

GERENCIAMENTO DE RISCOS INDUSTRIAIS ATRAVÉS DA TÉCNICA FMEA APLICADA A UM GERADOR DE VAPOR

Paulo SOARES (1); Ana SILVA (2); Ricardo SILVA (3)

(1) Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco – CEFET-PE, Avenida Professor Luís Freire nº. 500,
(81)2125-1691, 2125-1674, CEP 50740-540 e-mail: paulo_renato_soares@hotmail.com

(2) CEFET-PE, e-mail: kidkarla@hotmail.com

(3) CEFET-PE, e-mail: ricardoluis@cefetpe.br

RESUMO

Este trabalho apresenta o resultado de uma pesquisa na área de Prevenção de Acidentes Industriais, especificamente no que concerne ao Gerenciamento de Riscos, utilizando Técnicas de Análise de Riscos na operação de um gerador de vapor (caldeira flamotubular). Neste caso, a técnica escolhida foi o FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), apropriada para sistemas de alto grau de risco. Os sistemas de geração de vapor são basicamente compostos pelos subsistemas de Alimentação de Água, de Alívio de Pressão, de Acumulação e Envio de Vapor e de Alimentação de Combustível. Para apresentação desse trabalho foi selecionado o subsistema de Alimentação de Combustível devido a sua complexidade e ocorrência de perigos durante sua operação. O sistema de geração de vapor em questão, encontra-se instalado em uma indústria de bebidas na região metropolitana da cidade do Recife. A presente pesquisa revelou a importância da Gestão de Equipamentos e Serviços em uma organização industrial. Identificou-se a necessidade da implantação de medidas preventivas relacionadas com a manutenção periódica dos equipamentos constituintes do subsistema em questão, como também a aquisição de insumos de melhor qualidade utilizados no processo e a formulação de procedimentos para o manuseio desses equipamentos, contribuindo assim, para a prevenção de acidentes em sistemas de elevado risco, e consequentemente eliminando ou mitigando os efeitos produzidos sobre o homem, o meio ambiente e as instalações.

Palavras-chave: gerenciamento de riscos, FMEA, gerador de vapor.

1. INTRODUÇÃO

Durante a Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII, os centros urbanos e as indústrias passaram por intensas modificações. Tais modificações consistem basicamente em: evolução tecnológica dos processos produtivos; descoberta de novas matérias-primas; aumento do volume de produção e busca por novos mercados pelas empresas. Esses eventos modificaram o cenário existente em muitos países, e a velocidade do controle sobre essas novas tecnologias ainda não conseguiu acompanhar a velocidade com que a mesma avança (SILVA, 2006).

Um desses avanços foi a utilização de vapor sob pressão para uso em processamentos diversos. Entre estes estão os geradores de vapor, popularmente conhecidos como caldeiras, e amplamente utilizados nos parques industriais. 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 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 de risco à integridade física do trabalhador foi o fato ocorrido em 1905 na cidade de Massachusetts (EUA) numa fábrica de calçados, onde morreram 58 pessoas, após a explosão de uma caldeira aquotubular. Tal situação alertou a sociedade para a necessidade de normas e procedimentos na construção, manutenção, inspeção e operação desses equipamentos (ALTAFINI, 2002).

A Prevenção de Acidentes desta natureza 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, com vistas a prevenção de acidentes em instalações ou atividades potencialmente perigosas (CETESB, 2001).

O Programa de Manutenção de Equipamentos Críticos geralmente deve ser orientado pelos resultados das análises de riscos. Neste caso a Técnica de Análise de Risco recomendada é o FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), conhecida no Brasil por AMFE (Análise dos Modos de Falha e Efeitos). Esta técnica visa os sistemas, principalmente aqueles de alto grau de risco para as áreas circunvizinhas (ALTAFINI, 2002).

Este trabalho é fruto de uma pesquisa na área de Gerenciamento de Riscos, que consiste basicamente na aplicação da técnica de análise de risco FMEA (Failure Modes and Effects Analysis), em uma caldeira pertencente a uma indústria de bebidas situada na região metropolitana da cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco.

A operação segura e eficiente de uma caldeira é consequência de uma boa gestão de operações, que auxiliará de forma satisfatória a gestão de processos produtivos e a prevenção de acidentes. Uma caldeira trabalha em prol da produção, por isso quando corretamente operada e mantida dará suporte à produção e aperfeiçoará o processo.

2. METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se basicamente como de campo e de natureza exploratório-operacional usando a Técnica de Análise de Risco FMEA como método de avaliação. Sendo assim, este tipo de pesquisa possibilita o estabelecimento de relações constantes entre determinadas condições (variáveis independentes) e determinados eventos (variáveis dependentes), observados e comprovados.

Tais eventos foram observados através de visitas sistemáticas ao local de operação do sistema de geração de vapor, bem como revisão bibliográfica e ações conversacionais junto aos funcionários e responsáveis pela operação do sistema.

Baseando-se nos dados coletados durante essas observações, iniciou-se o processo de identificação dos principais modos de falha e suas respectivas consequências para o sistema em geral, buscando identificar os riscos potenciais, desenvolvendo medidas de eliminação e controle.

Com essa Análise objetivamos oferecer maiores subsídios para aumento da confiabilidade do sistema, contribuindo para a qualidade do processo produtivo da empresa, reduzindo os possíveis impactos ambientais, bem como conhecer o processo produtivo estudado.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Gerenciamento de Riscos

Corresponde ao processo de controle de riscos compreendendo a formulação e a implantação de medidas e procedimentos técnicos e administrativos que tem como principal objetivo prevenir, reduzir e controlar os riscos, bem como manter uma instalação operando dentro dos padrões de segurança considerados toleráveis ao longo de sua vida útil (CETESB, 2001).

O controle de riscos no gerenciamento é efetivado através de uma Técnica de Análise de Riscos – ferramentas empregadas na identificação, avaliação e recomendações aplicadas para instalações industriais ou outras atividades que possam gerar riscos.

Dentre os principais resultados do Programa de Gerenciamento de Riscos encontram-se: 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. (FANTAZZINE, M. L. & SERPA, R. R. 2002).

Segundo Alberton (1996), o conforto e o desenvolvimento trazidos pela industrialização produziram também um aumento considerável no número de acidentes, ou ainda das anormalidades durante um processo devido a obsolescência de equipamentos, máquinas cada vez mais sofisticadas. Com a preocupação e a necessidade de dar maior atenção ao ser humano, principal bem de uma organização, além de buscar uma maior eficiência, nasceram primeiramente o Controle de Danos, o Controle Total de Perdas e por último a Engenharia de Segurança de Sistemas.

Esta última, surgida com o crescimento e a necessidade de segurança total em áreas como aeronáutica, aeroespacial e nuclear, trouxe valiosos instrumentos para a solução de problemas ligados à segurança. Com a difusão dos conceitos de perigo, risco e confiabilidade, as metodologias e técnicas aplicadas pela segurança de sistemas, inicialmente utilizadas somente nas áreas militar e espacial, tiveram a partir da década de 70 uma aplicação quase que universal na solução de problemas de engenharia em geral.

Algumas das principais técnicas difundidas pela Engenharia de Segurança de Sistemas classificadas segundo a finalidade a que se propõem, são descritas na tabela 1:

Tabela 1 – Principais Técnicas difundidas pela Engenharia de Segurança de Sistemas

Técnicas de Identificação de Perigos	- Técnica de Incidentes Críticos - TIC - What-If (WI)
Técnicas de Análise de Riscos	- Análise Preliminar de Riscos - APR - Análise de Modos de Falha e Efeitos - AMFE - Análise de Operabilidade de Perigos - HAZOP
Técnicas de Avaliação de Riscos	- Análise de Árvore de Eventos - AAE - Análise de Árvore de Falhas - AAF - Inspeção Planejada - Management Oversight And Risk Tree - MORT
Fonte: Adaptação ALBERTON, 1996	

Segundo a BS 8800:1996, a OHSAS 18001:1999 e a OHSAS 18002:2000 apud Lapa (2006) o termo identificação de perigo representa o processo de reconhecer que um perigo existe e definir suas características. Representa o processo global de estimar a magnitude do risco e decidir se ele é tolerável ou aceitável.

3.2. FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

O FMEA é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo (CLAUSING, 1994 apud ROZENFELD, 2008). Com a sua aplicação é possível detectar com antecedência as possíveis falhas de um sistema, aumentando sua confiabilidade.

Para Palady (1997) a FMEA torna-se uma ferramenta importante para o prognóstico de problemas, através de um procedimento para a execução e desenvolvimento de projetos, processos ou serviços (novos ou revisados), contribuindo para a elaboração destes.

É uma Técnica apropriada para sistemas de elevado risco potencial no decorrer de um processo, proporcionando a identificação prévia e rápida dos equipamentos e suas funções, desvios e medidas de controle e emergência. Além disso, descreve as consequências das falhas identificadas, sejam estas para o meio ambiente, para o sistema ou para o próprio componente.

O FMEA é altamente subjetivo e requer um trabalho considerável de suposição em relação às possibilidades e a sua prevenção. Em alguns casos, a prevenção de problemas de projeto através de ações de produção pode ser mais barata e constituir o caminho mais curto, este princípio é conhecido como relevância das etapas posteriores ou “Princípio da Relevância”. Prevenir problemas de processo utilizando uma ação de projeto, em alguns casos, pode ser a estratégia mais eficiente e eficaz. (PALADY, 1997).

3.2.1. Tipos de FMEA

Desde o seu desenvolvimento em meados da década de 60, surgiram dois tipos distintos de FMEA, de Projeto e de Processo. Ambas podem ser aplicadas tanto no desenvolvimento do projeto do produto como do processo. Na FMEA de Projeto, comumente denominada FMEA de Produto, são consideradas as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é evitar falhas no produto ou no processo decorrentes do projeto. Enquanto que na FMEA de Processo, são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, objetivando evitar as falhas do processo, e tendo como base as não conformidades do produto com as especificações do projeto. (PALADY, 1997).

3.2.2. Etapas do FMEA

O FMEA permite analisar o modo de falha, ou seja, como podem falhar os componentes de um equipamento ou sistema, estimar as taxas de falhas, determinar os efeitos que poderão advir e, consequentemente, estabelecer mudanças a serem realizadas para aumentar a probabilidade do sistema ou do equipamento em análise, para que funcione realmente de maneira satisfatória e segura (GSI/NUTAU/USP, 2008). Esta análise é feita conforme as seguintes etapas:

- a) Selecionar um sistema e dividi-lo em componentes;
- b) Descrever as funções dos componentes;
- c) Aplicar a lista de modos de falha aos componentes, verificando falhas possíveis;
- d) Verificar os efeitos das falhas para o sistema, o ambiente e o próprio componente observando as possibilidades de ocorrência;
- e) Estabelecer medidas de controle de risco e de controle de emergência.

Segundo Fantazzine & Serpa (2002), os modos básicos de falha são quatro: “A” falha em operar no instante prescrito; “B” falha em cessar de operar no instante prescrito; “C” operação prematura e “D” falha em operação.

A tabela 2 ajuda na execução das etapas como forma de um procedimento a ser seguido.

Tabela 1 – FMEA (Failure Modes and Effects Analysis)

Componente	Modo de Falha	Efeitos		Categoria de Risco	Método de Detecção da Falha	Medidas de Controle de Risco e de Emergência
		Em outros componentes	No sistema e no meio ambiente			
Fonte: Adaptação CARDELLA ,1998						

3.3. Aspectos Legais

A Norma Regulamentadora (NR) N° 13 estabelecida pela portaria N° 3214 de 1978 do Ministério do Trabalho e Emprego prevê condições mínimas de segurança na operação e funcionamento de caldeiras e vasos de pressão (MANUAL DE LEGISLAÇÃO, 2007). Segundo o item 13.3.9 desta NR, as caldeiras são classificadas nas seguintes categorias:

- Categoria A: pressão de operação igual ou superior a 1960 KPa ou 19.98 Kgf/cm²;
- Categoria C: pressão de operação igual ou inferior a 588 KPa ou 5.99 Kgf/cm² e volume interno igual ou superior a 100 litros;
- Categoria B: são todas aquelas não enquadradas nas categorias acima.

3.4. Descrição do sistema de geração de vapor (caldeira)

Gerador de Vapor é um trocador de calor complexo que produz vapor sob pressões superiores à atmosférica a partir da energia térmica de um combustível e de um elemento comburente, o ar, estando constituído por diversos equipamentos associados e perfeitamente integrados para permitir a obtenção de um maior rendimento térmico possível (RAHDE, 2002).

Nos dias de hoje, graças a todos os aperfeiçoamentos e a intensificação da produção industrial, os geradores de vapor ocupam um lugar muito importante pois geram o vapor indispensável a muitas atividades, não só para movimentação de máquinas, mas também para aquecimento, esterilização e até participação direta no processo produtivo, como matéria prima. Além das indústrias de transformações e beneficiamentos, como a de petróleo, petroquímica, química, papel e celulose, têxteis, de alimentos, etc., outros segmentos, utilizam cada vez mais vapor gerado pelas caldeiras, podemos citar: restaurantes, hotéis, hospitais, frigoríficos.

A caldeira em estudo é do tipo flamotubular (caracteriza-se pela circulação interna dos gases de combustão, operando com combustíveis líquidos ou gasosos) e utiliza como combustível o Óleo BPF (Baixo Ponto de Fluidez), gerando 8500 kg/h de vapor, atendendo às necessidades da produção. A mesma possui uma pressão de trabalho de 10,55 Kgf/cm², e, portanto enquadra-se na categoria B segundo a NR-13.

Para um ótimo funcionamento deste equipamento são necessários subsistemas de apoio e controle que monitoram e controlam todas as entradas e saídas, entre eles podemos citar os subsistemas: Alimentação de Óleo Combustível, Pré-aquecimento de Óleo Combustível, Ignição, Alimentação de Água, Alívio de Pressão, Acumulação e Envio de Vapor. Para ilustrar este trabalho foi selecionado para apresentação o subsistema de Alimentação de Óleo Combustível, dado sua importância na combustão e conseqüente geração de vapor.

3.4.1 Subsistema de Alimentação de Óleo Combustível

A alimentação das caldeiras pode ser por combustíveis nos estados sólido (carvão, lenha), líquido (óleo BPF, óleo diesel) e gasoso (Gás Natural). Conforme citado no item 3.4, utiliza-se como combustível o óleo BPF, que para ser queimado deve ser decomposto ou atomizado, facilitando assim a sua vaporização e mistura com o ar de combustão. Além disso, para uma ótima decomposição do Óleo BPF é necessário que o mesmo possua uma viscosidade baixa, a ser controlada pelo pré-aquecimento antes da queima.

O óleo BPF é canalizado do tanque de armazenamento para o Tanque de Serviço através de uma bomba de combustível instalada no chassi da caldeira. Neste transporte, para que haja o escoamento correto, a tubulação de óleo combustível ao ser conectada na bomba de alimentação deve ter no mínimo a mesma

largura daquela que chega no tanque de serviço. Ela deve ser hermeticamente fechada, a fim de evitar a formação de bolsas de ar, bem como não reduzir a capacidade de sucção da bomba e evitar o aumento de ruído.

A partir de então, o Óleo BPF a ser utilizado no processo é armazenado no Tanque de Serviço, ao qual caberá também a função de receber o óleo combustível não utilizado durante a queima através de uma tubulação de retorno. No Tanque de Serviço estão instaladas duas resistências elétricas com capacidade de 5 KW (Kilowatts) de potência cada, a fim de manter o óleo aquecido a uma temperatura de 85° C, considerada ideal para o andamento do processo e que é controlada por um termostato instalado no Tanque de Serviço, o qual tem uma capacidade de 1000 litros de óleo combustível e está localizado ao lado da caldeira.

Ao sair do Tanque de Serviço, o Óleo BPF é conduzido pela Bomba de óleo até o Aquecedor, que consiste em um reservatório com 3 resistências elétricas, a serpentina a vapor, uma válvula solenóide, entrada e saída de óleo, válvula de dreno, válvula de alívio, purgador, termostato, filtro de vapor e válvula de bloqueio para óleo e vapor. Neste aquecedor o óleo é mantido a uma temperatura ideal de 100 °C.

Na caldeira flamotubular em questão, o Aquecedor de óleo combustível é do tipo misto, isto é, elétrico/vapor e aquece o óleo de acordo com sua viscosidade, contribuindo assim, para uma otimização adequada e combustão eficiente. O Sistema de Aquecimento elétrico é utilizado na partida do gerador a frio e desligado tão logo se tenha vapor suficiente. Já o aquecimento a vapor é feito por meio de uma serpentina e o controle da temperatura é feito através de uma válvula solenóide, que comanda os dois sistemas de aquecimento.

Na tubulação de saída do Aquecedor é instalado um filtro para óleo BPF a fim de evitar que o óleo já aquecido não entre na caldeira com algumas impurezas, pois as mesmas podem prejudicar a combustão e provocar entupimentos na tubulação, além do aumento da pressão no sistema.

Após sair da tubulação do Aquecedor o óleo será conduzido ao queimador (combustor) que é destinado a produzir combustão através da passagem de um combustível e de uma ou mais passagens para o fluxo de ar, além de possuir mecanismos ou meios para a decomposição (atomização) deste combustível.

O combustor possui características adequadas ao suprimento do ar de combustão, que foi projetado para se obter a reversão de chama na própria fornalha. A partir de então, o ar é dividido em: primário (destina-se a atomização do óleo combustível) e secundário (complementa a quantidade necessária para combustão completa), este último ao passar pela difusora de ar se subdivide de forma que uma parte passa pelas aletas e a outra flui entre o difusor e a placa de refrigeração. É válido salientar que o ar de combustão também resfria toda a parte externa do combustor exposta ao calor irradiado da fornalha.

Na caldeira analisada utiliza-se o combustor rotativo, que através da força centrífuga transmitida ao óleo combustível pelo movimento em alta rotação do copo atomizador, faz a atomização. Ao sair do interior do copo, o óleo se encontra como ar primário, gerando assim, uma névoa de óleo finamente pulverizado.

Todo o sistema de alimentação de combustível relatado acima pode ser resumidamente detalhado pelo esquema a seguir:

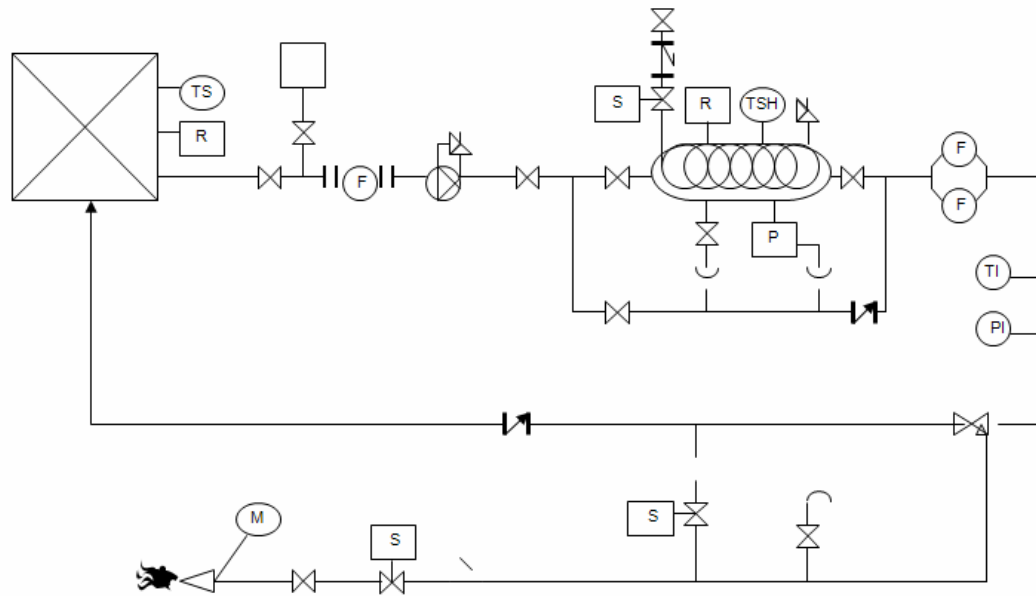


Figura 2 – Esquema de Alimentação de Óleo Combustível

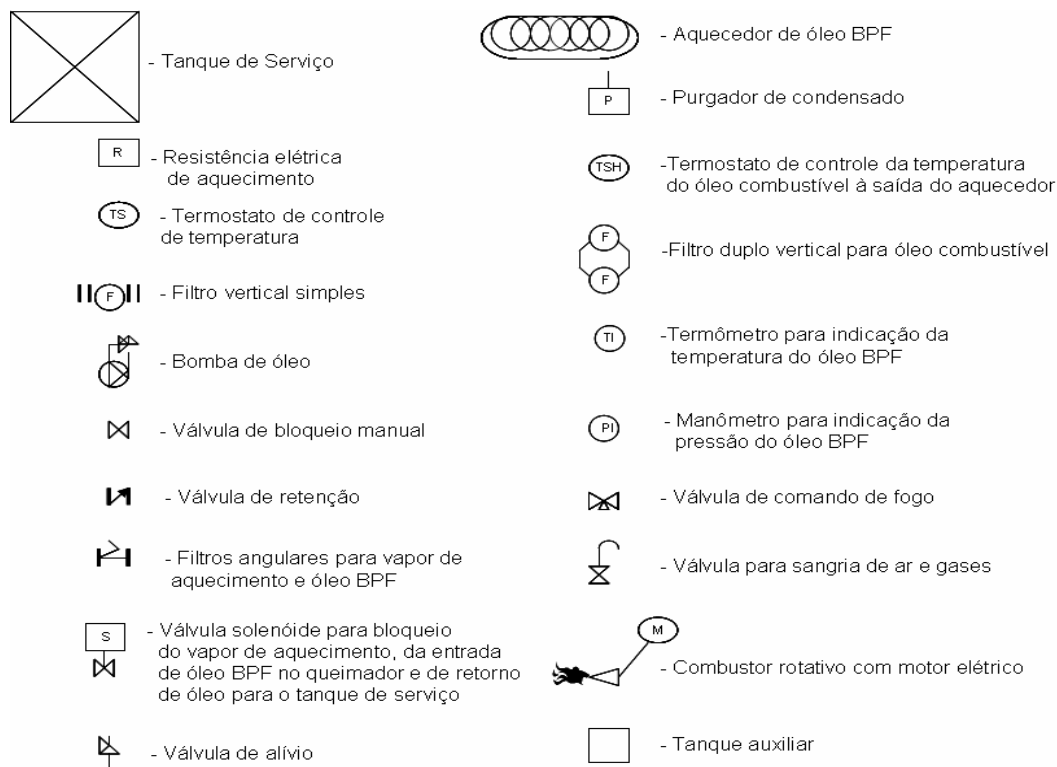


Figura 3 – Legenda da Figura 2

4. RESULTADOS

Os resultados vão desde o estabelecimento dos modos de falhas mais significantes para cada componente do sistema analisado, até a identificação dos efeitos causados pelas falhas no sistema, nos outros componentes, e no Meio Ambiente. Em função desses dados os Riscos foram categorizados de acordo com a sua gravidade. Tais Categorias ou Classes de Perigo, conforme FANTAZZINE & SERPA (2002), são classificadas como:

- I. Desprezível:** A falha não irá resultar numa degradação maior do sistema, nem irá produzir danos funcionais ou lesões, ou contribuir com um risco ao sistema;
- II. Marginal (ou limítrofe):** A falha irá degradar o sistema numa certa extensão, porém, sem envolver danos maiores ou lesões, podendo ser compensada ou controlada adequadamente;
- III. Crítica:** A falha irá degradar o sistema causando lesões, danos substanciais, ou irá resultar num risco aceitável, necessitando ações corretivas imediatas;
- IV. Catastrófica:** A falha irá produzir severa degradação do sistema, resultando em sua perda total, lesões ou morte.

Na tabela 3 tem-se a especificação dos Métodos pelos quais a falha ocorrida foi detectada, e a proposição das Medidas de Controle de Risco e de Emergência.

Tabela 3 – Aplicação do FMEA nos componentes do Gerador de Vapor

Componente	Modo de Falha	Efeitos		Categoria de Risco	Método de Detecção da Falha	Medidas de Controle de Risco e de Emergência
		Em outros componentes	No sistema e no meio ambiente			
Tubulação de Alimentação de óleo combustível	Fechamento inadequado da tubulação	Formação de bolsas de ar no interior da tubulação	- Vazamentos de óleo - Redução da capacidade de sucção da bomba	II	- Ruído	Revisão sistemática das condições da tubulação
Tubulação de saída do aquecimento	Saturação do filtro de Óleo	Entupimento na tubulação	- Prejuízo na combustão - Aumento da pressão no sistema	II	- Índice de pressão do manômetro	Substituição periódica do filtro de óleo
Combustor	Falha no Resfriamento	Implosão do combustor	- Vazamento de vapor	II	- Aumento relevante na produção de vapor	Manutenção do sistema de resfriamento
	Paralisação na rotação do atomizador	Acúmulo de óleo na base do atomizador	- Falha na pulverização - Retorno do óleo não decomposto	II	- Desperdício de óleo - Não acionamento da caldeira	Manutenção Preventiva do Combustor

Tabela 4 – Aplicação do FMEA nos componentes do Gerador de Vapor (continuação)

Componente	Modo de Falha	Efeitos		Categoria de Risco	Método de Detecção da Falha	Medidas de Controle de Risco e de Emergência
		Em outros componentes	No sistema e no meio ambiente			
Aquecedor (Elétrico/Vapor)	- Falta de Drenagem	- Obstruções - Falta de Retenção de água	- Formação de incrustações nos dutos - Queda no rendimento - Funcionamento inadequado da bomba	II	-Nível de pressão do manômetro	-Implantar sistema automático para realizar drenagem
	- Rompimento da serpentina	-Possível explosão do aquecedor - Elevação da temperatura	- Implosão da caldeira	IV	- Aumento da pressão constatada no manômetro - Aumento da temperatura	- Manutenção periódica do manômetro
Filtro de Óleo	Entupimento do Filtro	Aumento da pressão na tubulação	- Queima de má qualidade - Diminuição da vazão na linha - Diminuição do poder calorífico	II	- Aumento da pressão - Redução da Qualidade da chama - Diminuição da vazão - Diminuição na produção de vapor	- Limpeza diária do filtro - Aquisição de Óleo BPF de melhor qualidade

5. CONCLUSÕES

A importância da metodologia FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) consiste em proporcionar para a empresa: uma forma sistemática de se catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos; melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos; ações de melhoria no projeto do produto/processo, baseado em dados e devidamente monitoradas (melhoria contínua); diminuição de custos por meio da prevenção de ocorrência de falhas; o benefício de incorporar dentro da organização a atitude de prevenção de falhas, a atitude de cooperação, o trabalho em equipe e a preocupação com a satisfação dos clientes.

A aplicação da FMEA no Sistema de Geração de Vapor da indústria de bebidas em estudo, possibilitou a enumeração de diversos Modos de Falha existentes no subsistema de alimentação de combustível, capazes de surtir efeitos negativos sobre os outros componentes, sobre o próprio sistema e até mesmo no meio ambiente.

Desse modo, estabeleceu-se uma lista de medidas objetivando controlar os riscos e as emergências possivelmente geradas no decorrer da operação, essas medidas vão desde inspeções periódicas; revisões sistemáticas das condições da tubulação; substituição periódica do filtro de óleo; manutenção do combustor e do respectivo sistema de resfriamento, bem como dos manômetros; implantação de sistema automático para realização de drenagem; aquisição de óleo BPF de melhor qualidade; limpeza diária do filtro até a drenagem periódica no aquecedor. As medidas de Controle de Risco e de Emergência estabelecidas anteriormente visam facilitar o processo de gestão de operações da caldeira, e contribuir com informações

altamente relevantes para a estruturação de um futuro Plano de Controle de Emergências da indústria referida neste projeto.

Por fim, com os resultados da análise em questão objetivamos oferecer maiores subsídios para o aumento da confiabilidade do subsistema de alimentação de óleo combustível, contribuindo, assim, para a qualidade do processo produtivo da empresa, e reduzindo os possíveis impactos ambientais gerados pela possível ocorrência dos modos de falha nos componentes do sistema.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, Anete. **Uma metodologia para auxiliá-la o gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança.** (Dissertação de Mestrado). Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.

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

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) - **Guia de Orientação de uso e armazenamento de gases combustíveis.** Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/camaras/texto_ca/documentos/guia_gas_final_13_09_01.pdf. São Paulo, 2001. Consultado em 07 de maio de 2008.

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.

GS/NUTAU/USP - **Publicação do Grupo de Pesquisa em Segurança Contra Incêndio do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Universidade de São Paulo.** São Paulo: Cooperação do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, 2008.

SILVA, Ricardo Luís Alves da. **Estudo sobre os procedimentos para elaboração de um plano de controle de emergência na indústria química.** (Dissertação de Mestrado). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2006.

ROZENFELD, Henrique; GUERRERO, Vander; CAPALDO, Daniel. **FMEA (Failure Modes and Effects Analysis).** Artigo capturado da internet em http://143.107.238.243/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEA_v2.html. Acesso em 05 de maio de 2008.

PALADY, Paul. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram.** São Paulo: IMAM, 1997.

MANUAL DE LEGISLAÇÃO. Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho, Portaria 3.214/78, Ed. Atlas, 2007.

CARDELLA, Benedito. **Análise dos Modos de Falha e Efeitos.** Artigo publicado na Revista CIPA, n ° 307, pg.53,1998.