

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Sauro Pereira da Silva

**A IMPORTÂNCIA DE UM PLANO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA
NA OPERAÇÃO DE CALDEIRAS AQUATUBULARES**

Taubaté – SP

2014

**Ficha catalográfica elaborada pelo
SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

S586i Silva, Sauro Pereira da
A importância de um plano de inspeção de segurança na operação
de caldeiras aquatubulares / Sauro Pereira da Silva. - 2014.
23f. : il.

Monografia (especialização) - Departamento de Engenharia Civil e
Ambiental, 2014.
Orientação: Eng. Paulo de Carvalho Alves, Departamento de
Engenharia Civil e Ambiental.

1. Caldeira à vapor. 2. Inspeção de segurança. 3. Norma
regulamentadora NR 13. I. Título.

Sauro Pereira da Silva

**A IMPORTÂNCIA DE UM PLANO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA
NA OPERAÇÃO DE CALDEIRAS AQUATUBULARES**

Monografia apresentada para a obtenção do certificado de especialista em engenharia de segurança do trabalho do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Engenheiro de Segurança do Trabalho Paulo de Carvalho Alves

Taubaté – SP

2014

Sauro Pereira da Silva

**A IMPORTÂNCIA DE UM PLANO DE INSPEÇÃO DE SEGURANÇA
NA OPERAÇÃO DE CALDEIRAS AQUATUBULARES**

Monografia apresentada para a obtenção do certificado de especialista em engenharia de segurança do trabalho do departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Engenheiro de Segurança do Trabalho Paulo de Carvalho Alves

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Eng. de Segurança do Trabalho Paulo de Carvalho Alves

Assinatura _____

Prof. Me. Carlos Alberto G. Garcez

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Eng. João Alberto Bajerl

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

RESUMO

Esta monografia tem por finalidade demonstrar a importância das inspeções de segurança em caldeiras prevista pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), por meio da norma regulamentadora NR-13 e pela Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT), através da norma NBR 12177-2 (Caldeiras estacionárias a vapor – Inspeção de segurança - Parte 2: Caldeiras aquatubulares).

Preliminarmente, são expostos tópicos referentes à visão geral das caldeiras, assim como aspectos construtivos e legais.

Assuntos correlatos são abordados, tais como: revisão sobre segurança do trabalho e sua legislação pertinente, as normas técnicas brasileiras e códigos de construção internacionalmente aceitos.

A revisão bibliográfica é a metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho, por meio de análises de publicações correntes relacionadas à segurança, operação e gerenciamento de caldeiras à vapor.

Palavras-chave: Caldeira, Inspeção de segurança, Normas regulamentadoras.

ABSTRACT

This monograph is intended to demonstrate the importance of safety inspections on boilers provided by the Ministry of Labor and Employment (MTE), through the law NR-13 and the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT), through the standard NBR 12177- 2 (stationary steam boilers - Safety Inspection - part 2: water tube boiler).

Preliminarily, are exposed topics referring steam boilers, as well as constructive and legal aspects.

Related issues are addressed, such as review of work safety and its relevant legislation, the Brazilian technical standards and internationally accepted building codes.

The bibliographic review is the methodology used for the preparation of this monograph, through analysis of current publications related to security, operation and steam boilers management.

Keywords: Steam boiler, Safety inspection, Regulatory laws.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Motor a vapor de Heron de Alexandria.....	9
Figura 2	Esquema básico caldeira flamotubular.....	11
Figura 3	Esquema básico caldeira aquotubular.....	12
Figura 4	Esquema básico caldeira aquatubular modelo APU.....	13
Figura 5	Caldeira aquatubular modelo APU.....	14
Figura 6	Caldeira aquatubular com incrustação.....	15
Figura 7	Explosão da caldeira da Sonatrach Skikda – Argélia.....	18

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 Objetivo.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3 METODOLOGIA.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
5 CONCLUSÃO.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se à importância de um plano de segurança na operação de caldeiras aquatubulares e está dividido da seguinte forma: A REVISÃO DE LITERATURA apresenta o histórico de uma caldeira. A METODOLOGIA relaciona os meios e técnicas utilizados para a elaboração do estudo. Em RESULTADOS E DISCUSSÕES são apresentadas normas e técnicas de inspeção de segurança adequadas para a operação de caldeiras aquatubulares. A CONCLUSÃO evidencia a importância da elaboração e aplicação de um plano de inspeção em caldeiras.

1.1 Objetivo

Mostrar a importância de um plano de segurança na operação de caldeiras aquatubulares a fim de manter a integridade física dos trabalhadores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Caldeiras são equipamentos complexos, fechados, destinados a transformar água em vapor e acumulá-lo sob pressão superior a atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia. Este procedimento ocorre pela queima de combustível que fornece calor sensível a água até alcançar a temperatura de ebulição, mais o calor latente a fim de vaporizar a água e mais o calor de superaquecimento para transformá-la em vapor superaquecido. São empregadas em processos industriais, na alimentação de máquinas térmicas, autoclaves para esterilização de materiais diversos, cozimento de alimentos pelo vapor, calefação ambiental, entre outras. Portanto, qualquer problema que elas apresentem não significa apenas uma parada para a manutenção, mas uma paralisação na produção e grande risco à segurança.

A primeira tentativa do homem em produzir vapor na evolução da história da humanidade foi no século II a.C., quando Heron de Alexandria concebeu um aparelho que vaporizava água e movimentava uma esfera em torno de seu eixo. Esse foi o aparelho precursor das caldeiras e das turbinas a vapor.



Figura 1 Motor a vapor de Heron de Alexandria

Fonte: Taringa, 2015

Entretanto, foi na época da Revolução Industrial que teve impulso o uso do vapor sob pressão para movimentar as máquinas. Muitos, entre cientistas, artífices e operários, ocuparam-se por longos anos na evolução dos geradores de vapor. Os mais notáveis trabalhos neste campo se devem a Denis Papin na França, a James Watt na Escócia e a Wilcox nos Estados Unidos. Mas, foi após a 1ª Guerra Mundial que o emprego do vapor se acentuou.

O objetivo era captar e centralizar a energia liberada pelo combustível e distribuí-la aos pontos de consumo. Atualmente, o vapor d'água é usado em grande escala e com inúmeras aplicações. É indispensável em muitos processos industriais. Sua preferência é justificada pelo alto poder calorífico que possui e pela ampla disponibilidade da água no meio industrial.

As caldeiras podem ser classificadas de várias formas, de acordo com:

- classes de pressão;
- grau de automação;
- tipo de energia empregada; e
- tipo de troca térmica.

Segundo a NR-13, pelas classes de pressão, as caldeiras foram classificadas em:

- Categoria A: Pressão de operação é superior a 1960 KPa (19,98 kgf/cm²);
- Categoria C: Pressão de operação igual ou inferior a 588 KPa (5,99 kgf/cm²) e volume interno igual ou inferior a 100 litros; e
- Categoria B: caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

Conforme o grau de automação, as caldeiras podem se classificar em: manuais, semi-automática e automática.

Existem outras maneiras particulares de classificação, como por exemplo: quanto ao tipo de montagem, circulação de água, sistema de tiragem e tipo de sustentação. Porém, segundo uma visão mais genérica, as caldeiras são classificadas como flamotubulares e aquatubulares.

Nas caldeiras flamotubulares os gases de combustão circulam por dentro dos tubos, ao redor dos quais está a água a ser aquecida e evaporada. Os tubos são montados à maneira dos feixes de permutadores de calor, com um ou mais passos dos gases quentes através do mesmo, conforme mostra a Figura 2.

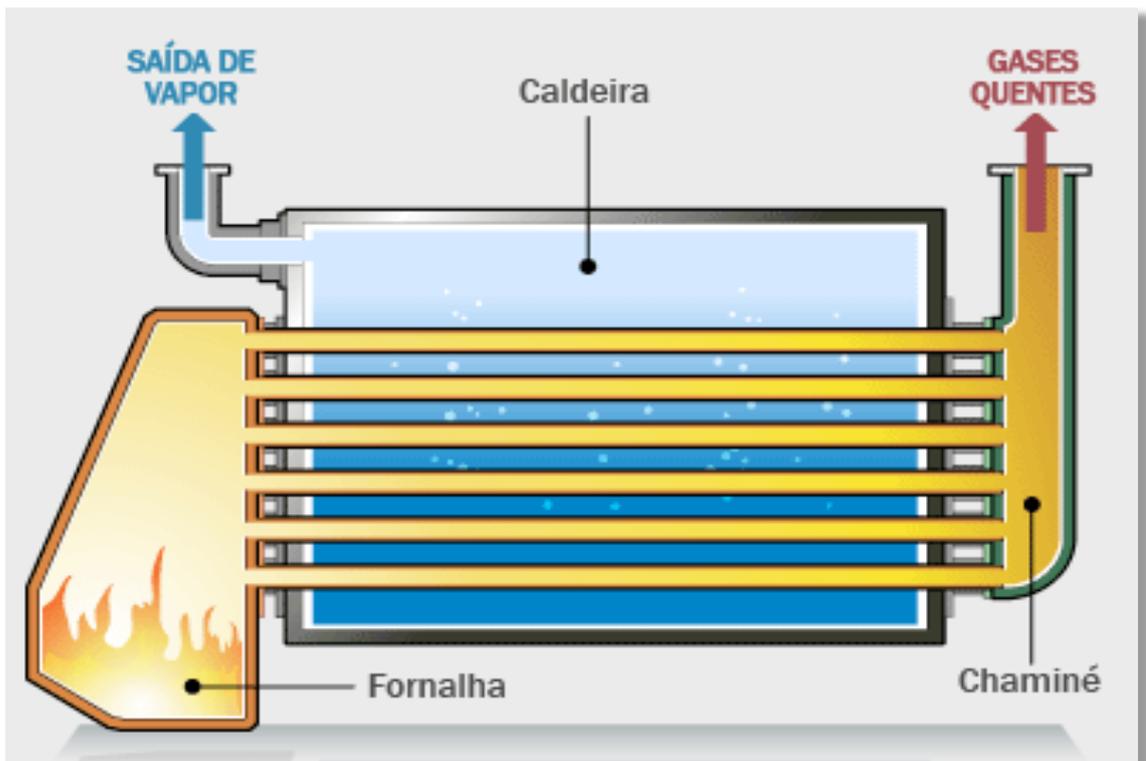


Figura 2 Esquema básico caldeira flamotubular

Fonte: *How Stuff Works* Brasil, 2015

As caldeiras aquatubulares são de uso mais abrangente, a água circula por dentro dos tubos e os gases quentes envolvendo-os. Nesse tipo de caldeira, os tubos conduzem a água, o que aumenta muito a superfície de aquecimento, aumentando bastante a capacidade de produção de vapor, conforme Figura 3.

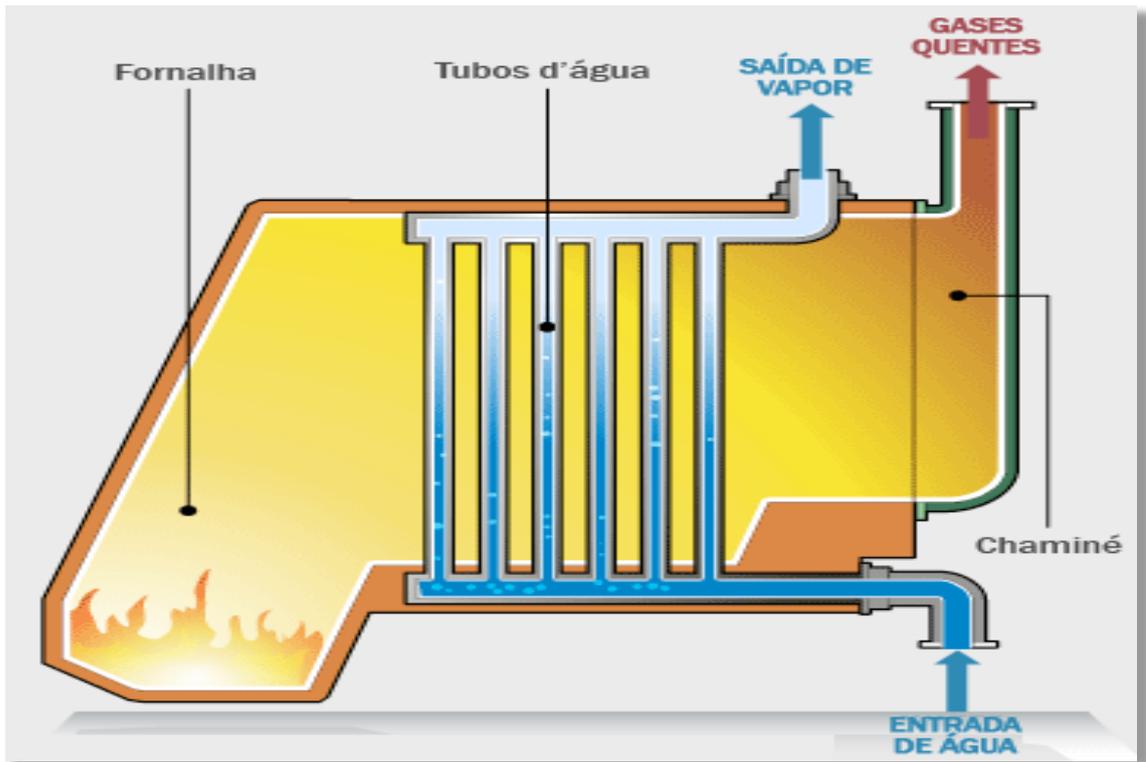


Figura 3 Esquema básico caldeira aquatubular

Fonte: *How Stuff Works* Brasil, 2015

Estas podem ser constituídas de tubos retos, curvos ou de circulação forçada. As caldeiras aquatubulares de tubos retos consistem de um feixe tubular de transmissão de calor, com uma série de tubos retos e paralelos, interligados a uma câmara coletora. Já as caldeiras de tubos curvos não apresentam limites de capacidade de produção de vapor. As mais compactas possuem capacidade média de produção de vapor em torno de 30 ton/h e são equipamentos apropriados para instalação em locais com espaço físico limitado.

As caldeiras aquatubulares são caldeiras de maior rendimento, rapidez de geração de grandes quantidades de vapor com níveis de pressão mais elevados. São empregadas quando há a necessidade de se obter pressões e rendimentos elevados, pois os esforços desenvolvidos nos tubos pelas altas pressões são de tração, ao invés de compressão, como ocorre nas caldeiras flamotubulares. Também tem o fato de os tubos estarem fora do corpo da caldeira, o que permite obter superfícies de aquecimento bem maiores, praticamente ilimitadas.

A Figura 4 refere-se a caldeira do modelo APU – aquatubular que apresenta recentes inovações. Este tipo de caldeira foi desenvolvido principalmente para atender as necessidades das centrais termoelétricas, gerando vapor em médias e altas pressões que queimam biomassa, podendo utilizar óleo e gás como combustíveis auxiliares. Apresentam capacidade máxima contínua de produção de vapor de até 350 toneladas de vapor por hora e pressão de operação capaz de chegar a 67 kgf/cm².

As características construtivas desse modelo de caldeira permitem partidas e paradas mais rápidas, pois não há tubos mandrilhados ao tubulão de vapor, o qual fica fora do circuito de gases, não havendo portanto diferenciais de temperatura entre os tubos e o costado do tambor. Entre as vantagens desse modelo estão a não possibilidade de vazamento e de desmandrilamento, superaquecedor drenável, o que permite preservação da via úmida, assim como em caso de incrustação permite executar lavagem química ou ácida, fornalha de queima em suspensão, adequada para altas capacidades de geração com melhor qualidade de queima.

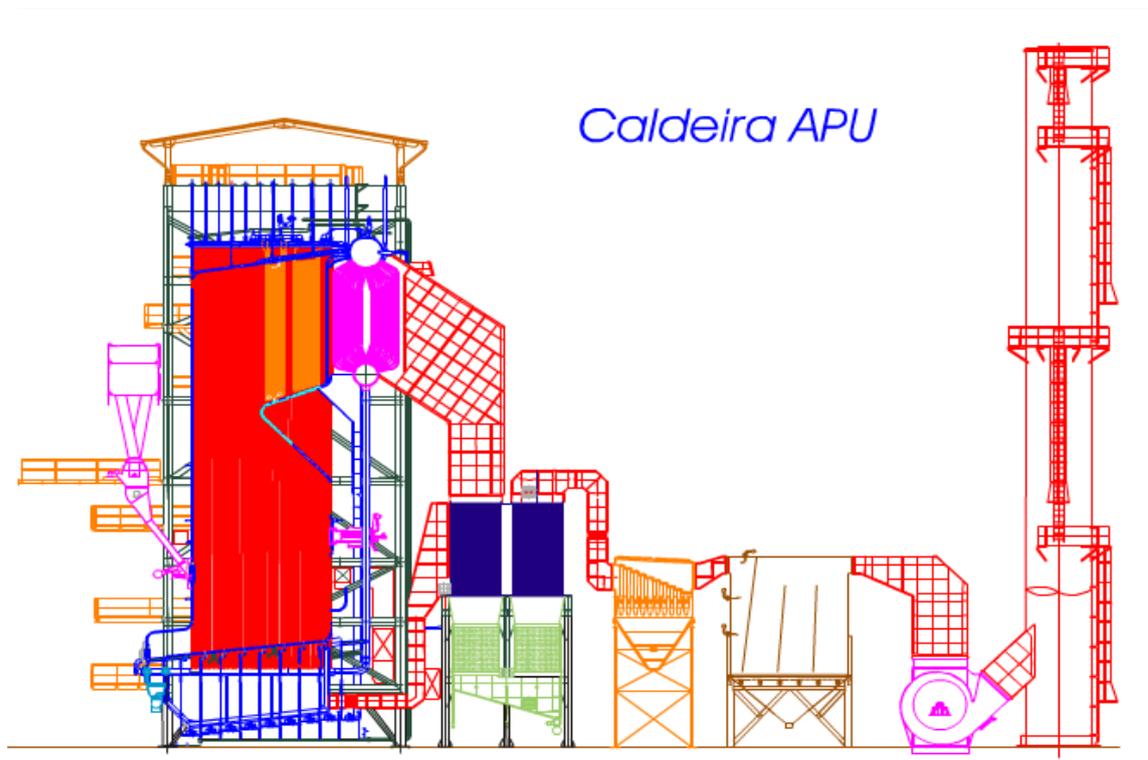


Figura 4 Esquema básico caldeira aquatubular modelo APU

Fonte: Caldema, 2015



Figura 5 Caldeira aquatubular modelo APU

Fonte: Caldema, 2015

As falhas e, na maioria dos casos, os acidentes, ocasionadas no funcionamento de uma caldeira dependem muito da qualificação, responsabilidade do operador e à negligência de seus procedimentos operacionais e de segurança.

Para o perfeito desempenho do equipamento é função do operador desempenhar as seguintes ações básicas:

- descargas de fundo e atenção ao tratamento da água: evitando as incrustações e conseqüentemente a baixa condutividade para a troca de calor;
- remoção e limpeza da fuligem dos tubos: garante melhor eficiência já que os tubos não estarão incrustados;
- tiragem: a movimentação dos gases da entrada influencia na queima e na troca de calor;
- utilização do condensado: aumento da eficiência da queima.

A água utilizada no processo de geração de vapor depende de um pré-tratamento que permita reduzir suas impurezas, pois a água de alimentação não deve corroer os metais e acessórios da mesma, depositar incrustações prejudicando seu funcionamento ou arraste de impurezas pelo vapor.



Figura 6 Caldeira aquatubular com incrustação

Fonte: Revista TAE, 2015

Explosões de caldeiras podem resultar de inúmeros fatores. Válvula de alívio de pressão defeituosa é a principal razão para a ocorrência de tais explosões. Falhas catastróficas podem ser causadas devido a corrosão interna das placas de uma caldeira. Nível de água abaixo do limite mínimo é responsável por muitos acidentes com caldeiras. Geralmente, estes acontecem quando o nível de água cai abaixo do nível da fornalha, resultando num superaquecimento e, ocasionalmente, queimando a câmara de água.

De acordo com a NR-13, os dispositivos de segurança das caldeiras têm por finalidade proteger o pessoal e os equipamentos de possíveis falhas em seu funcionamento. Os principais são:

- válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a pressão máxima de trabalho admissível;
- manômetro: instrumento que indica a pressão do vapor acumulado;
- Injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido;
- sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas pesquisas bibliográficas com o propósito de reunir informações sobre inspeção de segurança em caldeiras, no sentido de buscar melhor conhecimento sobre o assunto.

A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida por meio de material já elaborado, principalmente livros, artigos científicos e *sites* relacionados. Trata-se da coleta de informações em obras elaboradas pelos mais diversos autores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A prevenção de acidentes proporciona implicações sociais e econômicas relevantes e, por isso, deve ser tratada com muita seriedade e rigor. O progresso tecnológico e as intensas pressões competitivas direcionam mudanças rápidas nas condições, nos processos e na organização do trabalho. Nesta constante evolução e aprimoramento, são diversos os obstáculos encontrados na implantação de um sistema eficiente e os principais são os altos custos, dificuldades em encontrar recursos humanos competentes, escassez de informações, falta de transparência das normas, insuficiente apoio financeiro e dificuldade em mudar a mentalidade e a cultura das pessoas envolvidas no processo.

Independentemente da atividade, todos os trabalhadores estão sujeitos a diversos males quando estão exercendo suas funções laborativas. Os riscos associados aos processos onde é empregado o uso de caldeiras são definidos pela combinação da probabilidade ou frequência de falhas com a consequência associada. As consequências mais comuns são: fatalidades, envolvendo danos às pessoas; danos materiais aos equipamentos; financeiros, decorrentes, sobretudo da perda de produção; danos ao meio ambiente, envolvendo custo da limpeza, sanções legais pertinentes, indenizações, entre outros.



Figura 7 Explosão da caldeira da *Sonatrach Skikda* – Argélia

Fonte: Inspeção de equipamentos, 2015

Caldeiras são equipamentos que requerem atenção desde o projeto de fabricação, montagem e teste até o encerramento de sua vida útil. A construção de um vaso de pressão envolve inúmeros cuidados já que exerce um papel importante na continuidade de um processo. Quando mal projetados, mantidos e/ou operados inadequadamente podem se tornar equipamentos perigosos capazes de provocar acidentes de graves consequências.

A norma regulamentadora NR-13 regulamenta as caldeiras desde suas especificações construtivas, ambiente em que está inserida, inspeção de segurança e até as atribuições dos seus operadores, mas não inclui regras para projeto e pressupõe que os equipamentos são construídos de acordo com normas e códigos de reconhecimento internacional. Estabelece todos os requisitos técnicos e legais relativos à instalação, operação e manutenção de caldeiras, vasos de pressão e tubulações a fim de prevenir a ocorrência de acidentes do trabalho. Tem sua existência jurídica assegurada, em nível de legislação ordinária, nos artigos 187 e 188 da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Assim, a implantação e gerenciamento destes equipamentos são de grande responsabilidade dos proprietários e profissionais habilitados, conforme o item 13.3.2, da NR-13.

Quanto à normalização técnica, caldeiras e vasos de pressão necessitam obrigatoriamente cumprir os requisitos da NBR 16035 que especifica os requisitos mínimos para caldeiras e vasos de pressão e foi publicada em 2012, em três partes: Parte 1: Geral; Parte 2: Conforme *ASME Code, Section I*; e Parte 3: Conforme *ASME Code, Section VIII, Division 1*. Além dessas partes, foram publicadas em 2013: a Parte 4: Vasos de pressão - Conforme *ASME, Code, Section VIII, Division 2*; a Parte 5: Vasos de pressão - Conforme *EN-286 Part 1*.

A NBR ISO 16528-1 estabelece os requisitos mínimos de desempenho e tem como público-alvo os fabricantes e os usuários de caldeiras e vasos de pressão. A NBR ISO 16528-2 estabelece os procedimentos que os organismos normativos devem demonstrar para comprovar a adequação de seus códigos e normas aos requisitos da NBR ISO 16528-1. A NBR ISO 16528-2 utiliza tabelas padronizadas que devem ser preenchidas pelos organismos normativos, para que estes possam demonstrar que seus códigos e normas atendem aos requisitos de desempenho para caldeiras e vasos de pressão.

A NBR 16035 foi baseada nas tabelas de conformidade, previstas na NBR ISO 16528-2, as quais foram elaboradas pelos diversos organismos normativos e estão publicadas na página oficial da Comissão *ISO/TC11 - Boilers and pressure vessels*. A NBR 16035-1 estabelece os requisitos técnicos para atendimento aos códigos e normas de construção de caldeiras e vasos de pressão mais utilizados no Brasil. Deste modo, ao construir tais equipamentos, deve-se utilizar normas, códigos e procedimentos que, comprovadamente, mantenham o risco em níveis aceitáveis. A adoção de uma norma ou código para construção de equipamentos pressurizados pressupõe que todos os requisitos definidos nestes documentos sejam atendidos. Os requisitos de tais normas e códigos são elaborados presumindo que todos os exames e os ensaios requeridos durante a fabricação sejam executados.

Deve-se ressaltar, ainda, que nenhuma norma ou código de projeto e fabricação consegue ser escrito com detalhes suficientes que possam garantir todas as boas práticas de fabricação. Cada fabricante de equipamentos pressurizados é responsável por adotar todas as medidas necessárias, para garantir que boas práticas de fabricação e de projeto sejam usadas para assegurar a qualidade da construção destes equipamentos. Esta parte da NBR 16035 especifica os requisitos mínimos que devem ser adotados para a construção de caldeiras e vasos de pressão baseados em normas ou códigos de construção que estão em conformidade com a ABNT NBR ISO 16528-1.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas, na NBR 12177-2, fixa as condições exigíveis para realizar as inspeções de segurança das caldeiras estacionárias aquatubulares a vapor, sujeitas ou não à chama, conforme definido na NBR 11096.

Existem muitos pontos em comum entre a norma NBR 12177-2 e a norma regulamentadora NR-13, entretanto, no que diz respeito às inspeções de segurança em si, encontra-se detalhado na primeira. Algumas partes importantes da NBR 12177-2 são vistas a seguir. As inspeções de segurança incluem:

- exame do prontuário da caldeira e dos relatórios de inspeção de segurança;
- exame externo;
- exame interno;
- atualização da pressão máxima de trabalho admissível;

- ensaio hidrostático;
- ensaios complementares: de acumulação, dos dispositivos de alimentação de água, entre outros.

Esta parte da NBR 12177 contém os anexos A, B e C, de caráter normativo. Esses anexos devem ser preenchidos sob a responsabilidade de um profissional habilitado. São eles:

- anexo A: modelo de formulário para caracterização da caldeira;
- anexo B: modelo de lista de verificação e
- anexo C: modelo de formulário para relatório de inspeção de caldeira.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que as caldeiras aquatubulares devem ser submetidas, regularmente, às inspeções de segurança a fim de preservar a integridade física dos trabalhadores, conforme determina a norma regulamentadora NR-13, item 13.4.4.1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTAFINI, C. R. **Caldeiras**. Caxias do Sul, RS: Universidade de Caxias do Sul, 2002. 36 p. (Apostila da disciplina Máquinas Térmicas). Disponível em <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>. Acesso em 5 de janeiro de 2015.

Aquino, Alexandre de. **Água para caldeiras**: conheça os problemas e saiba como tratá-los, 2012. Disponível em: <http://www.revistatae.com.br/noticiaInt.asp?id=3934>. Acesso em 12 de janeiro de 2015.

BAZZO, E., **Geração de Vapor**. Editora da UFSC. 2ª edição. Florianópolis, 1995.

BIZZO, Waldir A. **Geração, distribuição e utilização de vapor**. Campinas: FEM/Unicamp, 2003.

CALDEMA, 2013. Disponível em: http://caldema.com.br/index_portugues_1024.html. Acesso em 12 de janeiro de 2015.

CAMPOS, Armando; TAVARES, José da Cunha; LIMA, Valter. **Prevenção e controle de risco em máquinas, equipamentos e instalações**. Editora Senac, 4ª edição. São Paulo, 2010.

CHEIS, Daiana. **A importância do tratamento de água em caldeiras**, 2014. Disponível em: <http://www.meiofiltrante.com.br/noticias.asp?action=detalhe&id=17724>. Acesso em 12 de janeiro de 2015.

Comitê Brasileiro de Normalização, Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT/CB-004 Máquinas e Equipamentos Mecânicos - **NBR 12177-2: Caldeiras estacionárias a vapor - Inspeção de segurança - Parte 2: Caldeiras aquatubulares**, 1999.

Ministério do Trabalho e Emprego - **Norma regulamentadora NR-13: Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações**, 2014. Disponível em: [http://portal.mte.gov.br /data/files/FF80808147596147014764A4E1D14497/NR-13%20\(Atualizada%202014\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808147596147014764A4E1D14497/NR-13%20(Atualizada%202014).pdf). Acesso em 6 de janeiro de 2015.

PAIVA, Maurício Ferraz de. **Caldeiras e vasos de pressão**, 2013. Disponível em: <https://www.target.com.br/produtossolucoes/solucoes/solucoes.aspx?pp=27&c=316>. Acesso em 10 de janeiro de 2015.

PERA, Hildo. **Gerador de vapor**. 2a edição. São Paulo: Fama, 1990.