



ANÁLISE DE RISCOS EM CALDEIRAS UTILIZANDO A TÉCNICA HAZOP

Ricardo Luís Alves da Silva (IFPE) -ricardoalves@recife.ifpe.edu.br

Fabiola Arruda dos Santos (IFPE) -fabiolaarruda12@hotmail.com

Resumo:

Este trabalho visa aperfeiçoar a segurança dos funcionários que lidam diariamente com as caldeiras, pois, essas máquinas produzem e acumulam vapor sob pressão superior a atmosférica. Esse vapor é comumente utilizado para cozimento, aquecimento, esterilização de materiais, transformação em energia elétrica em diferentes ramos industriais. Porém, apesar de trazer vários benefícios à empresa que as utilizam, as caldeiras também expõem os trabalhadores a diferentes tipos de riscos que vão desde pequenos danos físicos até grandes fatalidades. Visando prevenir a ocorrência de acidentes, o Ministério do Trabalho e Emprego criou em 1978 a Norma Regulamentadora N° 13, que estabelece todos os requisitos mínimos necessários para a segurança do trabalho em áreas de caldeiras. Neste projeto, a NR 13 foi estudada cuidadosa e detalhadamente no que diz respeito a este equipamento, e foi utilizada como elemento norteador na elaboração de metas e objetivos. Também foi utilizada a técnica de análise de riscos denominada HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY STUDIES) para levantamento e agrupamento de dados referentes aos sistemas de entrada de água e de combustível de uma caldeira flamotubular atuante em uma fábrica de bebidas da Região Metropolitana do Recife. Os resultados adquiridos da aplicação da HAZOP mostravam uma série de desvios de processo e suas consequências, como superaquecimento -causado por falta de alimentação no sistema de água- e risco de explosão, por exemplo.

Palavras Chave:

Riscos, caldeiras, HAZOP.





1. Introdução

Por volta do século XVIII, juntamente com o grande avanço tecnológico surgiram máquinas que conseguiam transformar matérias-primas em fontes de energia para movimentar motores através de vapor. Tal mecanismo foi amplamente utilizado no período da Revolução Industrial, o que gerava muito lucro e ainda mais riscos de acidentes com maquinarias potencialmente perigosas aos trabalhadores. Com o passar dos séculos, as máquinas destinadas à produção de vapor evoluíram grandiosamente e sua utilização passou a ser empregada comumente por indústrias e empreendimentos de médio e pequeno porte.

Atualmente esses empreendimentos costumam utilizar o equipamento chamado “caldeira” para produzir calor e, através da evaporação da água que se encontra dentro da máquina, gerar vapores. Os vapores, por sua vez, são destinados para dois fins: O vapor saturado é utilizado para aquecimento, cozimento, entre outros; e o vapor superaquecido, proveniente de caldeiras mais potentes, é usado para geração de energia em combinação com uma turbina. Tais equipamentos são capazes de operar, em grande parte das aplicações industriais, com pressões 20 vezes maiores que à atmosférica, podendo constituir durante sua operação, um risco grave e iminente para a integridade física dos trabalhadores.

Um exemplo real desse tipo de risco ao trabalhador foi o fato ocorrido em Feira de Santana (BA), em janeiro de 2011, quando uma caldeira explodiu em uma fábrica de sabão deixando três feridos e um cenário de completa destruição. Outro exemplo real de acidente com risco grave e iminente ao trabalhador ocorreu em Taquaritinga em julho desse mesmo ano, quando uma caldeira de uma fábrica de alimentos explodiu enquanto um funcionário fazia sua manutenção. Infelizmente, o funcionário faleceu no dia seguinte ao acontecimento, pois não resistiu às queimaduras causadas pelo vapor.

Diante da constatação da premissa de riscos existentes, toda e qualquer empresa que desenvolva atividades consideradas perigosas, que possam acarretar em acidentes maiores, devem estabelecer Programas de Gerenciamento de Riscos (PGR's). Um Programa de Gerenciamento de Riscos deve antes de mais nada contar com o apoio da alta direção da empresa, uma vez que deve fazer parte da política prevencionista da





mesma, na qual todos os seus funcionários devem ter as suas atribuições e responsabilidades muito bem definidas. (FANTAZZINE, M. L. & SERPA, R. R, 2002).

A Gestão em Segurança do Trabalho em áreas de caldeiras tem o objetivo de analisar e administrar os riscos existentes no local de trabalho do operador de caldeiras com base na observação do trabalhador no exercício de suas funções. A partir da análise crítica são fornecidas as informações necessárias para aplicação da técnica de análise de riscos HAZOP. Esta, por sua vez, trata-se de uma técnica de identificação de perigos e operabilidade que consiste em detectar desvios de variáveis de processo em relação a valores estabelecidos como normais. (CARDELLA, 1999).

Contudo, ainda que seja comprovada a existência de inúmeros riscos, dos tipos mais variados no trabalho realizado para operar caldeiras, é raríssimo encontrar registros de estudos específicos voltados para a segurança do trabalhador nessa área. Por isso, a importância desse projeto consta na avaliação aprofundada de um assunto até hoje pouco trabalhado por grupos de pesquisa.

A gestão em segurança do trabalho em qualquer setor do mundo é fator indispensável para a diminuição de acidentes, e conseqüente melhoria do bem-estar dos trabalhadores e da lucratividade da empresa, por isso, áreas específicas que envolvem maquinarias no mundo industrial precisam de atenção onde o foco seja o bem-estar de todos os envolvidos direta ou indiretamente no processo de produção individualmente, somente assim, a totalidade da equipe também sairá beneficiada.

2. Fundamentação teórica

“Caldeira é o nome popular dado aos equipamentos geradores de vapor, cuja aplicação tem sido ampla no meio industrial e também na geração de energia elétrica nas chamadas centrais termelétricas. Portanto, as atividades que necessitam de vapor para o seu funcionamento, em particular, vapor de água pela sua abundância, têm como componente essencial para sua geração, a caldeira. Esse equipamento, por operar 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





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

100 vezes maior, podendo alcançar valores de até 250 vezes mais, constitui um risco eminente na sua operação.

Atualmente as caldeiras de uso industrial produzem até 10 toneladas ou mais de vapor por hora e o fator limitante da capacidade de produção de vapor é as dimensões da unidade e as propriedades metalúrgicas dos materiais utilizados.

Aliado aos avanços da tecnologia na produção de vapor, houve a necessidade de avanços nas técnicas de proteção tanto dos operadores dos equipamentos geradores de vapor, quanto da comunidade ao redor da fábrica. Foi a partir de um dos acidentes mais catastróficos ocorridos durante a evolução industrial, o qual aconteceu em 1905 na cidade de Massachusetts/EUA, onde morreram 58 pessoas, que a sociedade alertou-se para a 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), os quais se constituem na principal fonte de referência normativa sobre caldeiras e vasos de pressão do mundo.

Nos geradores de vapor, a energia térmica é liberada através das seguintes formas:

- Pela queima de um combustível sólido (carvão, lenha), líquido (óleos derivados do petróleo) ou gasoso (gás natural);
- Por resistências elétricas (eletrotermia);
- Por fontes não convencionais, como a fissão nuclear, energia solar, energia geotérmica, etc.

A energia térmica liberada na queima de qualquer uma das fontes acima, deve ser adequadamente transferida para as superfícies de absorção de calor.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Existem diversos tipos de caldeiras, as quais podem ser classificadas segundo diversos critérios. Segundo uma classificação mais genérica, as caldeiras se classificam em **FUMOTUBULARES** e **AQUOTUBULARES**.

As caldeiras **fumotubulares** ou **flamotubulares** se caracterizam pela circulação interna dos gases de combustão, ou seja, os tubos conduzem os gases por todo o interior da caldeira. São construídas para operar com pressões limitadas, pois as partes internas submetidas à pressão são relativamente grandes, inviabilizando o emprego de chapas de maiores espessuras. Existem caldeiras fumotubulares verticais, porém, atualmente, as caldeiras horizontais são muito mais comuns, podendo ser fabricadas com fornalhas lisas e corrugadas, com 1, 2 ou 3 passes, com traseira seca ou molhada. Nas caldeiras fumotubulares que operam com combustíveis líquidos ou gasosos, o queimador é instalado na parte frontal da fornalha. Nessa, predomina a troca de calor por radiação luminosa e nas partes posteriores da caldeira (caixas de reversão e tubos) a troca de calor se processa essencialmente por radiação gasosa e convecção. A fornalha e os tubos ficam circundados de água e são ancorados nos espelhos (discos externos) por solda ou por mandrilagem. Os espelhos são ancorados por solda ao tubulão externo. Esses estão submetidos à pressão interna do vapor e os tubos e fornalha estão submetidos à pressão externa. As caldeiras fumotubulares, em razão de seu aspecto construtivo, são limitadas em produção e pressão, que em geral não ultrapassam valores de 15 ton/h de produção de vapor.

As caldeiras **aquotubulares** se caracterizam pela circulação externa dos gases de combustão e os tubos conduzem massa de água e vapor. As caldeiras aquotubulares são de utilização mais ampla, pois possuem vasos pressurizados internamente e de menores dimensões relativas. Isso viabiliza econômica e tecnicamente o emprego de maiores espessuras e, portanto, a operação em pressões mais elevadas. Outra característica importante desse tipo de caldeira é a possibilidade de adaptação de acessórios, como o superaquecedor, que permite o fornecimento de vapor superaquecido, necessário ao funcionamento das turbinas.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

Existem, embora sejam raras, caldeiras que possuem partes fumotubulares e partes aquotubulares, constituindo, dessa forma, o que se pode denominar de **caldeiras mistas**.

Após a queima do combustível na fornalha, os gases quentes percorrem o circuito dos gases, desenvolvendo diversas passagens para melhor aproveitamento do calor, sendo, finalmente, lançados na atmosfera através da chaminé. É evidente que, para essa movimentação, há necessidade de diferenças de pressões para promover a retirada dos gases queimados e possibilitar a entrada de nova quantidade de ar e combustível. Dá-se o nome de tiragem ao processo que retira os gases mediante a criação de pressões diferenciais na fornalha. Portanto, as caldeiras podem ser de tiragem natural, quando esta se estabelece por meio da chaminé, e de tiragem forçada quando para produzir a depressão são utilizados ventiladores.” (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 profissional seja competente e esteja apto a atuar naquela função. 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, além dos riscos ergonômicos que costumam apresentar suas consequências à longo prazo, também existem riscos relacionados à Higiene Ocupacional- como temperatura excessiva, ruído contínuo e intermitente- e ainda riscos quando existem possibilidades de explosão. Este último, afeta não apenas o operador de caldeiras, mas também toda a fábrica (seja por impactos diretos ou indiretos) e todo seu entorno causando grandes estragos nos espaços físicos.

“O emprego das caldeiras implica na presença dos riscos mais diversos: explosões, incêndios, choques elétricos, intoxicações, quedas, ferimentos diversos, etc. Os riscos de explosões são, entretanto, os mais importantes pelas seguintes razões:

- Por se encontrar presente durante todo o tempo de funcionamento, sendo imprescindível seu controle de forma contínua, ou seja, interrupções;





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

- Em razão da violência com que as explosões ocorrem. Na maioria dos casos suas consequências são catastróficas, em virtude da enorme quantidade de energia liberada constantemente;
- Por envolver não só os operadores, como também as pessoas que trabalham nas redondezas;
- Porque sua prevenção deve ser considerada em todas as fases: projeto, fabricação, operação, manutenção, inspeção e outras”. (ALTAFINI, 2002)

“Explosões de caldeiras podem resultar de diversos fatores. A principal razão para esse acidente é um defeito da válvula de alívio da pressão. A corrosão interna das placas é outra razão primária de uma explosão ou falha catastrófica nesse equipamento.

Baixos níveis de água são responsáveis por muitos casos de explosões. Elas 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 má ligação dos operadores e negligência dos procedimentos de manutenção.

A maioria dos modelos utiliza uma válvula de alívio da pressão para controlar a quantidade de pressão interna gerada pelo equipamento. Comumente uma válvula com mola é pré-definida para ser liberada ou aparecer a um dado de nível de pressão. O excesso de vapor escapa através da válvula de alívio de pressão e evita o acidente. Às vezes, essas válvulas ficam corroídas e desgastadas, impedindo-as de funcionar como projetado. A maioria das caldeiras tem programações para testar e substituir quaisquer válvulas inoperantes.

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.” (Fonte:

<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/7003-possiveis-causas-para-explosao-de-uma-caldeira/>)





Devido a grande quantidade, variedade e gravidade dos riscos existentes aos funcionários que trabalham direta e indiretamente com a caldeira, o Ministério do Trabalho e Emprego criou em abril de 1978 uma Norma Regulamentadora específica (NR 13) que estabelece os requisitos técnicos e legais sobre os aspectos mínimos de Segurança e Saúde Ocupacional. Essa norma, que foi atualizada em maio de 2014, estabelece todos os 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 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. Dessa maneira foi possível propor medidas de segurança do trabalho que diminuirão a ocorrência de acidentes quando forem utilizadas.

Para garantir a aplicação de um sistema de gestão em segurança do trabalho em áreas de caldeiras eficaz, é necessário realizar um estudo específico de cada setor de operabilidade onde o operador de caldeiras irá atuar. A técnica de análise de riscos HAZOP foi escolhida para ser explorada nesse projeto porque de forma simples e eficiente consegue estabelecer todos os parâmetros necessários para proporcionar a segurança do trabalhador, do empregador e da empresa de modo geral.

3. Metodologia

A metodologia utilizada para a realização deste projeto foi a observação do funcionamento de uma caldeira, bem como do trabalho feito por seu operador e de entrevistas concedidas pelo mesmo. Também foi utilizada a técnica estudo de caso onde é preciso detectar o problema de determinada situação, avaliar e desenvolver as medidas cabíveis para resolvê-lo. Por fim, a técnica HAZOP foi empregada não apenas para concluir e organizar todos os dados coletados, mas também para esquematizar todas as





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

possibilidades de risco existentes com base em palavras- guias para os desvios de processo.

“A análise de riscos HAZOP é uma técnica de identificação de riscos 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.

A metodologia nasceu no ano de 1963, na Imperial Chemical Industries, para a aplicação das técnicas de análises críticas nas áreas do processo químico. A partir desta experiência a utilização desta metodologia tem sido altamente aplicada na construção e na identificação de riscos das plantas químicas e petroquímicas em todo o mundo, ao contrário para as instalações elétricas e subestações de distribuição, onde, até a presente data, nenhum estudo foi desenvolvido.

A realização da análise HAZOP consiste em analisar sistematicamente as causas e as consequências dos desvios das variáveis que definem um processo contínuo, através das chamadas ‘palavras guias’.” (Disponível em: http://www.qualidadebrasil.com.br/artigo/qualidade/analise_de_riscos_hazop_nos_sistemas_eletricos)

Essa metodologia é utilizada neste projeto com o objetivo de estudar e analisar detalhadamente os sistemas de entrada de água e de combustível em uma caldeira para evitar falhas no processo de produção que podem provocar riscos, principalmente de explosões.

4. Resultados

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





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

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 útil da caldeira, da diminuição dos gastos com sua reparação e da confiabilidade na operação do equipamento.

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, o que causou medo 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 grande catástrofe.

O sistema de alimentação de combustível da caldeira estudada não apresentou falhas em seu processo de operação, porém por atualmente estar sendo regido apenas de forma manual, as chances de acontecerem acidentes por falta de atenção do operador são preocupantes, pois o acúmulo de combustível ou de gases provenientes da





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

combustão colocam em risco a vida dos trabalhadores que realizam suas funções ao redor da área de caldeiras.

Com base em pesquisas, na NR 13 e no estudo de uma caldeira flamotubular específica (localizada em uma fábrica de bebidas na região metropolitana do Recife) foram estabelecidos os resultados parciais desta pesquisa, visto que este projeto será encerrado somente no mês de julho do corrente ano após a completa verificação e constatação dos dados coletados. Entre os resultados parciais estão:

- Comprovação da importância do cumprimento das inspeções de segurança dentro dos prazos estabelecidos pela Norma Regulamentadora N° 13;
- Premissa da elaboração de projetos visando à conscientização do trabalhador com relação aos riscos existentes em sua área de atuação;
- Elaboração de palestras na empresa destacando sobre a importância de minicursos para capacitação dentro dos prazos estabelecidos pela NR 13;
- Realização de minicursos para capacitação dos funcionários;
- Incentivar nos trabalhadores o desejo do constante aperfeiçoamento em suas tarefas, para que assim sejam evitados alguns riscos de acidentes;
- Incentivar os trabalhadores a lutar por condições sadias de trabalho.

5. Conclusões

O sistema de gestão de uma empresa é o responsável pela qualidade da mesma. Com relação à segurança do trabalho, a gestão será a maior e principal arma de defesa para administrar, analisar e controlar todo e qualquer risco fornecido ao trabalhador. É imprescindível seu bom funcionamento.

No caso da caldeira estudada ficou claro o quanto o sistema operacional automático é importante para evitar acidentes, assim como o bom funcionamento da válvula de alívio de pressão, que evita acidentes catastróficos quando acionada. A pureza da água é fator determinante para diminuição dos danos na estrutura da caldeira, e o ideal é que a empresa realize investimentos nessa área para segurança dos





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

funcionários e aumento da vida útil da máquina. É comprovado que trabalhadores seguros são mais confiantes, eficientes e têm maior tendência de manter um ambiente de trabalho harmônico. Isso afeta diretamente o grau de lucratividade da empresa.

Concluí-se então, que um bom funcionamento do sistema de análise de riscos no processo de gestão de segurança do trabalho em áreas de caldeiras, beneficia não apenas o operador da máquina, mas também a empresa, pois esta não se precisará arcar com custos de indenização, nem de grandes reformas por causa de acidentes. Todos saem ganhando quando os investimentos em segurança do trabalho são aplicados de maneira eficaz, lucrando financeiramente e/ou com integridade física e mental.

6. 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.

TEXTO sobre análise de riscos HAZOP em sistemas elétricos. Disponível em

<http://www.qualidadebrasil.com.br/artigo/qualidade/analise_de_riscos_hazop_nos_sistemas_eletricos>. Acesso em 27 abr. 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.

