chuveiros elétricos tradicional ou duchas com sistema de aquecimento de água através de acumulação de água, conhecido como *boiler* ou caldeira.

A água pode ser aquecida através de 3 modos, sendo eles, eletricidade como fonte de calor, gás como fonte de calor e sol como fonte de calor. Em todos os modelos de aquecedores os seus sistemas devem funcionar dentro dos padrões estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.

O sistema de aquecimento tendo a eletricidade como fonte de calor segue a norma NBR-5410, no qual rege padrões para a instalação de acumuladores e todo o sistema elétrico para carga do sistema, sistema de acionamento manual ou automático e sistema de segurança para operadores, NBR 5410, 2004. Também é aplicado a norma regulamentadora NR-13 para inspeção do vaso de pressão e válvula de segurança para garantir maior segurança no processo, NR 13, 2014.

Neste estudo de caso, tomaremos como exemplo a análise de uma pseudo-ocorrência em uma empresa, cujo relatório do acidente indica que um funcionário estava tomando banho, e de forma não controlada ocorreu uma variação dos fluxos de água, fazendo sair apenas água quente na ducha que estava em uso, tendo como efeito queimaduras em seu corpo.

Este acidente poderia ser evitado com o uso de inspeções mecânicas e elétricas, utilização de técnicas de termografia e inspeções do vaso de pressão, para tanto será apresentado as metodologias adotadas visando a garantia de não se repetir este acidente dentro da Companhia.

2. Desenvolvimento

No caso estudado, a companhia emprega um sistema de aquecimento de água por acumulação, no qual a água a ser utilizada é aquecida e acumulada em um reservatório, sendo distribuída conforme a demanda. O sistema funciona de forma contínua, mantendo a água na temperatura programada.

A sala dos *boilers* é composta por 3 boilers de 2500 litros, cuja potência é 27kW, um painel elétrico para alimentação do sistema de potência e comando, bem como tubulações revestidas com isolamento térmico para manter a temperatura da água, melhorar o rendimento e evitar queimaduras nos mantenedores e operadores.

Após concluir expediente, o funcionário estava tomando banho e de forma não programada ocorreu variação do fluxo de água fria, fazendo sair apenas água quente na ducha que estava sendo utilizada. A projeção de somente água quente teve como resultado a geração de queimaduras de 1° grau no funcionário.

Com o registro do acidente foram acionados os envolvidos para analisar a possível causa ou as possíveis. Para desenvolver as análises fora criado um grupo multidisciplinar composto pela engenharia de manutenção e equipes do setor de utilidades da empresa. No início das atividades fora observados desvios como o ajuste do controle de temperatura set point fora da faixa previamente estabelecida entre 45°C e 50°C, pontos danificados nos quadros de controle do sistema elétrico, equipamentos obsoletos e mal conservados.

2.1 Casa de *Boiler* Elétrico

A casa de boiler é composta por 3 boilers sendo 2 horizontais e 1 vertical, no qual todos tem o mesmo volume de 2500 litros, sendo todos do mesmo fabricante e modelos diferentes, entretanto, os resistores possuem a mesma potência de 27kW. Um painel geral para comando e potência, e tubulações com isolamentos térmicos. Para ajustes e comando, os *boilers* contam com termostatos para ajuste do set point da temperatura da água.

2.1.1 Características de *Boiler* Elétrico

O funcionamento do boiler elétrico basicamente consiste em um reservatório onde pode ser comparado a uma caixa térmica, tendo a função de manter a água na temperatura desejada, ajustada através do *set point* do termostato. O reservatório, corpo do boiler é revestido com material capaz de isolar termicamente a superfície do vaso, o que mantem a água por mais tempo aquecida, impedindo que o sistema troque calor com o ambiente externo. O aquecimento da água é realizado através de resistores instalados no interior do boiler. A quantidade de água para cada boiler é calculada através do consumo rápido por *box* do vestiário, uma vez que sempre que é utilizado a água aquecida, o sistema é renovado com água em temperatura ambiente e demora um tempo para aquecer novamente. A Figura 01, apresenta as características básicas do aquecedor, *boiler* elétrico.

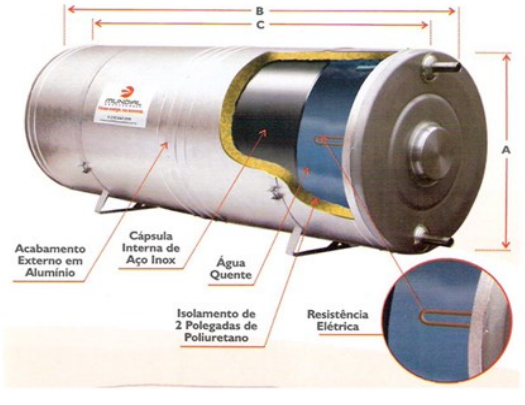


Figura 1. *Boiler* elétrico.

Copyright © 2023 ISESC

2.2 Desafios

Os desafios para elaboração de uma análise de falha que realmente aponte a causa raiz do problema, hoje nas empresas, ainda enfrentam algumas resistências de cunho administrativo, visto que em várias análises de casos a causa raiz está em uma falha humana, e com isso em várias empresas ainda representa uma punição a ser aplicada ao profissional que de forma equivocada é apontado durante a análise.

Vencido esta etapa, após constatado a causa raiz da falha, o principal objetivo é a proposta de uma ação capaz de eliminar a reincidência da ocorrência, aumentando assim a confiabilidade do elemento ou sistema em análise. Para o caso estudado, o sistema de aquecimento é realizado através do consumo de energia elétrica.

A análise desenvolvida pelo grupo direcionou para o emprego de algumas técnicas que permitiram um grande aumento da confiabilidade do sistema, bem como eliminar a possibilidade de novas ocorrências como foi relatado. O envolvimento de uma equipe multidisciplinar foi chave para as decisões a serem tomadas, onde além dos problemas no sistema elétrico, pode ser observado as deficiências dentro da área mecânica bem como nas metodologias de manutenção em ambas as disciplinas, adotadas para garantir a funcionalidade dos conjuntos.

2.3 Metodologia utilizada

Dentro dos processos de manutenção apontados os sistemas de inspeção mecânica e elétrica foram implementados visando garantir a constante verificação do estado dos conjuntos e seus vários componentes.

Os planos foram criados através dos históricos existentes observando as manutenções desenvolvidas nos vários anos de utilização dos conjuntos.

Foi implementado em conjunto com as adequações propostas a utilização da termografia permitindo a análise das conexões elétricas no interior dos painéis bem como dos resistores responsáveis pelo aquecimento da água no interior do vaso.

Por se tratar de um vaso de pressão está sujeito as recomendações listadas na NR13, observado que não era um elemento relacionado nos vasos controlados dentro do plano da companhia. A NR13 além de relacionar requisitos sobre caldeiras, tubulações, vasos metálicos também trata dos tanques metálicos de armazenamento. Os boilers são considerados também vasos de pressão desta forma precisam passar por inspeções diversas de segurança.

2.3.1 Matriz de criticidade ABC

A curva ABC é uma metodologia que permite classificar os itens de maior criticidade para a menor, consecutivamente. É realizada através de análise de dados históricos abrangendo as áreas de segurança, meio ambiente, qualidade, produção e custo. Neste caso o sistema de aquecimento de água prove recurso, água aquecida, para que os colaboradores possam tomar banho, entre outras atividades, sendo classificado quando da elaboração inicial das análises como recurso C, dentro da matriz. A Tabela 1 apresenta a descrição dos pesos atribuídos as áreas analisadas. Com os dados histórico dos equipamentos e apoio da Tabela 1 foi definido a criticidade ABC através da matriz da Tabela 2.

Tabela 1. Peso e descrição para classificação.

	Peso 1	Peso 2	Peso 3
Segurança	Baixo Risco de Acidente	Médio Risco de acidente	Alto Risco De acidente
Meio Ambiente	Insignificante Impacto ao Meio Ambiente em caso de falha	Impacto moderado ao Meio Ambiente em caso de falha	Alto Impacto ao meio ambiente em caso de falha
Qualidade	Não afeta qualidade do produto	Parcialmente Afeta Qualidade do produto	Afeta qualidade do produto
Produção	Não impacta a produção em caso de falha	Impacta moderadamente a produção em caso de falha, porém não é recurso único	Impact diretamente produção em caso de falha, recurso único
Custo	Baixo valor agregado e custo de manutenção	Médio valor agregado e custo de manutenção	Alto valor agregado e custo de manutenção

Tabela 2. Matriz de classificação ABC.

Classificação
A = Pontuação> 10
B = Pontuação 6 a 10
C = Pontuação 0 a 5

Classificação ABC - Recursos							
Maquina / Equipamento / Recurso	Segurança	Meio Ambiente	Qualidade	Produção	Custo	Pontuação	Classificação
Esteira produção 1	2	1	1	3	2	9	B
Centro de usinagem	2	1	3	3	2	11	A
Prensa hidraulica	3	1	3	3	1	11	A
Estufa Elétrica	3	1	3	3	1	11	A
Torno mecanico	3	1	2	3	1	10	B
Aquecimento de Agua	1	1	1	1	1	5	C
Torno CNC	3	1	2	3	1	10	B
Cabine de pintura	2	3	3	2	1	11	A
Furadeira de bancada	3	1	2	1	1	8	B
Lixadeira circular	1	1	1	1	1	5	C

Copyright © 2023 ISESC

2.3.2 Planos de manutenção

Os planos de manutenção são necessários para garantir que a vida útil dos ativos seja prolongada, através da execução de atividades em pontos definidos pelo fabricante, pontos analisados como críticos pelo mantenedor. Nos procedimentos padrões adotados pela empresa são disparados suas execuções de forma cíclica. A partir da classificação ABC do equipamento, foi definido apenas manutenção sob demanda, conforme Tabela 3, onde atualmente os planos de manutenção são criados a partir de dados histórico do equipamento na planta.

2.3.3 Planos de inspeções termográfica

A termografia elétrica ou inspeção termográfica nos sistemas elétricos faz parte dos métodos de manutenção preditiva, sendo muito utilizada para avaliar a condição e estado dos equipamentos, painéis e instalações elétricas, cabines elétricas, motores e acoplamentos, tanques, tubulações e edifícios. Para esse equipamento não existia planos de inspeção termográfica devido a classificação ABC inicialmente ter sido classificado como C.

2.3.4 Planos de inspeções NR13

Para todo tipo de vaso de pressão deve existir inspeções de acordo com o seu tipo estrutural, para cada vaso de pressão existirá dados individuais que irá definir a periodicidade das inspeções sendo elas de acordo com a categoria e classe do vaso.

Para os boilers estudados, não existia nenhum plano de inspeção determinados na NR13.

3. Resultados e discussão

A partir da análise de falha foi identificado que o set point estava ajustado a 45°C, porém na ducha estava chegando 65°C, com um ΔT de 20°C, foi identificado que o sistema de aquecimento de água não possuía um plano de manutenção preventiva ou preditiva adequado, que permitisse antever possíveis falhas, bem como manter a expectativa de vida útil do sistema, tendo como base as condições apresentadas pelo equipamento, vários pontos danificados.

Para garantir a confiabilidade do sistema de aquecimento de água, foram necessárias algumas mudanças no conjunto e processos de manutenção, foi necessário revalidar a matriz de criticidade ABC, criar planos de inspeções, criar plano de inspeção termográfica no painel, *boiler*, resistências e criar um plano para inspeção NR13 a fim de atender a norma regulamentadora. De imediato, através de dados coletados na análise do acidente, foi possível realizar a revisão da matriz ABC, redefinindo a classificação ABC para B conforme Tabela 4.

Após a revisão da matriz de criticidade ABC, foram elaborados planos de inspeção mecânica e elétrica conforme indicado na Tabela 3.

O novo plano de manutenção é baseado em inspeções elétricas e mecânicas, possibilitando através de dados históricos definir atividades, periodicidade e recursos necessários para manter os ativos. Na Tabela 5, é possível observar o plano criado para atender as necessidades do sistema de aquecimento de água, objetivando manter as funcionalidades dos sistemas elétricos existentes.

Tabela 3. Estratégia de manutenção a partir da classificação ABC.

Estratégia de Manutenção					
Classificação	Manutenção Sob Demanda	Manutenção Preventiva	Manutenção Preditiva (inspeções)	Gestão de custos do ativo	Gestão de Spare Parts
A = Pontuação> 10	Aplicavel	Aplicavel	Aplicavel	Aplicavel	Aplicavel
B = Pontuação 6 a 10	Aplicavel	Aplicavel	Aplicavel	Não Aplicavel	Não Aplicavel
C = Pontuação 0 a 5	Aplicavel	Não Aplicavel	Não Aplicavel	Não Aplicavel	Não Aplicavel

Tabela 4. Matriz de criticidade ABC revisada.

Classificação ABC - Recursos							
Maquina / Equipamento / Recurso	Segurança	Meio Ambiente	Qualidade	Produção	Custo	Pontuação	Classificação
Esteira produção 1	2	1	1	3	2	9	B
Centro de usinagem	2	1	3	3	2	11	A
Prensa hidraulica	3	1	3	3	1	11	A
Estufa Elétrica	3	1	3	3	1	11	A
Torno mecanico	3	1	2	3	1	10	B
Aquecimento de Agua	3	1	1	1	3	9	B
Torno CNC	3	1	2	3	1	10	B
Cabine de pintura	2	3	3	2	1	11	A
Furadeira de bancada	3	1	2	1	1	8	B
Lixadeira circular	1	1	1	1	1	5	C

Copyright © 2023 ISESC

Tabela 5. Exemplo de plano de inspeção elétrica.

Manutenção Preventiva				
Atividade	**Executantes**	**Tipo Atividade**	**Ferramentas**	**Periodicidade**
Com painel desenergizado e bloqueado, realize o aperto de bornes e conexões	1	Elétrica	Chave Philips e Fenda	Semestral
Com painel desenergizado e bloqueado, realize a limpeza e elimine possíveis oxidações dos barramentos e conexoes	1	Elétrica	Limpa contato e pano	Semestral
Com painel desenergizado e bloqueado, verifique o funcionamento mecanico das chaves seccionadoras	1	Elétrica	-	Anual
Substitua as resistencias elétricas do Boiler	2	Eletrica	Chaves combinadas, philips e Fenda	Quinquenal

Através dos planos criados foi possível garantir maior disponibilidade nos equipamentos, uma vez que periodicamente são realizadas inspeções em diversos conjuntos e subconjuntos, e através dessas inspeções, são geradas ordens de serviço para execução das devidas correções ou aprimorar as manutenções preventivas.

Para realizar termografia a opção foi a aquisição de um instrumento após analisar a possível contratação dos serviços por um terceiro. Analisar as imagens térmicas, permite antecipar as falhas geradas por processos de aquecimentos em contatos elétricos, conexões dos componentes como resistores, perda térmica em função de falhas nos revestimentos entre outros itens.

Para permitir precisão nos valores obtidos durante a inspeção termográfica, o ajuste da emissividade é muito importante para garantir uma medição confiável.

A emissividade é a capacidade de um objeto emitir radiação eletromagnética, energia infravermelha quando o comparamos com o chamado "corpo negro" para a mesma temperatura e comprimento de onda.

A energia emitida é proporcional a quarta potência da temperatura de um objeto. A emissividade pode ser um valor de 0, refletida por um espelho, até 1,0 para um corpo negro perfeito (teórico).

A Tabela 6 apresenta a emissividade para os materiais empregados no *boiler*.

A Tabela 7, foi empregada para classificar os desvios encontrados nas inspeções termográficas, permitindo planejar de forma padronizada as intervenções.

As classificações apresentadas são empregadas nas ordens de serviço para permitir alocar recursos de forma a não impactar nas rotinas de manutenção já assumidas junto a empresa.

Tabela 6. Tabela de emissividade por material.

Material		Emissividade
Alumínio	Chapa Comercial	0,09
	Polido	0,02-0,10
	Oxidado	0,20-0,40
Latão	polido	0,01-0,05
	Oxidado	0,5
Cobre	Polido	0,02
	Altamente Oxidado	0,78
Estanho	Chapa Aço estanhada	0,07
Níquel	Polido	0,07
Prata	Polida	0,02
	Oxidada	0,50-0,95
Porcelana	–	0,92
Vidro	Plano	0,85
Fita isolante	–	0,98

À medida que itens classificados como normal, alarme1 ou alarme 2 foram tratados dentro dos prazos esperados os itens críticos classificados como alto risco passaram a não existir, desta forma a confiabilidade operacional dos *boilers* naturalmente aumentaram, assim como a segurança para os usuários do sistema.

Copyright © 2023 ISESC

Tabela 7. Critério de classificação de aquecimento.

Status	Ação
Normal	Nada a fazer, equipamento está operando conforme características de projeto
Alarme 1	Estado de alerta, retornar a fazer a medição no prazo de 30 dias e verificar se voltou ao estado normal ou se elevou a temperatura
Alarme 2	Programar intervenção nos próximos 15 dias para identificar a causa e solucionar o desvio
Alto risco	Parar imediatamente a máquina/equipamento, buscar identificar a o desvio, solucionar e verificar junto a engenharia possível revisão de plano de manutenção.

Baseado nas informações apresentadas e discutidas na Tabela 7, foi criada a Tabela 8.

Esta tabela objetiva apoiar a análise no momento da inspeção, permitindo o mantenedor tomar decisão referente a ação e diagnóstico a ser executado.

Baseado nos dados apresentados foi definido o plano de termografia com periodicidade trimestral, no qual o inspetor coleta as temperaturas dos componentes do painel e boiler.

A Tabela 9 apresenta o plano adotado para os *boilers*.

De acordo com o plano de manutenção apresentado foi tomado como referência as imagens a seguir para auxiliar na padronização das inspeções do *boiler*, do painel e do sistema como um todo.

Na Figura 02 são apresentadas as conexões dos resistores de aquecimento.

Tabela 8. Tabela de valores em °C para apoio.

TABELA DE VALORES PARA TERMOGRAFIA EM °C				
COMPONENTE ELÉTRICO	NORMAL	ALARME 1	ALARME 2	ALTO RISCO
Condutor encapado (PVC)	28,8	43,2	57,6	84
Condutor encapado (EPR)	40,8	61,2	81,6	108
Condutor encapado (XLPE)	40,8	61,2	81,6	108
Régua de bornes	28,8	43,2	57,6	84
Conexões mediante parafusos de aperto	28,8	43,2	57,6	84
Conexões e barramentos de baixa tensão	40,8	61,2	81,6	108
Contatores	40,8	61,2	81,6	108
Corpo de fusíveis	46,8	70,2	93,6	120
Transformador à óleo, ponto mais quente (núcleo)	34,8	52,2	69,6	96
Transformador a óleo	25,8	38,7	51,6	78
Transformador a seco, classe de isolação 105	25,8	38,7	51,6	78
Transformador a seco, classe de isolação 130	40,8	61,2	81,6	108
Transformador a seco, classe de isolação 155	55,8	83,7	111,6	138
Transformador a seco, classe de isolação 180	70,8	106,2	141,6	168
Disjuntor motor	49,8	74,7	99,6	126
Disjuntores em Geral	37,8	56,7	75,6	102
Secionadoras	46,8	70,2	93,6	120

Página 1

Tabela 9. Plano de manutenção preditiva de termografia.

Manutenção Preditiva - Inspeções				
Atividade	Executantes	Tipo Atividade	Ferramentas	Periodicidade
Realizar a inspeção termográfica do painel de acordo com as instruções no plano e valores de referencia	1	Elétrica	Camera Termográfica	Trimestral
Realize inspeção termográfica das resistencias e suas conexões e identifique caso exista algum ponto destacado em relação aos demais	1	Elétrica	Camera Termográfica	Trimestral
Verifique se o set point do controlador de temperatura se está setado em 45°C e com o auxilio do termovisor cheque a temperatura da agua se está correspondente ao valor setado	1	Elétrica	Camera Termográfica	Semestral
Inspecione o funcionamento da valvula de segurança	1	Mecanico	-	Anual
Inspecione externamente o boiler caso necessário e verifique a existencia de algum ponto com pintura danificada que possa estar sendo um ponto de concentração de perda de calor	1	Elétrica	Multimetro	Quinquenal

Copyright © 2023 ISESC



Figura 02. Conexão dos resistores.

Na Figura 03 é apresentado os pontos adotados para inspeção térmica do painel de controle e alimentação dos boilers.

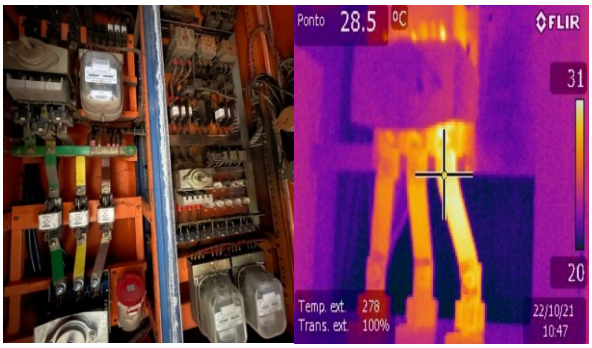


Figura 03. Painel de controle e alimentação.

Na Figura 04, é apresentado os pontos adotados para inspeção térmica dos *boilers* onde pode ser observado além da condição da isolação térmica do corpo do tanque, também a condição das tubulações de saída de água para o consumidor, duchas dos vestiários.

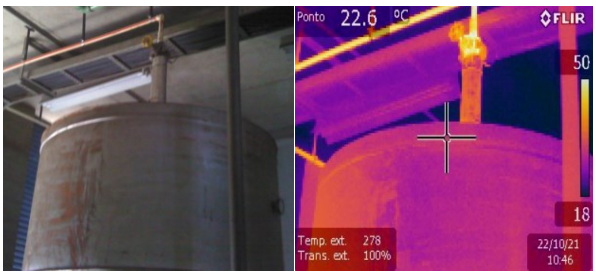


Figura 04. Detalhe corpo do tanque.

Para a NR13 optou-se em contratar uma empresa devido a necessidade de ferramentas especiais e certificados. A partir dessa contratação foram iniciados estudos para definir os tipos de inspeções aplicadas e periodicidade.

Segundo a norma regulamentadora 13, a classificação dos vasos de pressão contido na empresa são de classe D pois não se enquadra nos demais descritos na norma, o grupo de potência de risco foi 4 e com isso a categoria do vaso de pressão ficou definida em V.

Com a categoria do vaso definida, foi criado um plano de inspeção para o vaso de 5 em 5 anos e para as válvulas de segurança anual. Foi criado um livro para ser o prontuário do vaso de pressão, certificado de calibração dos dispositivos de segurança, relatórios de inspeção e ART.

4. Conclusões

A técnica de termografia em inspeções mecânicas e elétricas tem grande importância para a garantia da continuidade e segurança operacional dos equipamentos de uma planta. Contando com planos de inspeção bem elaborados e parametrizados, as intervenções nos equipamentos tornam-se mais assertivas para os pontos que apresentam desvios térmicos, em função de falta de torque em conexões, entre outros pontos.

O estudo de equipamentos termoquímicos é indispensável quando há por exemplo vasos de pressão em uma planta industrial, rever os planos de manutenção, bem como as classificações atribuídas aos equipamentos abrem uma oportunidade de aprimorar e até mesmo adequar determinadas atividades aos processos de manutenção, proporcionando assim redução dos custos, aumento da disponibilidade para operar e consequentemente há o aumento natural da segurança de pessoas e equipamentos, aumentando a expectativa de vida útil dos ativos.

Como recomendação para estudos futuros, o emprego da técnica de ultrassom para inspeção dos componentes, poderá ser utilizado para aumentar ainda mais a confiabilidade dos equipamentos da planta.

Referências

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. 2004. NBR 5410. Instalações elétricas de baixa tensão. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: https://docente.ifrn.edu.br/jeangaldino/disciplinas/2015.1/instalacoes-eletricas/nbr-5410. Acesso em 24 de novembro de 2021, às 16h00min.

• ANEXO 2 - Tabela de emissividade. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: https://vdocuments.mx/anexo-2-Tabela-de-emissividade.html. Acesso em 17 de novembro de 2021, às 19h30min.

Copyright © 2023 ISESC

• LEGISLAÇÃO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO. 2014. NR 13 Norma Regulamentadora Caldeiras e e Vasos de Pressão. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr13.htm. Acesso em 15 de novembro de 2021, às 20h00min.

• LEGISLAÇÃO DO MINISTÉRIO DO TRABALHO. 2019. NR 24 Norma Regulamentadora Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-24-atualizada-2019.pdf/view. Acesso em 17 de novembro de 2021, às 22h00min.

• Montu, T. M. S., 2016. ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS RESIDENCIAIS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/12693/1/2016_ThiagoMendoncaSandanielliMontu.pdf. Acesso em 04 de novembro de 2021, às 16h30min.

• Moreira, A. G., 2015. Manutenção Preditiva. FORTEC. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: https://ava.unisanta.br/mod/folder/view.php?id=166577. Acesso em 22 de novembro de 2021, às 19h30min.

• Paluchowski, C.; Steffenello, F; Steffenello, M.; Franken, T; Spohr, C. B. 2011. Bases teóricas de inspeção termográfica para aplicação em componentes elétricos. SIEF – Semana Internacional das Engenharias. Horizontina: FAHOR. [online] Disponível na Internet via WWW. URL:http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Bases_inspecao_termografica_componentes%20eletricos.pdf. Acesso em 17 de novembro de 2021, às 20h00min.

• Trovati, J., 2004. Tratamento de Agua de Resfriamento. [online] Disponível na Internet via WWW. URL: https://ava.unisanta.br/mod/folder/view.php?id=166331. Acesso em 23 de novembro de 2021, às 17h15min.

Copyright © 2023 ISESC