



Condições de Segurança em Operações de Máquinas Térmicas

Maurício Ribeiro da Cunha Filho

mauricio_ofc@hotmail.com

Wanielly Pereira Emidio

wpemidio@outlook.com

Orientador: Prof. Me. Francisco Reginaldo da Rosa

Coordenação de Curso de Engenharia Mecânica

Resumo

As grandes máquinas térmicas, neste caso específico, as caldeiras que vem surgindo e se desenvolvendo juntamente com as grandes tecnologias e altas demandas, detém sempre um certo cuidado para manusear e operar, para atingir seu alto desempenho, de forma segura e eficaz. Este trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre o desempenho das caldeiras industriais, e suas condições de segurança, levando em consideração o cenário atual e o grande avanço tecnológico. Com o cenário evoluindo cada vez mais e pensando na segurança do operador, este trabalho, por meio de estudo de caso e referencial teórico, vem apresentar os riscos de segurança presentes durante as operações, normas regulamentadoras, prevenção de acidentes, inspeções técnicas e a automatização do processo.

Palavras-chave: Caldeira. Máquinas térmicas. NR13.

1. Introdução

Caldeira é o nome popular dado aos equipamentos geradores de vapor, cuja aplicação tem sido ampla no meio industrial (ALTAFINI,2022). A caldeira de vapor é um equipamento fundamental em indústrias e empresas para diferentes funções.

Com os primeiros protótipos das caldeiras a vapor tendo surgido em meio a Primeira Revolução Industrial, a qual ocorreu durante o século XVIII, fazendo com que o vapor passasse a ser parte primordial e indispensável em diversos processos produtivos, especialmente dentro das indústrias. Hoje, após terem passado por diversas evoluções e adaptações para atender diferentes necessidades energéticas, finalidades, espaços e níveis de eficiência, a caldeira a vapor passou a ser parte integral e fundamental nas indústrias, até mesmo com a presença da tecnologia e das indústrias modernizadas. A falta de manutenção ou falta de treinamento do operador, para o uso desse equipamento, pode gerar falhas mecânicas ou falhas humanas que, conseqüentemente, podem acarretar em acidentes de trabalho irreparáveis.

Segundo Altafini (2002), as caldeiras representam um grande investimento e gastos para a empresa, portanto para garantir lucros é necessário que sua operação seja segura e eficaz. Assim, é essencial o treinamento do funcionário responsável para o uso desse tipo de equipamento. Falhas nas práticas estabelecidas para o perfeito funcionamento das caldeiras podem ser catastróficas e acarretar risco a vidas humanas.

Sendo assim, o presente trabalho utilizará a metodologia de pesquisa bibliográfica com tema relacionado sobre a operação de Caldeiras de acordo com a NR13, buscando enfatizar conceitos, funcionamento e segurança nas operações.

2. Desenvolvimento

2.1 Caldeiras

Hoje em dia, existem diversos modelos de caldeiras, modelos compactos, estando presentes em diversos processos industriais, comerciais e até residenciais. Porém, a história da caldeira é de longa data, sendo criada séculos atrás.

Em caráter industrial, as primeiras aplicações práticas para geração de vapor surgiram por volta do século 17. Em 1698, Thomas Savery patenteou um sistema de bombeamento de água que utilizava vapor como força motriz.

Já em 1711, Thomas Newcomen, desenvolveu outro equipamento com a mesma finalidade. Muitas vezes chamado como Máquina de Newcomen, este tipo de caldeira era apenas um reservatório esférico, com aquecimento direto no fundo. O equipamento também é citado como “Caldeira de Haycock”.

Posteriormente, em 1769, James Watt modifica o modelo desta caldeira, evoluindo para a caldeira tipo vagão, que foi precursora das caldeiras utilizadas em locomotivas a vapor.

Infelizmente, devido a utilização de fogo direto e ao grande acúmulo de vapor no recipiente, todos estes modelos provocaram explosões, devido a ruptura do vaso que causava grande liberação de energia na forma de expansão do vapor contido.

Os primeiros desenvolvimentos de caldeiras com tubos de água começaram a aparecer no fim do século 18 e início do século 19. O modelo de John Stevens movimentou um barco a vapor no Rio Hudson. Stephen Wilcox, em 1856, projetou um gerador de vapor com tubos inclinados, e da associação com George Babcock tais caldeiras passaram a ser produzidas, com grande sucesso comercial.

Somente em 1880, Alan Stirling desenvolveu uma caldeira de tubos curvados, cuja concepção básica é utilizada até hoje nas grandes caldeiras aquatubulares.

Neste período, as caldeiras já estavam sendo utilizadas em larga escala, inicialmente para movimentar barcos e locomotivas e, posteriormente para geração de energia elétrica. O desenvolvimento técnico das caldeiras de vapor se deu principalmente pelo aumento das pressões e temperaturas de trabalho e no rendimento térmico, com utilização dos mais diversos combustíveis. A aplicação na propulsão marítima alavancou o desenvolvimento de equipamentos mais compactos e eficientes e com isso foi se estendendo sua utilização para diversos outros segmentos, residenciais, comerciais ou industriais.

2.2 Tipos de Caldeiras

Mesmo com a evolução e com a diversidade de caldeiras existentes hoje no mercado, todas elas possuem a mesma finalidade: são equipamentos metálicos responsáveis por produzir, armazenar e distribuir o vapor para a geração de energia elétrica, principalmente, dentro das indústrias e para a colaboração com as diversas etapas dos processos produtivos.

Caldeiras são equipamentos destinados a produzir e armazenar vapor saturado, a pressão superior à atmosférica. São dois os tipos mais básicos: FLAMOTUBULARES e AQUATUBULARES (SILVA, 2014).

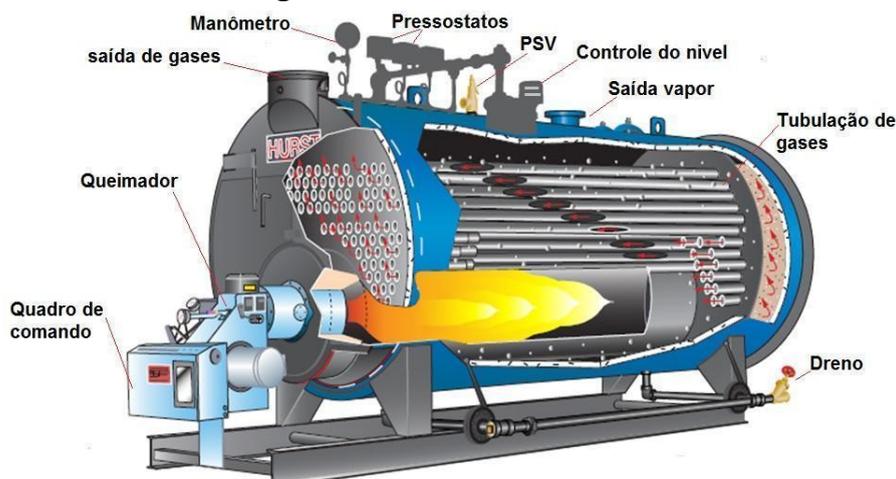
2.2.1 Caldeiras Flamotubulares

As caldeiras flamotubulares são aquelas com tubos de fogo ou fumaça circundados de água.

Nelas, os gases resultantes da combustão atravessam esses tubos, que cedem calor ao líquido durante a passagem.

Apesar de possuir um rendimento térmico relativamente baixo, esses são os tipos de caldeiras mais comuns, já que sua construção é simples e capaz de atender perfeitamente locais que demandam uma baixa quantidade de energia, figura 1.

Figura 1 - Caldeira flamotubular



Fonte: Victor Togawa (2020). Disponível em: (<https://togawaengenharia.com.br/blog/os-principais-tipos-de-caldeiras/>). Acesso: (30/09/2022)

2.2.1.1 Caldeiras flamotubulares de grelha fixa

As caldeiras flamotubulares de grelha fixa consistem em modelos flamotubulares que são desenvolvidos com fornalhas aquatubulares.

Sua pressão média é de até 30 kgf/cm², com capacidade de 600 a 30.000 kgv/h, o que faz com que sejam destinadas às indústrias com menor demanda de geração de vapor.

Com facilidade de inspeção e manutenção, esses tipos de caldeiras contam com grelha em escada inclinada e refrigerada, garantindo perfis fluidodinâmicos que obtêm uma maior transferência de calor.

Seu uso inclui a geração de energia e de vapor saturado no processo. Seus principais combustíveis incluem lenhas em toras, biomassa, serragem, cavaco de madeira, resíduos agrícolas, cascas de arroz, entre outros (FILMACO, 2020).

2.2.1.2 Caldeiras Flamotubulares de Grelha Móvel

Também caracterizadas por caldeiras flamotubulares com fornalhas aquatubulares e pressão média de 30 kgf/cm², as opções de grelha móvel se diferem por contar com uma capacidade maior, de 3.000 a 30.000 kgv/h.

Sua vantagem é o sistema de combustão em que a grelha é própria para a queima de materiais picados, como serragem, cavaco de madeira, casca de arroz, maravalha, resíduos agrícolas, entre outros semelhantes.

O combustível é inserido por meio de silos dosadores, que inserem sobre a grelha a quantidade necessária para a combustão (FILMACO, 2020).

2.2.2 Caldeiras Aquatubulares

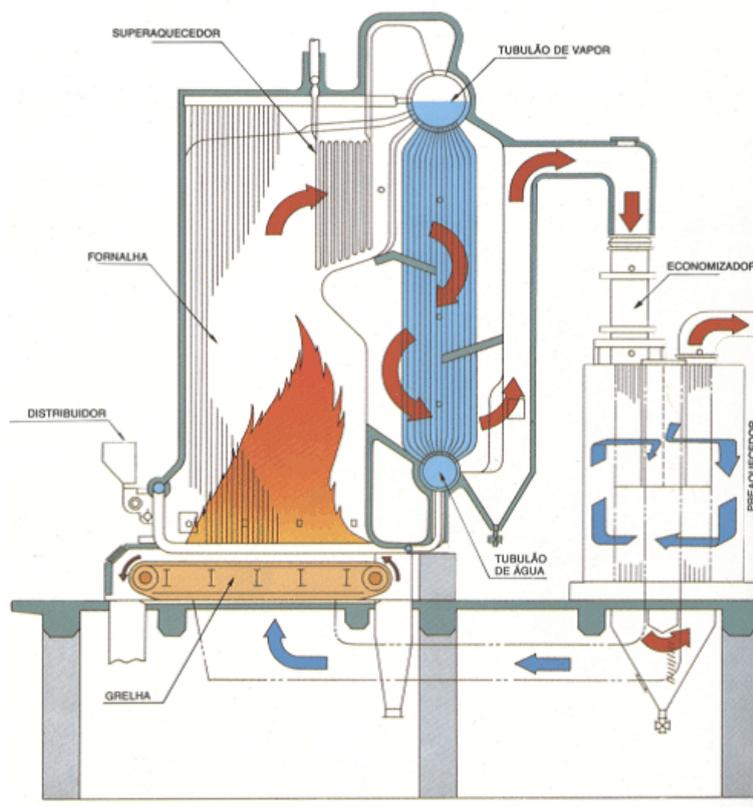
Ao contrário das caldeiras flamotubulares, nos modelos aquatubulares é a água que circula dentro dos tubos.

Esse tipo de caldeira costuma ter requisitos mais apertados de qualidade da água do que as flamotubulares.

O calor adquirido da queima na fornalha passa em volta da tubulação, que é aquecida e transfere o calor para a água ali contida, fazendo com que o vapor seja gerado.

Esse tipo de caldeira, figura 2, é normalmente composta por tubulão superior, um ou mais, tubulão inferior e os tubos, e têm requisitos mais apertados de qualidade da água do que as flamotubulares (TOGAWA, 2020).

Figura 2 - Caldeira aquatubular fixa vertical.



Fonte: Victor Togawa (2020). Disponível em: (<https://togawaengenharia.com.br/blog/os-principais-tipos-de-caldeiras/>). Acesso: (30/09/2022)

2.2.3 Caldeiras Cornuálias

As caldeiras cornuálias são aquelas que contam com dois cilindros horizontais, que são unidas entre si por placas planas.

Por contar com um modelo de acionamento simples, com rendimento relativamente baixo, elas são indicadas para operações menores (FILMACO, 2020).

2.2.4 Caldeiras Lancashire

Nesses tipos de caldeiras podem existir até 4 tubos internos.

Esse tipo de caldeira tem uma alta capacidade de produção de vapor, pois comporta um grande volume de água. Isso, porém, faz com que ela ocupe muito espaço.

Apesar de ainda ser relativamente comum no mercado, valendo assim a sua menção, trata-se de uma opção que está sendo gradativamente substituída por caldeiras mais modernas e compactas nas indústrias (FILMACO, 2020).

2.2.5 Caldeiras Multitubulares

As caldeiras multitubulares, ao contrário dos modelos com apenas 2 ou 4 tubos, são aquelas que dispõem de diversos tubos internos, onde circulam os gases da combustão. Esses tubos podem ser de retorno, de fogo direto ou mesmo mistos.

Nas caldeiras com tubos de fogo direto, os gases que aquecem a água e geram o vapor passam apenas uma vez pelos tubos. No caso dos tubos de retorno, a fumaça circula pelo cilindro da caldeira (FILMACO, 2020).

2.2.6 Caldeiras Mistas

Como o próprio nome diz, são caldeiras tanto aquatubulares quanto flamatubulares.

Nelas, na fornalha passam tubos de água, caracterizando a parte aquatubular. Em seguida, os gases de exaustão seguem por tubos, para a parte flamatubular, e de lá para a chaminé (TOGAWA, 2020).

2.3 Classificação das Caldeiras

As caldeiras são classificadas em 3 categorias, seguindo a Norma Regulamentadora NR13:

- Caldeiras da categoria A: são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 KPa (19,6 bar= 19,98 kgf/cm²);

- Caldeiras de categoria C: são aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 KPa (5,88 bar = 5,99 kgf/cm²) e o volume interno é igual ou inferior a 100 litros;
- Caldeiras da categoria B: são todas aquelas que não se enquadram nas categorias anteriores, são as caldeiras mais comuns.

2.4 Identificação das Caldeiras

Toda caldeira deve possuir um Manual de Operação, sempre atualizado e em local de fácil acesso de seus operadores, além de ter afixada em seu corpo uma placa de identificação, figura 3, com no mínimo, as seguintes informações:

- fabricante;
- número de ordem dado pelo fabricante da caldeira;
- ano de fabricação;
- pressão máxima de trabalho admissível;
- pressão de teste hidrostático;
- capacidade de produção de vapor;
- área da superfície de aquecimento;
- código de projeto e ano de edição;

Figura 3 - Modelo de placa de identificação



Fonte: PlaCcolor (. Disponível em: (<https://www.placcolor.com.br/produto/placa-de-identificacao/82>). Acesso: (03/11/2022)

2.5 Vida útil e falhas na operação

A vida útil de uma máquina térmica (Caldeira) é dada pela quantidade de horas que ela pode suportar trabalhando em condições normais, vaporizando a pressão máxima para que foi projetada.

A vida útil de uma caldeira depende fundamentalmente do método de trabalho que tenha sido realizado, do sistema de vaporização (regime constante ou variável), da qualidade da água de alimentação, frequência das limpezas externas e internas etc., motivo pelo qual não é possível determinar sem cometer erros consideráveis em relação ao tempo médio de vida para cada caldeira (BEUX, 2014, p. 17).

Na maioria dos casos, acidentes em caldeiras são ocasionados levando em consideração a responsabilidade e qualificação de seus operadores.

2.6 Acidentes com Caldeiras

Quando se trata de ambientes que utilizam esse tipo de máquina térmica, explosões e incêndios são os acidentes mais comuns, figura 4 e 5.

Casos de explosões costumam ser causadas pelo superaquecimento, levando os equipamentos a temperaturas extremamente superiores às quais ele foi projetado. Além disso, operadores ficam expostos a inúmeros riscos, como choque, quedas e queimaduras.

Figura 4 - Refinaria de Skikda antes da explosão da caldeira



Fonte: Autor (2013). Disponível em:
(<http://inspecaoequipto.blogspot.com/2013/08/caso-033-explosao-da-caldeira-de-skikda.html>).
Acesso: (18/10/2022)

Figura 5 - Caldeira após a explosão



Fonte: Autor (2013). Disponível em:
(<http://inspecaoequipto.blogspot.com/2013/08/caso-033-explosao-da-caldeira-de-skikda.html>).
Acesso: (Data)

2.7 Norma Regulamentadora - NR's

Após um acidente catastrófico ocorrido em Massachusetts/EUA no ano de 1905, onde 58 trabalhadores morreram, a sociedade tomou consciência da necessidade de normas e procedimentos para a construção, manutenção e operação das caldeiras. Assim, foram criados os códigos da American Society of Mechanical Engineers (ASME) a principal referência quando se trata de normas de proteção em caldeiras e vasos de pressão do mundo (SILVA et.al., 2015)

As Normas Regulamentadoras – NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho – CLT (Alteração dada pela Portaria n.º 06, de 09/03/83).

2.7.1 NR13

A norma regulamentadora foi originalmente editada pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, com o título “Vasos sob pressão”, de forma a regulamentar os artigos 187 e 188 da CLT, conforme redação dada pela Lei n.º 6.514, de 22 de dezembro de 1977.

A Norma Regulamentadora de número 13 foi criada para ajudar a evitar os inúmeros acidentes que ocorriam pela falta de válvulas de segurança mais eficientes no controle de vasos de pressão, caldeiras, tubulações e tanques metálicos, e ainda preservar a estrutura da empresa evitando também danos ao meio ambiente.

Resumidamente, os pontos mais importantes da norma são:

- Toda caldeira deve ter um profissional habilitado responsável pelos tópicos citados anteriormente. Normalmente, esse profissional é um engenheiro mecânico.
- As caldeiras devem ser instaladas em “casas de caldeira” ou em um local específico para esse fim.
- Toda caldeira deve possuir sua documentação disponível no local. Essa documentação envolve: prontuário, registro de segurança, projeto de instalação, projetos de alteração e reparo e relatórios de inspeção.
- Qualquer caldeira deve possuir uma placa de identificação com, pelo menos, as seguintes informações: fabricante, número de ordem do fabricante, ano de fabricação, PMTA (pressão máxima de trabalho admissível), pressão de teste hidrostático, capacidade de produção de vapor, área da superfície de aquecimento e código de projeto.
- Os sistemas de controle e segurança devem ser submetidos a planos de manutenção preventiva e preditiva.
- As inspeções de segurança devem ocorrer de forma periódica e extraordinária. Também deve ser feita inspeção no início de operação da caldeira – inspeção inicial.
- Válvulas de segurança, manômetros e indicadores de nível devem ser calibrados e testados regularmente. Esses instrumentos são considerados indispensáveis para qualquer caldeira.
- Toda caldeira deve ter disponível o seu manual de operação.
- As caldeiras são classificadas de acordo com as seguintes categorias: A ($p \geq 19,98 \text{ kgf/cm}^2$ e volume ≥ 100 litros), B ($0,61 \leq p \leq 19,98 \text{ kgf/cm}^2$ e volume ≥ 100 litros).
- Caldeiras da categoria A devem possuir painel de instrumentos instalado em sala de controle.
- Operadores de caldeira devem possuir um Certificado de Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras.

- Para obtenção do certificado mencionado anteriormente é preciso como pré-requisito mínimo o atestado de conclusão do ensino médio e seja aprovado em um curso de 60 horas, no mínimo, que tenha o seguinte conteúdo: Noções de física aplicada. Pressão. Pressão atmosférica. Pressão manométrica e pressão absoluta. Pressão interna em caldeiras. Unidades de pressão. Transferência de calor. Noções gerais: o que é calor, o que é temperatura. Modos de transferência de calor. Calor específico e calor sensível. Transferência de calor a temperatura constante. Termodinâmica. Conceitos. Vapor saturado e vapor superaquecido. Mecânica dos Fluidos. Conceitos Fundamentais. Pressão em Escoamento. Escoamento de Gases. Noções de química aplicada. Densidade. Solubilidade. Difusão de gases e vapores. Caracterização de Ácido e Base (Álcalis). Definição de pH. Fundamentos básicos sobre corrosão. Tópicos de inspeção e manutenção de equipamentos e registros. Caldeiras considerações gerais. Tipos de caldeiras e suas utilizações. Caldeiras flamotubulares. Caldeiras aquatubulares. Caldeiras elétricas. Caldeiras a combustíveis sólidos. Caldeiras a combustíveis líquidos. Caldeiras a gás. Acessórios de caldeiras. Instrumentos e dispositivos de controle de caldeiras. Dispositivo de alimentação. Visor de nível. Sistema de controle de nível. Indicadores de pressão. Dispositivos de segurança. Dispositivos auxiliares. Válvulas e tubulações. Tiragem de fumaça. Sistema Instrumentado de Segurança. Operação de caldeiras. Partida e parada. Regulagem e controle. De temperatura. De pressão. De fornecimento de energia. Do nível de água. De poluentes. De combustão. Falhas de operação, causas e providências. Roteiro de vistoria diária. Operação de um sistema de várias caldeiras. Procedimentos em situações de emergência. Tratamento de água de caldeiras. Impurezas da água e suas consequências. Tratamento de água de alimentação. Controle de água de caldeira. Prevenção contra explosões e outros riscos. Riscos gerais de acidentes e riscos à saúde. Riscos de explosão. Estudos de caso. Legislação e normalização. Norma Regulamentadora 13 NR 13. Categoria de Caldeiras.

2.8 Segurança na Operação em Caldeira

Com finalidade de proteger os operadores e os demais envolvidos, além dos Epi's, as caldeiras contam com dispositivos de segurança e controle para evitar

possíveis falhas de funcionamento, De acordo com a NR-13 os instrumentos de controle devem ser mantidos em boas condições operacionais, tais como:

- Injetor: dispositivo empregado como alimentador de caldeiras para situações de falta de energia elétrica.
- Sistema de controle do nível de água: mostra o nível de água dentro do tubulão de evaporação, é constituído por um vidro tubular
- Válvula: são necessárias para prevenir ascensão na pressão normal de trabalho da caldeira. Toda caldeira deve possuir pelo menos uma válvula de segurança, o ideal e recomendado são duas. Elas devem ser capazes de descarregar todo vapor gerado sem causar aumento de pressão superior a 10% da pressão do projeto.
- sensores de chama: atuam no queimador;
- válvula de purga: instalada no ponto mais baixo da caldeira;
- válvulas de bloqueio, instaladas em toda saída de calor das caldeiras.

2.8.1 Condições de Segurança na operação

- Mantenha a concentração de sólidos da água dentro de limites, a presença excessiva de sólidos em suspensão e sílica são responsáveis por causar sérios danos à caldeira, como incrustações, diminuição na qualidade da troca térmica e aumento do consumo de combustível.
- Priorize o tratamento da água, na operação de uma caldeira, com foco na sua longevidade, eficiência e segurança, é a qualidade da água de alimentação e a qualidade da água utilizada na caldeira.
- Priorize treinamentos constantes, os códigos nacionais e internacionais costumam oferecer muita pouca orientação específica em relação às formas de treinamento, costumam dizer que “o treinamento é absolutamente necessário e que deve ser feito regularmente...”.
- Mas independente das normas, é importante que o treinamento do operador seja abrangente, consistente, prático e formalmente aplicado. Hoje não podemos mais confiar na suposição de que habilidades e conhecimentos de operadores veteranos foram repassados aos mais novos.
- A água de alimentação da caldeira é tratada para protegê-la principalmente contra dois problemas básicos: o acúmulo de depósitos sólidos e a corrosão.

- Dessa forma, a concentração de sólidos indesejáveis em uma caldeira deve ser reduzida por meio do tratamento adequado da água de alimentação e da operação apropriada de um sistema de purga contínua, além da realização da purga intermitente em uma base regular.
- Evite condições de baixa água, das causas mais comuns de condições de baixa água são:
 - Falha na bomba de água de alimentação e na válvula de controle;
 - Perda de água para o sistema de água de compensação;
 - Falha no controlador de nível de bateria;

3. Automação

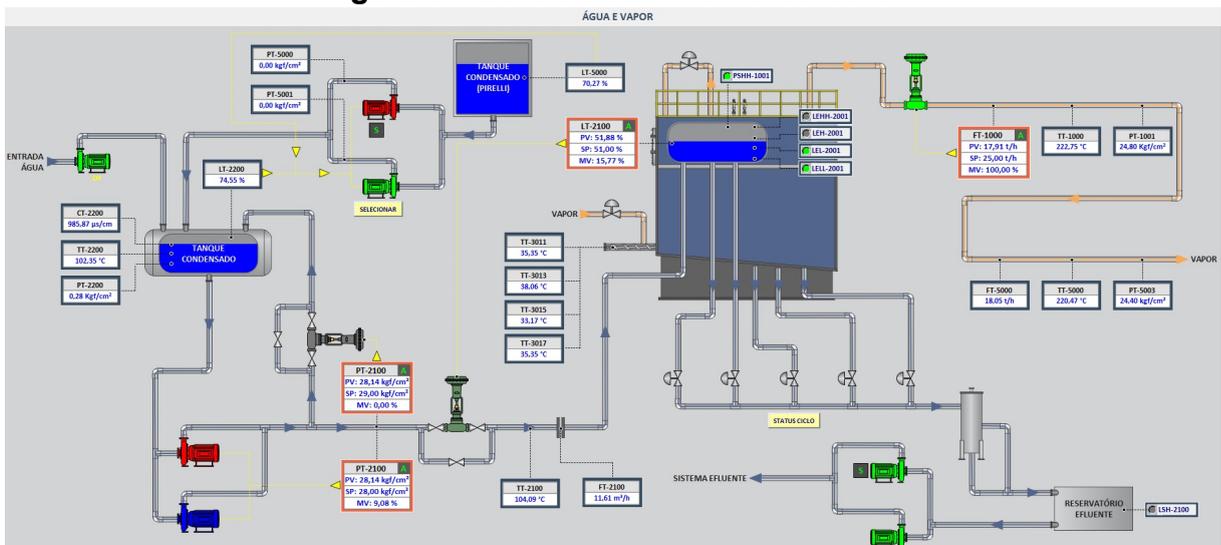
Desde a revolução industrial a automação segue em uma evolução contínua assim como as caldeiras, gerando melhorias no processo, eliminando esforços e tarefas repetitivas e fazendo com que operações de risco passassem a ser realizadas por máquinas.

A NR13, norma criada para preservar as condições de segurança nas operações, muitas vezes mesmo seguindo corretamente o protocolo, pode ocorrer falha humana, sempre existirá o risco de erros que podem comprometer desde a segurança dos operadores envolvidos, até todos que se encontram no local.

3.1 Controle de Nível

O controle de nível é feito medindo o nível da caldeira (01 elemento), a vazão de vapor (2 elementos) e a vazão de água (3 elementos), modulando a válvula de controle proporcional instalada na alimentação de água da caldeira, figura 6. As vantagens são que mantendo o nível constante da caldeira faz-se um abastecimento contínuo evitando a entrada de grande volume de água fria quando a bomba liga. Desta maneira, obtêm-se uma economia de combustível e evitando picos de energia pois a bomba fica ligada constantemente e fica na pressão do vapor sempre que a bomba é ligada (Blucontrol, 2021).

Figura 6 - Controle de Nível na Caldeira



Fonte: Disponível em: (<http://www.blucontrol.com.br/control-de-nivel/>). Acesso: (29/10/2022).

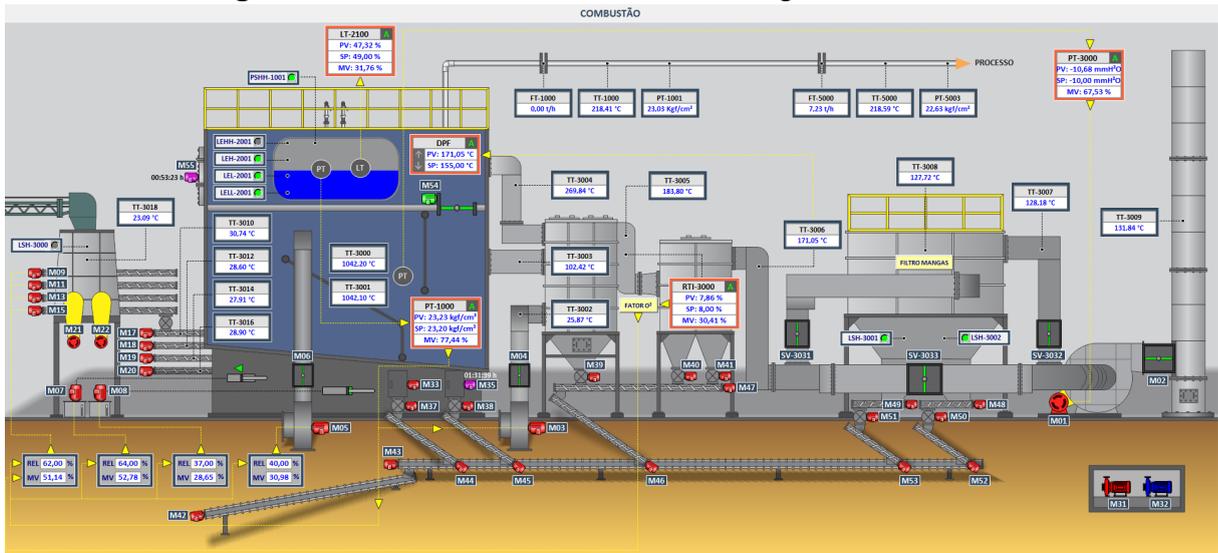
Explanando o *controle de combustão* sem grandes pormenores, figura 7, o método busca entregar a queima ideal, com uma alimentação e ventilação buscando o equilíbrio na relação ar-combustão. Realiza-se o controle de combustão através da medição da pressão de vapor e efetuando uma alternância de velocidade do ventilador de ar primário e secundário e combustível ou informando ao operador o momento ideal para alimentar a caldeira com lenha, obtendo assim a queima ideal, tendo como consequência direta a economia de combustível e também de energia elétrica, pois os ventiladores de ar primário e secundário trabalham modulando conforme a necessidade de consumo.

O *controle de tiragem* é efetuado também medindo a pressão da fornalha, entretanto, trabalha com a modulação da velocidade do exaustor, mantendo desta forma, uma constante pressão (Blucontrol, 2021).

3.2.1 Vantagens

Dentre as vantagens dos dois métodos, destacam-se duas, a economia de combustível e a de energia elétrica, fatores essenciais para obter uma caldeira com alta eficiência. A pressão constante na fornalha faz com que haja uma economia de combustível, já que não haverá uma alimentação desnecessária devido ao exaustor não retirar mais calor que o necessário, todavia, este não trabalhando além do necessário, acabará concedendo um ganho de maneira harmônica no que se refere ao menor consumo de energia elétrica (Blucontrol, 2021).

Figura 7 - Controle de Combustão e tiragem na Caldeira

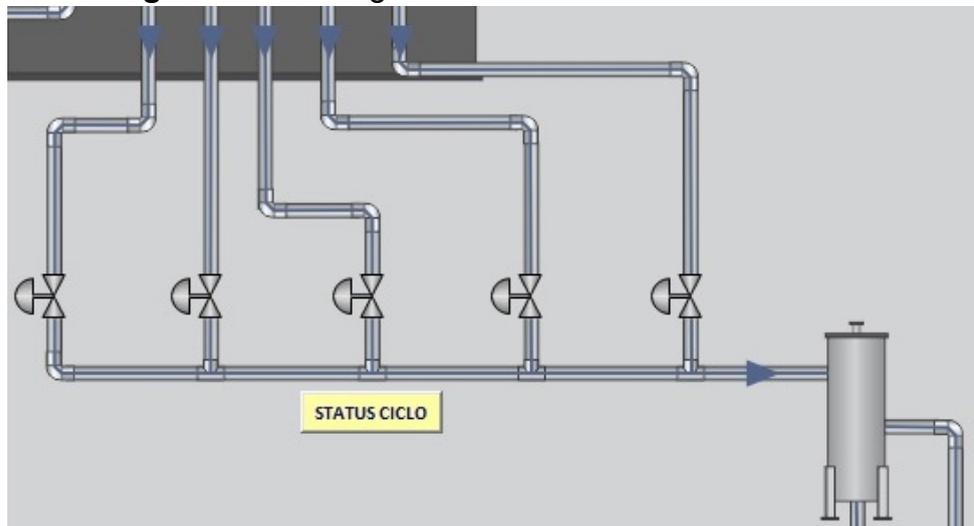


Fonte: Disponível em: (<https://www.blucontrol.com.br/controle-de-combustao-e-tiragem/>). Acesso: (29/10/2022)

3.3 Descarga de Fundo Automática

Para evitar o desperdício de água, a descarga de fundo automática, figura 8, é primordial para tal finalidade. Trabalhando com períodos cíclicos, onde a descarga de fundo seja feita automaticamente de tempos em tempos, tornando assim uma opção altamente benéfica, pois dentre suas vantagens, não existe erro de operação, evitando desperdício de água com descargas desnecessárias e economizando combustível. Outro ponto é ter um controle fiel do lodo na caldeira, melhorando assim a vida útil do equipamento (Blucontrol, 2021).

Figura 8 - Descarga de fundo automática na Caldeira



Fonte: Disponível em: (<http://www.blucontrol.com.br/descarga-de-fundo/>). Acesso: (29/10/2022)

3.4 Indicação de Temperatura

Através de uma medição de temperatura precisa, figura 9, existem benefícios de forma geral para sua caldeira. O método para leitura é feito através de sensores de temperatura que cedem a informação, em tempo real, ao supervisor, gerando gráficos de tendência e históricos a fim de munir o operador de informações do processo para poder fazer os ajustes na caldeira de maneira clara e com rigor (Blucontrol, 2021).

Figura 9 - Indicação de Temperatura na Caldeira



Fonte: Disponível em: (<http://www.blucontrol.com.br/indicacao-de-temperatura/>). Acesso: (29/10/2022)

4. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido após decisão da linha de pesquisa e o tema base, foram realizadas reuniões, através de vídeos chamadas, as pesquisas realizadas pela internet, baseada em artigos e regulamentações do governo.

Conseguiu-se contato com pessoas que trabalham na área para saber sobre pessoas que estão em contato diariamente e vivendo a realidade do nosso tema, e logo após, pesquisou-se sobre as necessidades para a exercer o manuseio das caldeiras. Trocou-se opiniões entre os membros sobre o atual cenário e os riscos ocorridos no manuseio devido às condições.

Pesquisou-se sobre melhorias que podem ser feitas e que trazem maior segurança para o trabalhador.

5. Resultados e Discussão

Boa parte da energia gerada no mundo é através de caldeiras. Elas são ferramentas excelentes, contudo, há a necessidade de acompanhamento e manutenções contínuas. São inúmeros os fatores que podem causar a ineficiência de uma caldeira, assim expondo o equipamento a vários problemas e causando graves consequências.

Conforme a NR 13, o empregador é o responsável pela adoção das medidas de segurança em caldeiras e vasos de pressão instalados em sua empresa. É claro que o fornecimento dos EPIs necessários para a realização da atividade e a contratação de profissionais habilitados fazem parte dessas medidas. Contudo, em sua grande maioria, elas dizem respeito às especificações técnicas dos equipamentos.

As NRs devem ser cumpridas por todos os empregadores e são obrigatórias tanto para as empresas privadas quanto para as públicas, e também para órgãos públicos da administração direta e indireta e órgãos dos poderes Legislativo e Judiciário, principalmente quando há colaboradores geridos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT).

Na gestão empresarial, cumprir estas normas é imprescindível para garantir um sistema de gestão eficaz, e evitar que sua empresa esteja suscetível a sofrer as penalidades previstas nas legislações pertinentes.

Antes, tudo era feito através do trabalho humano direto. Este trabalho nem sempre dispunha de precisão, confiabilidade e segurança. Medir as inúmeras variáveis causava constantes problemas. Erros, percalços, desgastes e paradas de produção eram bastante comuns, assim como acidentes e até fatalidades.

Tudo isso pode ser evitado. A automatização de processos e sistemas de segurança tornou-se indispensáveis para a indústria e principalmente para as caldeiras.

Os sensores são o início do processo de automatização, dando sequência a uma série de componentes que auxiliam nesse processo.

Alguns exemplos de elementos finais de controle geralmente aplicados às caldeiras:

- Válvulas eletropneumáticas e direcionais solenoide;
- Chaves solenóides de segurança (geralmente atrelados à NR12);
- Posicionadores eletropneumáticos;

- Conversores de frequência (modulam a rotação/frequência de motores elétricos).

A automatização visa diminuir fatores de risco, garantindo a segurança da equipe, a redução do desgaste da estrutura e seus componentes e também garantir a melhor eficiência da caldeira de acordo com a carga ou demanda.

Esses elementos finais de controle quando aplicados e associados a um bom arranjo de sensores e também a uma lógica de operação otimizada (sistema de controle), garantem todos os benefícios que a automatização pode oferecer.

Conclusão

Conclui-se depois de várias pesquisas e diálogos com pessoas que trabalham na área, que grande parte dos acidentes e incidentes que são registrados, a causa é devido a falha dos operadores, por falta de qualificação necessária, ou condições operacionais, nesse caso ausência de inspeções nas máquinas.

É de extrema importância o fornecimento de cursos de capacitação para seus colaboradores e reciclagem sempre que necessário, assim como é importante o mesmo saber quais os itens de segurança que a caldeira precisa ter, como a válvula de segurança, manômetro, sensor de nível de água, bem como conhecer os cuidados e forma de manuseio da mesma.

Operadores conhecem os perigos que envolvem a atividade, porém, não usam equipamentos de segurança, colocando sua vida e dos demais em risco.

De acordo com cada necessidade, com foco na otimização do processo, a automatização de uma caldeira reduz a intervenção manual e aumenta a estabilidade da operação, melhorando a eficiência e gerando resultados melhores.

Nesse caso, automatizar algumas operações em determinados tipos de caldeiras quando possível, visando diminuir os riscos, e aumentar a produtividade.

Referências Bibliográficas

ALFATANI, C. A. **Apostila de Caldeiras**. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Caxias do Sul, 2002. Disponível em: <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2022.

BEUX, Giovana. **Avaliação das condições de segurança na operação de caldeiras a vapor. 2014**. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5896/1/PB_CEEEST_V_2014_17.p

df>. Acesso em: 13 out. 2022.

Blucontrol. **AUTOMAÇÃO DE CALDEIRA**. Blucontrol, 2021. Disponível em: (<https://www.secamaq.com.br/caldeira-a-vapor-historia-e-evolucao/>). Acesso em: (5 de outubro. 2022.)

BRASIL. Portaria N° 1.082, de 18 de dezembro de 2018. **NR-13 Caldeiras, Vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento**. Brasília, DF, 18 dez 2018. Disponível em:< http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56127453/do1-2018-12-20-portaria-n-1-082-de-18-de-dezembro-de-2018-56127448>. Acesso em: 29 out. 2022.

FREITAS, V. R.; CORDEIRO, L. F. A.; MELO, D. C. P.; AQUINO, R. R. B.; SALES, A. T.. **Análise dos ganhos econômicos e ambientais da automação industrial para eficiência energética de uma caldeira de lenha**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.4, p.457-471, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0036>

Filmaco. **Você Conhece Os Tipos De Caldeiras Que Existem?**. Filmaco, 2020. Disponível em: (<https://fimaco.com.br/voce-conhece-os-tipos-de-caldeiras-que-existem/>). Acesso em: (07 de outubro. 2022.)

Icavi. **Tudo o que você precisa saber sobre Automatização de Caldeiras**. Icavi, 2021. Disponível em: (<https://icavi.ind.br/pt/blog/automacao-de-caldeiras/>). Acesso em: (5 de outubro. 2022).

JUNIOR, Diego de Oliveira. **Análise De Operação De Caldeiras De Acordo Com A Nr-13**. 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica) – FESURV Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014.

Lei nº6.514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 dez. 1977. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6514.htm>Acesso em: 29 out. 2022.

MARAFON, C.; SERVELIN, T.; ANSCHAU, C. T.; SCHNEIDER, A.; PAULA, R.. **Benefícios do investimento em automação no processo de empacotamento de farinha de trigo**. Anais da Engenharia de Produção, v.2, n.1, p.72-87, 2018.

SILVA, J.C. Paulino da. Caldeiras: segurança na operação. Disponível em: <ftp://ftp.unilins.edu.br/cursos/Eng_Seguranca_T10/Aula_30_e_311009_Prof_JosePaulino/APCALDE_ab_04%20PDF.pdf>. Acesso em 14/10/2022

SILVA, Ricardo Luiz Alves. et.al. **Gerenciamento de riscos de acidentes em áreas de caldeiras**. 2015. Disponível em:< http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_209_242_27210.pdf>. Acesso em: 29 set. 2022

Secamaq. **Caldeira A Vapor: História E Evolução Das Caldeiras**. Secamaq, 2018.
Disponível em: (<https://www.secamaq.com.br/caldeira-a-vapor-historia-e-evolucao/>).
Acesso em: (5 de outubro. 2022.)

TOGAWA, Victor. **Os Principais Tipos De Caldeiras**. Togawaengenharia, 2020.
Disponível em:
<https://togawaengenharia.com.br/blog/os-principais-tipos-de-caldeiras/>. Acesso em:
(30 de setembro. 2022)