

GERENCIAMENTO DE RISCOS DE ACIDENTES EM ÁREAS DE CALDEIRAS

Ricardo Luis Alves da Silva (IFPE)

ricardoalves@recife.ifpe.edu.br

FABIOLA ARRUDA DOS SANTOS (IFPE)

fabiolaarrudaf@hotmail.com

DAIANNY DOS SANTOS BARBOSA (IFPE)

daiannydossantos2000@hotmail.com

Lucas Silva de Mendonca (IFPE)

lucassilvaseg@hotmail.com



O objetivo desse trabalho é o gerenciamento de riscos de acidentes em áreas de caldeiras baseado na norma regulamentadora nº 13, que juntamente com a Gestão em Segurança do Trabalho em áreas de caldeiras busca compreender o ambiente de trabalho do operador da máquina para proporcionar mecanismos de defesa contra qualquer risco possível, pois, dessa forma, o operário poderá exercer suas funções com segurança, garantindo assim tranquilidade, eficiência e lucratividade para todos. O local de trabalho de um operador de caldeiras, inevitavelmente, o expõe a uma série de riscos, como explosões, incêndios, queimaduras por contatos com superfícies aquecidas, perda auditiva por exposição a níveis de ruído acima dos limites toleráveis, desenvolvimento de doenças por exposição ao calor extremo gerado na operação, que se não forem controlados da maneira correta poderão causar desde pequenos danos físicos até grandes fatalidades em períodos de curto, médio e longo prazo. Por isso, é incontestável a importância de um diagnóstico mais detalhado das condições de riscos de acidentes e da saúde do operador de caldeiras utilizando de métodos voltados para a segurança e saúde ocupacional. Neste trabalho são abordados pontos como a atualização da NR 13 que ocorreu em 2014, os riscos existentes em uma área de caldeiras na Região Metropolitana do Recife, e o emprego da técnica de análise de riscos denominada HAZOP, que faz a antecipação destes nos sistemas de entrada de água e de combustível para prevenção de acidentes.

Palavras-chave: Riscos. Acidentes. Caldeiras. NR 13. HAZOP.

1. Introdução

Durante o século XVIII, houve um grande avanço tecnológico, surgiram então várias máquinas e equipamento aumentando a produção um curto período de tempo, elevando os lucros, e conseqüentemente novos riscos de acidentes. Entre essas novas tecnologias estão os geradores de vapor, popularmente conhecidos como caldeiras, e amplamente utilizados nos parques industriais. De acordo com a Norma Regulamentadora nº13/2014, as caldeiras são definidas como:

“equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica”

Os vapores gerados nas caldeiras são destinados para dois fins: O vapor saturado utilizado para aquecimento, cozimento, entre outros; e o vapor superaquecido, proveniente de caldeiras mais potentes, que é usado para geração de energia em combinação com uma turbina. Tais equipamentos, por operarem com pressões acima da pressão atmosférica, sendo na grande parte das aplicações industriais até quase 20 vezes maior e nas aplicações para a produção de energia elétrica de 60 a 100 vezes maior, podendo alcançar valores de até 250 vezes mais, constituem um risco eminente na sua operação (ALTAFINI, 2002).

Situações de acidentes ocorridos envolvendo caldeiras alertaram a sociedade para a necessidade de normas e procedimentos na construção, manutenção, inspeção e operação desses equipamentos (ALTAFINI, 2002). A Prevenção de acidentes é prevista na etapa de manutenção de equipamentos críticos, que faz parte do Programa de Gerenciamento de Riscos- PGR. O PGR é um documento que define a política e diretrizes de um sistema de gestão de segurança do trabalho, com vistas a prevenção de acidentes e doenças em instalações ou atividades potencialmente perigosas (Lage; Valle, 2003) e ao longo do tempo, esses estudos devem ser revisados e atualizados, uma vez que os processos, materiais e equipamentos, ou mesmo a vizinhança ao redor da instalação tem suas características alteradas.

O PGR visa adquirir conhecimento detalhado da instalação e seus perigos; avaliação dos possíveis danos às instalações, aos trabalhadores, à população externa e ao meio ambiente; subsídios para implementação de medidas para a redução e gerenciamento dos riscos existentes na instalação. As empresas que possuem atividades perigosas e que possam levar a acidentes maiores devem estabelecer Programas de Gerenciamento de Risco (PGR's) com o

apoio da direção da mesma para prevenir acidentes. (FANTAZZINE, M. L. & SERPA, R. R. 2002).

Como este trabalho é voltado para o Gerenciamento de risco em Áreas de caldeiras, foram estudados temas específicos, tais como os sistemas de proteção e combate ao incêndio, a nova versão da norma regulamentadora nº13 que foi alterada em 28 de abril de 2014, e a técnica de análise de riscos HAZOP.

2. Fundamentação teórica

Existem diversos tipos de caldeiras, e sua classificação pode ser feita a partir de diversos critérios. Porém, a mais utilizada para diferenciá-las diz respeito à localização de água e gases. Segundo essa classificação as caldeiras se classificam em FLAMOTUBULARES e AQUOTUBULARES.

As caldeiras flamotubulares ou fumotubulares foram os primeiros tipos de caldeiras construídas, e são caracterizadas pela circulação interna dos gases, ou seja, existem tubos que conduzem os gases provenientes da combustão por todo o interior da caldeira. A água utilizada para aquecimento e geração de vapor circunda esses tubos e a fornalha da máquina. Essas caldeiras são construídas para operar com pressões limitadas, pois as partes internas submetidas à pressão são relativamente grandes e inviabilizam o emprego de chapas de maiores espessuras. Em geral, sua produção de vapor não ultrapassa 15 ton/h.

Nas caldeiras aquotubulares, o volume da água é distribuído pelo interior de tubos que estão submetidos exteriormente aos gases provenientes da combustão. As caldeiras aquotubulares são amplamente utilizadas por possuírem vasos pressurizados internamente e de menores dimensões relativas, o que viabiliza técnica e economicamente o emprego chapas de maiores espessuras, e conseqüentemente a operação com pressões mais elevadas e maior produção de vapor. (ALTAFINI, 2002)

Para esse processo de produção de vapor, um profissional habilitado com competência legal precisa operar a caldeira. Porém, são muitos os riscos que envolvem o manuseio de uma caldeira - mesmo que o funcionário seja competente e esteja apto a atuar naquela função – como, por exemplo, riscos de explosões, incêndios, choques elétricos, intoxicação, quedas, ferimentos diversos, etc. Contudo, são considerados como riscos de maior amplitude aqueles que são graves e iminentes e colocam em perigo a vida dos trabalhadores à sua volta. No caso das caldeiras os riscos de explosões são os de maior importância, pois caso elas ocorram, não

afetariam apenas o operador da máquina, mas também parte da fábrica (seja por impactos diretos ou indiretos) e circunvizinhança causando grandes estragos nos espaços físicos.

As explosões de caldeiras podem ser advindas de diversos fatores, tais como:

1. Um defeito da válvula de alívio da pressão: a maioria dos modelos utiliza uma válvula de alívio da pressão para controlar a quantidade de pressão interna gerada pelo equipamento. Comumente uma válvula é destinada a aliviar a pressão interna da caldeira quando atingir certos níveis, impedindo assim o acúmulo excessivo de vapor. O excesso de vapor escapa através da válvula de alívio de pressão e evita o acidente. Às vezes, essas válvulas ficam desgastadas ou descalibradas, impedindo-as de funcionar como projetado. A maioria das caldeiras tem programações para testar e substituir quaisquer válvulas inoperantes.
2. Corrosão interna das placas: a água quente cria uma casca e gera corrosão no interior do tanque da caldeira, o que pode levar ao aço com defeito e, eventualmente, uma explosão se o equipamento é deixado de lado.
3. Baixos níveis de água: podem acontecer quando a água cai abaixo do nível da fornalha, causando um superaquecimento e, ocasionalmente, queimando na câmara de água.

Esses problemas geralmente estão ligados à negligência dos operadores e dos procedimentos de manutenção. (Fonte: <http://www.manutencaoesuprimentos.com.br>)

Após um acidente catastrófico ocorrido em Massachusetts/EUA no ano de 1905, onde 58 trabalhadores morreram, a sociedade tomou consciência da necessidade de normas e procedimentos para a construção, manutenção e operação das caldeiras. Assim, foram criados os códigos da American Society of Mechanical Engineers (ASME) a principal referência quando se trata de normas de proteção em caldeiras e casos de pressão do mundo. (ALTAFINI, 2002)

No Brasil, devido à grande variedade e gravidade dos riscos existentes aos funcionários que trabalham direta e indiretamente com a caldeira, o Ministério do Trabalho e Emprego criou uma Norma Regulamentadora específica, a NR N° 13, estabelecida pela portaria N° 3214 de 1978, que fora atualizada em 28 de abril de 2014. Essa norma estabelece parâmetros necessários para o mais perfeito estado de funcionamento de uma caldeira, visando diminuir e/ou extinguir toda e qualquer possibilidade de riscos de acidentes possível.

Baseadas na nova NR 13, e afim minimizar e/ou extinguir os riscos de explosão aos quais o operador de caldeiras está exposto, pesquisas baseadas em uma caldeira flamotubular específica localizada em uma fábrica na região metropolitana do Recife foram realizadas com o intuito de obter informações precisas sobre o funcionamento da máquina e o trabalho que o operário executa. A partir dos dados coletados é possível elaborar uma planilha com informações baseadas na premissa de riscos de explosões envolvendo caldeiras utilizando a técnica de análise de riscos HAZOP, e, um plano de ação eficaz que quando aplicado corretamente pode evitar grandes acidentes e salvar vidas.

3. Metodologia

A metodologia utilizada para a realização deste projeto iniciou-se com o estudo bibliográfico. Logo após elaboramos um checklist, que foi aplicado em campo numa caldeira flamotubular de uma empresa da região metropolitana do Recife, com o intuito de verificar se a caldeira em questão estava de acordo com as adequações da nova NR 13. A técnica de análise de riscos HAZOP foi utilizada na elaboração de uma planilha baseada na premissa de que os riscos, os acidentes e os problemas de funcionamento em uma instalação acontecem por causa de algum desvio das variáveis do processo com respeito aos parâmetros normais de operação. (ALTAFINI, 2002).

Segundo Cardella, o Hazop é uma técnica de identificação de desvios variáveis em relação aos valores estabelecidos normais, durante a operação. O Hazop tem como foco os sistemas, analisando as variáveis como vazão, pressão, temperatura, viscosidade, composição e componentes, e, considera como “desvio” a diferença entre a variável e os valores normais. A técnica utiliza seis palavras guias que são aplicadas nas variáveis para estimular a criatividade na detecção dos desvios. São elas: nenhum, reverso, mais, menos, maior, menor, e outra condição operacional, Nenhum e reverso aplicam-se somente a variáveis que podem ter mais de um sentido, como fluxo e diferença de pressão. Outras condições operacionais referem-se a partidas, paradas, finais de campanha etc.

O HAZOP avalia pontos específicos (chamados *nós*) de um sistema para identificar possíveis desvios de processo que ali ocorram e propor medidas preventivas contra os acidentes provocados por essas anormalidades. Os sistemas escolhidos para aplicação do Hazop foram os sistemas de abastecimento de água e de combustível da caldeira, e, esse trabalho objetiva levantar alguns pontos importantes comparando à antiga e a nova NR13 e seus impactos,

estudar e analisar os riscos de explosões causadores de incêndios, e sua prevenção, sem deixar lacunas para o aparecimento de novos riscos.

A caldeira estudada neste projeto trata-se de uma caldeira flamotubular e encontra-se em funcionamento em uma fábrica de bebidas localizada na Região Metropolitana do Recife. Ela utiliza como combustível o óleo diesel no momento em que é ligada, porém é alimentada para funcionamento por óleo BPF, por se tratar de um combustível mais barato que o diesel. Segundo seu operador – que trabalha com a máquina há mais de 15 anos- a água utilizada no equipamento nunca passou por tratamento, mas a empresa realiza a sua manutenção anualmente. É fato que a ausência do tratamento da água pode causar a corrosão da caldeira e aumentar as chances de acidentes envolvendo explosões, porém o operador de nosso objeto de estudo não demonstrou preocupação com isso em nenhum momento das entrevistas concedidas, justificando que não havia necessidade de apreensão devido as constantes manutenções. Porém, se a empresa investisse em tratar a água utilizada pelo equipamento, o grau de corrosão e o número de manutenções na máquina diminuiria significativamente, o que ocasionaria o aumento do período de vida da caldeira e a diminuição dos gastos com sua reparação.

Geralmente, as caldeiras contam com dois tipos de sistemas para sua operação: o manual e o automático. Eles se complementam e o sistema automático ajuda o trabalhador a realizar suas funções com êxito. No início do projeto ambos os sistemas funcionavam na caldeira analisada, no entanto, atualmente o sistema automático encontra-se quebrado e o funcionário da empresa não informou o motivo sobre o porquê do acontecido. Durante as visitas realizadas ficou claro o quanto esse sistema faz falta no dia-a-dia do trabalhador, que agora precisa ficar ainda mais atento para as mudanças no funcionamento normal da máquina. Durante as entrevistas em um momento de desatenção do operador o nível da água dentro do equipamento diminuiu, a pressão aumentou, e a válvula de segurança foi acionada para saída do vapor em excesso provocando grande ruído e susto aos pesquisadores e ao próprio operador, que já estava acostumado com o sistema automático, que se estivesse em funcionamento regularia tal nível espontaneamente. Caso a válvula de segurança também estivesse apresentando defeitos, provavelmente, naquele momento teria acontecido uma catástrofe.

O sistema de alimentação de combustível da caldeira estudada não apresentou falhas em seu processo de operação, porém por atualmente sendo regido apenas manualmente, as chances de acontecerem acidentes por falta de atenção do operador são preocupantes, pois o acúmulo de combustível ou de gases provenientes da combustão colocam em risco a vida dos trabalhadores que realizam suas funções ao redor da área de caldeiras.

4. Resultados

Após a análise dos dados coletados os resultados parciais desta pesquisa foram estabelecidos, visto que este projeto será encerrado somente no mês de julho do corrente ano após a completa verificação e constatação dos dados coletados.

4.1 Fundamentação Legal

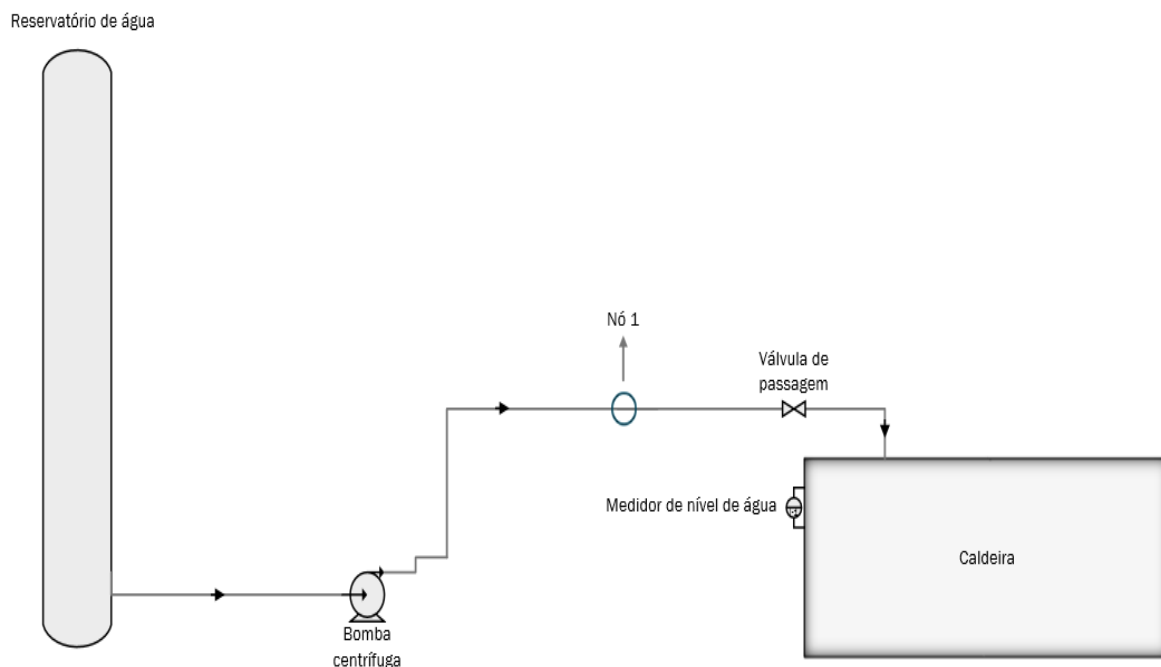
Com o estudo inicial foi possível concluir, previamente, que a NR 13 atual ficou mais completa, clara e organizada, facilitando inclusive o entendimento que tem como objetivo condicionar a inspeção de segurança e operação de caldeiras, vasos de pressão e tubulações.

4.2 Aplicação do HAZOP

Apesar do nosso objeto de estudo não apresentar falhas no processo de funcionamento dos dois sistemas distintos que avaliamos, o HAZOP é uma técnica de análise de riscos que tem como objetivo os *sistemas* e é baseada na *premissa* de que as situações causadoras de acidentes acontecem por causa de algum desvio de valores de processo estabelecidos como normais. Por isso, foram elaborados dois fluxogramas e dois quadros que sintetizam os resultados referentes aos dois sistemas que estudamos.

4.2.1 Sistema de alimentação de água

Figura 1 – Representação do sistema de entrada de água da caldeira estudada



Para cada desvio considerado de ocorrência provável no nó de referência, foram investigadas as possíveis causas de acidentes e verificados suas eventuais consequências. A tabela 1 sintetiza os resultados da HAZOP para o sistema de abastecimento de água e é apresentada abaixo.

Quadro 1 – Resultados da aplicação do HAZOP no sistema de alimentação de água da caldeira

Sistema: Entrada de água				
Nó de estudo: 1				
Parâmetro	Desvio	Causas	Consequências	Observações
Temperatura	Maior	Pré-aquecimento da água pelo próprio vapor da caldeira	- Queima de menos combustível para que a água atinja seu ponto de	

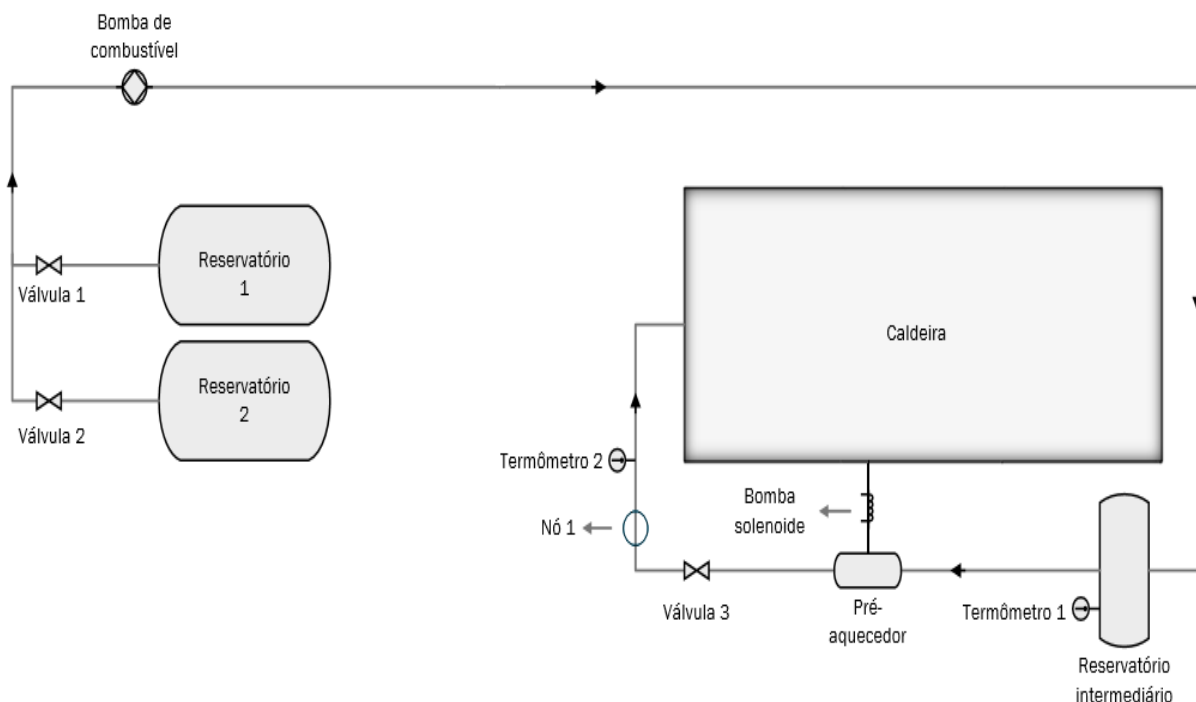
		antes dela entrar na máquina	ebulição; - Otimização do processo de ebulição da água dentro da caldeira.	
Temperatura	Menor	- Condições ambientais de temperatura no reservatório da água; - Inexistência de um pré-aquecedor.	- Queima de mais combustível para que a água atinja seu ponto de ebulição; - Choque térmico na estrutura do equipamento que pode levar a formação de rachaduras.	
Vazão	Maior	- Defeito no funcionamento do medidor de nível de água (eletrodos); - Falha manual.	- Mais quantidade de água do que de vapor dentro da máquina; - Perda de produtividade.	
Vazão	Menor ou Nula	-Falha do operador; - Inexistência ou falha do alarme que informa o nível da água; -Falha dos eletrodos que regulam a entrada de água no sistema automático.; Válvula1 parcialmente fechada; - Bomba danificada.	- Superaquecimento da caldeira devido a grande quantidade de vapor em comparação com a quantidade de água dentro do equipamento; - Acionamento das válvulas de alívio de pressão; .-Vazamento da água;	

Medidas preventivas recomendadas:

- Realização de tratamento da água utilizada;
- Inserção de um pré-aquecedor para a água que alimenta a caldeira;
- Inserção de dispositivos de alarme que alertem sobre o nível da água na caldeira.

4.2.2 Sistema de abastecimento de combustível

Figura 2 – Representação do sistema de entrada de combustível da caldeira estudada



Assim como no sistema de entrada de água, para cada desvio considerado de ocorrência provável no nó de referência foram investigadas as possíveis causas de acidentes e verificados suas eventuais consequências. A tabela 2 sintetiza os resultados da HAZOP para o sistema de abastecimento de combustível.

Quadro 2 – Resultados da aplicação do HAZOP no sistema de alimentação de combustível da caldeira

Sistema: Abastecimento de combustível
Nó de estudo: 1

Parâmetro	Desvio	Causas	Consequências	Observações
Temperatura	Maior	<ul style="list-style-type: none"> - Falhas no pré-aquecedor; - Falha no termômetro que indica o grau da temperatura do combustível pré-aquecido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alto grau de fluidez do combustível; - Combustível entrar em combustão antes do previsto; -Necessidade de utilização de mais combustível dentro da caldeira; - Maior quantidade de gases provenientes da combustão. 	
Temperatura	Menor	<ul style="list-style-type: none"> - Falhas no pré-aquecedor; - Falha no termômetro que indica o grau da temperatura do combustível pré-aquecido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Entupimento do pulverizador causado pelo combustível menos fluido e com substâncias em suspensão, que leva ao comprometimento no abastecimento de combustível; -Dificuldade da queima de combustível; - Perda da produtividade. 	
Vazão	Maior	<ul style="list-style-type: none"> - Pulverizador com defeito; - Bomba com defeito. 	<ul style="list-style-type: none"> -Acúmulo de combustível na fornalha da caldeira, situação que aumenta as chances de acidentes envolvendo explosão. 	
Vazão	Menor	<ul style="list-style-type: none"> - Pulverizador entupido; - Falha no sistema de aquecimento do 	<ul style="list-style-type: none"> - Quantidade de combustível inferior à recomendada; - Comprometimento do 	

		combustível; - Combustível com grande consistência. - Válvulas (1), (2) ou (3) parcialmente fechadas; - Bomba com defeito; - Tubulação danificada.	aquecimento da água; -Perda de produtividade; -Vazamento de combustível.	
Vazão	Nula	- Combustível que acabou enquanto a caldeira estava sendo utilizada; - Parada da bomba.	- Em caso de caldeiras automáticas: desligamento da máquina;	

Medidas preventivas recomendadas:

- Realização de inspeções periódicas em mangueiras, tubulações e no pulverizador e bomba de combustível.

4.3 Riscos gerais de acidentes

Apesar de não apresentar desvios reais de processo nos sistemas de alimentação de água e de combustível, conforme estudo anterior, a área da caldeira estudada apresentou algumas não conformidades. São elas:

- Dificuldade ao acesso do extintor;
- Sistemas fixos de hidrantes sem mangueiras;
- Tubulações velhas, enferrujadas, possivelmente corroídas;
- Falta da reciclagem de Treinamento;

- O desuso dos EPI's;
- Local escorregadio ou molhado provocado por buracos no telhado que permitem que a chuva entre;
- Trabalho Manual da caldeira;
- Não existência de sistema de alarmes;
- Não existência de luzes de emergência;
- Ausência de banheiro, substituto treinado e bebedouro na área de caldeiras.

4.4 A partir dos estudos realizados recomendamos as seguintes medidas preventivas:

- Realização de treinamento para o operador sobre procedimento em caso de emergência;
- Melhorar o layout dentro da casa de caldeira, para que não se obstrua ou dificulte a passagem à saída de emergência e/ou acesso ao extintor;
- Incentivar nos trabalhadores o desejo constante de aperfeiçoamento em suas tarefas, para que assim sejam evitados alguns riscos de acidentes presentes na NR 13;
- Instalação de mangueiras próximas aos hidrantes;
- Conserto do telhado;
- Conserto do sistema automático da caldeira;
- Revisão dos sistemas de alarmes;
- Manutenção das tubulações;
- Desobstrução do caminho que dá acesso ao extintor;
- Alertar o empregador a cumprir as exigências da nova NR 13.

5. Conclusões

As alterações feitas na NR 13, a deixou mais abrangente, clara e eficiente para aplicabilidade em áreas de caldeiras. O local da caldeira estudada neste trabalho possui várias não conformidades que expõem o operador da máquina a riscos diários. Tratam-se de situações como explosões, por exemplo, que se não forem solucionadas podem vir a causar maiores problemas para o empregado e para a empresa no futuro.

No que diz respeito ao sistema abastecimento de água, ele pode ser otimizado com a instalação de um pré-aquecedor e de um subsistema de que venha a tratar as impurezas que a água possui, melhorando o rendimento de trabalho da caldeira e seu período de vida útil. Já o sistema de abastecimento de combustível precisa de constantes inspeções para que permaneça em perfeito funcionamento. A gestão da empresa precisa estar atenta a essas questões.

O bom funcionamento do sistema de proteção contra incêndio no processo de gestão de segurança do trabalho em áreas de caldeiras, baseado na nova norma regulamentadora nº 13, beneficia não apenas o operador da máquina, mas também o entorno e a empresa, pois esta não precisará arcar com custos de indenização, nem de grandes reformas por causa de acidentes.

REFERÊNCIAS

ALTAFINI, Carlos Roberto. **Curso de Engenharia Mecânica**. Rio Grande do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2002.

CARDELLA, B.. **Segurança do Trabalho e Prevenção de Acidentes**. São Paulo: Atlas S.A., 1999.

FANTAZZINE, M. L. & SERPA, R. R. Aspectos gerais de segurança e Elementos de Gerenciamento de Riscos. **Rio de Janeiro – ITSEMAP do Brasil, Serviços Tecnológicos MAPFRE, 2002.**

Lage, Henrique; Valle, Cyro Eyer do. **Meio Ambiente – Acidentes, Lições, Soluções – 1ª edição**. Editora: SENAC, 2003.

NORMA REGULAMENTADORA nº 13, Segurança e Medicina do Trabalho, Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014.

TEXTO sobre explosões em caldeiras. Disponível em
<<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/7003-possiveis-causas-para-explosao-de-uma-caldeira/>>. Acesso em 29 abr. 2014.