

Inspeção de Caldeiras a vapor

1. Introdução

Uma Caldeira de vapor é um equipamento térmico para aquecimento de água, que circula em seu interior, e geração de vapor, com a queima de um combustível, sólido, líquido ou gás.

A Caldeira a Vapor é um equipamento muito complexo, em que há várias disciplinas envolvidas para projeto e construção: escoamento hidráulico, transferência de calor, liberação de calor nos queimadores, combustível, estrutura metálica e chaminé, refratamento e isolamento térmico, serpentinas da radiação e convecção, pré-aquecedor de ar, tiragem natural ou forçada e ventiladores.

Além disso, a Caldeira integra um sistema que inclui a estação de tratamento d'água, bomba de água de alta pressão, tanque de armazenamento de água, rede de retorno e tratamento de condensado, afora motores elétricos, alimentação elétrica e instrumentação de controle.

O Código ASME Sec I *Rules for construction of Power Boilers* regula as regras para a construção de caldeiras de energia *power boiler*, a serem usadas em serviços estacionários e portáteis de indústrias, em locomotivas e em tração motora.

Para a instalação de uma caldeira, os requisitos de projeto, fabricação, inspeção, montagem e testes são especificados no Código ASME Sec I, e para as tubulações interligadas à caldeira, o projeto e a construção são cobertos pela Norma ASME B31.1 *Power Piping*.

Para as caldeiras já instaladas e em operação, as atividades de acompanhamento operacional, inspeção, manutenção, reparos e testes, devem ser realizados conforme a Norma API RP 573 *Inspection of Fired Boilers and Heaters* e a Norma Regulamentadora NR 13.

1.1. Código ASME Sec I *Rules for construction of Power Boilers*

O Código ASME Sec I define as caldeiras a vapor de geração de energia *power boilers* como uma Caldeira, na qual vapor d'água ou outro vapor é gerado a uma pressão maior que 1 barg (15 psig), para uso em acionamento de turbinas a vapor e motores.

Os equipamentos internos da caldeira tais como, superaquecedores *superheaters*, dessuperaquecedores *desuperheaters* e economizadores *economizers*, conectados diretamente à caldeira sem válvulas intermediárias, devem ser consideradas como partes integrantes da própria caldeira e a construção deve estar de acordo com as regras do Código ASME Sec I.

Os vasos de pressão *fired steam boiler* no qual há geração de vapor, pela troca de calor resultante da queima ou combustão interna de um combustível (sólido, líquido ou gasoso), devem ser classificados também como caldeira fabricados conforme o Código ASME Sec I.

Já os vasos de pressão *unfired steam boiler*, em que o vapor é gerado sem a queima de um combustível, podem ser classificados como caldeiras, e construídas de acordo com as disposições do ASME Section I, ou, alternativamente, conforme o Código Seção VIII *Rules for Construction of Pressure Vessels*.

Os seguintes vasos, em que ocorre a geração de vapor, não são considerados caldeiras e o código de projeto e construção deve ser segundo ASME Sec VIII:

- (a) vasos conhecidos como evaporadores, condensadores ou trocadores de calor;
- (b) vasos nos quais o vapor é gerado pelo uso de calor resultante da operação de um sistema de processamento, contendo vários vasos de pressão, como os usados na produção de produtos químicos e petrolíferos.

1.2. Norma API RP 573 *Inspection of Fired Boilers and Heaters*

A norma API RP 573 é uma prática recomendada, que abrange as rotinas de inspeção para caldeiras, aquecedores de processo e fornos, que já entraram em operação, usados em refinarias de petróleo e plantas petroquímicas.

As práticas descritas visam melhorar a confiabilidade do equipamento e a segurança da planta, com a coleta precisa dos dados apropriados, que permitam avaliar o desempenho atual e futuro do equipamento.

1.3. Norma Regulamentadora NR-13 - Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento

Para efeito da NR 13, são considerados como "caldeiras" todos os equipamentos que simultaneamente geram e acumulam vapor de água sob pressão superior à atmosférica, utilizando

qualquer fonte de energia.

Não devem ser entendidos como caldeiras os seguintes equipamentos, que também geram vapor d'água, mas não acumulam:

- 1º. Trocadores de calor do tipo *Reboiler, Kettle*, Refervedores, TLE-*Transfer Line Exchanger* etc., cujo projeto de construção é governado por critérios referentes a vasos de pressão;
- 2º. Equipamentos com serpentina sujeita a chama direta ou gases aquecidos e que geram, porém não acumulam vapor, tais como: fornos, geradores de circulação forçada e outros.
- 3º. Serpentinhas de fornos ou de vasos de pressão que aproveitam o calor residual para gerar ou superaquecer vapor;
- 4º. Caldeiras que utilizam fluido térmico e não o vaporizam.

2. Definições

- Pré-aquecedor de ar *air pre-heater*

Equipamento de transferência de calor através do qual o ar para a queima do combustível passa e é aquecido pelos gases da combustão.

- Economizador economizer

Seção da caldeira onde a temperatura da água de alimentação é aumentada pela recuperação do calor dos gases de combustão exaustos que saem da caldeira.

- Economizadores e pré-aquecedores de ar são trocadores de calor usados nas caldeiras, como auxiliares para recuperar mais calor dos gases de combustão, calor que de outra forma seria perdido pela chaminé.

- Superaquecedor *superheater*

Consiste em um feixe *bank* de tubos localizados no interior da caldeira, onde o vapor saturado, que flui do tubulão de vapor, é superaquecido pelo mesmo gás de combustão, que gera o vapor na caldeira.

- Dessuperaquecedor *desuperheater*

Consiste em um feixe *bank* de tubos para reduzir a temperatura do vapor superaquecido ou o retorno à condição de saturado, ao ser injetada uma quantidade controlada de água no vapor superaquecido.

A temperatura do vapor é reduzida pelo resfriamento evaporativo da água que está sendo injetada no vapor superaquecido, diminuindo assim a temperatura para permitir um uso mais eficiente do vapor à jusante.

- Damper

Dispositivo para regular o fluxo volumétrico de gás ou ar, através de um interno tipo borboleta, de abertura variável.

- Plenum

Câmara ao redor dos queimadores que é usada para distribuir o ar para os queimadores e reduzir o ruído da combustão.

- Soprador de fuligem *soot blower*

Dispositivo para soprar vapor d'água para limpar superfícies que absorvem calor.

- Spoilers or *strakes*

Acessórios fabricados de tiras de chapa metálica, em forma helicoidal, soldados externamente na seção superior da chaminé, que impedem a vibração induzida pelo vento.

- Chaminé *stack*

Duto vertical utilizado para descartar os gases de combustão exaustos para a atmosfera.

- Caldeiras de combustão *fired boilers*

São equipamentos em que um combustível é queimado numa câmara de combustão associada à caldeira. O calor da combustão é absorvido pela caldeira para aquecer a água e convertê-la em vapor. As caldeiras mais comuns na indústria são as caldeiras flamotubulares e as caldeiras aquatubulares.

- Caldeira flamotubular *fire tube boiler*

A caldeira flamotubular consiste em um vaso, vertical ou horizontal, com um tampo plano ou espelho soldado em cada extremidade, em que os tubos por onde circulam os gases da combustão são fixados.

A água fica contida dentro do vaso que contém os tubos.

O combustível é queimado em uma câmara de combustão associada à caldeira e disposta de forma que os gases quentes da combustão passem pelo interior dos tubos, para aquecer a água que os envolve. A câmara de combustão é um reservatório conectado a um dos espelhos fixos do vaso, que contém um queimador ou maçarico, e é revestido, internamente, com refratário.

Também pode ser uma câmara dentro do próprio vaso e, parcialmente, envolvida pela

água. No primeiro caso, a caldeira é descrita como de combustão externa e no segundo, como de combustão interna.

- Caldeira aquatubular *water tube boiler*

A caldeira aquatubular tem dois tambores ou tubulões *boiler drums*, o superior é um tubulão de vapor e o inferior um tubulão de água ou de lama constituída pelos resíduos dos produtos químicos, provenientes do tratamento da água desmineralizada utilizada na caldeira, e de corrosão dos componentes.

A entrada da água tratada e pressurizada é pelo tubulão superior.

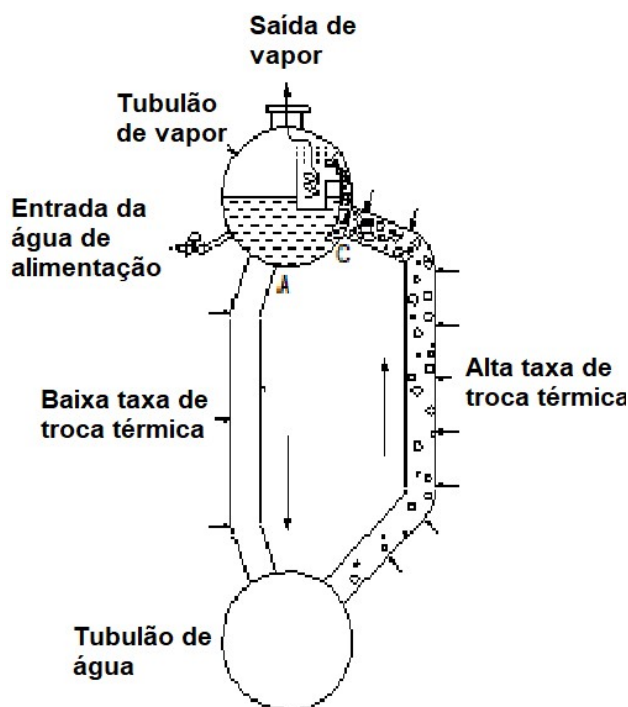
O tubulão inferior recebe e acumula a água vinda do tubulão superior e a transfere aos coletores de distribuição de água e daí aos tubos de geração de vapor ou “parede d’água”.

O tubulão superior coleta o vapor saturado gerado e o seca por meio de separadores ciclônicos e, em seguida, descarrega o vapor seco para a seção do superaquecedor da caldeira.

O fluxo da água pelos tubos pode ser por circulação natural, devido à diferença de densidade entre a água e a mistura água-vapor, ou por circulação forçada. Em caldeiras de alta pressão, a diferença de densidade reduz-se consideravelmente, tornando a circulação natural muito lenta, e nesses casos é utilizada uma bomba intermediária para a circulação forçada nos tubos da parede d’água.

O combustível é queimado em uma câmara de combustão, envolta pelos tubos da parede d’água, disposta de modo que o calor radiante seja transferido para a superfície externa dos tubos e aquecer a água que circula internamente.

As caldeiras aquatubulares são utilizadas quando são necessárias grandes capacidades de vazão de vapor.



- Tubulão de vapor

Também conhecido como tubulão superior trata-se de um vaso ou tambor horizontal, localizado na parte superior da caldeira aquatubular, que opera com água em dois estados, metade líquido e metade vapor. Há separadores e secadores de vapor internamente, a fim de minimizar o arraste de água para a rede ou para o superaquecedor de vapor.

- Tubulação de Água

Também conhecido como tubulão Inferior ou tubulão de lama é um vaso ou tambor horizontal, localizado na parte inferior da caldeira aquatubular, e tem a função principal de abastecer com água todas as partes de troca térmica para a vaporização, promovendo uma circulação suficiente para não deixar que os tubos vaporizadores fiquem sem água.

- Feixe Tubular

O feixe tubular, também conhecido como feixe convectivo, é um conjunto de tubos que recebe calor por convecção dos gases proveniente da combustão, pois encontram-se fora da zona de radiação da queima do combustível.

- Paredes D’água

As paredes de água são tubos que revestem a fornalha, absorvendo o calor radiante da chama para vaporizar a água dentro dos tubos de troca térmica.

3. Referências

- ASME Section I - Rules for construction of Power Boilers
- ASME B31.1 - Power Piping.
- ASME Section VIII - Rules for Construction of Pressure Vessels
- API RP 573 - Inspection of Fired Boilers and Heaters
- Norma Regulamentadora NR-13 - Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento
<https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-13-atualizada-2022-retificada.pdf>
- Norma Petrobras N-2658 Avaliação de Integridade de Caldeiras
<https://canalforneceador.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/>
- IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - Guia de Inspeção nº5 Planos de Inspeção de Caldeiras
<https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2020/09/guia-de-inspecao-de-caldeiras-2020.pdf>
- Geração, Distribuição e Utilização de Vapor - Profº Waldir A. Bizzo
<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP4.pdf>
- LinkedIn API RP 573 Inspection of fired boilers and heaters
<https://www.linkedin.com/pulse/api-rp-573-inspection-fired-boilers-heaters-randall-stremmel/>

4. Características principais da água de alimentação da caldeira

A alimentação de água na caldeira é a reposição da água que é transformada em vapor, para que não haja o superaquecimento dos tubos, causando danos na estrutura e possíveis acidentes. O sistema de alimentação e reposição de água da caldeira é composto basicamente pelos equipamentos a seguir:

- Estação de tratamento químico da água;
- Tanque de armazenamento da água tratada;
- Bomba de alta pressão de alimentação de água para a caldeira;
- Sistema de retorno e tratamento de condensado.

Um fator importante para a operação da caldeira e depois no diagnóstico das falhas e deteriorações é a qualidade do tratamento da água, para se impedir a formação de incrustações, a instalação de processos corrosivos/erosivos e eliminar as ocorrências de arrastes de água

Os elementos que são considerados contaminantes e podem trazer problemas para uma caldeira são: sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e gases dissolvidos.

Em termos mais específicos, as características químicas danosas mais comuns são as presenças de:

- íons corrosivos como Cl⁻ e SO₄⁻;
- pH abaixo de 7 (aproximadamente neutro), sendo o ideal uma condição alcalina;
- dióxido de silício (SiO₂) e dos íons Fe₂⁺, Ca₂⁺ e Mg₂⁺;
- matéria orgânica: óleos, graxas, açúcares, resíduos do material de tratamento, contaminantes de condensados, etc.;
- dureza, representada basicamente pelos íons Cálcio e Magnésio (Ca₂⁺ e Mg₂⁺), principalmente os sulfatos (SO₄⁻), carbonatos (CO₃⁻) e bicarbonatos (HCO₃⁻);
- sílica solúvel (SiO₂) e silicatos (SiO₃⁻) associados a vários cátions;
- óxidos metálicos (principalmente de Ferro), originados de processos corrosivos;
- outras substâncias inorgânicas dissolvidas;
- gases, como Oxigênio, Gás Carbônico, Amônia, Óxidos de Nitrogênio e Enxofre;
- materiais em suspensão, como areia, argila, lodo, etc.

Fonte: Tratamento de Água para Caldeiras

<https://togawaengenharia.com.br/blog/tratamento-de-agua-para-caldeiras/>

A utilização de condensado do vapor na água de alimentação, desde que não contaminado, é possível, porém para o reuso do condensado deve haver um controle eficiente e contínuo da sua qualidade, desviando-o da alimentação da caldeira ao primeiro sinal de contaminação.

Em caldeiras industriais de alta pressão é importante que a água seja de qualidade desmineralizada, isto é, tenha um tratamento que atua na remoção dos íons dissolvidos na água,

como Magnésio, Cloretos, Sílica e Cálcio, utilizando resinas de troca iônica.

5. Princípios do uso de vapor d'água

O vapor d'água é usado como meio de geração, transporte e utilização de energia, em vários segmentos industriais, e toda indústria de processamento químico tem o vapor como principal fonte de aquecimento, em reatores químicos, trocadores de calor, evaporadores, secadores e inúmeros processos e equipamentos térmicos.

Existem basicamente dois tipos de vapor d'água:

- Vapor saturado: é um vapor "úmido", contendo pequenas gotículas de água, que ao se condensar cede calor latente, sendo por isso usado para aquecimento direto ou indireto.
- Vapor superaquecido: é obtido através do aquecimento do vapor já saturado, resultando em um vapor completamente seco. É usado em turbinas a vapor, para impedir qualquer gotícula de água na massa de vapor, que em decorrência das altas velocidade de escoamento, provocaria intenso processo de abrasão nas pás ou palhetas da turbina.

O vapor d'água gerado caldeira pode ser "vapor saturado" e "vapor superaquecido".

O vapor saturado tem a grande vantagem de manter a temperatura e a pressão constantes durante a condensação. Assim, a pressão de condensação do vapor saturado controla indiretamente a temperatura dos processos, muito mais facilmente que o controle direto de temperatura.

A faixa de temperaturas de 150°C a 170°C utiliza vapor saturado até 10 kgf/cm², e nesta faixa está a grande maioria de pequenos e médios consumidores de vapor.

Já o vapor superaquecido não é utilizado para processos de aquecimento, pois se perde a facilidade de controle de temperatura e se reduz muito a disponibilidade de energia por unidade de massa ou volume de vapor.

O vapor superaquecido é utilizado e produzido para geração de energia elétrica ou mecânica em ciclos termodinâmicos, e neste caso a limitação de temperaturas de trabalho fica por conta dos materiais de construção empregados.

Em utilização industrial, uma possível classificação das caldeiras ou geradores de vapor, em relação à pressão de trabalho é: baixa pressão, até 10 kgf/cm²; média pressão, de 11 a 40 kgf/cm²; e alta pressão, maior que 40 kgf/cm².

Nas grandes caldeiras, que são utilizadas tanto para geração própria de energia elétrica quanto para processos de aquecimento, as pressões do vapor são acima de 100 barg, e em centrais termoelétricas ou grandes complexos industriais, como refinarias de petróleo e petroquímicas, as pressões podem ser bem maiores.

6. Principais tipos de caldeira a vapor

As caldeiras a vapor podem ser dos tipos, flamotubular e aquatubular, e têm uso diversificado, podendo ser utilizadas tanto em hotéis, restaurantes, lavanderias como em grandes indústrias, refinarias de petróleo, petroquímicas e termoelétricas.

A caldeira incorpora uma fornalha que é uma câmara com queimador ou maçarico, chamada de zona de radiação, que ao queimar o combustível gera o calor, que é transferido por radiação diretamente aos tubos que conduzem a água, produzindo o vapor saturado.

Além dessa zona de radiação, as caldeiras de vapor possuem geralmente uma secção de convecção térmica, a fim de aproveitar ao máximo a entalpia dos gases de combustão. A temperatura de entrada dos gases de combustão na secção de convecção é a temperatura de saída da fornalha. Os tubos da convecção não enxergam a chama da fornalha, ou seja, as superfícies de convecção não recebem radiação direta da chama. O economizador fica na zona de convecção da caldeira.

6.1. Caldeira flamotubular

As caldeiras flamotubulares são a grande maioria das caldeiras, utilizadas para pequenas capacidades de produção de vapor, são assim chamadas pois os gases quentes, gerados na combustão, são forçados a passar pelo interior de tubos, que estão imersos em água, que é aquecida e se transforma em vapor, dentro do corpo da caldeira.

As caldeiras flamotubulares horizontais constituem-se de um vaso de pressão cilíndrico horizontal, com dois tampos planos (ou espelhos) onde estão afixados os tubos e a fornalha.

Esse tipo de caldeira é próprio para gerar vapor em pressões baixas, até cerca de 14 barg e para baixa demanda de vapor, com vazões de 800 kg/h até 13 t/h de vapor, são portanto de pequenas dimensões, o que facilita seu uso, e operam com combustível líquido, como óleo combustível e gás (natural e GLP).

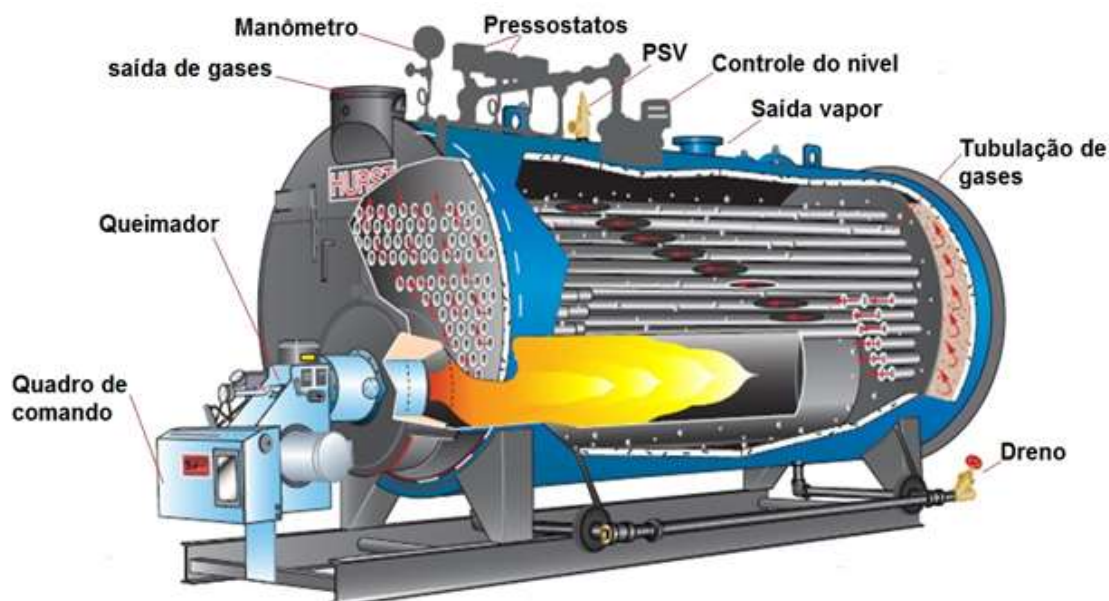


Ilustração de Caldeira Flamotubular

6.2. Caldeira aquatubular

Já nas caldeiras aquatubulares o fluxo da água, sendo aquecida e vaporizada, passa no interior dos tubos e os gases da combustão do combustível circulam em torno dos tubos.

As caldeiras aquatubulares são destinadas a gerar vapor d'água de altas pressões, até acima de 100 bar, e produzem grande quantidade de vapor, ultrapassando 100 t/h.

Por conta dessas características, esse tipo de caldeira é utilizado principalmente na geração de energia elétrica e processos industriais, queimando qualquer combustível, sólido (carvão, coque, bagaço de cana), líquido (óleo combustível) e gás (natural e GLP).

O vapor circula dentro de tubos que interligam dois reservatórios cilíndricos horizontais, chamados de tubulões *steam drums*: o tubulão superior, onde se dá a separação da fase líquida e do vapor, e o tubulão inferior, onde é feita a decantação e purga dos sólidos em suspensão.

Os tubos, que interligam os tubulões, são curvados, proporcionando um arranjo, denominado "parede d'água", em que a câmara de combustão, onde são instalados os queimadores, fica completamente fechada e isolada do corpo ou carcaça da caldeira.

Por ser de maior complexidade construtiva, em relação às caldeiras flamotubulares, as aquatubulares são preferidas para maiores capacidades de produção de vapor e pressões mais elevadas.

As caldeiras aquatubulares são as mais comuns nas indústrias de óleo&gás e termoelétricas, têm o corpo totalmente revestido internamente de refratários (tijolos, placas, mantas) e, normalmente, apresentam os seguintes componentes.

- **Componentes internos da caldeira aquatubular**

- Fornalha ou Câmara de combustão;
- Serpentinas da zona de radiação, tubos da parede d'água;
- Serpentinas da zona de convecção (tubos lisos ou aletados);
- Juntas soldadas de tubos;
- Juntas mandriladas de tubos nos espelhos dos tubulões;
- Suportes de tubos da radiação e de tubos da convecção;
- Tubulões de água e vapor;
- Economizadores;
- Superaquecedores de vapor;
- Dessuperaquecedores de vapor;
- Revestimentos refratários (tijolos, placas ou mantas).;
- Queimadores e sistemas de gerenciamento de queimadores;
- Ignitores elétricos para acendimento dos queimadores;
- Ramonadores ou sopradores de fuligem, fixos ou retráteis.

- **Componentes externos da caldeira aquatubular**

- o. Tubulação de distribuição de combustível;
- p. Dutos de ar e gás de combustão;
- q. Juntas de expansão metálicas e não metálicas;
- r. Sistema de resfriamento dos gases de combustão;
- s. Ventiladores para tiragem forçada ou induzida;
- t. Chaminé de tiragem forçada ou natural;
- u. Pré-aquecedor de ar;
- v. Filtros coalescedores
- w. Dampers;
- x. Silenciadores;
- y. Válvulas de Segurança e Alívio de Pressão;
- z. Sistema de controle de nível de água;
- aa. Sistema de Injeção Contínua de Produtos Químicos
- bb. Instrumentação, sistemas de controle e de intertravamento;
- cc. Dispositivos de segurança;
- dd. Estruturas, plataformas, passadiços e escadas;
- ee. Isolamento térmico de dutos, tubulações e equipamentos.

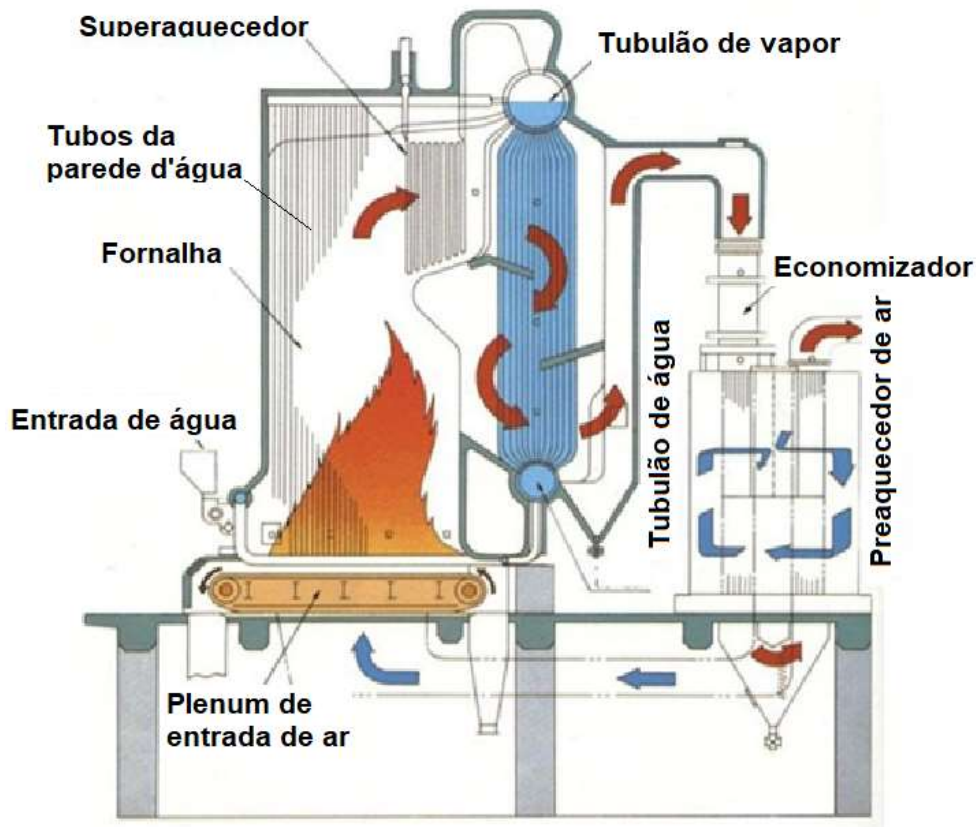


Ilustração de Caldeira Aquatubular

Fonte: Caldeiras - GB Técnica - Engenharia térmica - Parnamirim - RN

7. Inspeção em serviço de Caldeira a vapor

Após a entrada em operação, por ocasião das paradas programadas de manutenção ou de emergências, é empregada a Norma API RP 573 *Inspection of Fired Boilers and Heaters*, que é uma prática recomendada, desenvolvida pelo API-American Petroleum Institute, de inspeção de fornos e caldeiras, que já operaram, usados nas indústrias de petróleo, petroquímicas e em termoelétricas, para garantir a operação segura e confiável.

Nessa Norma, no anexo *Annex A Sample Inspection Checklists for Heaters and Boilers* são apresentadas Listas de Verificação de Inspeção de Caldeiras, que resumem as áreas e o tipo de informação em que o inspetor deve concentrar-se, durante uma inspeção.

A Norma API RP 573 também especifica recomendações para frequência e métodos de inspeção, bem como critérios para avaliar a condição do equipamento e determinar a necessidade de reparos ou substituição.

No geral, API RP 573 se destina a garantir que caldeiras e fornos sejam operados com segurança e confiabilidade, com risco mínimo de acidentes ou falhas que possam prejudicar o pessoal, ou danificar equipamentos e propriedades.

7.1. Acessórios úteis para a realização das inspeções

Os seguintes acessórios facilitam e tornam mais efetivos os trabalhos de inspeção, interna e externas, e caso não estejam presentes na caldeira a inspecionar, é importante que sejam incorporados ao projeto existente e instalados.

- a. O fundo da caldeira deve estar no mínimo a 2 metros do solo, para permitir o livre acesso de pessoas e fácil remoção dos queimadores.
- b. Portas de visita para trabalhos de inspeção e manutenção dos seguintes trechos:
 - Parte superior da zona de radiação;
 - Parte superior da zona de convecção, para permitir a limpeza dos tubos de aletas com pinos;
 - Nas paredes laterais do lado dos sopradores de fuligem.
- c. Nas plataformas nas caldeiras e ao nível do solo deve haver tomadas de 440 V para os trabalhos de manutenção.
- d. As plataformas nas chaminés, para a amostragem dos gases de combustão, devem ser como estabelecido nas Normas ABNT NBR 10700 Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias e NBR 10701 Determinação de pontos de amostragem em dutos e chaminés de fontes estacionárias.
A plataforma de acesso deve estar à frente dos pontos de amostragem e ao redor com 1000 mm de largura.
- e. Prever as seguintes facilidades para trabalhos de inspeção e manutenção:
 - Trilho de carrinho no topo da chaminé;
 - Turcos nas plataformas de topo da caldeira e da chaminé, para o içamento, manobra e descida de peças, ferramentas e material de inspeção e manutenção;
 - Escadas inclinadas com degraus e do tipo marinheiro, montadas a 180° umas das outras, de acesso às plataformas intermediárias e de topo;
 - Plataformas de topo e no fundo em toda a extensão da caldeira;
 - Suportes internos na chaminé para montagem internamente de andaimes.

7.2. Inspeção dos componentes internos e externos da caldeira a vapor tipo aquatubular

A confiabilidade da caldeira depende dos trabalhos de inspeção que são realizados nas paradas de manutenção geral e de reparos.

Nessas situações, além da caldeira propriamente dita, é recomendável inspecionar também os equipamentos e sistemas de tubulações periféricos, desde o tratamento da água, incluindo os tanques e bombas de alimentação da caldeira.

Previamente, antes do início das inspeções e trabalhos de manutenção/reparos verificar:

- a. Qualidade do tratamento da água de alimentação da caldeira;
- b. Qualidade do tratamento para reuso de condensado;
- c. Realizar um Teste de Fumaça, para identificar os locais de vazamento na chaparia da carcaça da caldeira.

Para a inspeção geral deve ser estabelecido um Plano de Inspeção e Testes dos componentes externos e internos da caldeira, conforme os requisitos da Norma API RP 573, a ser cumprido a cada parada programada ou não da caldeira, com base no histórico das inspeções anteriores.

Neste Plano, devem ser definidos os critérios de execução e aceitação de:

- Inspeção visual e dimensional;
- Medição de espessuras;
- ENDs-Ensaio Não Destrutivo a serem executados em cada solda;
- Requisitos específicos de soldagem e tratamento térmico de alívio de tensões;
- Testes de integridade e aceitação dos equipamentos e de sistemas de instrumentação, intertravamento e controle.

O Plano de Inspeção e Testes para a inspeção geral deve contemplar a avaliação da integridade, dentre outros, dos seguintes equipamentos auxiliares, tubulações e dutos, que constituem a caldeira aquatubular. .

Componentes da caldeira	Pontos a serem verificados e inspecionados
Limpeza externa e interna	1. Acompanhar e supervisionar o procedimento de limpeza da caldeira, dos equipamentos, tubulações e dutos, visando permitir e facilitar os trabalhos de inspeção.
Chaparia de fechamento do corpo ou carcaça e da estrutura da caldeira	2. As juntas soldadas nas chapas da carcaça da caldeira devem ser de forma contínua, pois, as soldas intermitentes ou pontuais não são permitidas; 3. Verificar locais de sinais de superaquecimento e medir as espessuras residuais; 4. Inspeccionar a superfície da pintura externa e do revestimento anti-corrosivo interno; 5. Verificar as colunas e vigas da estrutura metálica da caldeira; 6. Verificar as bases de concreto e os chumbadores; 7. Checar o aterramento elétrico.
Inspeção do refratamento refractory lining	8. Revestimento refratário, em pisos, paredes e teto da fornalha, e das seções do economizador, superaquecedor e dessuperaquecedor, para verificar se há sinais de danos ou desgaste, como queda de refratário, perdas de espessura, trincas, erosão ou corrosão, e verificar se há sinais de superaquecimento ou pontos quentes; 9. Refratamento em portas de entrada para inspeção e portas de explosão; 10. Medição das espessuras do revestimento refratário, usando ultrassom ou outro método de teste não destrutivo, para avaliar se o refratário está dentro dos limites aceitáveis ou se precisa ser substituído; 11. Refratamento se está impregnado de coque ou poroso; 12. Condições das ancoragens, que são usadas para manter o revestimento refratário no lugar, se estão ainda soldadas e não corroídas ou danificadas; 13. Sinais de impacto da chama <i>flame impingement</i> no revestimento refratário, que pode causar danos e reduzir a vida útil do revestimento; 14. O revestimento refratário da parede da caldeira ao lado do soprador de fuligem deve ser protegido com chapa de aço inoxidável para evitar contato direto e impacto do vapor. 15. Quando for especificado placas de fibra cerâmica para o refratamento interno, de alguma região da caldeira, as placas devem ser revestidas com proteção contra a corrosão ácida.
Inspeção de portas de inspeção e de explosão	16. Se há empenamentos, garantia de contato e desempenho adequado da vedação; 17. O topo da zona de radiação deve ser provida de portas anti-explosão com acesso para o interior. Evitar que a eventual saída dos gases de combustão atinja qualquer pessoa no local; 18. As janelas de inspeção devem ser posicionadas e distribuídas para permitir a visualização dos queimadores e também permitir a inspeção termográfica das seções da parede d'água; 19. O fechamento das janelas de inspeção deve ser internamente com vidro temperado e externamente com vidro escuro, para proteger o inspetor da radiação e luminosidade das chamas. Os vidros devem ser próprios para dilatação térmica e de fácil limpeza. Todas as janelas de inspeção devem ser cobertas por uma tampa metálica.
Inspeção dos queimadores burners e do sistema de gerenciamento de queimadores burner management system	20. Disposição dos queimadores ainda está mantida, isto é, se alinhados corretamente e não causem danos aos tubos adjacentes e ao revestimento refratário; 21. Queimadores com sinais de danos ou desgaste, como rachaduras, corrosão ou erosão da mufla de cerâmica; 22. Observar o padrão da chama <i>flame pattern</i> para garantir que seja estável e não colida com o revestimento refratário, serpentina de tubos ou outro equipamento. 23. Sistema de distribuição de combustível <i>fuel supply</i> para garantir que o combustível com temperatura, pressão e viscosidade adequados, chegue aos queimadores corretamente atomizado; 24. Sistema de ignição elétrica <i>ignition system</i> para garantir que funcione corretamente e que os queimadores sejam acesos com segurança e confiabilidade; 25. Se as conexões da tubulação rígida de combustível e de vapor de atomização, em cada queimador e cada piloto, são de mangote flexível com capa de reforço externo; 26. As válvulas de bloqueio da tubulação de combustível são do tipo abertura e fechamento rápido; 27. Todas as tubulações de combustíveis são com conexões flangeadas para fácil vedação;

	<p>28. Avaliar se o sistema de proteção contra chamas <i>flame safeguard system</i> garante que os queimadores estejam operando com segurança e desligados, prontamente, em caso de falha de chama ou outros problemas;</p> <p>29. Qualidade do refratamento ao redor dos queimadores;</p> <p>30. Integridade dos componentes pertencentes ao queimador e do filtro coalescedor;</p> <p>31. Conferir se o sistema de gerenciamento dos queimadores <i>burner management system</i> garante que eles funcionem corretamente e que todos os intertravamentos e controles de segurança funcionem conforme projeto;</p> <p>32. Confirmar que não está sendo utilizado gás de refinaria contaminado com teor de H₂S acima de 100 ppmv;</p> <p>33. Se há tubos ou mangotes flexíveis entre a tubulação rígida do anel distribuidor de combustível em cada queimador e também para os pilotos.</p>
Inspeção de tubos e suportes internos	<p>34. Realizar inspeção dos tubos da parede d'água e seus suportes para verificar se há sinais de danos ou desgaste, como trincas, corrosão ou erosão;</p> <p>35. Inspeção dos tubos do superaquecedor, do dessuperaquecedor e do economizador, para arqueamento, oxidação, trincas, corrosão externa, depósito na superfície, vazamento e abaulamento;</p> <p>36. Conferir se nos tubos com aletas há sinais de danos mecânicos, distorção, corrosão e deposição de cinzas;</p> <p>37. Verificação da junta soldada de termopar de pele na seção do superaquecedor;</p> <p>38. Retirar amostra de tubo em superaquecedor para corte e análise de corrosão e fluência;</p> <p>39. Inspeção dos suportes suspensores dos tubos nas seções do economizador, superaquecedor, dessuperaquecedor e de todos os suportes e vigas internas;</p> <p>40. Medir as espessuras <i>thickness measurement</i> dos tubos, coletores e chapas dos suportes, usando ultrassom ou outros métodos não destrutivos, para verificar se os tubos e os suportes estão dentro dos limites aceitáveis ou se precisam ser substituídos;</p> <p>41. Avaliar as condições dos tubos da "parede d'água" e verificar se há suporte adequado aos tubos;</p> <p>42. Se há sinais de obstrução dos tubos <i>tube plugging</i>, o que pode reduzir a transferência de calor, causar superaquecimento superficial e reduzir a eficiência da caldeira.</p>
Inspeção do tubulão de vapor	<p>43. Supervisão do processo de limpeza;</p> <p>44. Se nos poços de termopares de temperatura há sinais de corrosão, erosão e trincas;</p> <p>45. Juntas soldadas de bocais quanto à corrosão, erosão e trincas;</p> <p>46. Superfície interna quanto a incrustações, perdas de espessuras e trincas;</p> <p>47. Verificar as juntas de solda longitudinais e circunferenciais do casco do tubulão;</p> <p>48. Integridade dos internos, recheios e <i>demister</i> quanto à corrosão, erosão, trincas e deformações;</p> <p>49. Escada interna e suportes internos se corroídos e/ou deformados;</p> <p>50. Verificação interna dos tubos por boroscópio;</p> <p>51. Inspeção de bocais de injeção de produtos químicos e purga;</p> <p>52. Conferir a integridade e estanqueidade da boca de visita para acesso interno;</p> <p>53. Inspeção da área de assentamento de junta de vedação para corrosão e erosão;</p> <p>54. Inspeção das soldas da chapa de reforço;</p> <p>55. Inspeção de conexões de pequeno diâmetro para corrosão e danos mecânicos.</p>
Inspeção do tubulão de água ou lama	<p>56. Supervisão do processo de limpeza;</p> <p>57. Se nos poços de termopares de temperatura há sinais de corrosão, erosão e trincas;</p> <p>58. Juntas soldadas de bocais quanto à corrosão, erosão e trincas;</p> <p>59. Superfície interna quanto a incrustações, perdas de espessuras e trincas;</p> <p>60. Verificar as juntas de solda longitudinais e circunferenciais do casco do tubulão;</p> <p>61. Integridade dos internos quanto à corrosão, erosão, trincas e deformações;</p> <p>62. Escada interna e suportes internos se corroídos e/ou deformados;</p> <p>63. Verificação interna dos tubos por boroscópio;</p> <p>64. Inspeção de bocais de injeção de produtos químicos e purga;</p> <p>65. Conferir a integridade e estanqueidade da boca de visita para acesso interno;</p> <p>66. Inspeção da área de assentamento de junta de vedação para corrosão e erosão;</p> <p>67. Inspeção das soldas da chapa de reforço;</p> <p>68. Inspeção de conexões de pequeno diâmetro para corrosão e danos mecânicos;</p>

	<p>69. Deve haver externamente drenos para retirada do resíduo misturado com água, durante a limpeza e manutenção;</p> <p>70. Verificar as caixas de neutralização para coleta do efluente hídrico.</p>
Inspeção de chaminé	<p>71. Medição de espessura em diferentes locais ao longo do comprimento e circunferência da chaminé;</p> <p>72. Inspeção de poços de termopar de temperatura quanto à corrosão, trincas e rompimento da solda;</p> <p>73. Qualidade do revestimento refratário e das ancoragens;</p> <p>74. Inspeção da base de concreto e chumbadores;</p> <p>75. Integridade do sistema do para-raios e do aterramento elétrico;</p> <p>76. Inspeção de estrutura de válvula guilhotina para verificar o funcionamento e corrosão;</p> <p>77. Inspeção da superfície da pintura externa;</p> <p>78. Inspeção de bocais de tomadas de amostra dos gases exaustos de combustão; Cada ponto de amostragem deve ser composto por um tubo NPS 4 classe de pressão 150. Quatro pontos diametralmente opostos no caso de chaminé com diâmetro ≥ 1500 mm e 2 pontos para as menores.</p> <p>79. Os bocais de instrumentos e amostragens instalados na chaminé devem ser inclinados para o interior, a fim de não acumular líquidos;</p> <p>80. Verificar a integridade dos <i>spoilers</i> da chaminé.</p>
Inspeção de tubulações de alimentação com combustível	<p>81. Inspeção das tubulações de combustível para os queimadores e os pilotos, para verificar se há sinais de danos ou desgaste, como trincas, deformações, corrosão e vazamentos;</p> <p>82. Checar a condição dos suportes dos tubos para verificar se fornecem apoio adequado e evitem tensões indevidas na tubulação;</p> <p>83. Inspeccionar a condição das válvulas nas tubulações de combustível para garantir que estejam funcionando corretamente, sem passagem internamente, e sem vazamentos para o exterior;</p> <p>84. Verificar a condição dos instrumentos de controle de fluxo, indicadores de pressão, viscosidade e temperatura, na tubulação de óleo combustível para cada queimador;</p> <p>85. Avaliar a condição dos filtros nas tubulações de combustível para garantir que não estejam entupidos e permitam o fluxo adequado de combustível;</p> <p>86. Verificar as condições das válvulas reguladores de pressão <i>pressure regulators</i> no sistema de alimentação do combustível, para garantir que estejam funcionando corretamente e mantendo a pressão de combustível adequada.</p>
Inspeção dos dutos e plenum do ar e dos gases da combustão	<p>87. Conferir a condição física dos dutos dos gases de combustão e dos dutos de ar aquecido para os queimadores;</p> <p>88. Inspeccionar o estado das juntas de dilatação <i>expansion joints</i>, de foles metálicos e não metálicos, utilizadas para permitir a dilatação e contração térmica dos tubos e dutos;</p> <p>89. Checar a condição física dos dutos do sistema de alimentação de ar de combustão <i>combustion air</i> e do <i>air plenum</i> para garantir que o ar chegue adequadamente aos queimadores e seus pilotos para uma queima eficiente;</p> <p>90. Quando não há plenum de ar devem estar instalados redutores de ruído;</p> <p>91. O plenum de ar deve garantir que cada queimador possua fluxo correto de ar individualizado, permitindo o isolamento de cada queimador, durante a operação.</p>
Inspeção de ramonadores ou sopradores de fuligem com vapor d'água	<p>92. Verificar a efetividade do soprador na limpeza dos tubos, na zona de convecção da caldeira;</p> <p>93. O tubo interno do soprador não pode apresentar deformação, trincas e obstrução;</p> <p>94. Verificar os suportes da tubulação de vapor, as ligações flangeadas e juntas de vedação;</p> <p>95. Inspeção e substituição da tubulação externa do soprador (se necessário).</p>
Inspeção das tubulações de distribuição de água e dos controles de nível de água	<p>96. Verificar a condição física do sistema de tubulação da água desmineralizada para a caldeira, se há empenamentos, perdas de suportação, integridade do isolamento térmico e corrosão sob o isolamento;</p> <p>97. Fazer medições de espessura dos tubos em locais de mudança de direção e de trechos retos;</p> <p>98. Conferir a qualidade do controle da água de alimentação <i>feedwater control</i>, responsável por manter o nível adequado de água no tubulão de vapor da caldeira;</p>

	<p>99. Verificar a condição dos indicadores de nível de água <i>water level indicators</i> para garantir que estejam funcionando corretamente e fornecer leituras precisas do nível de água na caldeira;</p> <p>100. Conferir a condição do dispositivo de falha de falta de água <i>low water cutoff</i>, para desligar o conjunto de queimadores, se o nível de água cair abaixo de um nível seguro.</p>
Inspeção de dispositivos de segurança	<p>101. Verificar a condição física e retirar para teste do ajuste da pressão de abertura as válvulas de alívio de pressão <i>pressure relief valves</i>, que devem liberar a pressão interna no caso de uma condição de sobrepressão;</p> <p>102. Checar a condição física e retirar para teste do ajuste da pressão de abertura as válvulas de segurança <i>safety valves</i>, que devem liberar a pressão interna no caso de uma condição de sobrepressão;</p> <p>103. Os inspetores devem verificar a condição do dispositivo de monitoração da chama <i>flame scanner</i> nos queimadores, que deve detectar a presença da chama do queimador e desligar o queimador se a chama não for detectada;</p> <p>104. Alarme de monitoramento de alta temperatura na fornalha ou câmara de combustão interligado à alimentação de combustível, para interromper a entrada de combustível e a operação da caldeira, se necessário;</p> <p>105. Os pilotos dos queimadores devem ter acendimento com ignitor elétrico e possuir detectores de chama;</p> <p>106. Os queimadores de óleo combustível devem possuir sistema automático de bloqueio do combustível em caso de alagamento do fundo caldeira para evitar incêndio e explosão;</p> <p>107. As válvulas de bloqueio da tubulação de vapor, para abafamento/extinção de incêndio junto à caldeira, devem possuir <i>by-pass</i> acionado manualmente, para facilitar teste e remoção da válvula principal para manutenção.</p>
Inspeção de sistemas de instrumentação, controle e intertravamento	<p>108. Conferir a calibração dos vários instrumentos e sensores dos sistemas de controle e intertravamento, para garantir que eles forneçam medições precisas;</p> <p>109. Os "<i>skins points</i>" dos tubos da parede d'água devem ser do tipo removível e substituível em campanha;</p> <p>110. Analisadores de O₂ e detectores de chama nos queimadores;</p> <p>111. Conferir os dampers quanto à condição física e à capacidade de regular o fluxo de gases de combustão;</p> <p>112. Os inspetores devem verificar a condição das malhas ou circuitos do sistema de controle <i>control loops</i>, para garantir que estejam funcionando corretamente e controlando os vários parâmetros da caldeira, conforme o projeto;.</p> <p>113. Verificar a condição dos alarmes no sistema de controle para garantir que estejam funcionando corretamente em caso de problema;</p> <p>114. Os inspetores devem verificar a condição dos sistemas de desligamento <i>shut down</i> no sistema de controle, para garantir que estejam funcionando corretamente e desligar a caldeira, no caso de um problema crítico;</p> <p>115. Os inspetores devem verificar a condição da interface homem máquina no sistema de controle, para garantir que se esteja fornecendo aos operadores as informações necessárias para monitorar e controlar a caldeira;</p> <p>116. Os inspetores devem verificar a condição do sistema de registro de dados no sistema de controle, para garantir que registre os dados necessários para fins de análise e solução de problemas.</p>
Inspeção externa da caldeira	<p>117. Inspeção de pintura e isolamento térmico;</p> <p>118. Verificar a superfície externa dos dutos quanto a protuberâncias e danos;</p> <p>119. Inspeção das juntas de expansão nos dutos de ar e de gases de combustão, quanto ao empenamento, trinca de foles, rasgo e queima;</p> <p>120. Inspeção de poços de termopar de temperatura para corrosão, erosão e trincas;</p> <p>121. Inspeção da área de assentamento de gaxetas e juntas de vedação;</p> <p>122. Inspeção do desempenho de portas de explosão e inspeção, quanto à estanqueidade, abertura e fechamento adequados;</p> <p>123. Verificar a integridade do sistema de para-raios.</p>
Inspeção do silenciador	<p>124. Inspeção das mantas cerâmicas e placas perfuradas;</p> <p>125. Inspeção de juntas de solda;</p> <p>126. Inspeção das cabeças e componentes do silenciador.</p>

Supervisão dos testes de pressão	127. Cada seção de tubos da parede d'água e os equipamentos como economizador, superaquecedor de vapor, dessuperaquecedor de vapor e pré-aquecedor de ar devem ser testados sob pressão hidrostática, individualmente; 128. Os dutos de ar e de gases de combustão podem ter teste pneumático, com as precauções cabíveis a este tipo de teste; 129. Prever drenagem e secagem adequadas e a disposição conveniente da água utilizada.
Acompanhamento da partida	130. A equipe de Inspeção deve acompanhar as etapas de condicionamento, pré- operação e partida da caldeira.

7.3. Requisitos da Norma Regulamentadora NR 13 para as Caldeiras a Vapor *steam boilers*

No Brasil, após a entrada em serviço ou operação da caldeira, os critérios e a periodicidade das inspeções externas e internas são regidos, por legislação federal do Ministério do Trabalho, conforme a Norma Regulamentadora NR 13 - Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento

Os procedimentos de execução da inspeção, os ENDS-Ensaio Não Destrutivo e os critérios de aceitação devem atender à Norma API RP 573, mas a periodicidade e necessidade do teste hidrostático deve ser como estabelecido na NR13, dependendo da categorização da caldeira.

As caldeiras a vapor enquadradas na NR 13 são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refreradores e similares.

Para os propósitos da NR 13, as caldeiras são categorizadas da seguinte forma:

- a. Caldeiras da categoria A são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1.960 kPa (19,98 kgf/cm²);
- b. Caldeiras da categoria B são aquelas cuja pressão de operação seja superior a 60 kPa (0,61 kgf/cm²) e inferior a 1 960 kPa (19,98 kgf/cm²).

A NR 13 define como mandatórias as inspeções denominadas de segurança, que são, inicial, periódica e extraordinária, portanto, as inspeções das Caldeira a vapor em serviço devem ser programadas e os intervalos de inspeção periódica são definidos pela NE 13.

Para as caldeiras enquadradas na NR 13, os trabalhos, nas paradas de manutenção, programada ou de emergência, a serem executados são a inspeção externa, a inspeção interna e o teste hidrostático para comprovar a estanqueidade do equipamento.

As caldeiras não enquadráveis na NR 13 devem respeitar as regras para as inspeções como definidas na Norma API RP 573 - *Inspection of Fired Boilers and Heaters*, e devem ser executadas sob a responsabilidade técnica de PLH - Profissional Legalmente Habilitado.

Nota:

PLH- Profissional Legalmente Habilitado é aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento da operação e da manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras, vasos de pressão, tubulações e tanques metálicos de armazenamento, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no País.

7.3.1. Inspeção de segurança inicial

A inspeção de segurança inicial deve ser feita em caldeiras novas, antes da entrada em funcionamento, no local definitivo de instalação, devendo compreender exame interno, exame externo. seguido de teste de pressão para comprovar a estanqueidade

7.3.2. Inspeção periódica

A inspeção de segurança periódica, constituída por exames interno e externo, realizada nas inspeções gerais, durante as parada de funcionamento para manutenção e reparos da caldeira, e deve ser executada nos seguintes prazos máximos:

- a. doze meses para caldeiras das categorias A e B;
- b. dezoito meses para caldeiras de recuperação de álcalis de qualquer categoria;
- c. vinte e quatro meses para caldeiras da categoria A, desde que aos doze meses sejam testadas as pressões de abertura das válvulas de segurança;
- d) trinta meses para caldeiras de categoria B com sistema de gerenciamento de combustão – SGC

que atendam ao disposto no Anexo IV da NR 13.

Os estabelecimentos que possuam SPIE podem estender os períodos entre inspeções de segurança periódicas, respeitando os seguintes prazos máximos:

- a. vinte e quatro meses para as caldeiras de recuperação de álcalis;
- b. vinte e quatro meses para as caldeiras da categoria B;
- c. trinta meses para caldeiras da categoria A;
- d. quarenta e oito meses para caldeiras de categoria A com SIS - Sistema Instrumentado de Segurança, que atendam ao disposto no Anexo IV da NR 13.

Nota:

SPIE-Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos da empresa é constituído na forma de setor, seção, departamento, divisão, ou equivalente, e deve ser certificado por OCP - Organismos de Certificação de Produto, acreditado pelo INMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

7.3.3. Inspeção extraordinária

A inspeção de segurança extraordinária deve ser feita nas seguintes oportunidades:

- a. sempre que a caldeira for danificada por acidente, incêndio ou outra ocorrência capaz de comprometer sua segurança;
- e. quando a caldeira for submetida à alteração ou reparo importante capaz de alterar suas condições de segurança;
- f. antes de a caldeira ser recolocada em funcionamento, quando permanecer inativa por mais de 6 (seis) meses;
- g. quando houver mudança de local de instalação da caldeira.

7.3.4. Inspeção das válvulas de alívio de pressão e de segurança

As válvulas de segurança de caldeiras devem ser desmontadas, inspecionadas e testadas com prazo adequado à sua manutenção, porém, não superior ao previsto para a inspeção de segurança periódica das caldeiras por elas protegidas.

Além disso, as válvulas de segurança instaladas em caldeiras de categoria B devem ser testadas periodicamente conforme segue:

- a) pelo menos uma vez por mês, mediante acionamento manual da alavanca durante a operação de caldeiras sem tratamento de água;
- b) as caldeiras que operem com água tratada devem ter a alavanca acionada manualmente, de acordo com as prescrições do fabricante.

ANEXOS

Componentes mais comuns da caldeira aquatubular

• Estruturas metálicas

1. Corpo ou carcaça externa da caldeira é o invólucro que engloba as serpentinas e os equipamentos internos da caldeira;
2. Câmara plena de queimadores é a fornalha onde o combustível do sistema encontra o ar, criando a chama.
3. Chaminé para a saída dos gases efluentes da caldeira;
4. Silenciadores são utilizados para arrefecer o ruído que ocorre na descarga de vapor d'água para a atmosfera;
5. Plataformas, passadiços e escadas;
6. Janelas de inspeção e portas de explosão.

• Caldeiraria

7. Tubulão de água ou lama *water drum* é um vaso de pressão que contém a água de alimentação da caldeira;
8. Tubulão de vapor *steam drum* é um vaso de pressão em que ocorre a separação disengaging entre o vapor e água e/ou condensado efluentes das serpentinas de radiação;
9. Queimadores ou maçaricos são os componentes da caldeira que fornecem o calor que aquece a água do sistema. Os combustíveis usados podem ser gás natural ou óleo combustível;
10. Economizador é um feixe tubular destinado ao pré-aquecimento da água de alimentação da caldeira, utilizando como fonte de calor os gases da combustão exaustos da caldeira;
11. Pré-aquecedor de ar *air pre-heater* é um trocador ou de transferência de calor, através do qual o ar para a queima do combustível passa e é aquecido pelos gases da combustão, exaustos da caldeira;

12. Economizador economizer é a seção da caldeira formada por um feixe de tubos, em que a temperatura da água de alimentação é aumentada pela recuperação do calor dos gases de combustão exaustos que saem da caldeira;
13. Superaquecedor *superheater* consiste em um feixe *bank* de tubos localizados no interior da caldeira, por onde o vapor saturado que flui do tubulão de vapor é superaquecido pelo mesmo gás de combustão que gera o vapor na caldeira;
14. Dessuperaquecedor *desuperheater* consiste em um feixe de tubos para reduzir a temperatura do vapor superaquecido ou o retorno à condição de saturado, ao ser injetada uma quantidade controlada de água no vapor superaquecido;
15. Condensador de vapor d'água é um vaso de pressão utilizado para a economia de energia térmica, recuperando o condensado presente no vapor d'água, para a reinjeção na caldeira, economizando a água de alimentação, a ser transformada em vapor;
16. Deaeradores são vasos de pressão destinados a remover gases como oxigênio, dióxido de carbono, nitrogênio, etc., com a finalidade de controlar o processo corrosivo no sistema;
17. Sopradores de fuligem ou ramonadores são equipamentos para limpeza externa das serpentinas de convecção do pó ou fuligem depositados, provenientes da queima do combustível;
18. Filtros coalescedores são equipamentos destinados a garantir a qualidade do gás de refinaria a ser queimado nas Caldeiras, para reter líquidos antes de o gás chegar ao queimador. Para garantir o desempenho dos queimadores Low NOx esta instalação é fundamental.

- **Máquinas**

19. Bombas de carga são as bombas de alimentação da água tratada para a caldeira;
20. Bombas de circulação são as bombas que promovem a circulação da água quente ou do vapor gerados no sistema para os locais de utilização;
21. Ventilador de tiragem natural;
22. Ventilador de tiragem forçada;

- **Tubulações, dutos e acessórios**

23. Tubos da parede d'água são feixes tubulares que conduzem a água de alimentação da caldeira, que percorre as zona de radiação, gerando o vapor d'água;
24. Lavadores de vapor são dispositivos destinados a eliminar gotículas de água arrastadas pelo vapor da caldeira;
25. Linhas de alimentação de água tratada para a caldeira;
26. Linhas de abastecimento são as tubulações para disponibilizar a água aquecida ou vapor aos pontos de distribuição e utilização;
27. Dutos de gases de combustão;
28. Dutos de ar para queima nos queimadores.
29. Juntas de expansão de foles metálicos e não metálicos;
30. Suportes de mola.

- **Instrumentação de controle e segurança**

31. Válvulas de segurança para alívio de pressão e proteção da caldeira,, propriamente dita e dos vasos de pressão que constituem a caldeira;
32. Válvulas de controle;
33. Detectores de chama;
34. Analisadores de O₂;
35. Dampers para controle das vazões dos gases de combustão;
36. Vidros de segurança para janelas de inspeção;
37. Sistemas de instrumentação e controle;
38. Sistema de intertravamento;
39. Sistemas de proteção contra explosão por falha do(s) queimador(es);
40. Sistema com ignitores elétricos de acendimento do(s) queimador(es) e evitar retrocesso da chama;
41. Sistema de água de abafamento/extinção de incêndio junto a caldeira.

- **Revestimentos de refratário de isolamento térmico**

42. Refratário é o revestimento de materiais refratários (tijolo, cimento e manta) que são usados para o isolamento interno da caldeira, preenchimento de quaisquer lacunas e/ou aberturas, para impedir a perda de calor da caldeira;
43. Isolamento térmico;
44. Pintura externa e interna;
45. Revestimento anticorrosivo;
46. Pintura de acabamento.

- **Sistemas elétricos**

47. Motores elétricos de acionamento de máquinas e válvulas de controle;
48. ignitor elétrico para acendimento de pilotos;
49. Iluminação;
50. Aterramento elétrico.

