

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS - UFGD**

**FACULDADE DE ENGENHARIA - FAEN**

**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**BRUNO MARCOS JEFERSON DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA  
EM AMBIENTE COM CALDEIRA**

**DOURADOS - MS**

**2021**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS - UFGD**

**FACULDADE DE ENGENHARIA - FAEN**

**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**BRUNO MARCOS JEFERSON DOS SANTOS**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA  
EM AMBIENTE COM CALDEIRA**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como parte dos requisitos para obtenção do título de **BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA.**

Orientador: Prof. Dr. Bruno Arantes Moreira

**DOURADOS - MS**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S237a Santos, Bruno Marcos Jeferson Dos  
AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA EM AMBIENTE COM  
CALDEIRA [recurso eletrônico] / Bruno Marcos Jeferson Dos Santos. -- 2021.  
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Bruno Arantes Moreira.  
TCC (Graduação em Engenharia Mecânica)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.  
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:  
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Caldeiras. 2. Segurança do Trabalho. 3. Lista de verificação. 4. Norma Regulamentadora  
NR-13. 5. Mapa de Risco. I. Moreira, Bruno Arantes. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ANEXO D - AVALIAÇÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aluno(a): Bruno Marcos Jeferson dos Santos

Título do trabalho e subtítulo: Avaliação das Condições de Proteção e Segurança em Ambiente com Caldeira

BANCA EXAMINADORA

1. **Presidente (orientador):**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Bruno Arantes Moreira – FAEN/UFGD

2. **Membro:**

\_\_\_\_\_  
Prof. Rodrigo Borges Santos – FAEN/UFGD.

3. **Membro:**

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. William Renzo Cortez Vega – FAEN/UFGD

De acordo com o grau final obtido pelo aluno, nós da banca examinadora, declaramos Aprovado (Aprovado/Reprovado) o aluno acima identificado, na componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso (TCC-II) de Graduação no Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Grande Dourados.

Local

Data

Dourados, 26 de março de 2021

*Bruno Arantes Moreira*

\_\_\_\_\_  
Presidente

*Rodrigo Borges Santos*

\_\_\_\_\_  
Membro

*William Renzo Cortez Vega*

\_\_\_\_\_  
Membro

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a Deus, por me ajudar a ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo do curso.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Arquimedes e Roselene, aos meus irmãos, Anderson e Camila, que compreenderam a minha ausência, e por todo o apoio e ajuda que muito contribuíram para a minha formação.

Agradeço a minha namorada, Bruna, que participou de toda essa trajetória, que fez uma enorme diferença, me dando confiança, amor e força para seguir em frente, dia após dia, e por ter sido parceira e paciente o tempo todo.

Aos meus amigos, Welherson, Darllam, Junior, Camila, pela amizade, parceria, companhia e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o curso.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso.

Ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Arantes Moreira, por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa, pelos ensinamentos e conselhos.

Por fim, a todos que participaram direta ou indiretamente do meu desenvolvimento durante o curso.

## RESUMO

As caldeiras são equipamentos que possuem como principal finalidade produzir vapor, sendo, por este motivo, essenciais para diversas atividades industriais. Tais equipamentos são operados em condições de elevada temperatura e pressão, e, por isso, quando estão em funcionamento estão associados a elevados riscos. Neste contexto, medidas de proteção e segurança são fundamentais em ambientes que possuem caldeiras, tornando necessário implementar tais medidas preventivas e protetivas a fim de evitar acidentes. Neste trabalho uma lista de verificação (checklist) e um mapa de riscos foram propostos para uma indústria de pequeno porte. O checklist tem como finalidade, avaliar o ambiente conhecido como casa de caldeira e as medidas de segurança, inspeção e instalação do equipamento. O mapa de riscos foi elaborado visando informar em cada setor, principalmente na caldeira, os principais riscos no ambiente. Uma auditoria interna foi realizada com a utilização do checklist proposto e um plano de ação com ações corretivas foi apresentado de forma a corrigir as não conformidades encontradas. Os documentos apresentados neste trabalho têm o propósito de manter o ambiente em melhoria e em constante conformidade aos requisitos exigidos pelas normas regulamentadoras NR-13 (Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento) e NR-5 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes-CIPA).

Palavras chave: Caldeira, Lista de verificação, Mapa de riscos.

## **ABSTRACT**

Boilers are equipment whose main purpose is to produce steam and, for this reason, they are essential for various industrial activities. Such equipment is operated under conditions of high temperature and pressure, and therefore, when in operation, they are associated with high risks. In this context, protection and safety measures are essential in environments that have boilers, making it necessary to implement such preventive and protective measures in order to avoid accidents. In this work, a checklist and a risk map were proposed for a small industry. The purpose of the checklist is to assess the environment known as the boiler house and the safety measures, inspection and installation of the equipment. The risk map was prepared in order to inform in each sector, mainly in the boiler, the main risks in the environment. An internal audit was carried out using the proposed checklist and an action plan with corrective actions was presented in order to correct the non-conformities found. The documents presented in this work have the purpose of maintaining the environment in improvement and in constant compliance with the requirements demanded by the regulatory standards NR-13 (Boilers, pressure vessels, pipes and metallic storage tanks) and NR-5 (Internal Commission for Prevention) Accidents-CIPA).

**Keywords:** Boiler, Checklist, Risk map.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	10
<b>3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	10
<b>4. JUSTIFICATIVA</b> .....	11
<b>5. REVISÃO BIBLIGRÁFICA</b> .....	12
5.1. CALDEIRAS .....	12
5.2. CLASSIFICAÇÕES DAS CALDEIRAS .....	15
5.3 CALDEIRAS AQUATUBULARES .....	15
5.4. CALDEIRAS FLAMOTUBULARES .....	18
5.5. PRINCIPAIS RISCOS E CAUSAS DE ACIDENTES COM CALDEIRAS .....	23
5.6. ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRAS .....	23
5.7 TRATAMENTOS PRIMÁRIOS DA ÁGUA.....	24
5.9 NORMAS REGULAMENTADORAS – SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO .....	25
5.10 LENHA .....	25
<b>6. METODOLOGIA</b> .....	27
6.1. DESENVOLVIMENTO DA LISTA DE VERIFICAÇÃO (CHECKLIST) .....	27
6.1.1 Componentes básicos da caldeira avaliados no checklist .....	29
6.2. AÇÕES CORRETIVAS .....	31
6.3. ELABORAÇÃO DO MAPA DE RISCOS .....	32
6.3.1 Etapas de elaboração do mapa de riscos .....	33
<b>7. RESULTADOS</b> .....	34
7.1. PROPOSTA DE UMA LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA O AMBIENTE COM CALDEIRA .....	34
7.1.1 Checklist – Caldeira .....	49
7.1.2 Checklist – Operador.....	49
7.1.3 Plano de ação.....	49
7.2. ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE RISCOS .....	51
7.2.6 SETOR: Administrativo .....	53
7.2.7 SETOR: Produção .....	54
7.2.8S ETOR: Caldeira.....	56
<b>8. CONCLUSÕES</b> .....	58



<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	59
APÊNCICES .....	62

## LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1 - Componentes de uma caldeira (togawaengenharia) .....	14
Figura 5.2 - Caldeira Aquatubular (HowStuffWorks, 2008) .....	18
Figura 5.3 - Esquema básico de uma caldeira aquatubular.....	19
Figura 5.4 - Caldeira Flamotubular (HowStuffWorks, 2008) .....	21
Figura 5.5 - Esquema de uma caldeira flamotubular, fornalha interna.....	22
Figura 5.6 - Passagem dos gases pelos tubos da caldeira .....	23
Figura 5.7 - Espelhos da caldeira (Chd Válvulas, 2005) .....	24
Figura 5.8 – Reservatório de água.....	26
Figura 5.9 – Lenha.....	28
Figura 6.1 – Caldeira Flamotubular Horizontal Multitubular com fornalha externa .....	31
Figura 6.2 – Fornalha .....	32
Figura 6.3 – Vaso de pressão cilíndrico .....	32
Figura 6.4 – Chaminé .....	33
Figura 6.5 – Cinzeiro.....	33
Figura 6.6 – Intensidade dos riscos.....	34
Figura 7.1 – Caldeira .....	37
Figura 7.2 – Válvula de segurança.....	38
Figura 7.3 – Manômetro .....	39
Figura 7.4 – Injetor de água .....	40
Figura 7.5 – Visor do nível de água .....	41
Figura 7.6 – Placa de identificação .....	42
Figura 7.7 – Livro de registro de segurança .....	43
Figura 7.8 – Relatório de inspeção .....	44
Figura 7.9 – Local de instalação da caldeira .....	45
Figura 7.10 – Produto químico .....	47
Figura 7.11 – Termo de ocorrência .....	49
Figura 7.12 – Planta Baixa completa do ambiente.....	54

Figura 7.13 – Setor Administrativo .....	55
Figura 7.14 – Setor de Produção .....	57
Figura 7.15 – Setor da Caldeira .....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 - Estrutura do checklist.....	29
Tabela 6.2 - Plano de ação para segurança na sala de caldeira.....	34
Tabela 6.3 - Classificação dos principais riscos ocupacionais em grupos, de acordo com a sua natureza e a padronização das cores correspondentes .....	35
Tabela 7.1 - Checklist de instalação, inspeção e segurança de uma caldeira.....	37
Tabela 7.2 - Plano de ação para segurança na sala de caldeira.....	52
Tabela 7.3 - Riscos no setor administrativo .....	55
Tabela 7.4 – Riscos no setor de produção .....	57
Tabela 7.5 – Riscos no setor da caldeira .....	58

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido observado um crescimento nas práticas relativas à segurança do trabalho nas indústrias em geral e esta tendência se confirma também no Brasil. Todavia, ainda se identificam, no país, grandes dificuldades em trabalhar com alguns assuntos específicos, quando se trata de ações preventivas aos riscos que cada atividade oferece (MARIANO ALBERICHI, 2013).

Este crescimento nas práticas relativas à segurança do trabalho se dá principalmente devido à criação e aprovação de rigorosas leis que, poucas vezes, somente são praticadas e aplicadas devido às fiscalizações e ações concretas dos órgãos responsáveis. Quando se discute sobre a legislação de segurança do trabalho, ainda existem alguns espaços a serem preenchidos, normas a serem criadas ou atualizadas, fiscalizações mais efetivas e frequentes, e, principalmente, comprometimento e responsabilidade das indústrias que expõem seus funcionários aos riscos de acidentes (MARIANO ALBERICHI, 2013).

Nas atividades com caldeiras ou vasos de pressão, na atualidade utilizam-se como parâmetros de requisitos de segurança a Norma Regulamentadora 13 (BRASIL, 2013), que está em vigência no país desde o ano de 1978 e possui caráter preventivo de danos ao ser humano e às instalações, requerendo inspeções, instalações de dispositivos de segurança, identificações, registros e documentos, treinamentos e qualificações, manutenções e profissionais habilitados, entre outros, e com o objetivo principal de condicionar inspeções de segurança e operação de vasos de pressão e caldeiras.

De acordo com Altafini (2002) “caldeira é o nome popular dado aos equipamentos geradores de vapor, cuja aplicação tem sido ampla no meio industrial e também na geração de energia elétrica nas chamadas centrais termelétricas”. Logo, as atividades que necessitam de vapor para o seu funcionamento, têm como componente essencial para sua geração, a caldeira. Esse equipamento, por operar com pressões internas bem acima da pressão atmosférica, sendo em grande parte das aplicações industriais aproximadamente 20 vezes maiores e, nas aplicações para a produção de energia elétrica, entre 60 a 100 vezes maior, podendo alcançar valores de até 250 vezes mais, constitui um risco iminente na sua operação (ALTAFINI, 2002).

Dentro do contexto apresentado, este trabalho propôs uma lista de verificação da instalação, operação, inspeção e segurança da caldeira utilizada no processo produtivo de uma

indústria vulcanizadora de pneus, uma vez que a NR-13 (Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento), apresenta caráter preventivo de danos ao ser humano, aos equipamentos, instalações e atividades executadas. Além disso, o presente trabalho elaborou um mapa de riscos para o ambiente de acordo com a NR-5 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes-CIPA). Assim, este estudo buscou verificar as condições das instalações, procedimentos de operação e segurança deste equipamento e do ambiente, baseando-se na NR em vigor no país.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Desenvolvimento de uma lista de verificação (checklist), bem como, a utilização de tal checklist para auditar a sala de caldeira, e, assim, propor ações corretivas em caso de não conformidades encontradas. Por fim, a elaboração de um mapa de riscos para a unidade industrial de forma a auxiliar os colaboradores a identificarem os riscos existentes em cada ambiente da unidade industrial.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Levantamento bibliográfico sobre o tema.
- ❖ Elaboração de uma lista de verificação (checklist) relacionada à NR 13(Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento) para verificação da instalação, operação e segurança de caldeiras.
- ❖ Realização de auditoria interna com o checklist proposto em uma unidade industrial que possui caldeira através de auditoria *in loco*.
- ❖ Propor ações corretivas para a unidade industrial auditada através das não conformidades encontradas.
- ❖ Elaborar um mapa de riscos para a unidade industrial de acordo com a NR 05 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes-CIPA) de forma a auxiliar os colaboradores a identificarem riscos em cada ambiente da unidade industrial,

#### 4. JUSTIFICATIVA

De acordo com Altafini (2002), as caldeiras representam um enorme investimento e, portanto, um gasto considerável de capital para a empresa. Sua operação segura e eficaz é constantemente analisada para garantir lucratividade. Portanto, é crucial o treinamento do funcionário responsável para o uso deste tipo de equipamento. Falhas nas práticas estabelecidas para o perfeito funcionamento das caldeiras podem ser desastrosas e acarretar risco a vidas humanas.

A caldeira não é um equipamento simples e independente do processo. Uma interrupção operacional neste equipamento para ajuste não significa apenas uma parada para manutenção, mas, representa a paralisação geral dos setores de produção das empresas; pode, por exemplo, afetar ou até mesmo interromper serviços hospitalares pela parada da lavanderia; causar atrasos na produção, acarretando em diversos tipos de prejuízos (MÁRCIA APARECIDA DE CAMPOS, 2011).

A operação de caldeiras é considerada uma atividade com risco imediato, portanto, vê-se a necessidade de aprimorar os conhecimentos relativos a procedimentos operacionais com treinamentos, cursos e atendimento à NR 13, objetivando a segurança do trabalhador e do empregador. Dessa maneira, o objetivo deste estudo é apresentar os resultados sobre a situação atual da caldeira, com foco ao atendimento à NR 13 e sua aplicabilidade, além de elaborar um mapa de riscos para o ambiente (AUTOR).

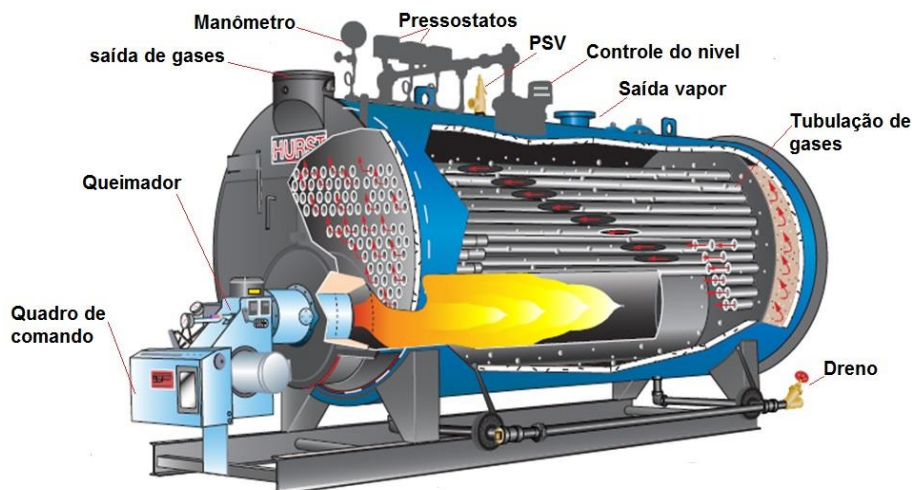
Desta forma, escolheu-se este tema para auxiliar empresas que utilizam esse equipamento de grande risco operacional a atender os procedimentos obrigatórios da NR 13, especificada para caldeiras, vasos de pressão e tubulações (AUTOR).

## 5. REVISÃO BIBLIGRÁFICA

Neste primeiro momento da revisão bibliográfica desta monografia, será apresentado um cenário geral sobre as caldeiras e segurança no trabalho, base de todo este trabalho.

### 5.1. CALDEIRAS

A tentativa inicial do homem de produzir vapor com objetivos energéticos ocorreu no século II, a.C., quando Heron, grego, matemático, físico, que residia em Alexandria desenvolveu um equipamento que vaporizava água e movimentava uma esfera em torno de seu eixo, surgindo, assim, a primeira máquina a vapor que se tem registro (ALTAFINI, 2002).



**Figura 5.1 – Componentes de uma caldeira (togawaengenharia)**

As primeiras aplicações práticas ou industriais de vapor surgiram por volta do século XVII. O inglês Thomas Savery patenteou em 1698 um sistema de bombeamento de água utilizando vapor como força motriz. Em 1711, Newcomen desenvolveu outro equipamento com a mesma finalidade. A caldeira de Newcomen era apenas um reservatório esférico, sendo a chama colocada no fundo, também conhecida como caldeira de Haycock, idêntica as atuais painéis de pressão (BIZZO, 2001).

O surgimento das máquinas destinadas a gerar vapor no início do século XVIII, foi aperfeiçoado pela necessidade de se encontrar alternativas na geração de calor, que substituíssem a queima de carvão fóssil. Nos dias atuais, a praticidade e a versatilidade de sua



utilização tornaram o vapor de água indispensável em inúmeros setores industriais (BAZZO, 1995).

O inventor inglês, Richard Trevithick, engenheiro construtor de ferrovias, observou que muitas dificuldades com os sistemas de bombeamento de minas eram devido à capacidade da caldeira. Em 1804, sua primeira caldeira com uma pressão mais elevada foi feita de ferro fundido, a primeira construída com material diferente de cobre, constituída por uma casca cilíndrica e extremidade côncava (STEAM, 2005).

O primeiro aprimoramento foi à caldeira tipo cornualha, no qual o fogo é produzido no interior de um tubo que atravessa o cilindro de água. Estes tipos de caldeiras possuem grande volume de água e rendimento relativamente baixo, ainda que este possa ser um pouco melhorado enrugando a parede do tubo, ou mesmo dispondo de dois tubos de fogo independentes no interior da caldeira (SILVA, 2012).

No final do século XVIII e começo do século XIX houve os primeiros desenvolvimentos da caldeira com tubos de água. O modelo de John Steve levou um barco a vapor no Rio Hudson. Stephen Wilco, em 1856, projetou um gerador de vapor com tubos inclinados, e da associação com George Bancoc tais caldeiras passaram a ser produzidas, com grande sucesso comercial (SILVA, 2012).

Em 1880, Alan Stirling desenvolveu uma caldeira de tubos curvados, cuja concepção básica é ainda hoje empregada nas grandes caldeiras de tubos de água. A partir do início deste século o desenvolvimento técnico dos geradores de vapor se deu basicamente no aumento das pressões e temperaturas de trabalho, e no rendimento térmico, com utilização dos mais variados combustíveis. A aplicação a propulsão marítima impulsionou o desenvolvimento de equipamentos mais compactos e eficientes (BIZZO, 2001).

Com a Revolução Industrial acontecendo, veio à necessidade de caldeiras maiores, em capacidade e pressão, ou lidar com a operação de muitas unidades menores ao mesmo tempo. Os engenheiros sabiam que quanto mais tempo os gases de combustão ficassem em contato com a superfície de troca térmica, maior seria a capacidade e a eficiência da caldeira. Para tornar o sistema largamente aplicável à indústria, começaram a pensar em termos de economia de combustível (STEAM, 2005).

Segundo Cortinhas (2014), também nos finais do século XVIII e início do século XIX as caldeiras passam por processo de mudança, aparecendo modelos com tubos de retornos, que tinham como objetivo aumentar a troca de calor.

Segundo Melo (2010), caldeiras são equipamentos amplamente utilizados na indústria e na geração de energia elétrica, visto que são muito importantes para o processo produtivo e, em alguns casos, o principal equipamento. Em contrapartida, podem mostrar-se extremamente letais em caso de explosões, dado que trabalham em determinadas situações com um nível de pressão muito acima da pressão atmosférica, exigindo, portanto, extremo cuidado em todo o seu ciclo de vida, desde a sua concepção, projeto, construção, instalação, operação, manutenção e descarte.

O vapor de água é usado em grande escala e com inúmeras aplicações e é indispensável em muitos processos industriais. Sua escolha é justificada pelo alto poder calorífico que possui e pela ampla disponibilidade da água no meio industrial (BAZZO, 1995).

Os geradores de vapor popularmente denominados de caldeiras são entendidos também como um tipo de trocadores de calor. Segundo Braga (2001) em um trocador de calor os fluidos com temperaturas distintas são mantidos separados através de um meio interposto (parede), pela qual se realiza a transferência de calor.

Tais equipamentos possuem estruturas bastante diversificadas, sendo construído de forma a melhor aproveitar a energia liberada pela queima do combustível. São capazes de operar, em grande parte das aplicações industriais, com pressões vinte vezes maiores que à atmosférica, por este motivo, tais equipamentos podem constituir durante sua operação, um risco grave e iminente para a integridade física dos trabalhadores (BRAGA, 2001).

As caldeiras ou gerador de calor é um equipamento designado para produzir vapor por meio de uma troca térmica entre o calor da queima de um combustível e a água. O vapor que resulta deste processo é utilizado para o acionamento de máquinas térmicas, para a geração de potência mecânica e elétrica, em alguns casos são usados para realizar o aquecimento em determinados processos industriais (PERA, 1990).

## 5.2. CLASSIFICAÇÕES DAS CALDEIRAS

Segundo a NR-13 - Norma Regulamentadora, caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares.

De acordo com a norma citada acima, pelas classes de pressão as caldeiras foram classificadas em:

Categoria A: São aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1.960 kPa (19,98 kgf/cm<sup>2</sup>), com volume superior a 100 L (cem litros);

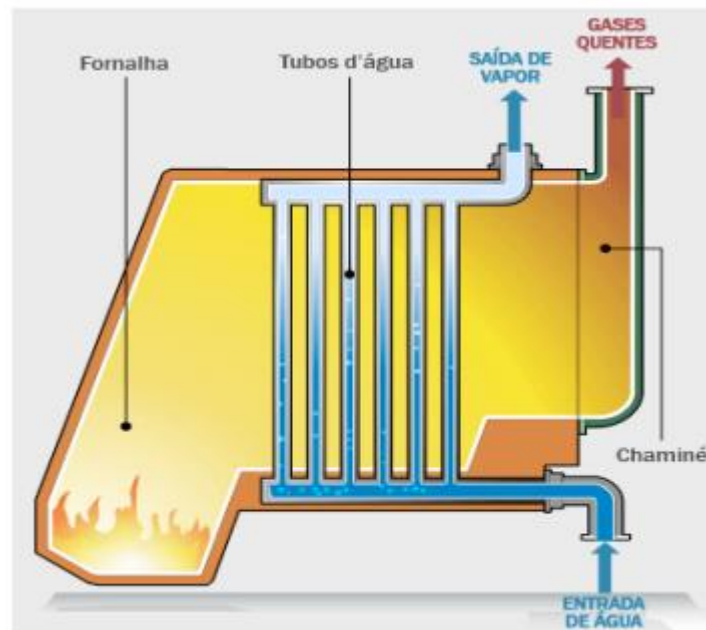
Categoria B: São aquelas cuja pressão de operação seja superior a 60 kPa (0,61 kgf/cm<sup>2</sup>) e inferior a 1 960 kPa (19,98 kgf/cm<sup>2</sup>), volume interno superior a 100 L (cem litros) e o produto entre a pressão de operação em kPa e o volume interno em m<sup>3</sup> seja superior a 6 (seis);

De acordo com Silva (2014), as caldeiras podem ser classificadas em dois tipos básicos: Aquatubulares e Flamotubulares.

A seguir segue a apresentação destas duas classes, com maior ênfase ao tipo analisado no presente estudo, a flamotubular.

## 5.3 CALDEIRAS AQUATUBULARES

Segundo Cortinhas (2014), as caldeiras aquatubulares, também conhecidas como caldeiras tubos de água, distinguem-se das flamotubulares pelo fato da água circular dentro dos tubos e os gases quentes circularem por fora dos mesmos, o que aumentou muito a superfície de aquecimento, ampliando a capacidade de produção de vapor.



**Figura 5.2 - Caldeira Aquatubular (HowStuffWorks, 2008).**

São caldeiras constituídas de tubos retos, curvos ou de circulação forçada. De maior rendimento, rapidez de geração de grandes quantidades de vapor com níveis de pressão mais elevados.

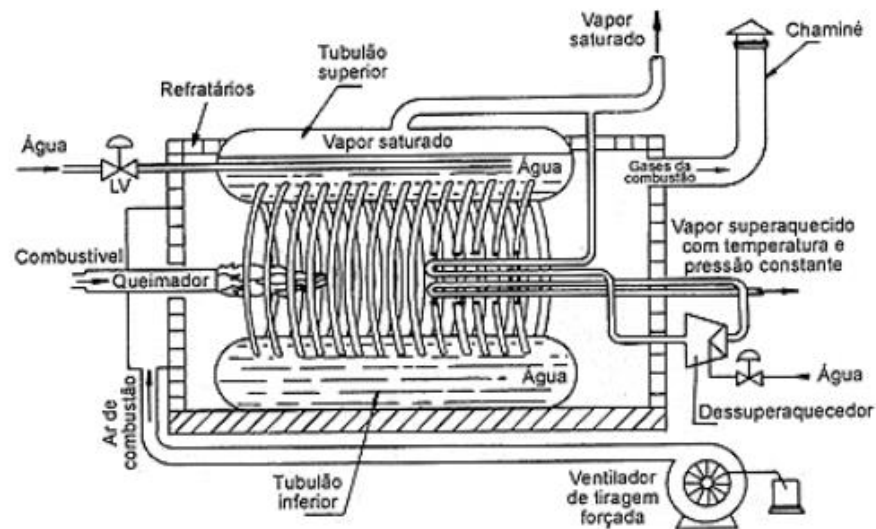
Segundo Altafini (2002), as caldeiras aquatubular caracterizam pela circulação externa dos gases de combustão e os tubos conduzem massa de água e vapor, sendo sua utilização mais ampla, pois possuem vasos pressurizados internamente e de menores dimensões relativas. Isso viabiliza econômica e tecnicamente o emprego de maiores espessuras, e, portanto, a operação em pressões mais elevadas.

Altafini (2002) observa também que nas caldeiras aquatubulares o volume de água é distribuído por um grande número de tubos submetidos na parte externa, ao contato dos gases de combustão. Os tubos podem ser retos ou curvados, dispostos de forma a garantir uma eficiente circulação da água em ebulição.

Os tubos são normalmente conectados entre dois ou mais tubulões/tambores cilíndricos, conforme mostra a Figura 5.2. Desta forma, o processo de aquecimento dos tubos em que circula água é realizado com o calor transferido pelos gases de combustão obtidos pela queima do combustível com o ar de combustão no sistema de queimador.

O tubulão inferior trabalha incessantemente cheio de água e compõe o ponto baixo da caldeira. A lama que pode se desenvolver na caldeira se sedimenta e pode ser extraída do fundo

deste tambor inferior. Por isto, tal equipamento também é chamado de tambor de lama. Vale ressaltar, porém, que uma caldeira moderna que tenha a finalidade de cogeração de energia elétrica pode apresentar somente o tambor de vapor em razão de a água utilizada ser muito pura, o que impede a formação de lodo químico e, portanto, elimina-se a necessidade do tubulão inferior (DUKELOW, 1991).



**Figura 5.3 - Esquema básico de uma caldeira aquatubular.**

**Fonte: BEGA, 2003.**

Por outro lado, o tubulão superior (ou tambor de vapor) contempla um sistema de controle para manter seu nível de líquido em cerca de 50%. Tanto o lado de fogo quanto o lado de água da caldeira são isolados por uma parede de refratários (câmara de combustão) para evitar perdas de calor ao ambiente (BEGA, 2003). A circulação da água é resultado do aquecimento dos tubos de subida ("riser") com gás de combustão quente, sendo que o vapor é liberado no tambor de vapor, princípio mostrado na Figura 5.2. Desta maneira, quando o circuito está cheio de água, um diferencial de peso específico se estabelece entre a água dentro dos tubos ascendentes (zona radiante) e a água encontrada nos tubos descendentes ("downcomer" – zona de convecção). A água com maior peso específico dos tubos descendentes "empurra" a água com menor peso específico para o tubulão superior, iniciando o processo de circulação (DANTAS, 1988).

O vapor gerado no tubulão superior é saturado ou superaquecido. Caso seja desejado vapor superaquecido devem-se empregar os superaquecedores, destinados a aumentar a temperatura do vapor para um valor acima de sua temperatura de saturação, e instalado um

sistema de dessuperaquecimento para resfriamento controlado. Esses superaquecedores são constituídos por um ou mais feixes tubulares em forma de serpentina, sendo classificados como de radiação ou de convecção. O uso de vapor superaquecido aumenta a disponibilidade de energia, além de conferir um maior rendimento das turbinas em função do maior salto entálpico disponível (BEGA, 2003).

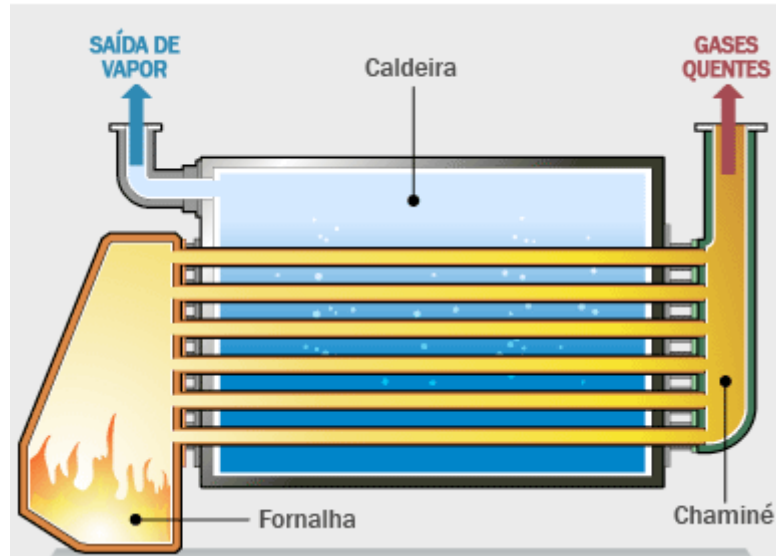
Segundo Cortinhas (2014), a necessidade de caldeira com maior rendimento, maior superfície de aquecimento e rapidez na geração de vapor, levaram ao surgimento da caldeira aquatubular. Hoje é o modelo mais utilizado em Usinas Sucroalcooleiras. (SILVA, 2014).

#### 5.4. CALDEIRAS FLAMOTUBULARES

Conforme Dukelow (1991), as caldeiras flamotubulares são utilizadas na maior parte das indústrias de pequeno e médio porte.

De acordo com Bazzo (1992), a base das caldeiras flamotubulares, historicamente consagrada como o primeiro tipo de caldeira construída, é a circulação da água ao redor de diversos tubos, montados entre espelhos na forma de um único feixe tubular e dentro dos quais passam os gases de combustão. Este tipo de caldeira possui dois ou mais passes (o maior número de passagens pelos tubos permite um melhor aproveitamento da energia disponível nesses gases), em direção à chaminé, conforme apresentado pelo esquema da Figura 5.3. Em outras palavras, o lado de fogo é impelido por dentro dos tubos e o lado de água, por fora dos tubos da caldeira.

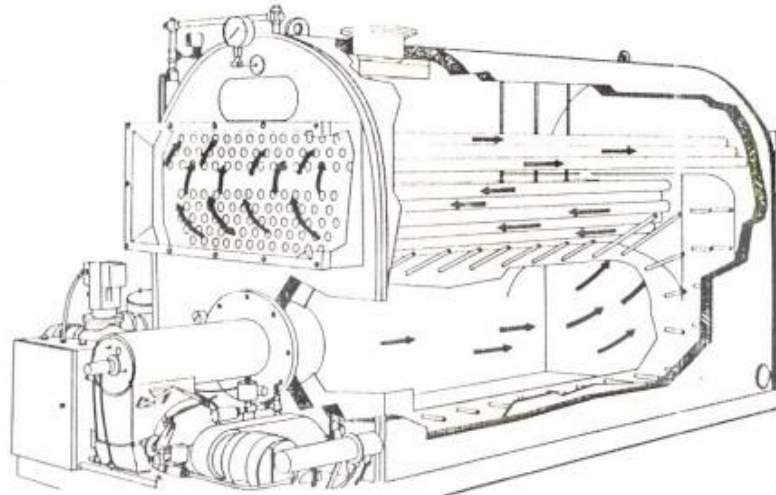
Deste modo, o vapor é gerado pelo calor transferido dos gases quentes da combustão para a água que os envolve, por meio das paredes de material metálico dos tubos. O resfriamento desses gases de combustão é função, especialmente, da condutividade e área dos tubos, e da diferença de temperatura entre os gases e água da caldeira (BEGA, 2003).



**Figura 5.4 – Caldeira Flamotubular (HowStuffWorks, 2008).**

As caldeiras flamotubulares podem ser construídas com fornalhas internas ou externas. Conhecidas também como caldeiras escocesas, as caldeiras flamotubulares de fornalhas internas são projetadas para queimarem gás natural ou óleo. Independente de apresentarem um bom rendimento térmico, em torno de 84%, elas são limitadas a pressões inferiores a 15 bar e produção de 15 t/h de vapor (somente saturado), por razões de construção (dimensões exageradas são obtidas para valores superiores), tornando-as menos competitivas quando comparadas às caldeiras aquatubulares (BAZZO, 1992).

A Figura 5.4 mostra o esquema de uma caldeira flamotubular com fornalha interna, três passagens de gases pelos tubos. O nível da água deve permanecer sempre acima dos tubos com a finalidade de refrigerar os mesmos ocorrendo uma troca térmica mais homogênea e evitando que os tubos superaqueçam e sejam deteriorados comprometendo o equipamento.



**Figura 5.5 - Esquema de uma caldeira flamotubular, fornalha interna**

**Fonte: Silva (2012).**

De outra forma, a opção por fornalhas externas admite a utilização de combustíveis sólidos, como lenha ou carvão fóssil. A fornalha, neste caso, é envolvida por paredes de água, permitindo maior eficiência de queima dos sólidos, uma das características também das caldeiras aquatubulares. Segundo Peres 1982, no caso específico das usinas sucroenergéticas brasileiras, ao longo das décadas de 30 e 40, essas caldeiras flamotubulares foram substituídas, posteriormente, por caldeiras aquatubulares.

Para outro pesquisador, caldeiras flamotubulares ou fumotubulares, são caldeiras no qual a queima e os gases resultantes fluem dentro de tubos. A queima acontece no interior de um cilindro construído em chapa de aço, com dimensões que permitam a combustão completa de forma que, após a mesma, só fluam gases quentes para as demais passagens de gases (FERREIRA, 2007).

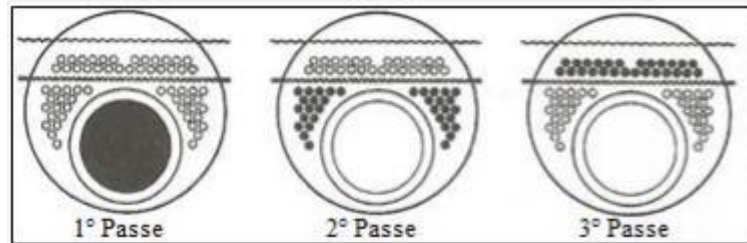
De acordo com Martinelli Jr (2002), as caldeiras flamotubulares são em geral, compactas, em outras palavras, saem prontas da fábrica, restando apenas sua instalação no local de operação.

Segundo Bizzo (2001), as caldeiras flamotubulares compõem-se da grande maioria das caldeiras, utilizada para capacidades de produção de vapor menores (da ordem de até 10 Ton/h) e baixas pressões (até 10 bar), atingindo algumas vezes a 15 ou 20 bar.

Na Figura 5.5 mostra uma caldeira de fornalha interna aonde os gases antes de chegarem à chaminé podem ter duas ou mais passagens pelo interior da caldeira, sendo a primeira no tubo único que é chamado de fornalha, onde deve ocorrer a total combustão para não haver a reversão



da chama e atingir diretamente os espelhos da caldeira, logo a troca de calor neste ponto se dá por radiação, já nas demais passagens onde os tubos são de menor diâmetro a troca de calor se dá por ação combinada de convecção e radiação gasosa.



**Figura 5.6 - Passagem dos gases pelos tubos da caldeira.**

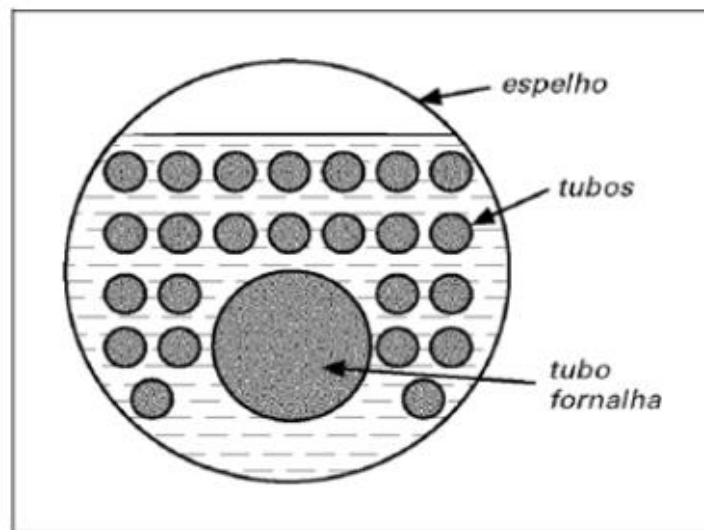
**Fonte: Adaptado de Maitre (1997).**

Segundo CHD Válvulas (2005), as caldeiras flamotubulares possuem as seguintes partes principais: corpo, espelhos, feixe tubular ou tubos de fogo e caixa de fumaça.

O corpo da caldeira, também chamado de casco ou carcaça, é construído a partir de chapas de aço carbono calandradas e soldadas. Seu diâmetro e comprimento estão relacionados à capacidade de produção de vapor. As pressões de trabalho são limitadas pelo diâmetro do corpo destas caldeiras.

Os espelhos são chapas planas cortadas em forma circular, soldadas nas duas extremidades do corpo da caldeira. Neles estão fixos os tubos formando o feixe responsável pela absorção do calor contido nos gases de exaustão e transferido à água. A apresentação desta descrição está na Figura 5.6.

A caixa de fumaça é o local por onde os gases da combustão fazem a reversão do seu trajeto, passando novamente pelo interior da caldeira.



**Figura 5.7 - Espelhos da caldeira (Chd Válvulas, 2005).**

Os combustíveis de alimentação deste tipo de caldeira é geralmente o óleo ou gás natural.

As vantagens deste tipo de caldeira estão associadas principalmente com a construção simples e de pouca alvenaria, sendo de manutenção simples no que se refere à substituição dos tubos e limpeza dos mesmos. Além disso, observa-se também a possibilidade de modulação na queima do combustível, permitindo, desta forma, variar facilmente a geração do vapor. Tal característica é importante para instalações em que a necessidade de geração de vapor pode variar conforme o horário (MACINTYRE, 1997).

Altafini (2002) classifica as caldeiras flamotubulares em dois tipos: verticais e horizontais.

A caldeira vertical é do tipo monobloco, sendo constituída por um corpo cilíndrico fechado nas extremidades por placas planas chamadas espelhos, apresentando, porém, baixa capacidade e baixo rendimento térmico. Geralmente são construídas de 2 até 30 m<sup>2</sup>, com pressão máxima de 10 kgf<sup>2</sup>, sendo sua capacidade específica de 15 a 16 kg de vapor por m<sup>2</sup> de superfície de aquecimento e são mais utilizadas para combustíveis de baixo poder calorífico. Apresenta a vantagem de possuir seu interior bastante acessível para a limpeza e fornecendo um maior rendimento no tipo de fornalha interna e sendo a sua aplicação bem variada, devido à facilidade de transporte pelo pequeno espaço que ocupa, exigindo pequenas fundações (MARTINELLI JR, 2002).

## 5.5. PRINCIPAIS RISCOS E CAUSAS DE ACIDENTES COM CALDEIRAS

Segundo Campos (2011), todos os anos no mundo milhões de pessoas morrem vítimas de doenças ou acidentes relacionadas ao trabalho. Alguns dos índices relativos a mortes, lesões e incapacitações permanentes estão diretamente associados aos acidentes com caldeiras, pois são equipamentos de altíssimo risco, sendo fatais em qualquer inconformidade de gerenciamento.

Bazzo (1995), afirma que as causas de maior repetição de acidentes envolvendo explosão de caldeiras são: a elevação da pressão de trabalho acima da pressão máxima de trabalho permitida (PMTP), o superaquecimento excessivo e/ou modificação da estrutura do material, a ocorrência de corrosão ou erosão do material e a ignição espontânea, a começar de nevoas ou gases inflamáveis remanescentes no interior da câmara de combustão.

## 5.6. ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRAS

Conforme Maitre (2004), as falhas que podem ocorrer estão ligadas ao superaquecimento, corrosão, trincas e a falta da concentração de sais minerais na água. As falhas e na grande parte dos casos, os acidentes, ocasionadas no funcionamento de uma caldeira dependem muito da qualificação e responsabilidade do operador. Para o desempenho do equipamento é função dele desempenhar as seguintes condutas básicas:

- ❖ Descargas de fundo e atenção ao tratamento da água: Evitando as incrustações e conseqüentemente a baixa condutividade para a troca de calor;
- ❖ Remoção/limpeza da fuligem dos tubos: Garante melhor eficiência já que os tubos não estarão incrustados;
- ❖ Tiragem: A movimentação dos gases da entrada influencia na queima e na troca de calor;
- ❖ Utilização do condensador: Aumento da eficiência da queima.

Na grande maioria das vezes, a água utilizada no processo de geração de vapor depende de um pré-tratamento que permita reduzir suas impurezas, uma vez que a água de alimentação não deve corroer os metais e acessórios da mesma, depositar incrustações prejudicando seu

funcionamento ou arraste de impurezas pelo vapor (PIPESYSTEM, 2004). A Figura 5.7 mostra a o reservatório de água da caldeira.



**Figura 5.8 – Reservatório de água**

**Fonte: Autor**

## 5.7 TRATAMENTOS PRIMÁRIOS DA ÁGUA

O tratamento atua primeiramente sobre as impurezas mais grosseiras, tais como, sólidos em suspensão e material orgânico. Conforme Azzolini (2002), “os tratamentos primários são todos os processos físico-químicos a que é submetida à água, para modificar seus parâmetros de qualidade, tornando-a com características que atendam às particularidades e padrões solicitados por normas específicas, as quais determinam padrões específicos para uma aplicação industrial ou de potabilidade”.

Conforme Aquino (2012), a desmineralização é o melhor processo de tratamento de água para caldeiras, uma vez que ela elimina todos os sais minerais existentes na água e evita problemas como corrosão e incrustações.

Os métodos de tratamento podem ser divididos em duas partes: Externos e Internos, conforme Altafini (2002).

- ❖ Externos: clarificação, abrandamento, desmineralização, de gaseificação e remoção da sílica.
- ❖ Internos: a base de fosfato, quelato, sulfito de sódio, hidrazina e soda.

## 5.9 NORMAS REGULAMENTADORAS – SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO

As Normas Regulamentadoras, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de cumprimento obrigatório 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.

O não cumprimento das disposições legais e regulamentares sobre segurança e medicina do trabalho causará ao empregador a aplicação das penalidades previstas na legislação pertinente; e, constitui ato faltoso a recusa injustificada do empregado ao cumprimento de suas obrigações com a segurança do trabalho (GUIA TRABALHISTA, 2014).

Dentro de uma indústria, a caldeira é um equipamento de elevado custo e responsabilidade, cujo projeto, operação e manutenção são padronizadas e fiscalizadas por uma série de normas, códigos e legislações. No Brasil, o Ministério do Trabalho é responsável pela aplicação da NR 13, que regulamenta todas as operações envolvendo caldeiras, vasos de pressão e tubulações no território nacional. O projeto desses equipamentos normalmente adota-se códigos específicos; no Brasil, é comum o uso do código da ASME (American Society of Mechanical Engineers) (TROVATI, 2013).

A NR-13 estipula requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão e suas tubulações de interligação nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção; visando à segurança e à saúde dos trabalhadores.

A NR-05 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) - CIPA - tem como objetivo a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho com a preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador.

## 5.10 LENHA

A madeira sempre foi muito usada pelo homem em diversos processos, principalmente no cozimento de alimentos e no aquecimento de ambientes (ROSSO, 2006).

De acordo com Barrichelo e Brito (1978), a madeira é um dos recursos mais fartos na terra, produzida através do processo de fotossíntese. A energia solar retida neste processo é transformada em energia química fixada na matéria orgânica.

A lenha Eucaliptos é uma das mais utilizadas na geração de calor, por causa do seu crescimento rápido e uma grande plasticidade, dessa forma permitindo grandes áreas de reflorestamento. Também essa espécie de madeira possui características que contribuem para seu uso na combustão (PEREIRA, 2012). A Figura 5.9 mostra o tipo de combustível utilizado na caldeira, que neste caso é combustível sólido.



**Figura 5.9 – Lenha**

**Fonte: Autor**

## 6. METODOLOGIA

Este trabalho avaliou de forma qualitativa e exploratória, as condições de instalações e procedimentos na operação e inspeção de uma caldeira, a partir da proposta de um checklist de verificação, orientando-se na legislação pertinente (NR-13) e na aplicação da avaliação de conhecimento aos operadores dos equipamentos.

O presente estudo abordou também a elaboração de mapas de riscos, orientando-se na legislação pertinente (NR-05), com o intuito de mostrar aos trabalhadores os riscos ambientais na casa de caldeira e também nos outros dois setores da empresa.

### 6.1. DESENVOLVIMENTO DA LISTA DE VERIFICAÇÃO (CHECKLIST)

O checklist proposto foi desenvolvido baseado na NR 13. A estrutura do checklist desenvolvido está apresentada na Tabela 6.1.

**Tabela 6.1. Estrutura do checklist.**

<b>CHECKLIST DE AUDITORIA REALIZADO EM AGOSTO DE 2020 - rev. 0.0</b>			
<b>CALDEIRA</b>			
<b>Informações gerais sobre o local</b>			
<b>Legendas do checklist</b>		IC – Item avaliado em conformidade com a Norma NR-13	
		NC – Item avaliado em não-conformidade com a Norma NR-13	
		NV – Item não verificado.	
		NA – Item não aplicável	
<b>1.</b>	<b>Descrição</b>	<b>Avaliação do Item</b>	<b>Comentários / Observações</b>

**Fonte: Autor**

Cada campo do checklist possui os seguintes significados:

- Descrição – campo do checklist que descreve a exigência relacionada a norma NR-13 que deve ser avaliada.
- Avaliação do item – campo do checklist em que o auditor avaliará o item em: conforme (IC), não conforme (NC), não verificado (NV) ou não aplicável (NA).
- Comentários / observações – campo do checklist em que será descrito (caso pertinente) as evidências encontradas que justificam a avaliação emitida ao item em questão.

Após o desenvolvimento do checklist foi realizada a auditoria no local. A auditoria foi realizada em uma unidade industrial de vulcanização de borracha, com ênfase na sala de caldeira da empresa.

A conduta na auditoria foi baseada na norma ABNT NBR ISO 19011:2018 - *Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão*. Desta forma, a conduta foi baseada nos seguintes princípios: abordagem baseada em evidência, independência, devido cuidado profissional, integridade e apresentação justa.

O intuito da auditoria interna é auxiliar qualquer organização a alcançar seus objetivos através de uma abordagem sistêmica para melhoria dos processos de gerenciamento de riscos e busca de oportunidades para adicionar valor, melhorar as operações e resultados da empresa.

O auditor interno deve preocupar-se com qualquer fase das atividades da empresa que possa preocupar a Alta direção. Para conseguir o cumprimento deste objetivo geral, há necessidade de desempenhar algumas atividades estabelecidas.

Foi utilizado o método dos 5 porquês, método que consiste em, após definido exatamente o problema, questionar o porquê por cinco vezes, até que se encontre sua verdadeira causa para serem sanadas com as ações corretivas.

Apesar de não substituir uma análise de qualidade mais detalhada, a técnica dos 5 porquês tem a vantagem de ser bastante simples, podendo ser aplicada a qualquer momento, sem a exigência, por exemplo, de análises estatísticas apuradas ou consultorias técnicas especializadas.

Antes de mais nada, para que a técnica dos 5 porquês seja usada de forma efetiva na resolução dos problemas da empresa, é importante reunir toda a equipe envolvida no processo.

Pense que o responsável por cada etapa pode ter uma visão diferente dos demais, de modo que suas experiências e pontos de vista enriquecerão os resultados.

Reunida a equipe, é hora de partir para a exata definição do problema que precisa ser resolvido. Aí entram os porquês, que devem ser respondidos como em uma sessão de brainstorm.



Nessa etapa, é essencial que cada membro da equipe possa falar livremente até que a equipe defina, de forma coletiva, se aquela resposta é válida ou não.

Responderam aos 5 porquês? Se a causa-chave foi encontrada, só falta então definir medidas para sanar definitivamente o problema!

O checklist foi aplicado ao responsável e ao operador e a avaliação consistiu em verificar o conhecimento dos mesmos em relação aos riscos que a atividade oferece. Além disso, foram realizadas inspeções visuais e em documentos no local de forma atender o preenchimento da lista de verificação.

### 6.1.1 Componentes básicos da caldeira avaliados no checklist

Os componentes básicos da caldeira avaliados no checklist são apresentados na sequência. Na Figura 6.1 tem-se uma visão geral externa da caldeira analisada neste trabalho.



**Figura 6.1 – Caldeira Flamotubular Horizontal Multitubular com fornalha externa.**

**Fonte: Autor**

- ❖ Fornalha: Local onde se processa a queima de combustíveis sólidos, neste caso, a lenha.



**Figura 6.2 – Fornalha**

**Fonte: Autor**

- ❖ Vaso de pressão cilíndrico: Corpo externo das caldeiras flamotubulares, onde ocorre o contato da água com o vapor através dos tubos e conseqüentemente a transformação da fase líquida em vapor saturado;



**Figura 6.3 – Vaso de pressão cilíndrico**

**Fonte: Autor**

- ❖ Chaminé: Destinada a garantir a circulação dos gases quentes, geralmente em caldeiras de grande porte, algumas possuem tratamento dos gases com equipamentos antipoluentes;



**Figura 6.4 – Chaminé**

**Fonte: Autor**

- ❖ Cinzeiro: Depois que ocorre a combustão, os materiais inertes se transformam em cinzas e são depositados nesse compartimento.



**Figura 6.5 – Cinzeiro**

**Fonte: Autor**

## 6.2. AÇÕES CORRETIVAS

No trabalho também foi proposto um plano de ação para o desenvolvimento de ações corretivas em relação as não conformidades encontradas.

O plano de ação foi baseado em quatro campos: Não conformidade, análise das causas e proposta de ação corretiva, conforme mostra a Tabela 6.2.

**Tabela 6.2. Plano de ação para segurança na sala de caldeira**

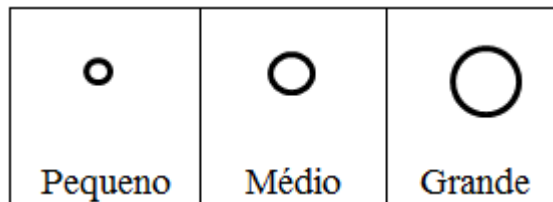
Item	Não conformidade	Análise das causas	Proposta de ação corretiva

Fonte: Autor

O principal propósito do plano de ação é corrigir e prevenir a não conformidade, identificando e lidando com a causa-raiz do problema.

### 6.3. ELABORAÇÃO DO MAPA DE RISCOS

O Mapa de Riscos é uma representação gráfica dos riscos existentes nos locais de trabalho. É representado graficamente através de cores e círculos em tamanhos diferentes de acordo com a planta do ambiente analisado. O tamanho do círculo representa o grau do risco, conforme a Figura 6.6 mostrada a seguir.



**Figura 6.6 – Intensidade dos riscos**

Fonte: Autor

Os agentes que causam riscos à saúde dos trabalhadores e que costumam estar presente nos locais de trabalho são agrupados em cinco tipos:

- ❖ Agentes físicos;
- ❖ Agentes químicos;
- ❖ Agentes biológicos;
- ❖ Agentes ergonômicos;
- ❖ Agentes mecânicos.

Cada um desses tipos de agentes é responsável por diferentes riscos ambientais que podem provocar danos à saúde ocupacional dos servidores. Para elaboração do mapa de riscos, consideram-se os riscos ambientais de acordo com Tabela 6.3:

**Tabela 6.3.** Classificação dos principais riscos ocupacionais em grupos, de acordo com a sua natureza e a padronização das cores correspondentes.

<b>RISCOS AMBIENTAIS</b>				
<b>GRUPO 1</b>	<b>GRUPO 2</b>	<b>GRUPO 3</b>	<b>GRUPO 4</b>	<b>GRUPO 5</b>
Agentes Químicos	Agentes físicos	Agentes Biológicos	Agentes ergômicos	Agentes Mecânicos
Poeira	Ruidos	Vírus	Trabalho físico pesado	Arranjo físico deficiente
Fumos Metálicos	Vibrações	Bactérias	Posturas incorretas	Máquinas sem proteção
Névoas	Radiação	Protozoários	Treinamento inadequado	Equipamentos defeituosos
Vapores	Pressões anormais	Fungos	Jornadas longas de trabalho	Ferramentas inadequadas
Gases	Temperaturas extremas	Bacilos	Trabalho noturno	Iluminação deficiente
Produtos químicos	Frio	Parasitas	Conflito	Armazenamento
Compostos químicos	Calor		Tensões emocionais	Incêndio
Substâncias químicas	Umidade		Desconforto	Edificações
Outros	Outros		Outros	Outros
<b>VERMELHO</b>	<b>VERDE</b>	<b>MARROM</b>	<b>AMARELO</b>	<b>AZUL</b>

**Fonte: Autor**

### 6.3.1 Etapas de elaboração do mapa de riscos

As seguintes etapas foram consideradas para a elaboração dos mapas de riscos neste trabalho.


- ❖ Os processos de trabalho no local analisado foram conhecidos quanto aos trabalhadores, materiais de trabalho e atividades exercidas no ambiente de trabalho;
- ❖ Foram identificados os riscos existentes no local analisado, conforme a classificação da tabela 6.2;
- ❖ Foram identificadas as medidas preventivas existentes e sua eficácia (medidas de proteção coletivas, individuais, organizacionais e de higiene e conforto);
- ❖ Foram identificadas as reclamações mais frequentes entre os trabalhadores;
- ❖ Por fim, foram elaborados os mapas de riscos, sobre cada ambiente da empresa, indicando através de círculo:
  - O grupo a que pertence o risco, de acordo com a cor padronizada na Tabela 6.2;
  - A intensidade do risco, de acordo com a percepção dos trabalhadores, que deve ser representada por tamanhos proporcionalmente diferentes de círculos (Figura 6.6).


## **7. RESULTADOS**

### **7.1. PROPOSTA DE UMA LISTA DE VERIFICAÇÃO PARA O AMBIENTE COM CALDEIRA**


O checklist proposto com os resultados verificados na auditoria realizada na sala de caldeira estão apresentados na Tabela 7.1. O checklist sem qualquer comentário e sem as avaliações de cada item encontra-se no Apêndice 1 deste trabalho.


Tabela 7.1. Checklist de instalação, inspeção e segurança de uma caldeira


CHECK-LIST DE AUDITORIA REALIZADO EM AGOSTO DE 2020 - rev. 0.0			
CALDEIRA			
<b>Informações gerais sobre o local</b>	O ambiente possuía uma Caldeira Flamotubular		
<b>Legendas do checklist</b>	IC – Item avaliado em conformidade com a Norma NR-13		
	NC – Item avaliado em não-conformidade com a Norma NR-13		
	NV – Item não verificado.		
	NA – Item não aplicável		
1.	Campo de aplicação	Avaliação do Item	Comentários / Observações
1.1	A Norma regulamentadora NR-13 (Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento) aplica-se ao ambiente avaliado?	IC	<p>Sim, o local utiliza para fins de produção de vapor, uma caldeira.</p>  <p style="text-align: center;"><b>Figura 7.1 - Caldeira</b></p>


2.	Itens gerais de segurança de uma Caldeira	Avaliação do Item	Comentários / Observações
2.1	A caldeira é dotada de válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a Pressão Máxima de Trabalho Admissível PMTA, considerados os requisitos do código de projeto relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração?	IC	<p>Sim, possui uma válvula manual com um ajuste de pressão.</p>  <p><b>Figura 7.2 – Válvula de segurança</b></p>
2.2	A caldeira possui um instrumento calibrado que indique a pressão do vapor acumulado?	IC	Sim, um manômetro calibrado.



					
2.3	<p>A caldeira possui um injetor ou sistema de alimentação de água independente do principal calibrado que evite o superaquecimento por alimentação deficiente, acima das temperaturas de projeto, de caldeiras de combustível sólido</p>	IC		<p><b>Figura 7.3 - Manômetro</b></p>	<p>Sim, possui um injetor calibrado, meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido.</p>

	<p>não atomizado ou com queima em suspensão?</p>		 <p><b>Figura 7.4 – Injetor de água</b></p>
2.4	<p>A caldeira possui um sistema automático de controle do nível de água com intertravamento que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?</p>	NA	<p>Não, o controle do nível de água é realizado manualmente e o mesmo não sendo automático permite evitar o superaquecimento.</p>

			
			<p><b>Figura 7.5 – Visor do nível de água</b></p>
<b>3.</b>	<b>Identificação da Caldeira</b>	<b>Avaliação do Item</b>	<b>Comentários / Observações</b>
3.1	A caldeira possui uma placa de identificação com as seguintes informações: nome do fabricante; número de ordem dado pelo fabricante da caldeira; ano de fabricação; pressão máxima de trabalho admissível; pressão de teste hidrostático de fabricação; capacidade de produção de vapor; área de superfície de aquecimento e código de projeto e ano de edição?	IC	Sim, conforme a figura abaixo:

			
			<b>Figura 7.6 – Placa de identificação</b>
3.2	A caldeira possui em um local visível a sua categoria, e seu número ou código de identificação?	IC	Sim, de acordo com a Figura 7.6 e no livro de registro de segurança da Figura 7.7.
3.3	A caldeira possui um prontuário da caldeira, fornecido por seu fabricante, contendo as seguintes informações: código de projeto e ano de edição; especificação dos materiais; procedimentos	IC	Sim, conforme a Figura abaixo:


	<p>utilizados na fabricação, montagem e inspeção final; metodologia para estabelecimento da PMTA; registros da execução do teste hidrostático de fabricação etc.?</p>		 <p style="text-align: center;"><b>LIVRO DE REGISTRO DE SEGURANÇA</b>  <b>NORMA REGULAMENTADORA NR-13 DO</b>  <b>MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO</b>  <b>GERADOR DE VAPOR</b>  <b>(CALDEIRA)</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Luiz Antonio Ruiz Filipe - ENGENHEIRO MECÂNICO</b>  <small>CONFEA REG. NAC. 130070961-2 - CREA MS 6092/D - CREA PR 126649/V - CREA SP 068186463/V  INSPEÇÕES, TESTES, LAUDOS E PROJETOS DE ENGENHARIA MECÂNICA  FONE: (67) 9971-7514 - e-mail: luizfilipe@aol.com.br - Dourados-MS.</small></p>
3.4	<p>No estabelecimento, há um relatório de inspeção de segurança da Caldeira?</p>	IC	<p>Sim, no livro de registros a um relatório, de acordo com a Figura – 7.7.</p>

Figura 7.7 – Livro de registro de segurança

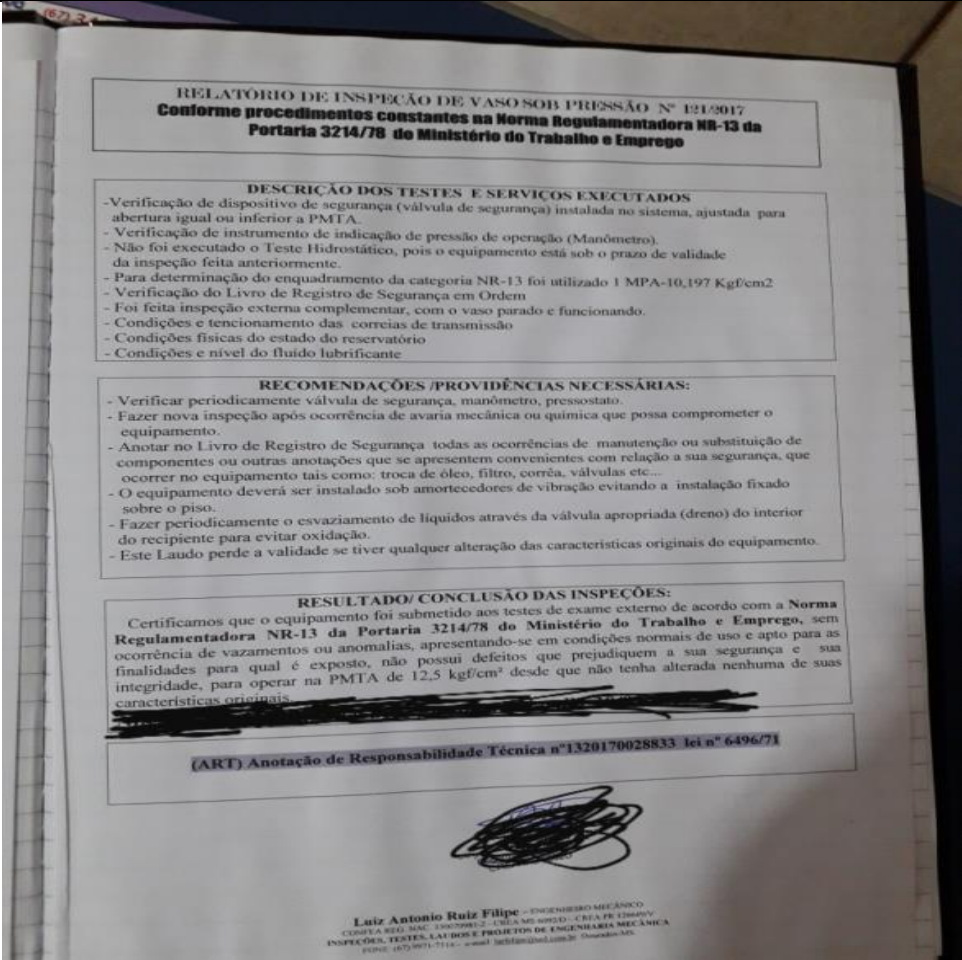

			 <p><b>RELATÓRIO DE INSPEÇÃO DE VASO SOB PRESSÃO Nº 131/2017</b>  <b>Conforme procedimentos constantes na Norma Regulamentadora NR-13 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego</b></p> <p><b>DESCRIÇÃO DOS TESTES E SERVIÇOS EXECUTADOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificação de dispositivo de segurança (válvula de segurança) instalada no sistema, ajustada para abertura igual ou inferior a PMTA.</li> <li>- Verificação de instrumento de indicação de pressão de operação (Manômetro).</li> <li>- Não foi executado o Teste Hidrostático, pois o equipamento está sob o prazo de validade da inspeção feita anteriormente.</li> <li>- Para determinação do enquadramento da categoria NR-13 foi utilizado 1 MPA-10,197 Kgf/cm<sup>2</sup></li> <li>- Verificação do Livro de Registro de Segurança em Ordem</li> <li>- Foi feita inspeção externa complementar, com o vaso parado e funcionando.</li> <li>- Condições e tencionamento das correias de transmissão</li> <li>- Condições físicas do estado do reservatório</li> <li>- Condições e nível do fluido lubrificante</li> </ul> <p><b>RECOMENDAÇÕES /PROVIDÊNCIAS NECESSÁRIAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar periodicamente válvula de segurança, manômetro, pressostato.</li> <li>- Fazer nova inspeção após ocorrência de avaria mecânica ou química que possa comprometer o equipamento.</li> <li>- Anotar no Livro de Registro de Segurança todas as ocorrências de manutenção ou substituição de componentes ou outras anotações que se apresentem convenientes com relação a sua segurança, que ocorrer no equipamento tais como: troca de óleo, filtro, correia, válvulas etc....</li> <li>- O equipamento deverá ser instalado sob amortecedores de vibração evitando a instalação fixado sobre o piso.</li> <li>- Fazer periodicamente o esvaziamento de líquidos através da válvula apropriada (dreno) do interior do recipiente para evitar oxidação.</li> <li>- Este Laudo perde a validade se tiver qualquer alteração das características originais do equipamento.</li> </ul> <p><b>RESULTADO/ CONCLUSÃO DAS INSPEÇÕES:</b></p> <p>Certificamos que o equipamento foi submetido aos testes de exame externo de acordo com a Norma Regulamentadora NR-13 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, sem ocorrência de vazamentos ou anomalias, apresentando-se em condições normais de uso e apto para as finalidades para qual é exposto, não possui defeitos que prejudiquem a sua segurança e sua integridade, para operar na PMTA de 12,5 kgf/cm<sup>2</sup> desde que não tenha alterada nenhuma de suas características originais.</p> <p>(ART) Anotação de Responsabilidade Técnica nº 1320170028833 lei nº 6496/71</p> <p><b>Luiz Antonio Ruiz Filipe</b> - ENGENHEIRO MECÂNICO    CREA Nº 14.000.000-2 - UNIA ME SUPED - CHIEFIA DE SUPED    INSPEÇÕES, TESTES, LAUDOS E PROJETOS DE ENGENHARIA MECÂNICA    FONE: (47) 971.7114 - e-mail: laudo@ruizfilipe.com.br - Osório-SC</p>
4.	Instalação da caldeira	Avaliação do Item	Comentários / Observações

Figura 7.8 – Relatório de inspeção

3.6	A caldeira está instalada em um lugar adequado, conhecido como casa de caldeira, de acordo com a NR-13?	IC	<p>Sim, constitui prédio separado, a mais de três metros dos limites de propriedade de terceiros e do limite de vias públicas.</p>  <p><b>Figura 7.9–Local de instalação da caldeira</b></p>
3.7	A caldeira está instalada em um ambiente aberto ou fechado? Ela satisfaz aos seguintes requisitos: dispõe de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas; dispõe de sensor para detecção de vazamento de gás quando se tratar	IC	Aberto, disposta de ventilação permanente, boa iluminação apesar de não trabalhar a noite, de acordo com a Figura 7.9.

	de caldeira a combustível gasoso; dispõe de iluminação conforme normas oficiais vigentes; tem um sistema de iluminação de emergência caso opere à noite; dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas, sinalizadas e dispostas em direções distintas etc.?		
<b>4.</b>	<b>Segurança na operação de caldeiras</b>	<b>Avaliação do Item</b>	<b>Comentários / Observações</b>
4.1	A caldeira possui um manual de operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo no mínimo: procedimentos de partidas e paradas; procedimentos e parâmetros operacionais de rotina; procedimentos para situações de emergência e procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente?	NC	O ambiente não possui um manual de operação.
4.2	Os instrumentos e controles da caldeira estão mantidos calibrados	IC	Todos os itens de controle estão calibrados.




	e em boas condições operacionais?		
4.3	A qualidade da água está sendo controlada e os tratamentos estão sendo implementados, quando necessários, para compatibilizar suas propriedades físico-químicas com os parâmetros de operação da caldeira definidos pelo fabricante?	IC	<p>Sim, a um tratamento da água diariamente com o produto químico CENTURY C 50, dispersante e sequestrante.</p> 
4.4	No ambiente, há um operador para a operação e o controle da caldeira?	IC	Sim, há um operador responsável.
4.5	O operador conhece a norma técnica NR-13?	NC	Verificou-se que o operador não conhece adequadamente a norma técnica que regulamenta o funcionamento de caldeiras, a NR 13, como, por exemplo, em relação ao treinamento de segurança, pois o mesmo não faz a reciclagem anual, e faz outros serviços na empresa, aumentando, desta forma, a probabilidade de negligências com a operação da caldeira.
5.	<b>Inspeção de segurança da caldeira.</b>	<b>Avaliação do Item</b>	<b>Comentários / Observações</b>

Figura 7.10 – Produto químico

5.1	A caldeira é submetida a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária?	NC	Não são realizados esses procedimentos no equipamento.
5.2	A caldeira é submetida a teste hidrostático?	IC	Sim, mas não foi realizado o teste, pois o equipamento está sob o prazo de validade da última inspeção feita anteriormente. A data prevista para a próxima inspeção seria dia 30/03/ 2020 conforme o livro de registro.
5.3	É feita uma inspeção externa completa, com o vaso parado e funcionando?	IC	Sim, conforme o relatório de inspeção da Figura 7.7, mas atualmente a caldeira apresenta algumas irregularidades externas, indicando a necessidade de procedimentos de manutenção mais frequentes.
5.4	É feito testes para analisar as condições físicas do reservatório?	IC	Sim, foram realizados testes físicos do estado do reservatório de acordo com o relatório de inspeção.
5.5	A inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, é executada a cada 12 (doze) meses?	NC	Satisfatório, há uma inspeção anual, mas está sob o prazo de validade da ultima inspeção.

			<p style="text-align: center;"><b><u>TERMO DE OCORRÊNCIA</u></b></p> <p>Aos seis dias do mês de março de 2019, foi efetuado a inspeção de segurança periódica do Vaso de Pressão (reservatório de ar comprimido) cilíndrico horizontal de [REDACTED] em atendimento a Norma Regulamentadora nº 13, Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego. Com a inspeção ficou constatado que o equipamento opera dentro da normalidade sem apresentar nenhuma anomalia que possa prejudicar seu funcionamento e desempenho dentro das normas de segurança exigidas, estando, portanto liberado para uso. Por ocasião da inspeção foi emitido o Relatório de Inspeção do Vaso sob Pressão <b>RIVP 137/2019</b>. Foi informado ao proprietário e responsável pelo equipamento que o mesmo deverá sofrer nova inspeção até o dia <b>30/03/2020</b>, ou a qualquer momento comunicar ao profissional responsável por escrito após ocorrência de avaria mecânica ou química que possa comprometer o equipamento. Após a conclusão foi emitido ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Estado de Mato Grosso do Sul CREA-MS a Anotação de Responsabilidade Técnica ART nº <b>1320190017409</b>.</p>
5.6	O relatório de inspeção de segurança, contém no mínimo: dados constantes na placa de identificação da caldeira; categoria da caldeira; tipo da caldeira; tipo de inspeção	IC	Sim, o ambiente contém um relatório de inspeção com todas as informações.

**Figura 7.11 – Termo de ocorrência**

	<p>executada; data de início e término da inspeção; descrição das inspeções, exames e testes executados; registros fotográficos do exame interno da caldeira; resultado das inspeções e providências; recomendações e providências necessárias; parecer conclusivo quanto à integridade da caldeira até a próxima inspeção e data prevista para a nova inspeção de segurança da caldeira; nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do PH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção?</p>		
--	--	--	--

De maneira geral o checklist proposto cumpriu a finalidade de adequar e avaliar o ambiente que possui uma caldeira, e, assim, manter o ambiente em constante melhoria contínua e em conformidade aos requisitos exigidos pela NR-13.

Com a realização da auditoria e as não conformidades devidamente evidenciadas e descritas, tornou-se possível realizar um plano de ação para o desenvolvimento de ações corretivas.

### **7.1.1 Checklist – Caldeira**

De modo geral as não conformidades encontradas na caldeira estavam associadas principalmente a falta de um manual de operação, testes de inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária e principalmente, a validade das inspeções de segurança periódica, constituída por exame interno e externo. Conforme mostra o relatório de inspeção do ano anterior, a data prevista para a próxima inspeção a ser realizada seria 5 (cinco) meses antes da realização do checklist, contrariando o que consta na norma regulamentadora, que deixa claro a realização de inspeções de segurança periódica, constituída por exames interno e externo, devendo ser executada a cada 12 (doze) meses para caldeiras das categorias A e B.

### **7.1.2 Checklist – Operador**

As não conformidades encontradas no profissional responsável pelo setor de caldeira estavam associadas principalmente com a ausência de certificado de treinamento de segurança na operação de caldeira, falta de conhecimento da NR-13 e em relação a sua função na empresa, que além de operador, ele exerce outras atividades de manutenção e limpeza na empresa.

### **7.1.3 Plano de ação**

Para adequar a empresa em relação as não conformidades encontradas, foi proposto um plano de ação com ações corretivas. A Tabela 7.2 apresenta a análise das causas das não conformidades através do método dos 5 porquês, de forma, para conhecer a causa raiz do problema, bem como, as ações corretivas para adequarem a empresa.

Tabela 7.2. Plano de ação para segurança na sala de caldeira

Item	Não conformidade	Análise das causas	Proposta de ação corretiva
4.1	Falta de um manual de operação da caldeira no ambiente. Descumprimento do item 13.4.3.1 da NR-13.	Ausência de colaboradores na empresa com atribuições para o desenvolvimento de manuais de operação e de procedimentos operacionais.	Designar equipe para o desenvolvimento de manuais de operação e desenvolver um manual de operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso ao operador, contendo no mínimo: a) procedimentos de partidas e paradas; b) procedimentos e parâmetros operacionais de rotina; c) procedimentos para situações de emergência; d) procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente.
4.5	Operador sem conhecimento da Norma Regulamentadora-13. Descumprimento do ANEXO 1 da NR-13, que cita as condições gerais para a capacitação de pessoal.	Ausência de protocolos de treinamento e de capacitação periódica dos colaboradores.	Regularizar os documentos, fazer os devidos cursos, treinamentos e capacitações para satisfazer as condições exigidas na norma para operar uma caldeira. Desenvolver avaliação dos colaboradores para avaliar o aprendizado nos treinamentos.
5.1	Falta de testes de inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária. Descumprimento do item 13.4.4.1 da NR-13.	Ausência de protocolos de testes de inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária.	Implementação de protocolos de testes de segurança. Realizar os devidos testes de inspeções para adequar-se as exigências na NR-13.
5.5	Validade da inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, é executada a cada 12 (doze) meses. Descumprimento do prazo máximo de 12 (doze) meses do item 13.4.4.4.a da NR-13.	Ausência de protocolos de testes de inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária.	Implementação de protocolos de testes de segurança. Efetuar a inspeção de segurança periódica, constituída por exames interno e externo o mais rápido possível para cumprimento do prazo da norma técnica e também devido as condições externas do equipamento.

As ações corretivas verificadas foram apresentadas a gerencia para a realização das devidas adequações.

Nesse sentido, a utilização da caldeira com inspeções mais rigorosas e um operador com treinamentos adequados seria uma alternativa para melhorar não só o rendimento, mas também a segurança da casa de caldeira e do ambiente de trabalho.

Na auditoria realizada na casa de caldeira não foi verificado mapa de risco na entrada do local, bem como, nos demais ambientes da empresa.

Neste contexto, a Portaria nº 05, de 17 de agosto de 1992, do Ministério do Trabalho e Emprego, menciona que a elaboração do Mapa de Riscos é obrigatória para empresas com grau de risco e número de empregados que exijam a constituição de uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

Embora a unidade industrial avaliada neste trabalho não se enquadre em uma empresa que exija a constituição de Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), sabe-se que a representação gráfica dos riscos de acidentes nos locais possibilita uma conduta mais cautelosa por parte dos colaboradores, diante dos perigosos sinalizados pelo mapa.

Por este motivo, foram desenvolvidos mapas de riscos para diversos ambientes da unidade industrial conforme mostrado na sequência.

## 7.2. ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE RISCOS

Para o desenvolvimento dos mapas de riscos primeiramente foi analisada a planta baixa completa da unidade industrial, conforme mostra a Figura 7.15.

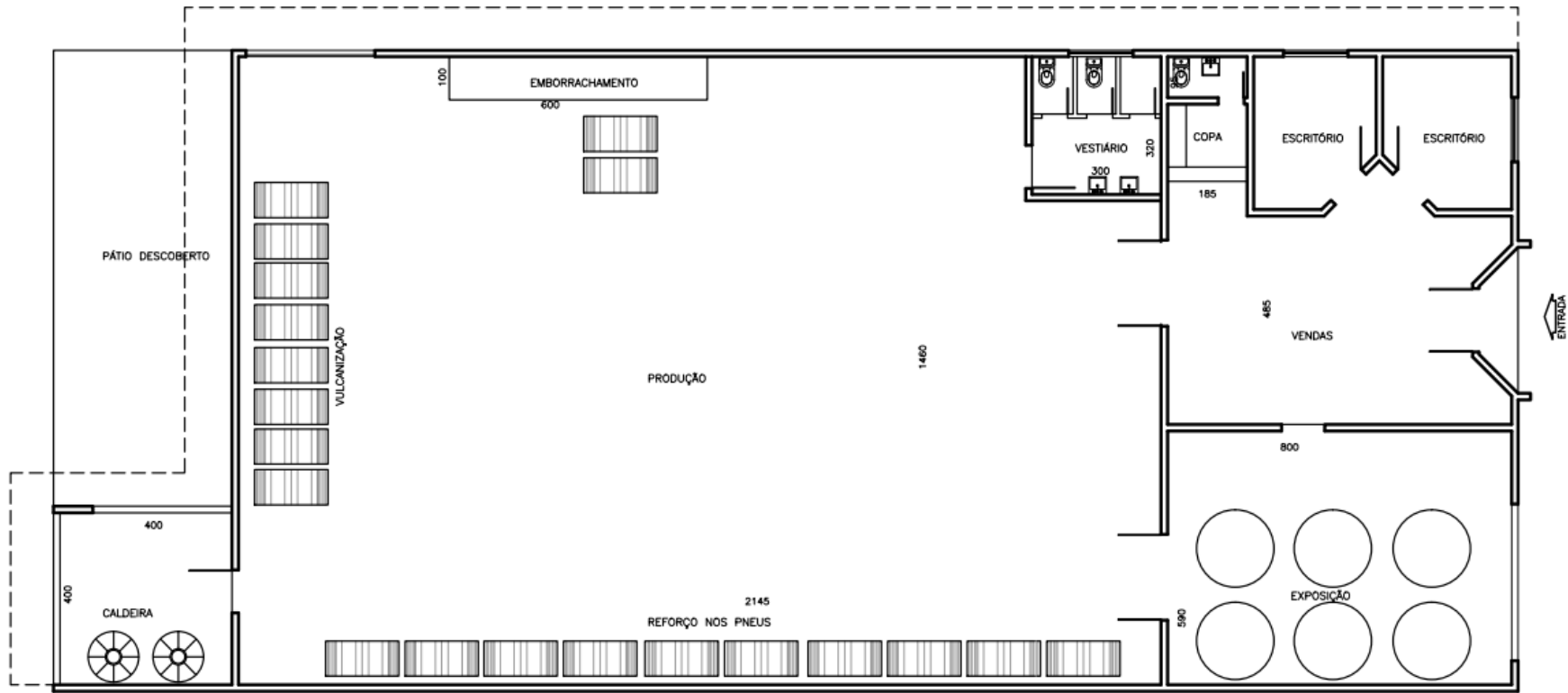


Figura 7.12 – Planta Baixa completa do ambiente

Fonte: Autor



A partir das informações da planta baixa, foram desenvolvidos os mapas de risco para os seguintes ambientes: escritório, produção e caldeira.

## 7.2.6 SETOR: Administrativo

### 7.2.6.1 Descrição das atividades da unidade

O setor administrativo opera nas esferas das produções, compras, vendas, marketing, comercial e/ou logísticas, e grande parte do tempo o pessoal fica sentado com a postura inadequada, ocasionando dores nas costas, pescoço, ou seja, riscos ergonômicos.

### 7.2.6.2 Riscos ocupacionais identificados

- Ergonômico - Médio - Postura inadequada, ritmo excessivo.

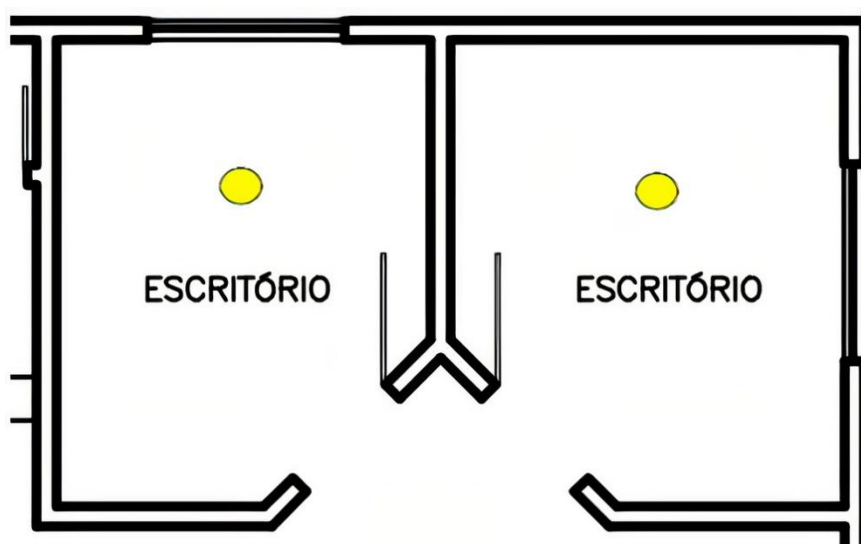


Figura 7.13 – Setor administrativo

Fonte: Autor

RISCO AMBIENTAL	INTENSIDADE
Ergonômico	Médio

Tabela 7.3 – Riscos no setor administrativo

Fonte: Autor

## **7.2.7 SETOR: Produção**

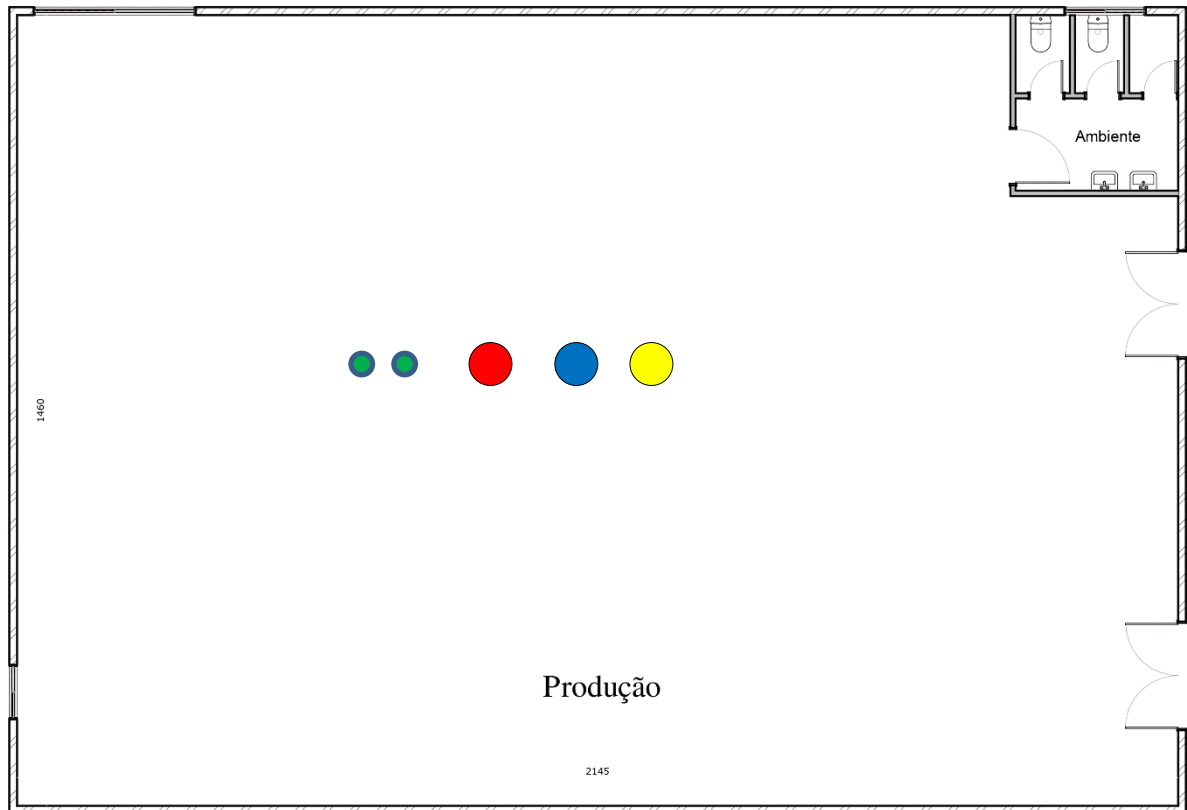
### *7.2.7.1 Descrição das atividades da unidade*

No setor de produção é realizada a desmontagem, troca, e recuperação de pneus de vários tamanhos, alguns pesados, e na hora de mexer e encher esses pneus pode ocorrer alguns acidentes, como explosões e fraturas etc.

Também há ruídos e calor gerados pelas máquinas de recauchutagem de pneus e também o contato com substâncias químicas.

### *7.2.7.2 Riscos ocupacionais identificados*

- Físico – Pequeno – Ruído e calor.
- Químico – Médio – Produtos químicos.
- Ergonômico – Médio – Esforço físico, levantamento de peso.
- Acidentes ou Mecânicos – Médio – Explosão dos pneus e câmeras de ar, cortes, fraturas.



**Figura 7.14 – Setor de Produção**

Fonte: Autor

RISCO AMBIENTAL	INTENSIDADE
Ergonômico	 Médio
Físico	 Pequeno
Químico	 Médio
Acidentes	 Médio

**Tabela 7.4 – Riscos no setor de produção**

Fonte: Autor

## 7.2.8S ETOR: Caldeira

### 7.2.8.1 Descrição das atividades da unidade

Nesse setor o operador controla o funcionamento da caldeira e a qualidade da água trabalhando segundo normas e procedimentos de segurança, a fim de fornecer vapor para as máquinas. Faz a manutenção das tubulações, válvulas, registros, instrumentos e acessórios, limpando-os, lubrificando-os, substituindo partes danificadas. Assim o operador ou até funcionários que trabalham perto do local da caldeira estão sujeitos a ruído e calor, e explosão.

### 7.2.8.2 Riscos ocupacionais identificados

- Físico – Médio – Ruído e calor
- Acidentes ou Mecânicos – Médio – Explosão da caldeira

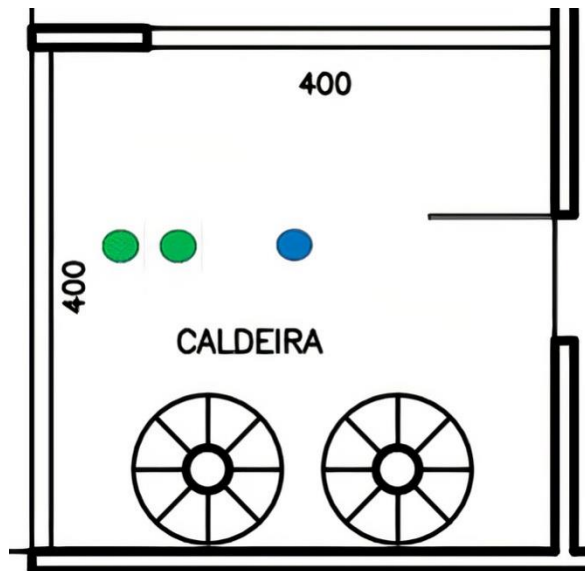


Figura 7.15 – Setor da Caldeira

Fonte: Autor

RISCO AMBIENTAL	INTENSIDADE
Físico	● ● Médio
Acidentes	● Médio

Tabela 7.5 – Riscos no setor da caldeira

Fonte: Autor

Conforme pode ser observado na Figura 7.14, embora a caldeira seja um equipamento que opera em condições de elevada temperaturas e pressão, considerou-se que o mapa de riscos é um instrumento que pode ajudar a diminuir a ocorrência de acidentes do trabalho, objetivo que interessa tanto os colaboradores quanto a alta direção da empresa.

## 8. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram avaliados os requisitos de segurança, inspeção e instalação de uma caldeira através da proposta de uma lista de verificação (checklist) e da elaboração de um mapa de risco do ambiente em uma indústria de pequeno porte. Tais documentos propostos foram sugeridos para serem aplicados na unidade, viabilizando, melhorias na empresa em relação à segurança e ao seu funcionamento.

O checklist e o mapa de riscos foram propostos seguindo as suas respectivas normas regulamentadoras, NR-13 (Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento) e NR-5 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes-CIPA).

Uma auditoria foi realizada na empresa com a utilização do checklist proposto. Desta forma, foi possível desenvolver um plano de ação para as não conformidades encontradas. O plano de ação foi apresentado a gerencia para a realização das devidas adequações.

Os mapas de riscos propostos para o ambiente têm a função primordial de conscientizar e informar os colaboradores de forma visual e didática, sobre os perigos existentes em cada local de trabalho, principalmente na caldeira. Tal representação gráfica não estava presente na empresa, e, por este motivo, foi sugerida sua implementação.

A utilização da caldeira com as ações corretivas implementadas, por meio de fiscalizações e inspeções mais rigorosas e um operador com maior capacitação, com treinamentos adequados, seria uma alternativa fundamental para melhorar a segurança do ambiente e de todos os profissionais, visto que este equipamento exige atenção e cuidados especiais.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERICHI, M. Estudo das instalações e operações de caldeiras de uma indústria de produtos químicos do estado do paraná, sob  tica da nr-13 e nr-28, 2013.

ALTAFINI, C. A. Apostila de Caldeiras. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Caxias do Sul, 2002. 36p. Disponível em. Acesso em: 06 de agosto de 2020

ALTAFINI, Carlos Roberto. Apostila sobre caldeiras. Disponível em: <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>, 2002. Acesso em: 17/02/2020.

AQUINO, A.  gua para caldeiras: conheça os principais problemas e saiba como tratá-las. [S.I.], 2012. Disponível em: Acesso em: 13 de agosto de 2020

AZZOLINI, J. C. Contribui o da Polui o Física, Química e Bioquímica nas águas do Rio do Peixe pelo Afluente Rio do Tigre. 2002. 124f. Disserta o Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BAZZO, E. Gera o de vapor. 2 ed. Florianópolis: UFSC, 1995.

BAZZO, Edson. Gera o de Vapor. 2 a. Ed. Florianópolis: Ed. UFSC, 1995.

BEGA, E. A. Instrumenta o aplicada ao controle de caldeiras. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2003. 179 p.

BIZZO, Waldir A. EM 722 - gera o, distribui o e utiliza o de vapor. Ca 4. UNICAMP, 2001. Disponível em:<<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP4.pdf>>. Acesso em 17/02/2020.

BRAGA, W. Transmissão de calor: introdu o ao estudo. Vol I. Rio de Janeiro: Ed. Booklink, 2001.

BUECKER, B. Basics of Boiler and HRSG Design.Oklahoma: Penn Well Corporation, 2002.

CAMPOS, M.A. Estudo das instala es e opera o de caldeira e vasos de pressão de uma institui o hospitalar, sob análise da nr-13, 2011.

CHD, Válvulas. Caldeiras Flamotubulares – Artigos técnicos. Disponível em: <[http://www.chdvalvulas.com.br/artigos\\_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html](http://www.chdvalvulas.com.br/artigos_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html)>. Acesso em: 22/07/2020.

CORTINHAS, Carlos; LOURENÇO, Paulino; SILVA, Filipe. Máquinas térmicas: caldeiras. Disponível em:<<http://paulino24.no.sapo.pt/Trabalhos/Maquinas%20termicas.pdf>>. Acesso em 21/07/2020.

DANTAS, E. Gera o de Vapor e água de Refrigera o: Falhas - Tratamentos - Limpeza Química. Rio de Janeiro: José Olympio, 1988.

DUKELOW, S. G. The Control of Boilers. International Society of Automation. 2. ed. 1991. 414 p.

FERREIRA, Armando C. Caldeiras fogotubulares com queima de gás natural. armando@thermoservice.com.br. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/102676324/artigo-caldeirasfogotubulares>. Acesso em 14/07/2013.

GILMAN, G.F.; Gilman, J. Boiler Control Systems Engineering. Research Triangle Park: International Society of Automation, 2010.

GUIA TRABALHISTA. Normas Regulamentadoras - Segurança e Saúde do Trabalho. Disponível em. Acesso em 20 de junho de 2014.

MACINTYRE, A. J. Equipamentos industriais e de processo. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MARTINELLI JR, Luiz C. Geradores de vapor. UNIJU: Campus Panambi, 2002. Disponível em: <<http://www.saudeetrabalho.com.br/download/gera-vapor.pdf>>. Acesso em 17/02/2020.

MELLO, Alexandre L. de. Principais causas em acidentes com caldeiras. Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Pró Reitoria de Pós-graduação. Centro Universitário do Maranhão. São Luís, MA, 2010.

Norma Regulamentadora NR-05: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Disponível em: [https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-05.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-05.pdf). Acesso em 04/08/2020.

Norma Regulamentadora NR-05: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr9.htm#:~:text=9.1.1%20Esta%20Norma%20Regulamentadora,da%20integridade%20dos%20trabalhadores%2C%20atrav%C3%A9s>. Acesso em 27/08/2020.

Norma Regulamentadora NR-13: Caldeiras e Vasos de Pressão. Disponível em: [https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-13.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-13.pdf). Acesso em 17/02/2020.

PERA, Hildo. Geradores de vapores. Editora Fama: São Paulo, 1990.

PEREIRA, Barbara. L.C. Qualidade da madeira Eucalyptus para a produção de carvão vegetal. 2012. 103 fl. Dissertação (Pós-Graduação em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

PIPESYSTEM. Sistemas de Vapor. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: Acesso em: 20 de novembro de 2020.

ROSSO, Silvana. Qualidade da madeira de três espécies de Eucalyptus resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional. 2006. 91 fl. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.



SILVA, Daniel Fernando. Operação de caldeiras: gerenciamento, controle e manutenção. 2012. 33f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Fesurv - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2012.

SILVA, J.C. Paulino da. Caldeiras: segurança na operação. Disponível em: Acesso em 22/05/2020.

STEAM its generationand use, 41 ed., Barberton, Ohio, EstadosUnidos, Babcock&WilcoxCompany, 2005.

TOGAWAENGENHARIA. Disponível em: <https://togawaengenharia.com.br/blog/partes-que-compoem-uma-caldeira/>. Acesso em 04/08/2020.

TROVATI, J. Tratamento de Água para Geração de Vapor: Caldeiras. [S.I.], 80p. Disponível em: Acesso em: 23 de agosto de 2020.

5 PORQUÊS. Disponível em: [https://qualyteam.com/pb/blog/o-que-e-e-como-aplicar-tecnicas-dos-5-porques-na-empresa/#:~:text=Os%205%20porque%C3%AAs%20%C3%A9%20um,d%C3%A9cada%20de%2070%20no%20Jap%C3%A3o](https://qualyteam.com/pb/blog/o-que-e-e-como-aplicar-tecnicas-dos-5-porques-na-empresa/#:~:text=Os%205%20porque%C3%AAs%20%C3%A9%20um,d%C3%A9cada%20de%2070%20no%20Jap%C3%A3o.). Acesso em04/08/2020.

## APÊNCICES

Tabela 7.1. Checklist de instalação, inspeção e segurança de uma caldeira

<b>CHECK-LIST DE AUDITORIA REALIZADO EM AGOSTO DE 2020 - rev. 0.0</b>			
<b>CALDEIRA</b>			
<b>Informações gerais sobre o local</b>		O ambiente possuía uma Caldeira Flamotubular	
<b>Legendas do checklist</b>		IC – Item avaliado em conformidade com a Norma NR-13	
		NC – Item avaliado em não-conformidade com a Norma NR-13	
		NV – Item não verificado.	
		NA – Item não aplicável	
<b>1.</b>	<b>Campo de aplicação</b>	<b>Avaliação do Item</b>	<b>Comentários / Observações</b>
1.1	A Norma regulamentadora NR-13 (Caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento) se aplica ao ambiente avaliado?		
<b>2.</b>	<b>Itens gerais de segurança de uma Caldeira</b>		<b>Comentários / Observações</b>
2.1	A caldeira é dotada de válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a Pressão Máxima de Trabalho Admissível PMTA, considerados os requisitos do código de projeto relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração?		
2.2	A caldeira possui um instrumento que indique a pressão do vapor acumulado?		
2.3	A caldeira possui um injetor ou sistema de alimentação de água independente do principal que evite o superaquecimento por alimentação deficiente, acima das temperaturas de projeto, de caldeiras de combustível sólido não atomizado ou com queima em suspensão?		

2.4	A caldeira possui um sistema automático de controle do nível de água com intertravamento que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?		
<b>3.</b>	<b>Identificação da Caldeira</b>		
3.1	A caldeira possui uma placa de identificação com as seguintes informações: nome do fabricante; número de ordem dado pelo fabricante da caldeira; ano de fabricação; pressão máxima de trabalho admissível; pressão de teste hidrostático de fabricação; capacidade de produção de vapor; área de superfície de aquecimento e código de projeto e ano de edição?		
3.2	A caldeira possui em um local visível a sua categoria, e seu número ou código de identificação?		
3.3	A caldeira possui um prontuário da caldeira, fornecido por seu fabricante, contendo as seguintes informações: código de projeto e ano de edição; especificação dos materiais; procedimentos utilizados na fabricação, montagem e inspeção final; metodologia para estabelecimento da PMTA; registros da execução do teste hidrostático de fabricação etc.?		
3.4	No estabelecimento, há um relatório de inspeção de segurança da Caldeira?		
<b>4.</b>	<b>Instalação da caldeira</b>		

3.6	A caldeira está instalada em um lugar adequado, conhecido como casa de caldeira, de acordo com a NR-13?		
3.7	A caldeira está instalada em um ambiente aberto ou fechado? Ela satisfaz aos seguintes requisitos: dispõe de ventilação permanente com entradas de ar que não possam ser bloqueadas; dispõe de sensor para detecção de vazamento de gás quando se tratar de caldeira a combustível gasoso; dispõe de iluminação conforme normas oficiais vigentes; tem um sistema de iluminação de emergência caso opere à noite; dispor de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas, sinalizadas e dispostas em direções distintas etc.?		
4.	<b>Segurança na operação de caldeiras</b>		
4.1	A caldeira possui um manual de operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo no mínimo: procedimentos de partidas e paradas; procedimentos e parâmetros operacionais de rotina; procedimentos para situações de emergência e procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente?		
4.2	Os instrumentos e controles da caldeira estão mantidos calibrados e em boas condições operacionais?		
4.3	A qualidade da água está sendo controlada e os tratamentos estão sendo implementados, quando		

	necessários, para compatibilizar suas propriedades físico-químicas com os parâmetros de operação da caldeira definidos pelo fabricante?		
4.4	No ambiente, há um operador para a operação e o controle da caldeira?		
<b>5.</b>	<b>Inspeção de segurança da caldeira.</b>		
5.1	A caldeira é submetida a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária?		
5.2	A caldeira é submetida a teste hidrostático?		
5.3	É feita uma inspeção externa completa, com o vaso parado e funcionando?		
5.4	É feito testes para analisar as condições físicas do reservatório?		
5.5	A inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, é executada a cada 12 (doze) meses?		
5.6	O relatório de inspeção de segurança, contem no mínimo: dados constantes na placa de identificação da caldeira; categoria da caldeira; tipo da caldeira; tipo de inspeção executada; data de início e término da inspeção; descrição das inspeções, exames e testes executados; registros fotográficos do exame interno da caldeira; resultado das inspeções e providências; recomendações e providências necessárias; parecer conclusivo quanto à integridade da caldeira até a próxima inspeção e data prevista para a nova inspeção de segurança da caldeira; nome legível, assinatura e número do registro no conselho		

	profissional do PH e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção?		
--	--	--	--

**Tabela 7.2. Plano de ação para segurança na sala de caldeira**

<b>Item</b>	<b>Não conformidade</b>	<b>Análise das causas</b>	<b>Proposta de ação corretiva</b>
4.1			
4.5			
5.1			
5.5			