

**UNIRV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

ANÁLISE DE OPERAÇÃO DE CALDEIRAS DE ACORDO COM A NR-13

DIEGO JÚNIOR DE OLIVEIRA
Orientador: Prof. DANIEL FERNANDO DA SILVA

RIO VERDE - GOIÁS

2014

**FESURV - UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

ANÁLISE DE OPERAÇÃO DE CALDEIRAS DE ACORDO COM A NR-13

DIEGO JÚNIOR DE OLIVEIRA

Orientador: Prof. DANIEL FERNANDO DA SILVA

Monografia apresentada à Faculdade de Engenharia Mecânica da UniRV – Universidade de Rio Verde como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

RIO VERDE - GOIÁS

2014



UNIVERSIDADE DE RIO VERDE

CRENCIADA PELO DECRETO Nº 5.971 DE 02 DE JULHO DE 2004

Fazenda Fontes do Saber
Campus Universitário
Rio Verde - Goiás

Cx. Postal 104 - CEP 75901-970
CNPJ 01.815.216/0001-78
I. E. 10.210.819-6 / I.M. 021.407

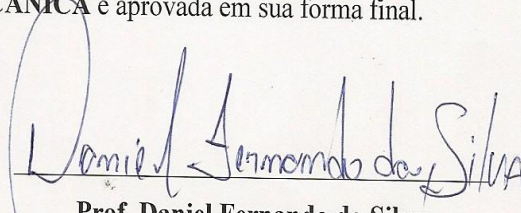
Fone (64) 3620-2200
e-mail fesurv@fesurv.br
www.fesurv.br

**FESURV UNIVERSIDADE DE RIO VERDE
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

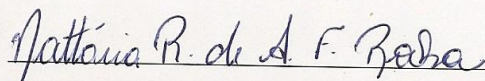
ANÁLISE DE OPERAÇÃO DE CALDEIRAS DE ACORDO COM A NR-13

DIEGO JÚNIOR DE OLIVEIRA

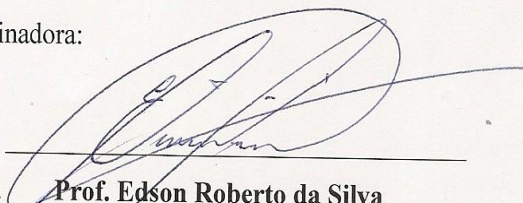
Esta monografia foi julgada adequada para a obtenção do grau de **BACHAREL EM ENGENHARIA MECÂNICA** e aprovada em sua forma final.


Prof. Daniel Fernando da Silva
Orientador

Banca Examinadora:



Prof.ª Msc. Nattácia Rodrigues de A. F. Rocha



Prof. Edson Roberto da Silva



Prof. Dr. João Pires de Moraes

Diretor da Faculdade de Engenharia Mecânica

RIO VERDE - GO

2014

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia aos meus familiares que sempre estiveram ao meu lado me ajudando e nunca mediram esforços para isso, ao meu orientador e aos meus professores por ensinar e mostrar que o conhecimento é algo que está sempre se renovando e que quanto mais acreditamos que sabemos algo, menos temos domínio do assunto e aos meus colegas de curso. Obrigado por tudo!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade que ele está me proporcionando, a minha mãe, Dorcelina do Carmo Andrade Oliveira, que sempre tem buscado me dar todo suporte e auxílio, ao meu pai, Valdeir Antônio de Oliveira, que nunca mediu esforços e tem me incentivado nos momentos mais difíceis, aos meus irmãos Carlos Antônio de Oliveira e Vanessa Rayanne de Oliveira, que tem me apoiado nesta jornada e a todos os amigos que participaram desta jornada tanto diretamente quanto indiretamente. E com o apoio de todos cheguei até aqui, porém é apenas o primeiro degrau da escada do futuro, e que Deus possa me guiar por todo esse trajeto.

RESUMO

OLIVEIRA, Diego Júnior de. **Análise de operação de caldeiras de acordo com a NR-13.** 2014. 14f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - UniRv - Universidade de Rio Verde, Rio Verde, 2014¹.

O presente trabalho tem como objetivo identificar os fatores de riscos operacionais de caldeiras e vasos de pressão, como erros envolvendo operação e o não cumprimento das normas que regulam a operação de caldeiras e vasos de pressão. Caldeira é o nome dado aos equipamentos geradores de vapor, a qual sua aplicação tem sido ampla no meio industrial e também na geração de energia elétrica nas chamadas centrais termelétricas, e sua atividade no cenário brasileiro hoje é muito grande, principalmente na região central do Brasil. Com a chegada de grandes indústrias alimentícias, e essas atividades necessitam de vapor para o seu funcionamento, em particular, vapor de água pela a sua abundância, vapor que é utilizado em processos industriais dos mais variados tipos. Dentro deste conceito, a NR-13 é a norma responsável por regulamentar as caldeiras e vasos de pressão, com isso, será feita uma análise completa de todas as normas para que as mesmas sejam aplicadas e seguidas pelas empresas que possuem em suas linhas de processo geradores de vapor.

PALAVRAS-CHAVE

Componentes, Controle, Instrumentos, Pressão, Segurança.

¹ Banca examinadora: Prof. Daniel Fernando da Silva (Orientador); Prof. Nattácia Rodrigues de Araújo F. Rocha; Prof. Edson Roberto da Silva – UniRV.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Diego Júnior de. **Analysis of boiler operation agreement with NR-13**. 2014. 14p. Monograph (Undergraduate Mechanical Engineering) - UniRv - University of Rio Verde, Rio Verde, 2014².

This study aims to identify the factors of operational risk boilers and pressure vessels, as errors involving operation and failure to comply with the rules governing the operation of boilers and pressure vessels. Boiler is the name given to the steam generating equipment, which your application has been widely in industry and also in the generation of electricity in thermal power plants calls , and its activity in Brazilian society today is very large , especially in the central region of Brazil with the arrival of large food industries, and these activities require steam for its operation, in particular water vapor by its abundance, steam that is used in industrial processes of all kinds. Within this concept, the NR-13 is in charge of regulating the boilers and pressure vessels norm, with that, will be made a complete analysis of all standards for which they are implemented and followed by companies that have in their lines process steam generators.

KEYWORDS

Components, Control, instruments, Pressure, Security.

² Examiners: Prof. Daniel Fernando da Silva; Prof. Nattácia Rodrigues de Araújo F. Rocha; Prof. Edson Roberto da Silva – UniRV.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA1	-	Caldeira
flamotubular.....		Erro! Indicador não definido.
FIGURA 2 - Caldeira aquatubular fixa vertical.....		12
FIGURA 3 – Fornalha de caldeira aquatubular.....		13
FIGURA 4 – Alimentador de combustível de caldeira aquatubular.....		13
FIGURA 5 – Tubulão superior de caldeiras aquatubular.....		14
FIGURA 6 – Manômetro analógico.....		17
FIGURA 7 – Válvula de segurança.....		18
FIGURA 8 – Visor de nível de água.....		19
FIGURA 9 – Sistema de gerenciamento e controle de caldeira.....		20
FIGURA 10 – Câmeras de monitoramento do processo.....		20

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1 História da evolução das caldeiras.....	10
2.2 Caldeiras.....	11
2.2.1 Classificação das caldeiras.....	15
2.3 Disposições gerais da NR13 na operação de caldeiras e vasos de pressão.....	15
2.3.1 Manual de operações.....	15
2.3.2 Instrumentos de controle.....	17
2.3.3 Monitoramento da operação.....	19
2.3.4 Qualidade da água.....	21
2.3.5 Operador de caldeira.....	22
2.3.5.1 Treinamento de segurança na operação de caldeiras.....	22
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento constante das indústrias sucroalcooleiras e das agroindústrias e devido ao desenvolvimento sustentável, a importância da matriz energética tem se tornado cada dia maior, ocasionado pelo fato das centrais hidroelétricas não conseguirem suprir a alta demanda de energia elétrica (SILVA, 2012).

Com isso, desenvolveu-se uma fonte alternativa de energia, as termoelétricas, que são produzidas através de geradores de vapor (caldeiras), que transformam água em vapores superaquecidos para movimentar o eixo da turbina, provocando agitação dos geradores, e deste modo produzindo energia elétrica (SILVA, 2012).

Este equipamento tem sido utilizado frequentemente em indústrias de vários segmentos (indústrias têxteis, laticínios, processos de fabricação), suprimindo necessidades não só na escassez de energia elétrica, mas também como fonte de calor para aquecedores, secadores, dentre outros (SILVA, 2012).

Com os índices de ocorrências de falta de energia elétrica, e alto custo de fornecimento da mesma, indústrias tem buscado novas fontes de energia. A energia térmica tem sido um dos enfoques. Contudo, para qualquer aplicação ou modificação de alto custo e risco, a utilização deste equipamento exige um estudo aprofundado de viabilidade e aplicação (SILVA, 2012).

A utilização inadequada de caldeiras gera um risco grave e iminente aos colaboradores que atuam diretamente na casa de caldeiras e aos que atuam nas proximidades, devido a alta pressão de trabalho e ao acúmulo de energia e potência gerada, automaticamente colocando a integridade física dos mesmos em risco (SILVA, 2012).

Nesse sentido o presente trabalho utilizará a metodologia de pesquisa bibliográfica em monografias com tema relacionado e bibliografias disponíveis na internet sobre a operação de Caldeiras de acordo com a NR13. Buscando enfatizar conceitos, componentes, funcionamento, tipologia disponível e as mais utilizadas, resultados obtidos através da aplicação e segurança na operação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 História da evolução das caldeiras

As primeiras aplicações práticas ou de carácter industrial de vapor, surgiram por volta do século XVII, com um sistema de bombeamento utilizando força motriz. A caldeira de Newcomen era apenas um reservatório esférico metálico, com aquecimento na parte inferior, sendo a chama colocada no fundo, conhecida como caldeira de Haycock, ela era idêntica as atuais panelas de pressão (SILVA, 2012).

O autor acima afirma que embora existam referências a vários dispositivos produtores de vapor, foi apenas quando a utilização de máquinas a vapor para obtenção de força motriz para as indústrias começou a generalizar que as caldeiras para a produção do mesmo começaram a evoluir, numa busca do melhor aproveitamento possível da energia fornecida pelo combustível.

Apenas a utilização de carvão permitiu a este tipo de caldeira produzir vapor em quantidade suficiente para acionar máquinas, já que o baixo poder calorífico da lenha levou ao fracasso as experiências primitivas (SILVA, 2012).

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

No fim do século XVIII e início do século XIX, as caldeiras evoluem, aparecendo tubos de retorno para os fumos, para aumentar a superfície de troca de calor. Estas caldeiras levam gradualmente às caldeiras de tubos de fogo. O passo seguinte foi o aparecimento das caldeiras de tubo de água (CORTINHAS, 2014).

Para a utilização do vapor na movimentação de turbinas, é essencial que este esteja completamente seco, ou seja, não contenha qualquer umidade no vapor (CORTINHAS, 2014).

Para conseguir vapor seco, o vapor é reenviado para a caldeira, onde atravessa um

conjunto de tubos conhecido por sobreaquecedor. Consegue-se assim vapor que, mesmo às altas temperaturas, pressões e velocidades a que atinge a turbina, não danifica as suas pás (SILVA, 2012).

2.2 Caldeiras

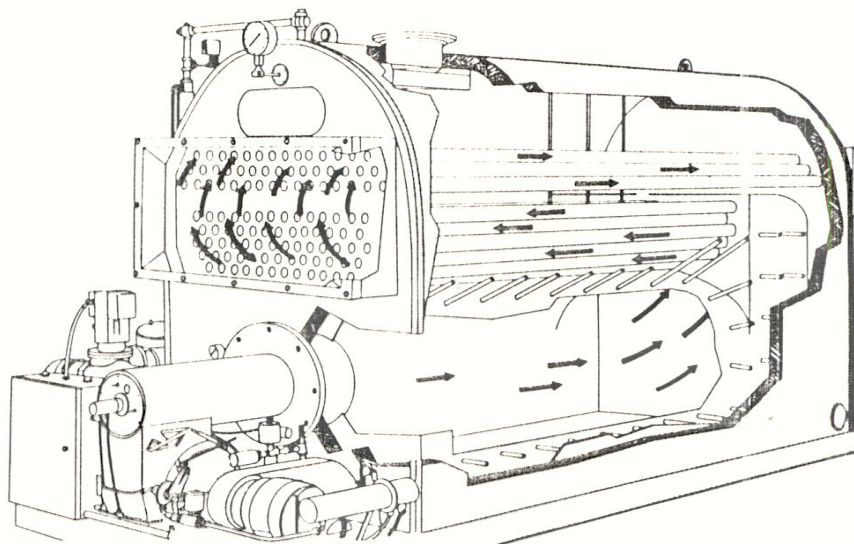
De acordo com Botelho e Bifano (2011, p.208),

mostram os estudos e a prática que, quando necessitamos do calor em vários pontos, a melhor solução econômica e operacional é aquecer a água, transformando-a em vapor e, depois, enviá-la para vários pontos de consumo. Para essa transformação da água como líquido para vapor, o equipamento a ser usado chama-se caldeira.

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

O autor acima citado afirma que as flamotubulares (Figura 1), são largamente usadas na produção de vapor saturado de baixa pressão, da ordem de 14 kgf/cm², em quantidades pequenas, em média de 5000 kg /h de vapor. Consistem essencialmente de um corpo cilíndrico com dois espelhos fixos nos quais os tubos são mandrilhados ou soldados.

As caldeiras são largamente usadas em indústrias de pequeno porte por ter um custo de implantação e manutenção menor que as aquatubulares.



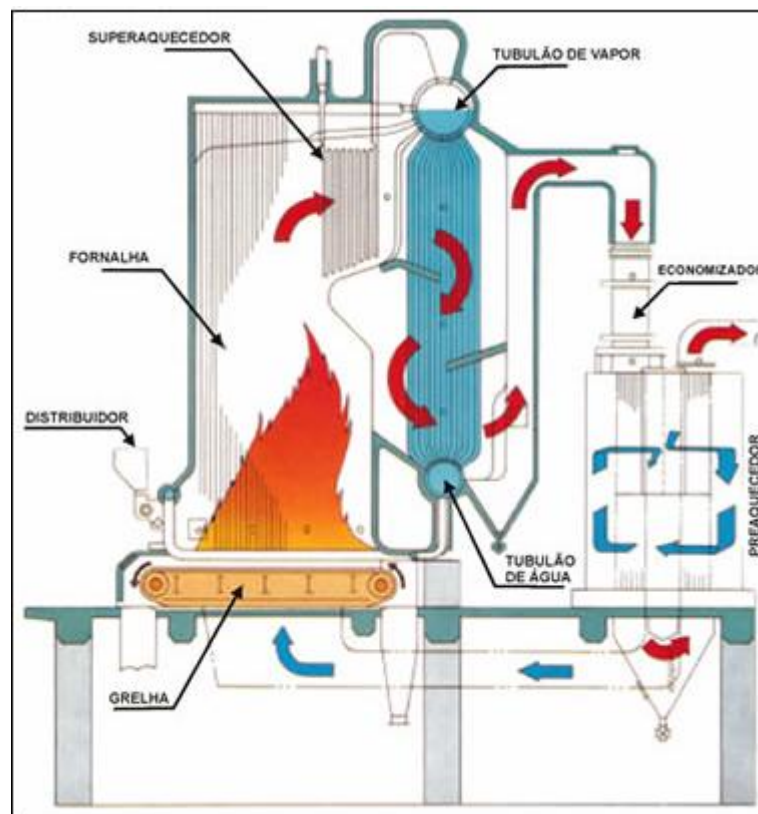
Fonte: Silva (2012).

FIGURA1 - Caldeira flamotubular

Segundo (CORTINHAS, 2014), as caldeiras flamotubulares tem a desvantagem de

produzir pouco vapor, devido a sua pequena superfície de vapor, mesmo aumentando os tubos de passagem de gás, não gera diferença significativa. A necessidade de caldeira com maior rendimento, maior superfície de aquecimento e rapidez na geração de vapor, levaram ao surgimento da caldeira Aquatubular. Hoje é o modelo mais utilizado em Usinas Sucroalcooleiras. (SILVA,2014).

Segundo o autor acima citado as caldeiras Aquatubulares (Figura 2), conhecidas como Caldeiras Tubos de água, diferenciam-se das flamotubulares no fato de a água circular dentro dos tubos e os gases quentes circulam por fora dos mesmos, o que aumentou muito a superfície de aquecimento, aumentando a capacidade de produção de vapor.



Fonte: Martinelli Jr. (2014).

FIGURA 2 - Caldeira aquatubular fixa vertical.

Os componentes principais a serem considerados da caldeira aquatubular são:

- ✓ Fornalha (FIGURA 3): local onde se processa a queima do combustível (gás, óleo, carvão, lenha, bagaço de cana, etc.);



Fonte: Usina Nova Gália.

FIGURA 3 – Fornalha de caldeira aquatubular.

- ✓ Alimentador (FIGURA 4): dosador de bagaço de rolo duplo, constituído basicamente de uma carcaça fixa, tracionado por um moto redutor destinado a dosagem e fornecimento de combustível para a fornalha;



Fonte: Usina Nova Gália (2014).

FIGURA 4 – Alimentador de combustível de cadeira aquatubular.

- ✓ Queimador: os queimadores são peças destinadas a promover, de forma adequada e eficiente, a queima dos combustíveis em suspensão. Em volta do queimador, existe um refratário de formato cônico que tem grande importância para uma queima adequada do combustível lançado pelo queimador;
- ✓ Vaso de pressão cilíndrico: corpo externo das caldeiras flamotubulares, onde ocorre a separação das fases água e vapor;
- ✓ Economizador: é um componente onde a água de alimentação é pré-aquecida antes de entrar na caldeira, aproveitando o calor residual dos gases da combustão, recuperando calor, aumentando o rendimento do sistema, e evitando o choque térmico resultante da entrada de água fria na caldeira;

- ✓ Tubulão (FIGURA 5): é um vaso de pressão cilíndrico das caldeiras aquatubulares, onde ocorre a separação das fases água e vapor, e onde são soldados os tubos de aquecimento. Quando há tubulão de lama, este se destina a coletar os sólidos precipitados para a purga;



Fonte: Usina Nova Gália.

FIGURA 5 – Tubulão superior de caldeiras aquatubular.

- ✓ Pré-aquecedor de ar: é basicamente um permutador de calor destinado a aquecer o ar da combustão através do aproveitamento do calor residual dos gases da combustão;
- ✓ Chaminé: destinada a garantir a circulação dos gases quentes, através de todo o sistema; geralmente em caldeiras de grande porte, possuem tratamento dos gases com

equipamento antipolvente;

- ✓ Superaquecedor: em algumas instalações, é um conjunto de serpentinas nas quais o vapor saturado é superaquecido.

2.2.1 Classificação das caldeiras

Segundo Altafini (2012) as caldeiras são classificadas em 3 categorias, Finalmente, seguindo os propósitos da Norma Regulamentadora NR-13:

- ✓ Caldeiras da categoria A: são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1960 KPa (19,6 bar= 19,98 kgf/cm²);
- ✓ Caldeiras de categoria C: são aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 KPa (5,88 bar = 5,99 kgf/cm²) e o volume interno é igual ou inferior a 100 litros;
- ✓ Caldeiras da categoria B: são todas aquelas que não se enquadram nas categorias anteriores, são as caldeiras mais comuns.

2.3 Disposições gerais da NR 13 na operação de caldeiras e vasos de pressão.

Definidas os tipos de caldeiras, com suas características principais será desenvolvido agora as disposições gerais na segurança na operação de caldeiras de acordo com a sua norma regulamentadora NR 13, com enfoque nas Aquatubulares, pois é a de maior uso em usinas sucroalcooleiras devido a capacidade de geração de vapor, a qual serão avaliados os seguintes itens a seguir.

2.3.1 Manual de operação.

De acordo com a NR13 toda caldeira deve possuir o seu Manual de Operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo no mínimo:

- a) Procedimento de partidas operacionais de rotina segundo AFFINI (1998, pág. 13);
- ✓ Colocação de combustível seco, fino e um pouco de combustível líquido para facilitar a combustão inicial;
- ✓ Acendimento do fogo com tocha ou outro sistema disponível;
- ✓ Alimentação da fornalha de maneira a garantir aquecimento gradual dos refratários e

- grelhas da Caldeira;
- ✓ Fechamento do respiro do tubulão superior após garantir eliminação total do ar;
 - ✓ Abertura lenta da válvula de saída de vapor para evitar golpe de aríete, quando a pressão de trabalho é atingida e há liberação de vapor para consumo;
- b) Procedimentos e parâmetros operacionais de rotina segundo AFFINI (1998, pag. 13)
- ✓ Observação atenta do nível de água da caldeira, fazendo os ajustes necessários;
 - ✓ Observação das temperaturas do economizador e pré-aquecedor de ar, quando aplicável;
 - ✓ Observação das indicações dos dispositivos de controle de temperatura e pressão, fazendo os ajustes necessários;
 - ✓ Realização de todos os testes de rotina da caldeira;
 - ✓ Verificação dos tanques de suprimento de água a fim de confirma se estão sendo suficientemente abastecidos;
 - ✓ Verificação da reposição de combustível;
 - ✓ Vistoria nos equipamentos a fim de detectar qualquer anormalidade (ruído, vibrações, superaquecimento);
 - ✓ Verificação da temperatura dos gases da chaminé a fim de detectar se está dentro dos parâmetros normais;
 - ✓ Observação da combustão através dos visores e da chaminé fazendo os ajustes necessários;
 - ✓ Sopragem periódica de fuligem conforme rotina de cada equipamento, onde seja aplicável;
 - ✓ Realização de descarga de fundo conforme recomendações do laboratório de análise de água;
 - ✓ Fazer as anotações exigidas pelos superiores;
 - ✓ Manutenção da ordem e da limpeza da casa de caldeiras;
 - ✓ Notificação a outro operador habilitado ou a um superior para que se efetue sua substituição em caso de necessidade de se afastar da casa de caldeiras;
- c) Procedimentos para parada das caldeiras segundo AFFINI (1998, pag. 14)
- ✓ Interrupção de alimentação de combustível e execução dos cuidados necessários com relação aos alimentadores (pneumáticos, rotativos, etc);
 - ✓ Manutenção do nível de água ajustando-o, conforme a vaporização que irá ocorrer e a

- quantidade de combustível disponível na fornalha;
- ✓ Desligamento dos ventiladores e exaustores se o combustível remanescente na fornalha não é suficiente para geração de vapor;
 - ✓ Abafamento da caldeira por meio do fechamento dos dampers e portas de alimentação da fornalha, garantindo vedação contra entradas de ar frio;
 - ✓ Fechamento da válvula de saída de vapor;
 - ✓ Abertura do respiro da caldeira;
 - ✓ Basculamento das grelhas para possibilitar limpeza da fornalha;
 - ✓ Após a parada, devem ser tomadas as providências necessárias quanto ao registro de motivos da parada no livro da caldeira e as próximas ações a serem providenciadas.

2.3.2 Instrumentos de Controle

Segundo a NR13 os instrumentos e controles de caldeiras devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais, constituindo condição de risco grave e eminente o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança da caldeira. No qual será analisado os instrumentos de controle a seguir:

- ✓ Manômetro (FIGURA 6) – É o aparelho com o qual se mede a pressão dos gases, de vapores e de outros fluidos, é muito utilizado na indústria para verificar a pressão de caldeiras e de vasos de pressão (AFFINI, 1998).



Fonte: Usina Nova Gália.

FIGURA 6 – Manômetro analógico.

- ✓ Válvula de segurança (FIGURA 7) – É um dispositivo capaz de descarregar todo o vapor gerado pela caldeira para a atmosfera, sem que a pressão interna da caldeira ultrapasse a P.M.T.A (pressão máxima de trabalho admissível), com a válvula totalmente aberta (AFFINI, 1998).

O autor acima citado afirma que para que uma válvula de segurança opere corretamente, deve-se:

- ✓ Abrir totalmente quando a pressão do vapor atingir um valor fixado, nunca antes disso.
- ✓ Permanecer aberta quando não houver queda de pressão.
- ✓ Fechar instantaneamente, vedando perfeitamente, assim que a pressão retornar às condições de trabalho do gerador;
- ✓ Permanecer fechada, sem vazamento, enquanto a pressão permanecer em valores inferiores à sua regulagem;



Fonte: Usina Nova Gália
FIGURA 7 – Válvula de Segurança caldeira aquatubular.

- ✓ Controle de nível de água (FIGURA 8) – O visor de nível consiste de um tubo ou uma placa de vidro preso em uma caixa metálica, que tem a finalidade de dar ao operador a noção exata da altura de água existente na caldeira. É importante que o operador mantenha uma atenção especial ao visor de nível, verificando vazamentos, nível de limpeza do vidro e efetuando as drenagens de rotina (AFFINI, 1998).



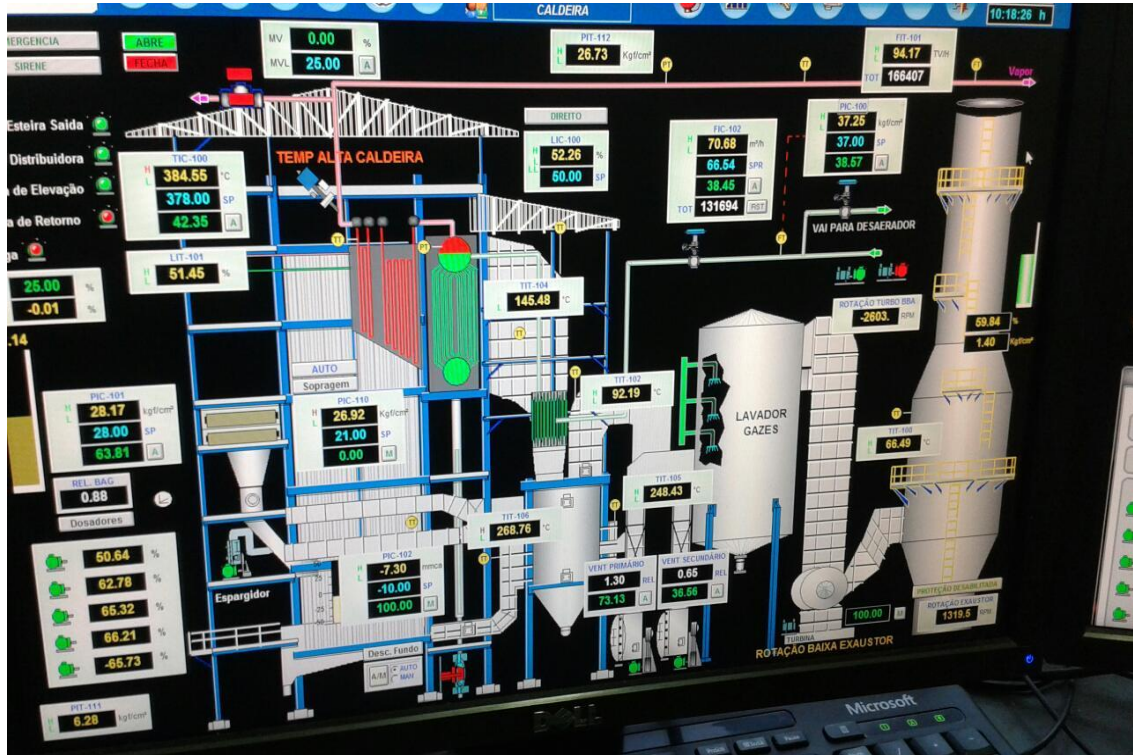
Fonte: Usina Nova Gália.

FIGURA 8 – Visor de Nível de água.

2.3.3 Monitoramentos da operação

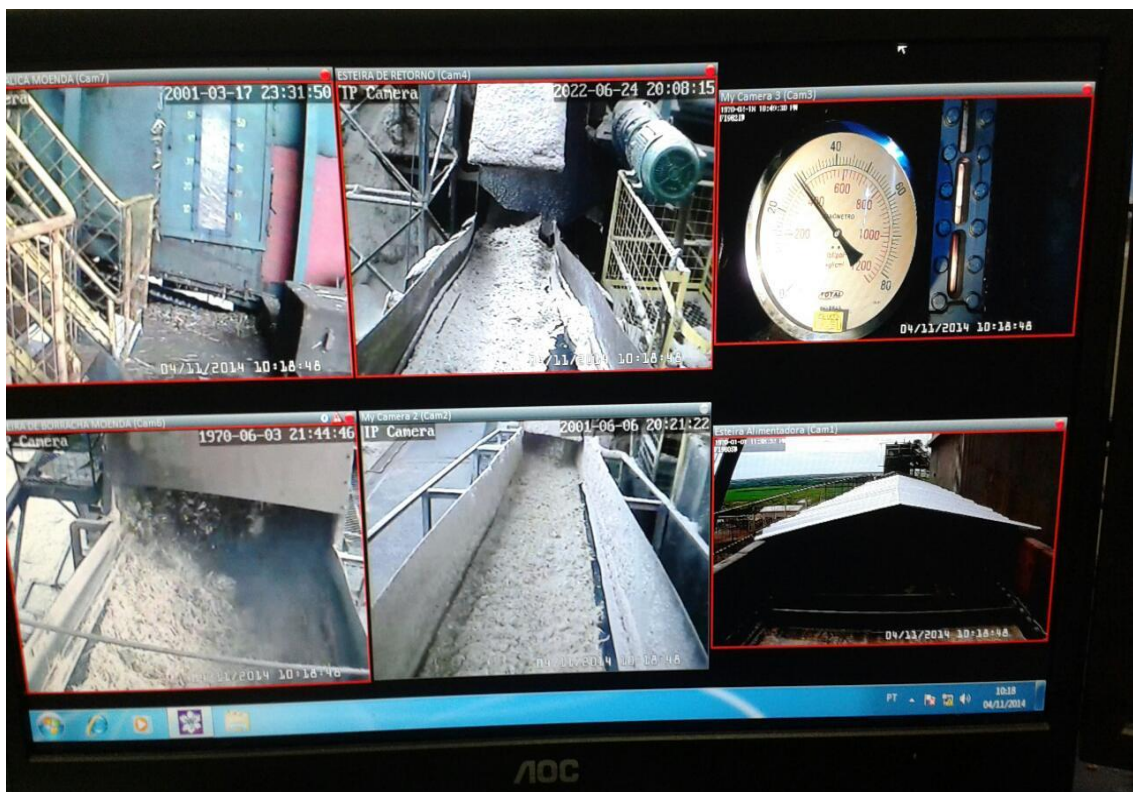
Através do sistema de gerenciamento e controle (FIGURA 9), o operador consegue acompanhar todo o processo tendo acesso a todas as informações e parâmetros da caldeira dentro da sala de controle. Através desse sistema é feito o controle de praticamente todos os componentes da caldeira.

Além desse sistema, câmeras de monitoramento instaladas próximas aos principais equipamentos envolvidos no processo, transmitem imagens dos mesmos à um monitor (FIGURA 10) localizado na sala de controle, melhorando assim os aspectos operacionais e de segurança.



Fonte: Usina Nova Gália

FIGURA 9 – Sistema de gerenciamento de controle de caldeira.



Fonte: Usina Nova Gália

FIGURA 10 – Câmeras de monitoramento do processo.

2.3.4 Qualidade da água

A qualidade da água deve ser controlada e tratamentos devem ser implementados, quando necessário para compatibilizar suas propriedades físico-químicas com os parâmetros de operação da caldeira.

Para que a caldeira tenha um bom funcionamento e longo tempo de vida útil, é necessário dar uma atenção especial à água destinada a sua alimentação. De um modo geral, a água contém impurezas como matéria orgânica, compostos minerais em suspensão ou compostos dissolvidos e gases. Assim, uma água que apresenta boas qualidades para uso doméstico ou para alguns processos industriais pode não apresentar boas características para uso nas caldeiras (Maciel e Martinez, 1995)

Segundo os autores acima citados quando o tratamento de água da caldeira é inadequado, esses fatos trazem consequências com a corrosão, a incrustação e o arraste.

- ✓ Corrosão: é a deterioração de um material, geralmente metálico, decorrente da ação química ou eletroquímica dos agentes contaminantes existentes na água. Esse efeito é o desgaste progressivo que reduz a espessura da parede dos tubos, podendo provocar sua ruptura. É importante ressaltar que a corrosão não fica restrita somente à caldeira, pode ocorrer também nas linhas de vapor.
- ✓ Incrustação: é um conjunto de formações cristalinas que se depositam na superfície dos tubos. Ela é o resultado de compostos que antes estavam em solução com a água e, se não forem removidos, causam uma redução na taxa de transferência de calor nos locais nos quais se formou o depósito. A condutividade da incrustação é muito menor que a do material dos tubos e tem efeito isolante. Consequentemente, a temperatura do lado oposto ao da incrustação atingirá valores que podem afetar a resistência mecânica do tubo e causar sua ruptura.
- ✓ Arraste: é a passagem de água em uma mistura entre a fase líquida e a gasosa, junto com o vapor para o superaquecedor e o sistema de distribuição de vapor, carregando também sólidos em suspensão e material orgânico. Essa mistura geralmente contém matérias insolúveis, prejudiciais ao processo.

2.3.5 Operador de caldeira

Segundo a NR13, no item (13.3.4), toda caldeira a vapor deve estar obrigatoriamente sob operação e controle de operador de caldeira, sendo que o não – atendimento a esta exigência caracteriza condição de risco grave e iminente.

Para efeito da NR13 será considerado operador de caldeira aquele que satisfazer pelo menos uma das seguintes condições:

- a) Possuir certificado de “Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras” e comprovação de estágio prático.
- b) Possuir certificado de “Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras” previsto na NR13 aprovada pela portaria nº 02, de 08.05.84;
- c) Possuir comprovação de pelo menos 3 (três) anos de experiência nesta atividade.

2.3.5.1 Treinamento de segurança na operação de caldeiras

O pré-requisito mínimo para participação como aluno neste treinamento, é o atestado de conclusão do 1º grau. O treinamento deve ser obrigatório:

- a) Ser supervisionado tecnicamente por “profissional Habilitado” .
- b) Ser ministrados por profissionais capacitados para esse fim.

Todo operador deve cumprir um estágio prático na operação da própria caldeira que irá operar, o qual deve ser supervisionado, e ter duração mínima de:

- a) Caldeiras de categoria A: 80 (oitenta) horas;
- b) Caldeiras de categoria B: 60 (sessenta) horas;
- c) Caldeiras de categoria C: 40 (quarenta) horas;

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desvio dos procedimentos padrões mencionados acima, além da perda de eficiência do equipamento, gera um risco grave e iminente não apenas à integridade física do operador, mas à todos os envolvidos no processo.

É essencial que os profissionais envolvidos com aquisição, preservação, projeto, inspeção, manutenção, tenham conhecimento de normas técnicas ou regulamentadoras, nacionais ou internacionais, elaboradas por instituições e comitês ou pelo próprio cliente, para que se tenham equipamentos com a especificação correta, aplicados adequadamente e com tempo de vida prolongado.

Recomenda-se aos profissionais que trabalham diretamente com caldeiras a atualização, reciclagem e aprimoramento contínuo de seus conhecimentos em fontes seguras, pois o mundo do vapor sempre nos mostra novidades, relacionadas à segurança e a melhor forma de se operar uma caldeira.

A seleção de uma caldeira deve ser feita atentando-se à tendência da legislação vigente, em contrapartida a correta operação e uma manutenção eficaz são economicamente rentáveis.

REFERÊNCIAS

AFFINI, Paulo. **Segurança e Inspeção de Caldeiras a vapor**. SENAI Rio Verde, 1998. 14p. Apostila.

ALTAFINI, Carlos Roberto. **Apostila sobre caldeiras**. Disponível em: <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>>. Acesso em: 21/05/2014.

BIZZO, Waldir Antônio. **Geração, distribuição e utilização de vapor**. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP4.pdf>>. Acesso em: 21/05/2014.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos; BIFANO, Hercules Marcelo. **Operação de caldeiras: gerenciamento, controle e manutenção**. São Paulo: Edgar Blucher, 2011. 208p.

CORTINHAS, Carlos; LOURENÇO, Paulino; SILVA, Filipe. **Máquinas térmicas: caldeiras**. Disponível em: <<http://paulino24.no.sapo.pt/Trabalhos/Maquinas%20termicas.pdf>>. Acesso em 21/05/2014.

MACIEL, Lázaro Vieira; MARTINEZ, Leandro José. **Manual de Segurança para operadores de caldeira**. SENAI São Paulo, 1995. 29p. Apostila.

MARTINELLI JR., Luiz Carlos. **Geradores de vapor**. Disponível em: <<http://www.saudeetrabalho.com.br/download/gera-vapor.pdf>>. Acesso em: 21/05/2014.

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

SILVA, J.C. Paulino da. **Caldeiras: segurança na operação**. Disponível em: <ftp://ftp.unilins.edu.br/cursos/Eng_Seguranca_T10/Aula_30_e_311009_Prof_JosePaulino/APCALDE_ab_04%20PDF.pdf>. Acesso em 21/05/2014.