
Habilitação Profissional em Técnico de Segurança do Trabalho

**LUCIANA SANTOS DE PAULA
OTAVIO GABRIEL DE PAIVA IVO
REGINA FERREIRA ROCHA
SILVANA SOARES XAVIER**

NR 13: OPERAÇÕES COM CALDEIRAS

Habilitação Profissional em Técnico de Segurança do Trabalho

LUCIANA SANTOS DE PAULA
OTAVIO GABRIEL DE PAIVA IVO
REGINA FERREIRA ROCHA
SILVANA SOARES XAVIER

NR: 13 OPERAÇÕES COM CALDEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à ETEC MONSENHOR
ANTONIO MAGLIANO, como requisito
parcial para a obtenção do título de
Técnico em Segurança do Trabalho.
Orientador: Prof.^a Karina Spigolon Peron

Habilitação Profissional em Técnico de Segurança do Trabalho

**LUCIANA SANTOS DE PAULA
OTAVIO GABRIEL DE PAIVA IVO
REGINA FERREIRA ROCHA
SILVANA SOARES XAVIER**

NR 13: OPERAÇÕES COM CALDEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, apresentado à Etec Monsenhor Antônio Magliano – Garça, no Sistema de Ensino Presencial, como requisito parcial para a obtenção do título de Técnico em Segurança do Trabalho, com nota final igual a _____, conferida pela Banca Examinadora formada pelos professores:

Professora Karina Spigolon Peron
Professora Responsável pela disciplina DTCC

Professora Vanessa Aparecida Sanches Campassi de Oliveira
Coordenadora do Curso

Prof. José Antônio Poletto Filho
Professor Convidado

Garça, 25 de junho de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedicamos aos nossos familiares que sempre nos apoiaram e que de alguma forma nos deram força e motivação para concluirmos esse ciclo. Pelos nossos professores que nos transmitiram conhecimentos e experiências tanto profissional como pessoal que foram fundamentais para nossa formação profissional: Prof^a. Karina Spigolon Peron, Prof. José Antônio Poletto Filho, Prof.^a Vanessa Aparecida Sanches Campassi de Oliveira, Prof. Victor Nunes Cavalcanti, Prof. Thien Spinelli Ferra e Prof. Omar Pazini Junior.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Deus, por nos ter dado saúde, força, determinação pelos nossos objetivos e conquistas.

Aos professores nosso muito obrigado por dividir conosco seus ensinamentos, nossos familiares pelo amor e paciência, aos nossos colegas que estiveram conosco na maior parte do tempo, nos estudos, nas horas de alegrias e de contratempos.

A nossa coordenadora Professora Vanessa Aparecida Sanches Campassi de Oliveira, a nossa orientadora Professora Karina Spigolon Peron e ao nosso professor Victor Nunes Cavalcanti pelo material de apoio, o nosso agradecimento por toda a orientação prestada, pelo apoio e compreensão.

EPÍGRAFE

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”
(José de Alencar).

IVO, Otavio Gabriel, DE PAIVA, DE PAULA, Luciana, SANTOS, XAVIER, Silvana, SOARES, ROCHA, Regina, FERREIRA. NR 13: OPERAÇÕES COM CALDEIRAS. 2024. 35 PÁGINAS. Trabalho de Conclusão de Curso Técnico em Segurança do Trabalho – Etec Monsenhor Antônio Magliano, Garça, 2024.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso, tem por objetivo abordar conhecimentos gerais sobre o funcionamento e as técnicas de segurança de caldeiras industriais à vapor, abordando diferentes modelos, e os acidentes que podem ocorrer durante o seu manuseio. Sendo que o maior risco diante do uso das caldeiras é o choque térmico, que pode desencadear explosões. A escolha do tema se deu pelo fato de ainda existir muitas dúvidas acerca da segurança no uso das caldeiras. No entanto, com treinamento adequado e manutenção constante, as chances de acidente são reduzidas, tornando estes equipamentos seguros e eficientes quando operados corretamente.

Palavras-chaves: Caldeiras, explosões, segurança.

IVO, Otavio Gabriel, DE PAIVA, DE PAULA, Luciana, SANTOS, XAVIER, Silvana, SOARES, ROCHA, Regina, FERREIRA. NR 13: OPERAÇÕES COM CALDEIRAS. 2024. 35 PAGINAS. Trabalho de Conclusão de Curso Técnico em Segurança do Trabalho – Etec Monsenhor Antônio Magliano, Garça, 2024.

ABSTRACT

This Course Completion Work aims to cover general knowledge about the operation and safety techniques of industrial steam boilers, covering different models, and the accidents that may occur during their handling. The biggest risk when using boilers is thermal shock, which can trigger explosions. The topic was chosen because there are still many doubts about the safety of using boilers. However, with adequate training and constant maintenance, the chances of accidents are reduced, making this equipment safe and efficient when operated correctly.

Keywords: Boilers, explosions, safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Caldeira eolípila.....	17
Figura 2: Caldeira flamotubular.....	18
Figura 3: Caldeira Aquatubular.....	19
Figura 4: Caldeira Mista.....	19
Figura 5: Caldeira Lancashire.....	20
Figura 6: Caldeira Cornuália.....	20
Figura 7: Caldeira Multitubular.....	21
Figura 8: Guarda-corpos.....	24
Figura 9: Válvula de segurança.....	25
Figura 10: Manômetro para caldeiras.....	25
Figura 11: Sistema de drenagem rápida.....	26
Figura 12: Controlador do nível de água.....	27
Figura 13: Explosão da metalúrgica em Cabreúva-SP.....	36
Figura 14: Explosão em fábrica de pastilhas.....	37

SUMÁRIO

1 - Introdução.....	11
2 - Capítulo 1 – Segurança do Trabalho.....	12
1.1 Histórico da Segurança do Trabalho.....	12
1.2 Histórico das Normas regulamentadoras.....	13
1.2 Histórico das Normas regulamentadoras.....	14
1.3 Histórico dos EPIs e EPCs	15
3 - Capítulo 2 – Norma Regulamentadora 13 - Caldeiras.....	16
2.1 – Regras básicas da Norma Regulamentadora 13.....	16
2.2 – Onde deve ser aplicada.....	16
4 - Capítulo 3 – Histórico das caldeiras existentes e específicas à vapor.....	17
3.1 – Tipos de Caldeiras.....	17
3.1 – Flamotubular.....	18
3.1 – Aquatubular.....	18
3.1 – Caldeira mista.....	19
3.1 - Lancashire.....	20
3.1 – Cornuália.....	20
3.1 – Multitubular.....	21
3.2 – Documentos exigidos pela NR 13 para utilização de caldeiras.....	21
3.2 – Documentos exigidos pela NR 13 para utilização de caldeiras.....	22
5 - Capítulo 4 – Segurança das caldeiras.....	23
4.1 – Riscos.....	23
4.1.1 – Colapso estrutural.....	23
4.1.2 – Exposições à substâncias tóxicas.....	23
4.2 – Dispositivos de controle e segurança das caldeiras.....	24
4.2.1 – Válvula de segurança.....	25
4.2.2 – Manômetro.....	25
4.2.3 – Sistema de drenagem rápida.....	26

4.2.4 – Sistema de indicação para controlar o nível de água.....	26
4.3 – Como prevenir acidentes.....	27
4.3.1 – Exemplo 1.....	28
4.3.2 – Exemplo 2.....	28
4.3.3 – Exemplo 3.....	29
4.3.4 – Exemplo 4.....	29
4.3.5 – Exemplo 5.....	29
4.3.6 – Exemplo 6.....	30
4.3.7 – Exemplo 7.....	30
6 – Capítulo 5 – Funcionamento da caldeira a vapor	31
5.1 – Vida útil.....	32
7 – Capítulo 6 – Água para manutenção das caldeiras	34
6.1- Tratamento da água da caldeira.....	34
8 – Capítulo 7 – Dia a dia do operador de caldeira.....	35
7.1 – Etapas a serem seguidas pelo colaborador.....	35
9- Capitulo 8 – Casos de acidentes.....	36
8.1- Explosão da caldeira de Cabreúva-SP.....	36
8.2 – Explosão na fábrica de pastilhas Valda no Rio de Janeiro.....	37
10- Considerações finais.....	39
11 – Referências.....	40

1 - INTRODUÇÃO

Neste presente Trabalho de Conclusão de Curso, serão apresentadas noções básicas sobre o funcionamento e as normas de segurança de caldeiras industriais à vapor, bem como e os acidentes que ocorreram com o uso deste equipamento, como a explosão que ocorreu na caldeira da fábrica de alumínio, na cidade de Cabreúva, em São Paulo, em setembro de 2023.

- SITUAÇÃO PROBLEMA

A ocorrência de choque térmico pode ser o maior obstáculo ao uso das caldeiras. Sendo assim, um bom treinamento e manutenção frequente, podem diminuir possíveis acidentes.

- OBJETIVO

Algumas empresas ainda têm restrições em relação ao uso das caldeiras, logo, nesta monografia serão abordados diversos assuntos para garantir um manuseio adequado e seguro.

- JUSTIFICATIVA

Para um melhor entendimento sobre caldeiras industriais, esta monografia tratará de temas relevantes sobre o uso desse equipamento.

- METODOLOGIA

Com base em fontes bibliográficas, estudo das normas regulamentadoras, estudo das normas de segurança na operação da caldeira, pesquisando sites confiáveis e fontes verídicas.

CAPÍTULO 1 – SEGURANÇA DO TRABALHO

1.1 – HISTÓRICO DA SEGURANÇA DO TRABALHO

Quando falamos em segurança do trabalho, estamos falando das metodologias e práticas de prevenção de acidentes. Com o objetivo de melhorar as condições em que as atividades são desenvolvidas e proporcionar qualidade de vida e segurança aos trabalhadores.

A segurança do trabalho se iniciou aproximadamente em 350 a.C., mas o marco da história começou mesmo em 1700, na Itália, e posteriormente, com a Revolução Industrial, em 1802, surgiu na Inglaterra, a primeira Lei que protegia os trabalhadores, também conhecida como Lei da Moral e Saúde dos Aprendizes, que resguardava os trabalhadores nos seguintes aspectos:

- a) Limite de 12 horas de trabalho por dia;
- b) Ventilação obrigatória em todos os ambientes das fábricas;
- c) Proibido o trabalho de crianças menores de nove anos;
- d) Higienização das paredes das fábricas duas vezes ao ano;
- e) Empregadores responsabilizados pelo tratamento de doenças infecciosas dos empregados.

Mas foi em 1919, que surgiu no Brasil a Lei nº 3724, com as primeiras regulamentações, e em 1943, o presidente Getúlio Vargas criou a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), e em 1966, criou-se a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO). A partir de então, a segurança do trabalho evoluiu e foram aplicados procedimentos e medidas de prevenção aos acidentes.

Em 1977, para regulamentar esses procedimentos, foi criada a Lei nº 6.514 das Normas Regulamentadoras (NRs), para garantir a segurança quanto ao manuseio de equipamentos e segurança na atividade laboral. Num total de 38 NRs, sendo elas:

1.2 HISTÓRICO DAS NORMAS REGULAMENTADORAS

As primeiras vinte e oito Normas Regulamentadoras foram publicadas em 08 de junho de 1978, pela Portaria MTB nº 3.214, as outras dez foram surgindo de acordo com as necessidades do trabalho, para garantir a saúde e a segurança do trabalhador, e condições laborais adequadas para o empregador.

A Organização Internacional do Trabalho (OIT), é formada por uma Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTPP), sendo participantes empregadores ou representantes, o governo e os trabalhadores.

O objetivo das NRs é trazer pontos importantes sobre proteção, prevenção, e saúde física e psicológica ao longo da jornada de trabalho.

Abaixo estão as descrições de cada Norma Regulamentadora.

- NR-1 - DISPOSIÇÕES GERAIS E GERENCIAMENTO DE RISCOS OCUPACIONAIS
- NR-2 - INSPEÇÃO PRÉVIA (REVOGADA)
- NR-3 - EMBARGO E INTERDIÇÃO
- NR-4 - SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM SEGURANÇA E EM MEDICINA DO TRABALHO
- NR-5 - COMISSÃO INTERNA DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES
- NR-6 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI
- NR-7 - PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL
- NR-8 - EDIFICAÇÕES
- NR-9 - AVALIAÇÃO E CONTROLE DAS EXPOSIÇÕES OCUPACIONAIS A AGENTES FÍSICOS, QUÍMICOS E BIOLÓGICOS
- NR-10 - SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE
- NR-11 - TRANSPORTE, MOVIMENTAÇÃO, ARMAZENAGEM E MANUSEIO DE MATERIAIS
- NR-12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS
- NR-13 - CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO E TUBULAÇÕES E TANQUES METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO
- NR-14 - FORNOS
- NR-15 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES

- NR-16 - ATIVIDADES E OPERAÇÕES PERIGOSAS
- NR-17 - ERGONOMIA
- NR-18 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO
- NR-19 - EXPLOSIVOS
- NR-20 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO COM INFLAMÁVEIS E COMBUSTÍVEIS
- NR-21 - TRABALHOS A CÉU ABERTO
- NR-22 - SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO
- NR-23 - PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS
- NR-24 - CONDIÇÕES SANITÁRIAS E DE CONFORTO NOS LOCAIS DE TRABALHO
- NR-25 - RESÍDUOS INDUSTRIAIS
- NR-26 - SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA
- NR-27 - REGISTRO PROFISSIONAL DO TÉCNICO DE SEGURANÇA DO TRABALHO (REVOGADA)
- NR-28 - FISCALIZAÇÃO E PENALIDADES
- NR-29 - NORMA REGULAMENTADORA DE SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO PORTUÁRIO
- NR-30 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO AQUAVIÁRIO
- NR-31 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NA AGRICULTURA, PECUÁRIA SILVICULTURA, EXPLORAÇÃO FLORESTAL E AQUICULTURA
- NR-32 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM SERVIÇOS DE SAÚDE
- NR-33 - SEGURANÇA E SAÚDE NOS TRABALHOS EM ESPAÇOS CONFINADOS
- NR-34 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, REPARAÇÃO E DESMONTE NAVAL
- NR-35 - TRABALHO EM ALTURA
- NR-36 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO EM EMPRESAS DE ABATE E PROCESSAMENTO DE CARNES E DERIVADOS
- NR-37 - SEGURANÇA E SAÚDE EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO
- NR-38 - SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO NAS ATIVIDADES DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

1.3 - HISTÓRICO DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) E EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPC).

O EPI no Brasil surgiu no ano de 1943, quando em 1º de maio houve o decreto de Lei nº 5.462 que em seu artigo 160 determina quais são as atividades nas quais o empregador deve fornecer EPIs aos trabalhadores. A Consolidação das Leis do Trabalho se iniciou junto com a história do EPI e desde muito antes, alguns profissionais já utilizavam equipamentos de proteção individual. A lei só formalizou quando as empresas e profissionais viram a necessidade da utilização, tornando o uso de EPI obrigatório em algumas áreas de atuação profissional, com o objetivo de proteger o trabalhador.

O EPC é um equipamento criado para fornecer um ambiente seguro para os trabalhadores. Foi instituído no Brasil em 1943, com a Consolidação das Leis do Trabalho, com a função de prevenir acidentes e doenças ocupacionais, bem como reduzir riscos e índices de problemas trabalhistas coletivos.

CAPÍTULO 2 – NORMA REGULAMENTADORA 13

A NR 13 é a norma regulamentadora que visa assegurar e proteger a saúde dos trabalhadores que atuam com caldeiras à vapor, vasos de pressão e suas tubulações de interligações.

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.

A principal missão da NR 13 é esclarecer as diretrizes para a inspeção de segurança, operação tanto dos vasos de pressão como das caldeiras e tubulações, e ainda preservar a estrutura da empresa evitando também danos ao meio ambiente, garantindo a integridade física dos trabalhadores que operam, inspecionam ou realizam manutenção nestes equipamentos.

2.1 - REGRAS BÁSICAS DA NORMA REGULAMENTADORA 13

Para toda a compreensão existem algumas regras básicas que podem ser definidas como pilares de sustentação para a norma, sendo elas:

- Equipamentos de aplicação;
- Condição de risco grave e iminente;
- Inspeções periódicas;
- Classificação correta;
- Responsabilidade das empresas;
- Teste de acordo com a norma regulamentadora.

2.2 - APLICAÇÃO

Deve ser aplicada em todas as indústrias que possuam caldeiras ou vasos de pressão, em suas atividades, como:

- Indústrias químicas e petroquímicas
- Usinas termoelétricas e hidroelétricas
- Indústria siderúrgica e metalúrgica
- Indústria de papel e celulose
- Indústria alimentícia
- Indústria têxtil
- Indústria de plásticos
- Hospitais e serviços de saúde (onde houver caldeiras ou autoclaves)

CAPÍTULO 3 - HISTÓRICO DAS CALDEIRAS EXISTENTES E ESPECÍFICAS À VAPOR

FIGURA 1: Caldeira Eolípila



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Eol%C3%ADpila>

As caldeiras também chamadas de “bola de vento”, foi desenvolvida no século I, por Heron de Alexandria, conhecida como eolípila era formada por uma câmara com um par de tubos e que também serviam como eixo, mas esse experimento serviu apenas para dar início, às primeiras caldeiras à vapor que hoje são utilizadas.

Em 1867, foi desenvolvida a caldeira de convecção, pela necessidade de substituir o carvão, que era a principal fonte de geração de calor nas indústrias, pelos maquinários necessários na forma de vapor. Nesta mesma época, Babcock e Wilcox, desenvolveram a primeira caldeira à vapor, usando tubos dentro de uma estrutura com paredes sólidas de tijolos refratárias que formavam recintos e ajudavam o processo de combustão. Mais adiante, foram desenvolvidos outros projetos, a fim e melhorar o funcionamento do maquinário e aumentar a capacidade e eficiência da geração de vapor.

O inglês Thomas Newcomen aperfeiçoou e patenteou as caldeiras, que segundo Denis Papin são equipamentos semelhantes a uma “panela de pressão”, sendo que o vapor gerado pela caldeira é enviado para um cilindro localizado na parte superior, posteriormente era puxada por um pistão para cima por um contrapeso e quando ele se enchia de vapor, injeta-se água. Assim, condensava o vapor e reduzia a pressão, fazendo o ar movimentar o pistão para baixo.

3.1 - TIPOS DE CALDEIRAS

- **FLAMOTUBULAR**

As caldeiras flamotubulares são aquelas com tubos de fogo circundados por água. Nelas, os gases resultantes da combustão atravessam esses tubos, que cedem calor ao líquido durante a passagem. São compactas e com capacidade de produção de vapor compatível com a demanda, utilizam uma enorme gama de combustíveis, importante para a questão sustentável. São utilizadas nas indústrias alimentícias.

As vantagens deste modelo de caldeira, são equipamentos com menos espaço físico para instalação e operação, excelentes para processos com necessidade de pressão e temperaturas reduzidas, com investimento inicial reduzido, preservam a sustentabilidade, pois usam diversos tipos de combustíveis.

FIGURA 2 – Caldeira Flamotubular



Fonte: <https://blog.imtab.com.br/caldeira-flamotubular/>

- **AQUATUBULAR**

Nesse tipo de caldeira, a água que será transformada em vapor, passa dentro das tubulações e a combustão de gases ocorre em torno dos tubos. As caldeiras aquatubulares suportam altas pressões e temperaturas, produzindo grande quantidade de vapor, oferecendo maior eficiência na produção. São utilizadas nas indústrias

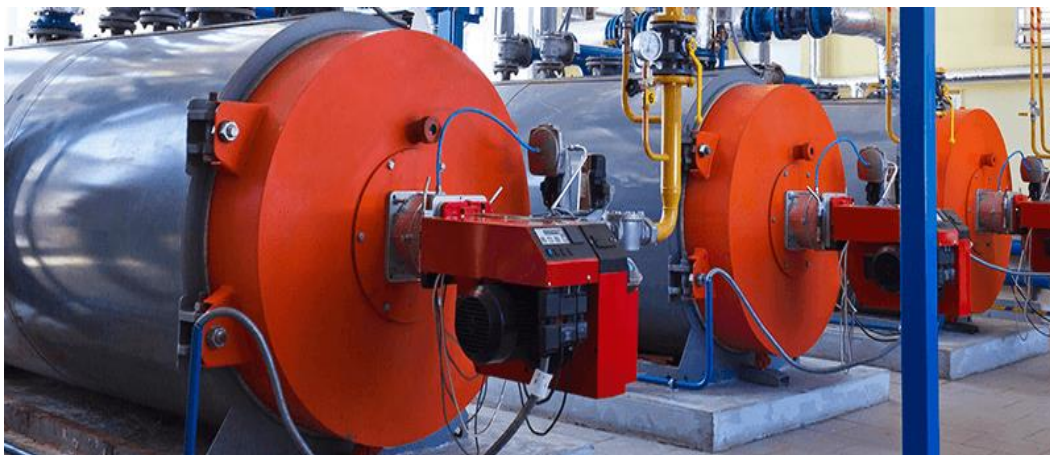
Químicas. Tem como vantagem, suportar altas pressões e temperaturas e produzem grandes quantidades de vapor, oferecendo maior eficiência na produção.

FIGURA 3 – Caldeira Aquatubular

Fonte: <https://icavi.ind.br/pt/equipamentos/caldeira-aquatubular-5.html>

- **CALDEIRA MISTA**

As caldeiras mistas, são uma junção das aquatubulares e das flamotubulares. Elas misturam o processo de combustão das caldeiras flamotubulares com as paredes de tubo de água, características das caldeiras aquatubulares.

FIGURA 4 – Caldeira Mista

Fonte: <https://multiagua.com.br/diferencas-entre-caldeiras-flamotubulares-aquatubulares-e-mistas/>

- **LANCASHIRE**

Gera um maior volume de vapor, pois comporta um grande volume de água. Possui quatro tubos internos. Como tem a função de esterilização, tem utilidade tanto em residências, quanto em indústrias ou usinas de força termoelétrica.

FIGURA 5 – Caldeira de Lancashire

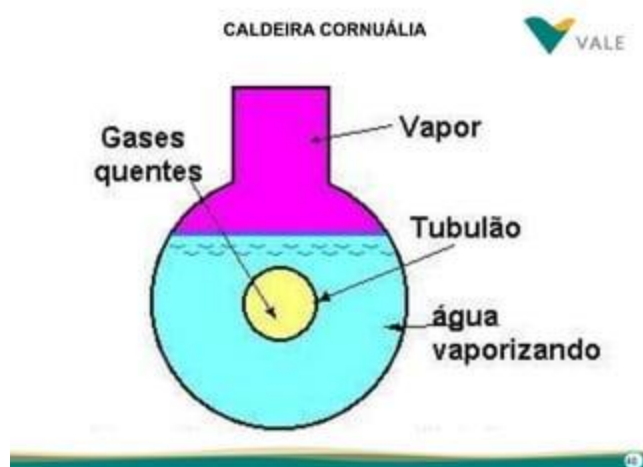


Fonte: dreamstime.com

- **CORNUÁLIA**

Assim como a Lancashire, é uma caldeira horizontal. Sendo um pouco inferior a Lancashire, pois possui apenas dois tubos internos, oferecendo uma eficiência menor e limitações.

FIGURA 6 – Caldeira Cornuália

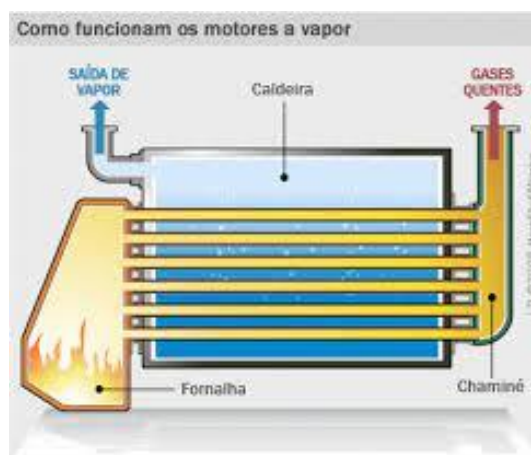


Fonte: <https://pt.slideshare.net/OsmarGomes/caldeiras-1>

- **MULTITUBULAR**

Utilizada por construtoras automotivas, criada à partir de tubos de cobre. Tem inúmeros tubos internos, onde circulam os gases, resultantes da combustão, podendo ser tubos de retorno, de fogo direito, ou uma mistura dos dois.

FIGURA 7 – Caldeira Multitubular



Fonte: <https://www.fabricadoprojeto.com.br/tag/caldeiras-multitubulares/>

As caldeiras à vapor, utiliza combustíveis como gás natural, que são combustíveis fósseis, podendo ser ou não associado ao petróleo, são inodoras e incolores, com custo competitivo no mercado. Utiliza-se também o gás GLP, com alto poder calorífico, baixo impacto ambiental e facilidade de queima (Multiágua), e a biomassa, que é proveniente de energia renovável, sendo extraída principalmente da cana de açúcar.

Para manusear este maquinário é necessário o uso dos equipamentos de proteção individual (EPI), e os equipamentos de proteção coletiva (EPC).

3.2 - DOCUMENTOS EXIGIDOS PELA NR 13 PARA UTILIZAÇÃO DAS CALDEIRAS

- **PRONTUÁRIO DA CALDEIRA**

Este documento contém informações técnicas, como registros e inspeções, especificações do equipamento, testes realizados e relatórios.

- **RELATÓRIOS DE INSPEÇÃO**

Elaborado por um profissional habilitado e registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), que realiza a inspeção, o projeto e a manutenção da caldeira.

- **RELATÓRIO DE ENSAIO NÃO DESTRUTIVO**

Quando necessário, neste relatório deve conter informações sobre os ensaios realizados nas caldeiras para identificar possíveis falhas ou defeitos.

- **CERTIFICADO DE TREINAMENTO**

Documento que comprova que os trabalhadores receberam treinamento adequado para manusear o equipamento de forma segura.

- **LAUDO TÉCNICO**

Documento que atesta as condições de segurança do equipamento após a inspeção.

- **REGISTRO DE SEGURANÇA**

Documento em que consta as informações sobre ocorrências de acidentes ou falhas que possam comprometer a segurança das caldeiras. Deve estar sempre atualizado.

- **DOCUMENTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL**

Registro e entrega dos EPIs fornecidos aos trabalhadores.

- **CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO DOS OPERADORES**

Este documento comprova que os operadores possuem qualificação necessária para operar esses equipamentos.

Todos estes documentos devem estar disponíveis para consulta de fiscalização, preenchidos corretamente e atualizados.

CAPÍTULO 4 – SEGURANÇA DAS CALDEIRAS

4.1 - RISCOS

4.1.1 - COLAPSO ESTRUTURAL

Esse tipo de risco ocorre quando o equipamento é submetido a cargas além do seu limite de resistência, resultando em danos significativos às instalações e às pessoas envolvidas.

O colapso estrutural pode ser causado por corrosão, desgaste, falha de solda, mal uso, ou manutenção inadequada do equipamento.

4.1.2 - EXPOSIÇÕES À SUBSTÂNCIAS TÓXICAS

Essa exposição pode ocorrer quando substâncias tóxicas são utilizadas no processo industrial ou quando ocorre vazamentos ou rupturas nos equipamentos, as substâncias tóxicas podem causar danos à saúde dos trabalhadores, incluindo irritação nos olhos e nas vias respiratórias, causando náuseas, dores de cabeça, tonturas, a até a morte. Portanto o uso adequado e regular dos EPIs é imprescindível.

Além disso as caldeiras devem ser instaladas em ambientes abertos, que estejam no mínimo 3m de distância das instalações da empresa, assim como dos depósitos de combustíveis, como determina a NR 13, também deve estar o mais longe possível de vias públicas e desobstruídas para o caso de acidentes, assim como uma iluminação bem planejada e específica tanto para a noite quanto para o dia e para evitar quedas, os guarda-corpos também são essenciais.

FIGURA 8: Guarda-corpos

Fonte: <https://minermaq.com.br/montagem-industrial-guarda-corpo-2/>

4.2 - DISPOSITIVOS DE CONTROLE E SEGURANÇA PARA CALDEIRAS.

Todo equipamento industrial destinado a geração de calor e que trabalha sempre sob alta pressão, precisa e deve ter absoluta certeza do controle de seus processos. Por isso, o dispositivo exigido para evitar quaisquer problemas no funcionamento da caldeira e a válvula de segurança. Sua função vem ao encontro da necessidade de garantir que os processos estejam dentro dos parâmetros projetados pelo fabricante.

Porém, a atuação da válvula de segurança e como se fosse “última proteção” para evitar problemas que alcance maiores proporções, sendo essencial considerar outros dispositivos preliminares.

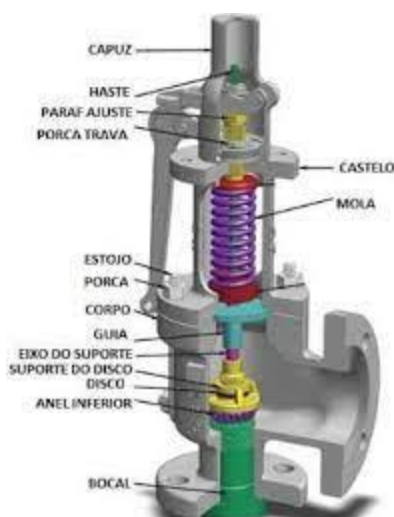
Segundo as diretrizes dispostas na NR 13 constitui risco grave e iminente a falta de qualquer um dos seguintes itens obrigatórios de uma caldeira:

- Instrumento que indiquem a pressão do vapor acumulado, ou seja, o manômetro de vapor.
- Injetor ou outro meio de alimentação de água, além do sistema principal.
- Sistema de drenagem rápida de água.
- Sistema de indicação do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente.

4.2.1 - VÁLVULA DE SEGURANÇA

Esse dispositivo funciona basicamente como um protetor para evitar grandes pressões. Atua automaticamente, ou seja, quando a pressão mais alta obriga a desagregar gás ou vapor, a válvula de segurança dispensa determinada quantidade de fluido por si só sem qualquer apoio de energia elétrica.

FIGURA 9 – Válvula de Segurança



Fonte: <https://www.ecal.com.br/paginas/valvula-de-seguranca>

4.2.2 - MANÔMETRO

São instrumentos apropriados para medir a pressão de materiais líquidos ou gasosos ao calcular a força que exercem nos estados de repouso.

Esses dispositivos exigem a adoção de inspeção de calibração periódicas, afim de que todas as funções sejam executadas de forma rápida e segura.

FIGURA 10 - Manômetro para Caldeiras



Fonte: <https://www.ppgcomercio.com.br/manometro-para-caldeira-0-a-15-bar-1-2-bsp-visor-150mm-p/p>

4.2.3 - SISTEMA DE DRENAGEM RÁPIDA

Esse dispositivo é responsável pela rápida drenagem de água das caldeiras, sendo por isso aplicável as caldeiras de recuperação de álcalis.

Ele é obrigatório e considerado de emergência, permitindo maior segurança, quanto ao uso de caldeiras.

Quando é exigido, esse sistema de emergência realiza uma rápida drenagem de água, impedindo casos de elevação de pressão e até a explosão de caldeira.

FIGURA 11 – Sistema de drenagem rápida



Fonte: <https://pt.slideshare.net/LuciliaDionizio/caldeiras-godoy>

4.2.4 - SISTEMA DE INDICAÇÃO PARA CONTROLAR O NÍVEL DE ÁGUA

Consiste em um sensor, controlador, válvula ou bomba.

Por isso, dispor de um sistema indicativo de controle do nível de água é essencial.

Esse sistema garante que as caldeiras nunca fiquem muito abaixo e nem muito alto os níveis de água.

- Nível baixo: os tubos de água podem secar e queimar pelo calor do fogo.
- Nível alto: fará com que a água seja transportada junto com o fluxo de vapor, prejudicando o funcionamento das caldeiras.

FIGURA 12 – Controlador do nível de água

Fonte: <https://www.medidorinteligente.com.br/produto/controles-de-niveis/controlador-de-nivel-de-agua-para-caldeira>

É muito importante que o funcionamento destes dispositivos sejam de forma adequada e possam exercer suas funções com eficácia. Assim, tais dispositivos precisam estar devidamente dimensionados, instalados e mantidos em funcionamento constante.

É fundamental escolher empresas que ofereçam bons dispositivos de segurança e operação, além de pronto atendimento, que seja adequado às necessidades.

4.3 - COMO PREVENIR ACIDENTES

É de extrema importância garantir a integridade física e a segurança do trabalhador, portanto algumas medidas são essenciais:

- Cumprir todas as diretrizes da norma regulamentadora 13, desde o projeto, até a operação e manutenção;
- Fornecer treinamento adequado, com procedimentos de operação;
- Certificar e fiscalizar para que os trabalhadores estejam utilizando os equipamentos de proteção individual adequadamente, como óculos de proteção, luvas e capacetes.
- Realizar manutenções preventivas regulares e inspeções periódicas;
- Utilizar sistemas de monitoramento para acompanhar em tempo real a pressão e a temperatura das caldeiras.

- Fazer uso de sinalização visual eficiente para indicar áreas de risco;
- Para casos de emergência, ter um plano estabelecido, com treinamento para atuação rápida e segura.

A prevenção de acidentes com caldeiras, deve ser adequado e contínuo por parte dos empregadores e dos empregados, para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável.

4.3.1 – EXEMPLO 1

CAUSA, DEFEITO;

A bomba não recalca água ou recalca água insuficiente;

- Instalação incorreta da bomba
- Ar na sucção
- Filtro de água sujo
- Algum defeito mecânico

PROVIDÊNCIA;

- Reveja a instalação
- Verifique se não há entrada de ar nas conexões das redes de água
- Limpar o filtro
- Verificar e corrigir

4.3.2 – EXEMPLO 2

CAUSA, DEFEITO;

Bomba não enche a caldeira de água e não para automaticamente

- Água suja de óleo em torno dos eletrodos
- Eletrodo com defeito
- Algum defeito no sistema elétrico

PROVIDÊNCIA;

- Abrir o dreno do nível por alguns segundos, fechando-o em seguida aguardar retornar da água ao seu nível normal, caso a bomba não desligue, repetir a operação.

- Trocar o eletrodo
- Verificar e corrigir

4.3.3 – EXEMPLO 3

CAUSA, DEFEITO;

A bomba não funciona

- O motor não vira
- A bomba empenada

PROVIDÊNCIA;

- Veja recomendações sobre motores
- Desmonta-lo e veja se suas engrenagens estão em ordem

4.3.4 – EXEMPLO 4

CAUSA, DEFEITO;

A bomba de óleo de combustível não funciona

- Defeito no sistema de comando elétrico
- Defeito mecânico da bomba

PROVIDÊNCIA;

- Rever assuntos sobre motores, chaves magnéticas, sistema automático de combustão
- Corrigir

4.3.5 – EXEMPLO 5

CAUSA, DEFEITO;

O aquecimento a vapor não funciona

- Válvula de vapor fechada
- Purgador não está funcionando
- Fusível queimado

PROVIDÊNCIA;

- Abri-la
- Arrumar ou trocar o purgador
- Troca-lo

4.3.6 – EXEMPLO 6

CAUSA, DEFEITO;

O combustor falha ou não acende

- O manômetro não registra pressão
- Pulverizador sujo
- Defeito no circuito elétrico

PROVIDÊNCIA;

- O depósito de diesel ou querosene está vazio, devendo ser cheio
- Válvula fechada, abri-la
- Existe ar na tubulação de sucção, eliminar
- Limpa-lo
- Corrigir

4.3.7 – EXEMPLO 7

CAUSA, DEFEITO;

Ventilador (exaustor) não funciona

- Motor elétrico com defeito
- Correia partida
- Correia solta

PROVIDÊNCIA;

- Verificar
- Troca-lo
- Estica-lo

CAPÍTULO 5: FUNCIONAMENTO DA CALDEIRA À VAPOR

Caldeiras são equipamentos industriais projetados para gerar vapor através do aquecimento de água. Assim, quando manuseadas incorretamente ou sem frequente manutenção, o risco de explosão é altíssimo. Um dos principais fatores é a pressão dentro da caldeira. Dessa forma, se essa pressão não é corretamente monitorada e controlada, pode ocorrer uma explosão. Dispositivos de segurança, como válvulas de alívio, existem para prevenir que a pressão alcance níveis críticos. Uma falha nesses sistemas pode ser fatal. A falta de manutenção regular e inspeções inadequadas podem levar a deterioração do equipamento, tornando-o mais suscetível a falhas.

Os engenheiros devem estabelecer um cronograma rigoroso de manutenção para garantir que todos os componentes da caldeira estejam funcionando adequadamente. O treinamento adequado da equipe é fundamental para o manuseio seguro da caldeira. Dessa forma, o pessoal deve estar ciente dos procedimentos padrão e como agir em casos de emergência. Normas técnicas, como as estabelecidas pela ABNT, fornecem diretrizes para a operação segura de caldeiras.

Assim, o cumprimento dessas normas é obrigatório e essencial para evitar acidentes. A NR-13 diz que é uma responsabilidade do empregador a adoção de medidas de segurança em caldeiras, assim como as dos vasos de pressão que forem instalados na indústria. E com certeza o fornecimento de EPI's são fundamentais na contratação dos profissionais habilitados, fazendo parte dessas medidas. Um dos maiores danos e riscos que podem ser ocasionados por uma caldeira é a sua explosão.

Confira abaixo alguns dos principais motivos que levam a explosão de uma caldeira:

- Funcionamento sem manutenção preventiva;
- Demanda de vapor acima da capacidade de produção;
- Funcionamento em pressão acima da especificada;
- Diminuição da resistência causada por um superaquecimento;
- Redução na espessura do equipamento ocasionada por corrosão;
- Falhas operacionais;
- Entre outros.

Medidas que devem ser tomadas antes da operação:

- Manter regularizada a inspeção NR-13;
- Realizar os testes de válvulas de segurança;
- Manter os sistemas automáticos de operação e segurança em boas condições e funcionando corretamente;
- Em caldeira com o uso de tocha no acendimento, ficar em posição segura ao realizar o procedimento;
- Para realizar o acendimento de caldeiras que utilizam óleo ou gás, deve deixar o ar circular pelas fornalhas antes do procedimento.

Medidas que devem ser tomadas durante a operação:

- Não ultrapassar a pressão máxima suportada;
- Sempre manter o nível de água durante o fornecimento de vapor;
- Ficar de olho em possíveis quedas de pressão;
- Não reacender o equipamento utilizando o calor da fornalha;
- Realizar a descarga de fundo.

Medidas que devem ser tomadas após a operação:

- Fechar as aberturas da fornalha;
- Elevar o nível de água no momento de apagar a caldeira;
- Ficar atento para que não haja mais pressão dentro da caldeira para a remoção de qualquer acessório.

5.1 VIDA ÚTIL

Não existe um tempo específico, mas a NR 13 estabelece um prazo de 25 anos para que o equipamento seja avaliado a sua integridade, para determinar prazos máximos de inspeção periódicas.

Alguns aspectos devem ser considerados. Como: excesso de ruídos, termostato precisando de ajuste contínuo, desgaste ou corrosão, alto custo de manutenção e redução da eficiência energética.

Apesar de ser considerada uma fonte de energia barata, o consumo de combustível é alto, por isso é necessário buscar formas de redução de gastos, reduzindo o consumo com bom aproveitamento do equipamento

As caldeiras com os cuidados corretos podem chegar a máxima de 87% da eficiência energética.

CAPÍTULO 6 - ÁGUA PARA MANUTENÇÃO DAS CALDEIRAS

A água utilizada nas caldeiras deve passar por processos de tratamentos adequados, eliminando substâncias nocivas ao equipamento e aumentando a sua durabilidade. Por isso a qualidade da água deve estar de acordo com as indicações da caldeira utilizada, com padrões de qualidade e nível de pureza necessário para o vapor. Portanto depende de parâmetros básicos, como a presença de sais dissolvidos na água desmineralizada, como: cálcio, sódio e magnésio.

Alguns contaminantes podem comprometer a qualidade da água usada na caldeira: sólidos suspensos (causador da turbidez), sólidos dissolvidos (não visíveis a olho nu) e gases dissolvidos.

A água utilizada e o descarte devem estar de acordo com a legislação e a norma regulamentadora.

6.1 - TRATAMENTO DA ÁGUA DA CALDEIRA

São necessárias diferentes etapas com tratamento interno e externo.

- Tratamento interno

Redução na concentração e presença de sais e óxidos dissolvidos (como o ferro por exemplo) e ausência de gases dissolvidos, como o CO₂, baixa concentração de SiO₂ (sílica solúvel), uma água isenta de dureza total, remoção de sólidos em suspensão, remoção de materiais orgânicos, como óleos e graxas, por exemplo.

- Tratamento externo

Eliminação da dureza da água: os sais de cálcio e de magnésio são transformados em carbonatos e sulfatos, os quais ocasionam em incrustações. Para eliminar a dureza da água, existem duas formas eficientes: precipitação com fosfatos ou tratamento com quelatos, controle do pH e da alcalinidade: esta etapa é realizada sem adição de ácidos, onde a alcalinidade e pH podem ser controlados pela adição de soda 50% e soda em lentilhas, eliminação do oxigênio dissolvido presente: para que ocorra o controle da corrosão, são realizadas a aplicação de agentes redutores e O₂, como sulfito de sódio e hidrazina, controle de teor de cloretos e sólidos totais: esta etapa é importante para manter o controle do arraste, podendo ser realizado, sempre que necessários, através de purgas.

CAPÍTULO 7 – DIA A DIA DO OPERADOR DE CALDEIRA

7.1 – ETAPAS A SEREM SEGUIDAS PELO COLABORADOR

Os operadores de caldeiras são responsáveis por garantir o bom funcionamento dos equipamentos relacionados as caldeiras e pela sua manutenção. Para fazer os reparos necessários, o operador da caldeira desliga o sistema no computador e veste uma roupa especial para iniciar o reparo da caldeira. É aconselhável trabalhar o quanto antes, pois o local costuma ser barulhento, quente e até sujo.

Graças aos avanços da tecnologia, os computadores agora são capazes de monitorar e relatar problemas em tempo hábil. Dessa forma, o operador não precisa se deslocar pessoalmente para verificar se uma manutenção é necessária. O trabalho de reparo pode exigir a substituição rápida de um pequeno componente, como uma arruela ou rolamento de esferas, ou uma revisão geral de todo o sistema elétrico ou da câmara de combustão.

Todos os dias, o operador deve colocar a caldeira em funcionamento, acendendo o combustível e ajustando o mecanismo de alimentação para aquecer e vaporizar a água e abastecê-la quando necessário;

Dentre as principais funções de operadores, destacam-se controlar o funcionamento das caldeiras, operar painéis de comando, monitorar a qualidade da água, verificar a integridade de válvulas, tubulações e demais equipamentos, manter a pressão de vapor nos níveis adequados e identificar e consertar vazamentos.

Quem opera caldeiras precisa realizar manutenções preventivas periódicas para garantir o funcionamento correto e seguro desses equipamentos. Profissionais da área também são responsáveis por diagnosticar e corrigir quaisquer problemas que surgirem durante a operação. Aderir às normas de segurança e procedimentos de emergência estabelecidos para a operação de caldeiras, tanto por parte da empresa contratante quanto dos órgãos reguladores

CAPÍTULO 8 – CASOS DE ACIDENTES

8.1 EXPLOSÃO DE CALDEIRA EM CABREÚVA – SP

Segundo o Jornal Nacional, programa exibido na TV Globo, cinco pessoas morreram e 30 ficaram feridas na explosão da caldeira de metalúrgica em Cabreúva, interior de São Paulo. Segundo o Corpo de Bombeiros, o forno a gás da fundição de alumínio explodiu. De longe, dava para ver a enorme cortina de fumaça.

Diante de alguns relatos dos funcionários e outras pessoas que presenciaram a tragédia, dá para ver a dimensão do ocorrido: "Eu nunca esperava que fosse essa empresa que tivesse explodido. Em casa, tudo estremeceu. Nossa Senhora, tremia dos pés à cabeça. O susto foi muito grande. É um estrondo como se tivesse caído uma bomba", conta o forneiro da metalúrgica Ermeliano Reis Santos trabalha na caldeira, mas tinha saído do local pouco antes da explosão. "Hora que vi os meus amigos... Tudo queimado, para mim, parece que..., mas eu vi os vidros... Passou tudo perto de mim e não fez nada em mim", conta Pedro Siqueira Barbosa Filho, porteiro da metalúrgica.

Segundo o portal G1 de Notícias da TV Globo, "a empresa não tinha alvará de funcionamento, além de possuir um histórico de desconformidades em suas operações, incluindo problemas como falta de manutenção em seus equipamentos".

FIGURA 13 – Explosão da metalúrgica em Cabreúva-SP

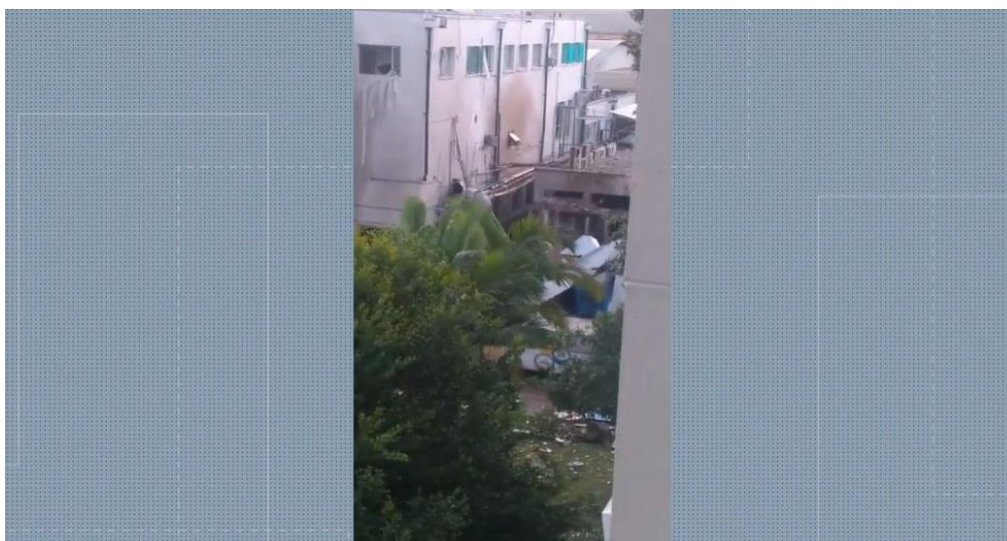


Fonte: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/explosao-caldeira-metalurgica-cabreuva-sao-paulo-sp/>

8.2 - EXPLOSÃO NA FÁBRICA DE PASTILHAS VALDA NO RIO DE JANEIRO - RJ

Segundo informações da TV Brasil, no Rio de Janeiro, uma explosão na caldeira de uma fábrica de pastilhas deixou cinco feridos, em 07 de setembro de 2021. O impacto foi tão forte que derrubou o muro de um condomínio e arrancou janelas de prédios. A explosão só não terminou em tragédia, porque não houve expediente na fábrica.

FIGURA 14- Explosão em fábrica de pastilhas



Fonte: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2021/09/07/explosao-em-fabrica-de-pastilhas-deixa-feridos-na-zona-oeste-do-rio.ghtml>

As causas do acidente ainda estão sendo investigadas.

A Empresa Technik Engenharia, especializada em processos industriais, incluindo consultoria da NR 13 menciona algumas causas que podem ocorrer explosões de caldeiras, como:

- 5 Aumento de pressão: problemas com válvulas, falhas mecânicas e até defeito de fabricação;
- 6 Choque térmico: ocorre quando há frequentes paradas e a recolocação das marchas de queimadores;
- 7 Corrosão: quando ocorre uma redução de espessura da superfície que são submetidas à pressão;

- 8 Explosão nos gases: quando ocorre processo de combustão, causada por uma reação química, resultando em um aumento rápido de pressão;
- 9 Falta de água: é extremamente importante que o aço se mantenha em contato com água o tempo todo, para se manter refrigerado, sem provocar o aumento da temperatura do aço.
- 10 Operação em marcha forçada: quando a caldeira é forçada a trabalhar mais, causa superaquecimento em várias partes, provocando deformações e rupturas;
- 11 Soldas irregulares: Se atentar às juntas das soldas, costumam apresentar certa resistência e apresentar falhas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo que pudesse trazer informações sobre a segurança e a eficiência das caldeiras. Levando em conta a relação risco-benefício, pode-se concluir que se trata de um equipamento seguro, desde que sejam tomados todos os cuidados necessários, treinamentos adequados e cumprimento da legislação, o que muitas vezes não é considerado fator fundamental, resultando em consequências graves e sem precedentes.

O estudo sobre caldeiras trouxe dados relevantes, que podem ser úteis na tomada de decisão sobre adquirir ou não o equipamento.

REFERÊNCIAS

<https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/explosao-caldeira-metalurgica-cabreuva-sao-paulo-sp/>.Data de acesso: 20 abril de 2024

<https://www.mainflame.com.br/blog/seguranca-riscos-explosoes-caldeiras/>. Data de acesso: 20 abril de 2024

<https://www.maestro.ind.br/entenda-as-funcionalidades-de-uma-caldeira-industrial/>.Data de acesso: 20 abril de 2024

<https://www.grupotechnik.com.br/acidentes-e-principais-causas-explosao-de-caldeiras/>. Data de acesso: 20 abril de 2024

<https://blog.burntech.ind.br/caldeira-a-biomassa-vida-util>. Data de acesso: 20 abril de 2024

<https://multiagua.com.br/solucoes-industriais/geracao-de-vapor/a-importancia-do-tratamento-da-agua-de-caldeira-para-gerar-eficiencia/>.Data de acesso: 20 abril de 2024