

GERENCIAMENTO DA CONFIABILIDADE HUMANA NA SEGURANÇA DO TRABALHO

Ricardo Blasco Moreno¹; Alexei Barban do Patrocínio²

¹Aluno do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho na FATEP - rblasco@terra.com.br

²Professor do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho na FATEP

RESUMO

Prever e controlar os impactos potencialmente adversos de ações humanas ou interações entre o ser humano e os sistemas são partes integrantes da segurança do processo de trabalho, onde os fatores que influenciam o desempenho humano devem ser reconhecidos e administrados. O objetivo principal deste artigo foi provocar uma discussão a respeito do tema e apresentar uma estrutura metodológica básica para desenvolvimento de um sistema de identificação dos fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores e influenciam na segurança do trabalho. A confiabilidade humana pode ser percebida quando uma pessoa executa corretamente uma atividade profissional, dentro de uma unidade de tempo, e não realiza ações errôneas que interfiram no sistema. Para minimizar os erros, devem-se observar os fatores que afetam o desempenho humano. Esses fatores são classificados como internos e externos. Os internos estão relacionados com a inteligência, motivação, personalidade, sexo, condição física, saúde e cultura do trabalhador. Os externos estão relacionados com as tarefas a serem realizadas pelos trabalhadores, pelos equipamentos, interfaces, procedimentos utilizados, temperatura, umidade, iluminação, ruído, vibração, horas de trabalho, intervalos de trabalho, rodízio de turnos, estrutura organizacional e ações desenvolvidas por supervisores. A não combinação entre os fatores internos e externos resulta num estresse que degrada o desempenho humano.

PALAVRAS-CHAVE: confiabilidade humana - função cognitiva - erro humano - segurança.

ABSTRACT

Predicting and controlling potentially adverse impacts of human actions or interactions between human and security systems are integral parts of the work process, where the factors that influence human performance should be recognized and managed. The main objective of this article was to bring a discussion on the subject and to present a basic methodological structure for to develop a system to identify the factors that affect the performance of workers and influence on work safety. Human reliability may be ascertained and confirmed when an individual correctly performs a given task within a unit time, and whose errors do not significantly interfere with the system. To minimize errors, we should observe the factors that affect human performance. These factors were classified as internal and external. Internal factors include intelligence, motivation, personality, gender, physical condition, health and culture of the worker. External factors are those tasks to be performed by workers, the related equipment and interfaces, workplace procedures, temperature and humidity, shifts, organizational structures and actions taken by worker supervisors. The combination of these internal and external factors results in stress degrading human performance.

KEYWORDS: human reliability - cognitive function - human error - security

1. INTRODUÇÃO

Um grande engano tem sido cometido, quando se procura analisar a segurança do trabalho separadamente dos aspectos administrativo, econômico e financeiro das empresas. Muitos executivos não compreendem quanto realmente custam os acidentes de trabalho, que está relacionado com perdas materiais e humanas, comprometendo a imagem da empresa.

Poucos são os executivos que compreendem que os mesmos fatores que ocasionam acidentes de trabalho, estão também criando perdas de eficiência bem como problemas de qualidade, custo e de imagem da empresa. Infelizmente, ainda existe o pensamento, a bem da verdade entre poucos, de executivos que acreditam que a maioria dos acidentes são causados por “descuido” e aí, recorrem a um castigo ou a programas de incentivo para fazer com que as pessoas sejam “mais cuidadosas”.

O resultado mais provável será o de que os acidentes de trabalho se ocultem em vez de serem resolvidos. Os executivos que acreditam que os acidentes são acontecimentos “anormais” tendem a proteger-se com uma cobertura maior em seguros, somente para descobrir posteriormente que raramente, ou nunca, estes cobrem todas as perdas que se produziram

Dessa forma, o objetivo principal deste artigo foi provocar uma discussão a respeito do tema e apresentar uma estrutura metodológica básica para desenvolvimento de um sistema de identificação dos fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores e influenciam na segurança do trabalho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os fatores humanos correspondem a um grupo de informações relacionadas com as habilidades, limitações e outras características humanas que são relevantes para o projeto de um sistema ou de novas práticas de trabalho. Este fator humano se destaca como o maior contribuinte para a ocorrência de evento indesejado (REASON, 1990). Ele está inserido em todos os processos de trabalho concorrendo decisivamente para o agravamento do problema.

Segundo OSHAS (*Occupational Health and Safety Assessment Services*) 18002/1999, os fatores humanos devem ser abordados como parte das análises dos cenários de perigos.

Pesquisadores como RASMUSSEN (1989) e HOLLNAGEL (1993) concluíram que a falha humana é responsável por grande parte dos acidentes ocorridos na área industrial. Embora os números válidos sejam difíceis de obter, parece haver um acordo geral de atribuir

algo na faixa de 60-90% de todas as falhas do sistema para ações errôneas humanas, independentemente do domínio.

O desenvolvimento tecnológico procura atender à constante preocupação da área de produção: a segurança e a confiabilidade de sistemas. Por outro lado, o desempenho do elemento humano tem sido negligenciado quando comparados à evolução de *hardware* e *software*.

O comportamento humano foi objeto de estudo somente após a análise da confiabilidade de equipamentos, quando os erros humanos apareceram como causa raiz das falhas nos sistemas.

No entanto, a segurança de uma planta de processo é fortemente influenciada pela qualidade de projetos que contenham os fatores operacionais e humanos. Para melhorar a segurança e, portanto, reduzir eventos indesejáveis, é necessário que os equipamentos, operações, processos e ambiente de trabalho sejam compatíveis com as capacidades físicas e cognitivas do homem, bem como as suas limitações.

Neste contexto, em busca de maior eficiência e confiabilidade nas operações sócio técnicas, fundamenta-se a análise de confiabilidade humana (ACH) que tenta dimensionar o fato de que o ser humano possui características únicas, e que, mesmo com todo o aparato tecnológico presente, pode ainda cometer erros.

A partir do acidente de TMI (*Three Mile Island*) em 1979, que foi considerado um dos maiores acidentes industriais das últimas décadas nos Estados Unidos, os órgãos reguladores internacionais optaram pela inclusão de uma série de requisitos relacionados aos aspectos de fatores humanos no projeto, operação e nos sistemas de gerenciamento de riscos das usinas nucleares, que só levavam em consideração as falhas dos sistemas técnicos.

Posteriormente, verificou-se a necessidade de estudos de métodos para análise da confiabilidade humana, denominados de primeira geração, que procurasse determinar o impacto do erro humano e sua possível recuperação na operação do sistema. Esses métodos tentam identificar os erros humanos do tipo omissão (EOM), caracterizados pela falta de ação dos trabalhadores, quando se omite totalmente ou parcialmente uma etapa de um procedimento.

Recentemente, métodos de análise da confiabilidade humana, denominados de segunda geração, que integram o conhecimento e as informações advindas da experiência operacional, fatores humanos, ergonomia cognitiva, tomadas de decisão estão sendo estudados. Esses métodos tentam identificar os erros humanos do tipo comissão, caracterizados pelo desempenho incorreto de uma tarefa ou de uma ação. Os trabalhadores

que cometem erro de comissão executam, geralmente, ações corretas de acordo com sua compreensão e conhecimento atual do sistema e do seu comportamento.

Erro e/ou falha humana deve ser tratado como consequência natural, que emerge devido a não continuidade entre a capacidade humana e a demanda do sistema. O erro humano é um dos contribuintes remanescentes significativos de risco que pode levar a perdas inaceitáveis devido à acidentes de trabalho.

REASON (1990) descreve que os sistemas de engenharia dependem até certo ponto da intervenção humana e, por esse motivo, o autor aponta o fator humano como o elo mais fraco em qualquer sistema e também classifica o erro humano em quatro níveis: influências organizacionais, supervisão inadequada, condições prévias para atos inseguros e os atos inseguros.

O erro humano, se intencional ou não intencional é definido como qualquer ação humana ou a sua falta, que excede ou falha em atingir um limite de aceitabilidade, onde os limites do desempenho humano são definidos pelo sistema (KIRWAN, 1994).

O conceito de erro humano não deve ter conotação de culpa e punição, devendo ser tratado como uma consequência natural, que emerge devido a não continuidade entre a capacidade humana e a demanda do sistema. Segundo SWAIN e GUTTMANN (1983), os erros humanos são classificados como:

➤ Erro de omissão (EOM): caracterizado pela falta de ação, quando se omite totalmente ou parcialmente uma tarefa.

➤ Erro de comissão (ECOM): caracterizado pelo desempenho incorreto de uma tarefa ou de uma ação. Os trabalhadores que cometem erro de comissão executam, geralmente, ações corretas de acordo com sua compreensão e conhecimento atual do sistema e do seu comportamento. São fortemente influenciados pelo contexto dos eventos, pelas condições da planta industrial e pelos fatores que modelam o desempenho humano. Entretanto, o sistema está em um estado onde uma intenção correta de operação não é a apropriada. Os erros de comissão podem ser classificados como erros na sequência de realização das tarefas, erros na seleção do controle, erros no tempo da realização da ação.

Segundo REASON (1997), no modelo epidemiológico de acidentes (Figura 1), as ações humanas não seguras são classificadas como:

- Ações não intencionais: definidas como deslizes, lapsos e enganos e
- Ações intencionais: Definidas como violações.

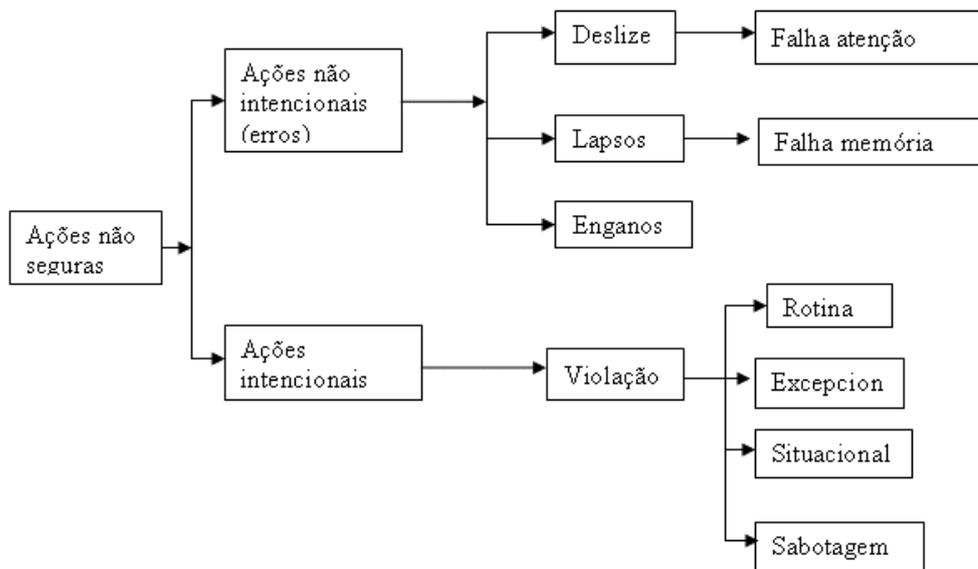


Figura 1 - Ações não seguras (Fonte: REASON, 1997).

Os erros baseados nas habilidades geralmente são definidos como lapsos, deslizes e estão relacionados com fatores de atenção e falha memória. O planejamento é adequado, mas as ações fracassaram com o que foi planejado. São falhas não pretendidas na execução. Os deslizes estão relacionados com ações observáveis e estão associados com falhas na atenção ou na percepção. Os lapsos estão relacionados com falhas da memória.

As ações ocorrem de acordo com o planejamento, mas o planejamento é inadequado para alcançar o objetivo. Os erros neste caso são definidos como engano e são divididos em enganos baseados nas regras e no conhecimento. Os enganos baseados nas regras envolvem a má aplicação das boas regras e a falha em aplicar uma boa regra. Os enganos baseados no conhecimento ocorrem quando não existem soluções definidas ou preparadas e é necessário a resolução do problema de imediato. Podem ser caracterizados pela atenção seletiva, ou seja, prestar mais atenção para algumas características ou para características incorretas.

Violações são atos que são claramente contrários ao procedimento operacional definido (LUQUETTI & VIDAL, 2003).

Segundo KIRWAN (1994), os principais tipos de erros humanos são:

- Enganos e lapsos: São mais previsíveis, caracterizados pela qualidade do desempenho ou pela omissão.
- Erros cognitivos: Erros de diagnósticos, erros na tomada de decisões. São ocasionados pelo mau entendimento sobre o processo e funcionamento dos sistemas. São agravados pela ausência de sistemas de auxílio ao operador, pelo projeto deficiente, por procedimentos e treinamentos não adequados.

- Erros de manutenção: A maioria dos erros de manutenção é ocasionada por lapsos e enganos, permitindo a ocorrência de falhas imediatas e falhas latentes.

- Violação: Violações são atos que são claramente contrários ao procedimento operacional definido. Por exemplo, se um operador de máquina não limpar ou lubrificar a máquina da forma prescrita, haverá probabilidade de esta falhar. O operador “violou” um procedimento estabelecido. Violação de regras e procedimentos. Na violação extrema o risco é real, de extrema seriedade.

- Erros idiossincrásicos: Erros relacionados com o estado emocional dos operadores ao realizar uma tarefa. São resultantes de uma combinação de fatores pessoais em uma organização vulnerável.

- Erros na programação de software: Erros que prejudicam o funcionamento de sistemas automatizados.

Segundo RASMUSSEN (1987), o modo de desempenho humano é baseado na habilidade, nas regras e no conhecimento.

❖ DESEMPENHO BASEADO NA HABILIDADE

Segundo LUQUETTI *et al.* (2010), neste nível são executadas ações rotineiras, tarefas práticas, ações realizadas com ocasionais verificações conscientes. O comportamento é governado através de instruções pré-programadas, desenvolvidas através de treinamento ou da experiência adquirida. Os erros cometidos neste modo são ocasionados pela falta de atenção.

❖ DESEMPENHO BASEADO NAS REGRAS

Segundo LUQUETTI e VIDAL (2003), neste nível são aplicadas regras escritas ou memorizadas. Essas regras são aplicadas através da combinação dos sinais e sintomas dos problemas encontrados e do conhecimento armazenado. O pensamento consciente é utilizado para verificar se a solução é apropriada ou não.

As ações requerem um grande nível de consciência, apesar de estarem inseridas na experiência normal dos operadores.

As ações são baseadas em regras e procedimentos, seguindo a seguinte lógica: SE (Indício X) ENTÃO (Situação Y).

Os erros cometidos neste modo são ocasionados pela má interpretação.

❖ DESEMPENHO BASEADO NO CONHECIMENTO

Segundo LUQUETTI e VIDAL (2003), quando não conseguimos achar uma solução já existente para um problema, recorreremos ao esforço de pensar sobre possíveis soluções. Caso exista disponibilidade de tempo e condições apropriadas que satisfaçam o aprendiz, encontraremos excelentes soluções.

Segundo REASON (1994), as pessoas não estão preparadas para solucionar novos problemas em situações de emergência. Neste nível as ações requerem um grande nível de consciência. Os operadores devem utilizar o conhecimento fundamental ao invés da experiência formal. As ações corretas não estão claras. É uma situação não familiar. O operador não possui as habilidades e as regras necessárias. Ele deve usar seu conhecimento sobre o sistema, princípios científicos ou fundamentos teóricos. Os erros cometidos neste modo são ocasionados por um modelo mental equivocado (LUQUETTI; VIDAL, 2003).

RASMUSSEN (1982) e HOLLNAGEL (2006) identificaram as principais funções cognitivas durante o processamento de informação, utilizadas pelos trabalhadores na solução de problemas e tomada de decisões: monitoramento / detecção; avaliação / situação; planejamento da resposta e implementação resposta.

O monitoramento é o processo de coleta de informações, dados e sinais pelos trabalhadores. Avaliação situação descreve como o operador interpreta e organiza as informações recebidas, com o objetivo de desenvolver uma explicação lógica e coerente para os dados recebidos.

Planejamento da resposta é o processo de tomada de decisão. O trabalhador utiliza o modelo da situação atual do processo de trabalho para identificar objetivos, gerar alternativas de respostas, avaliar o planejamento e selecionar o mais adequado plano de resposta. Implementação resposta é a sequência de ações executadas durante a realização das tarefas.

Também segundo REASON (1990), o acidente é o resultado de uma sequência de falhas que começa com as influências organizacionais, passa pelos aspectos de supervisão, por precondições de ações inseguras, as chamadas falhas latentes e finalmente pelas próprias ações inseguras, a chamada falha ativa. A existência de barreiras defeituosas ou ausentes, em todos os níveis de falha, é a única forma de acontecer o Acidente. A seguir o modelo esquemático de “Queijo Suíço” de Causas dos Erros Humanos (Figura 2).

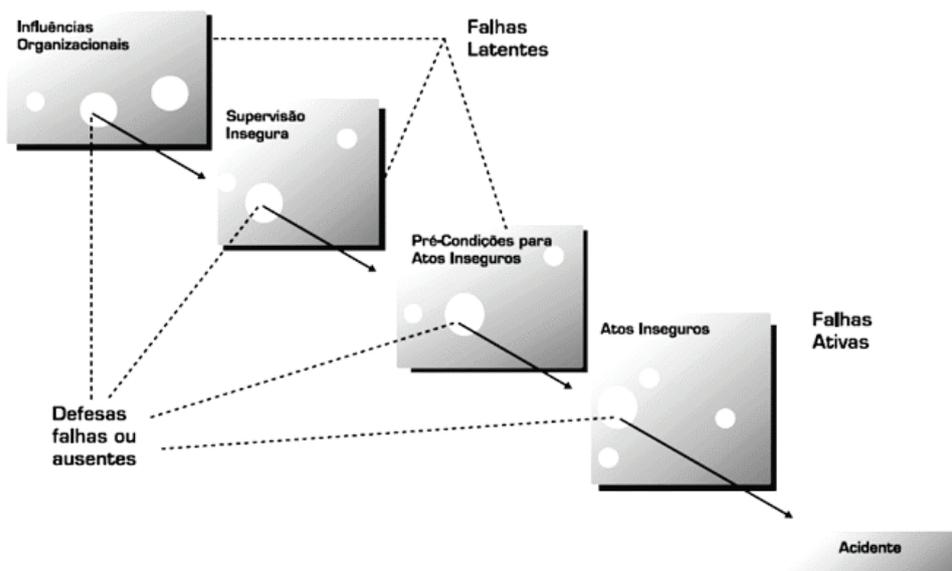


Figura 2 - Modelo esquemático de “Queijo Suíço” de Causas dos Erros Humanos. Fonte: REASON (1990).

2.1. FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO HUMANO (FADS)

A antecipação e o controle de impactos potencialmente adversos de ações humanas ou interações entre o ser humano e o sistema são partes integrais da segurança do processo, onde os fatores que influenciam no desempenho humano devem ser reconhecidos e administrados. A participação dos trabalhadores, projetistas, engenheiros de segurança, especialistas em fatores humanos é de vital importância neste processo. Portanto, uma das maneiras de minimizar os erros humanos consiste em considerar os fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (LUQUETTI *et al.*, 2008).

Situações de trabalho adequadamente projetadas, compatíveis com as necessidades, capacidades e limitações humanas, levando em consideração os fatores que afetam o desempenho humano (FADS), podem criar condições que otimizem o desempenho do trabalhador e minimizem os erros humanos.

Segundo LUQUETTI e VIDAL (2003), as seguintes situações podem conduzir aos erros humanos:

- Procedimentos deficientes;
- Instrumentação inadequada, inoperante;
- Conhecimento insuficiente: Operadores desenvolvem um modelo cognitivo da situação do processo, de maneira que possam diagnosticar problemas e compreender as consequências de suas ações;

- Prioridades conflitantes: Segurança contra Produção. Caso as recompensas pela produção sejam muito mais tangíveis que as recompensas pela segurança, muitos trabalhadores poderão fazer todo o possível para manter uma unidade produtiva;
- Sinalização inadequada: Sinalizar de maneira clara e sem ambiguidade todos os controles e equipamentos;
- Realimentação inadequada: Os operadores necessitam de realimentação imediata para saber se suas ações estão extraíndo a resposta desejada do sistema;
- Equipamentos desativados: Os operadores esperam que o hardware, particularmente os equipamentos relacionados à segurança, funcionem quando necessário. Quando esses equipamentos são desativados para manter a produção, existe uma chance que os operadores não estejam conscientes de um problema ou que não respondam de forma rápida;
- Comunicação deficiente: Muitos operadores estão envolvidos no processo de produção e a comunicação clara é essencial.
- *Layout* deficiente: Os controles, mostradores, monitores devem estar localizados em locais convenientes e acessíveis;
- Estereótipos populacionais: Qualquer item no local de trabalho que viole os estereótipos populacionais pode levar ao erro humano;
- Manutenção irregular;
- Vigilância estendida, sem eventos: É importante que os sistemas de controle sejam projetados com possibilidade de interação regular do operador. O operador permaneça atento. Colocar um operador em situações que requeiram vigilância estendida, sem eventos, pode implicar em acidentes.

2.2. ANÁLISE BÁSICA DE UM ACIDENTE

Para um melhor entendimento dos itens acima vamos efetuar uma resumida análise do acidente ocorrido em *Three Mile Island* (1979), fatos levantados:

- Os operadores não perceberam que as válvulas de isolamento do sistema de refrigeração estavam fechadas, impedindo que a água da alimentação de emergência alcançasse os geradores de vapor. Um erro anterior da equipe de manutenção ocasionou este erro, pois deixaram as válvulas fechadas após um teste no sistema de emergência enquanto que as posições corretas das válvulas eram abertas;

- Os operadores só perceberam que a válvula estava fechada 8 minutos após o evento iniciador;
- Com o aumento da pressão no sistema primário, a válvula de segurança do pressurizador abriu, para manter a pressão e temperatura dentro dos limites operacionais e deveria se fechar após atingir o patamar de equilíbrio. Isto não aconteceu. Houve, então, uma avaliação incorreta dos operadores, por acreditarem que a válvula de segurança do pressurizador, que se abria 8 segundos após o evento iniciador, já se encontrava fechada. A avaliação ficou restrita à sinalização do painel, que indicava uma condição que foi erroneamente interpretada;
- Os operadores só perceberam que a válvula de alívio ainda estava aberta 2h 18 min após o evento iniciador;
- Devido à existência de grande quantidade de bolhas de vapor no circuito primário, os operadores interpretaram, primeiramente, que o núcleo estava coberto e, em seguida, que o sistema estava sólido. Os operadores após longo tempo avaliando a situação enganosa desligaram o sistema de injeção de emergência.
- Todos estes acontecimentos, resumidamente aqui colocados, tiveram como consequência a perda da planta, pelo derretimento parcial do núcleo do reator. Foi a partir desse acidente, que houve o despertar para a importância do desempenho humano em um acidente, como fator agravante do mesmo. As análises probabilísticas de segurança (APS) de uma usina de energia nuclear precisavam ser revistas.

2.3. MECANISMOS DE ERROS

Representam as características cognitivas do processo de informação humano que influenciam o desempenho dos operadores, podendo ter como resultado uma ação insegura (Detecção; Avaliação da situação; Planejamento da resposta e Implementação da resposta). Os mecanismos de erro não são intrinsecamente modelos defeituosos do comportamento humano, são ações inapropriadas para um determinado contexto.

Dentro deste conceito, vários mecanismos de erro podem ser associados com atalhos de que se utilizam os operadores em ocorrências particulares, devido ao vasto conhecimento da planta. Neste contexto, pode acontecer que as ações realizadas sejam anuladas ou mascaradas pela combinação das condições da planta com os fatores delimitadores do desempenho humano, criando assim um contexto de ação forçada de erro, resultando certamente em ações inseguras.

Falhas na avaliação da situação ou no planejamento da resposta são tipicamente associadas à má interpretação dos acontecimentos, enquanto falhas na detecção ou na implantação da resposta são tipicamente associadas a erros e negligência.

2.4. AÇÕES INSEGURAS

Representam as ações inapropriadamente realizadas ou não realizadas, quando eram necessárias, pelo pessoal da planta, resultando na degradação da condição de segurança da mesma.

As ações inseguras não significam que o pessoal envolvido tenha sido a causa original do problema. Consequentemente, esta distinção evita uma conclusão imediata das responsabilidades e avalia as ocorrências com base na análise do evento operacional.

As pessoas podem muitas vezes iniciar um evento, ao realizar ações que já eram inseguras, devido às circunstâncias e condições pré-existentes.

Os eventos de falha humana são modelados na análise de confiabilidade humana para representar a falha de um sistema, componente ou função, resultante de uma ou várias ações inseguras. Esta situação de falha afeta a integridade da planta no que diz respeito à sua condição operacional, dentro dos padrões de segurança.

As definições de cenário de uma falha humana dão as descrições mínimas do estado da planta, que são necessárias para desenvolver o modelo da Avaliação Probabilística de Segurança e definir os eventos de falhas humanas apropriadamente.

Elementos descritos na definição de um cenário são: eventos iniciadores, (exemplo, transientes, perdas do fluido refrigerante, a não partida de uma bomba, etc), modo de operar (exemplo os procedimentos realizados pelos operadores), situações ou condições das funções, dos sistemas, dos componentes.

O nível de detalhamento para os quais são definidos os cenários podem variar e incluir o seguinte:

- Nível Funcional - detalhamento, através da análise de pequenas árvores de sequência de eventos;
- Nível Sistêmico - detalhamento, através da análise de grandes árvores de sequência de eventos;
- Nível do Estado do Componente - conjunto de cortes mínimos.

Os dois primeiros níveis detalham a definição de cenário de maneira mais simples que corresponde à análise de árvores da sequência de eventos, as quais identificam uma função ou um sistema ou a situação de um conjunto de sistemas. O terceiro nível, o mais

detalhado, é o conjunto de cortes mínimos, que caracterizam o cenário do acidente, em termos dos estados dos componentes. Qualquer que seja o nível de detalhe, os cenários são definidos pela combinação de um evento iniciador e de eventos que representam vários modos de falha do equipamento, considerando também as interações humanas necessárias para responder ao evento iniciador.

Considerando o propósito de uma análise para definir um cenário, é mais usual decompor a descrição das falhas de uma função ou sistema em níveis menores, que são chamados de eventos básicos. O conjunto de eventos básicos inclui os eventos que representam os diferentes modos de falhas de componentes e subcomponentes, que são necessários ao bom funcionamento da função ou sistema. Incluídos neste conjunto, estão também os eventos que representam indisponibilidades da função ou sistema por falhas humanas.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma das situações críticas da ACH foi na montagem de armas nucleares, onde a questão levantada era a arma operar na demanda, ou seja, quando necessário, não funcionar, ou funcionar prematuramente.

Um elemento-chave no processo de montagem era o ser humano que afetava a segurança das bombas. As bombas atômicas tiveram que ser montadas na sequência correta e para minimizar a chance de qualquer explosão prematura ou a falha em explodir, quando necessário.

O processo de avaliação utilizado por SWAIN foi o processo de análise de tarefa das medidas tomadas para montar a arma em seguida, usaram dados de ACH ou estimativas para cada etapa. Tudo isso foi formulado e deu origem à THERP - *Technique for Human Error Rate Prediction* (Swain e Guttman, 1983).

Com objetivo de calcular e promover a redução da probabilidade de erros humanos e suas consequências foram desenvolvidos métodos de análise de confiabilidade humana, classificados inicialmente como de primeira e segunda geração:

❖ **Métodos de primeira geração** - os erros humanos são considerados como de omissão, pois é levado em consideração que todas as etapas de uma tarefa são realizadas através de procedimentos definidos e que a realização de cada sub tarefa é crucial para o sucesso total da tarefa, não levando em consideração as variações de comportamento e influências organizacionais, comportamentais e cultura.

Os métodos de primeira geração são como estáticos, pois a probabilidade do erro humano é definida durante a análise teórica, sem levar em consideração a resposta dos erros humanos no controle das ações, nem nas respostas das interações com as máquinas, ferramentas e softwares.

❖ **Métodos de segunda geração** - incorporam aspectos da cognição humana, ergonomia, psicologia. Seus objetivos são identificar as ações que requerem atividades cognitivas importantes, determinando as condições e ações que podem constituir uma fonte de risco; incorporar conhecimentos relacionados com a interação usuário sistema, identificar e modelar os erros de comissão.

3.1. ALGUNS MÉTODOS APLICADOS NA ACH:

SLIM-MAUD (Success Likelihood Index Method Multi Attribute Utility Decomposition) - na ausência de um banco de dados específico, esta técnica é centrada no julgamento por especialista. Considera-se a probabilidade de ocorrência de erros humanos como uma função dos fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (FADs).

A não combinação desses fatores afeta o desempenho humano, culminando no erro humano.

THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) - método de análise de confiabilidade humana de primeira geração que identifica erros do tipo de omissão e utiliza banco de dados de erros humanos para atividades específicas (SWAIN; GUTTMANN, 1983).

ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis) - centrado na identificação dos erros humanos do tipo comissão. É considerado método de análise de confiabilidade humana de segunda geração. Apresenta abordagem mais realística da interação entre usuários e sistemas, levando em consideração aspectos cognitivos, aplicando conhecimentos em engenharia, psicologia ergonomia, fatores humanos, etc. Falhas humanas podem ocorrer mesmo que os usuários sigam todos os procedimentos descritos, porém se alguma situação não foi prevista, como falhas múltiplas em equipamentos, cenário adversos aos aplicados em treinamentos, podem culminar em incidentes e acidentes. (COOPER et al., 1996)

CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method) - de acordo com Hollnagel (2006) o método é baseado na identificação das ações que requerem atividades cognitivas importantes, onde a fonte de riscos é determinada através da análise de tarefas, avaliando as ações e condições que podem contribuir para essa fonte. Em cada subtarefa são determinadas as atividades cognitivas dominantes. Baseado na frequência de ocorrência

dessas atividades cognitivas, o modelo de demanda cognitiva de uma tarefa ou subtarefa é construído. De uma maneira geral, o método CREAM é constituído de duas fases. A fase A (método básico) – como construir a sequência do evento; avaliar as condições de desempenho humano; determinar os prováveis modos de controle e fase B (método estendido) - construir o modelo das demandas cognitivas; identificar as prováveis falhas das funções cognitivas; determinar a probabilidade de ocorrência de falha das funções cognitivas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal razão para se realizar uma investigação de acidente/incidente foi descobrir porque o mesmo ocorreu. No caso da maioria dos acidentes e incidentes, deve-se ter o foco de buscar explicações que não só reduzam as incertezas em torno dos eventos, mas também contribuam para aumentar o nosso conhecimento sobre o evento em particular.

A ideia da investigação de ocorrências anormais parece ser uma tarefa simples e intuitiva. Porém, nas últimas décadas os sistemas de alta tecnologia como aviação, navegação, controle de tráfego aéreo, telecomunicações, plantas de potência nuclear, missões espaciais, indústria química e petroquímica, exploração de petróleo, têm se tornado mais e mais complexos e estão levando a modos de falha associados a consequências cada vez mais desastrosas, o que vem justificando a necessidade de metodologias de análise e investigação de ocorrências anormais cada vez mais estruturadas.

Essas análises são, quase invariavelmente, tecnicamente orientadas envolvendo descrições detalhadas das instalações, equipamentos, reações e seus sistemas de lógica.

Somente através da adoção de técnicas de investigação que explicitamente identificam as causas, isto é, as razões pelas quais ocorreu um incidente é que as organizações podem aprender a partir de falhas passadas e evitá-las no futuro.

A investigação de ocorrências anormais em sistemas tradicionais tende a analisar os acidentes e quase acidentes de modo descritivo (focando em quem, o que, onde e quando aconteceu), no qual somente fatores técnicos e os fatores humanos superficiais são descobertos. Já em um **ambiente de gerenciamento sistêmico**, ocorre a análise das condições organizacionais, de modo a não somente culpar o trabalhador ou o equipamento, mas observar os fatores associados a falhas no gerenciamento do sistema.

Normalmente, em investigações de acidentes dá-se muita ênfase ao comportamento humano e, segundo COSTELLA *et al* (2009) o processo mental mais comum é realizar perguntas como: “Como ele pode ter esquecido isso?” Ou “Como ele não viu que x obviamente levaria a y?”. O fato é que, reagir após a ocorrência do acidente, como se esse

acontecimento estivesse disponível aos operadores naquele momento, simplifica demasiadamente a situação e mascara um processo de análise mais profunda.

A busca da falha humana é a reação normal aos acidentes: as investigações formais de acidente começam geralmente com a situação de que o operador deve ter falhado e, se esta atribuição de responsabilidade puder ser feita, isso será o fim da investigação. Isso representa um problema no sentido de que investigações que atribuem a ocorrência do acidente a comportamentos inadequados do trabalhador (por exemplo, “descuido”, “negligência”, “imprudência”, “desatenção”), geram recomendações centradas em mudanças de comportamento: “prestar mais atenção”, “tomar mais cuidado”, “reforçar o treinamento”.

Tais recomendações pressupõem que os trabalhadores são capazes de manter elevado grau de vigilância durante toda a jornada de trabalho, o que é incompatível com as características biopsico-fisiológicas humanas.

É importante que as investigações assegurem que as circunstâncias estejam detalhadas, identificadas e analisadas, incluindo: (i) os sistemas e aspectos organizacionais, tais como as políticas, padrões, regras e procedimentos relevantes; (ii) o trabalho, por meio das premissas, a planta, as substâncias e os procedimentos em uso e no seu efeito no trabalho interessado; (iii) o comportamento dos empregados, adequação e competência e as razões para algumas deficiências no desempenho.

A primeira fase da investigação de uma ocorrência anormal envolve a obtenção de uma descrição completa da sequência de eventos que levaram à falha. Isso vai exigir entrevistas com o pessoal e exame das evidências físicas, em torno das circunstâncias do incidente. O uso de técnicas tais como plotagem de fatores causais, sequenciamento de múltiplos eventos e o procedimento de plotagem de eventos sequencialmente no tempo fornecerão uma abordagem sistemática e estruturada para auxiliar a coleta de informações, identificando onde as lacunas na compreensão de cadeias de eventos levam a falsas conclusões.

Estas técnicas de sequenciamento também podem ser usadas em conjunto com métodos como análise de barreiras, análise de mudanças e análise por árvore de falhas para averiguar eventos críticos e ações, e, assim, as causas diretas das ocorrências anormais. O conceito de causalidade da ocorrência anormal englobado tanto na análise de barreiras como na análise de mudança é fundamental para a maioria das metodologias de análise de causas e são frequentemente incluídos em um conjunto de ferramentas para ser aplicado como adequado pelo investigador.

Tendo identificado as causas diretas das ações, a próxima etapa é apurar as suas causas subjacentes ou raiz. Muitas vezes, uma estrutura de árvore é usada para organizar suas causas.

Ao identificar as causas do incidente, as ações corretivas propostas tendem a ser mais eficazes. Além disso, é possível desenvolver um banco de dados de causas que considera falhas humanas e de equipamentos. Esta abordagem permite a identificação das tendências de causa raiz e, a partir dessas tendências desenvolver recomendações preventivas e eficazes não só para evitar falhas de repetição, mas também, contornar os muitos incidentes relacionados.

Qualquer que seja a metodologia adotada, a Investigação deve ser um trabalho de equipe e é essencial que haja o envolvimento dos vários níveis hierárquicos da empresa e que seja valorizada a participação dos trabalhadores da base do sistema produtivo, engenharia e profissionais de segurança. Em função da natureza do evento, pode ser necessária a participação de diretores, gerentes, supervisores, manutenção e saúde. O trabalho em equipe, envolvendo vários níveis hierárquicos, assegura que os conhecimentos práticos e gerenciais sejam amplos e que a capacidade de solução dos problemas seja elevada, reforçando a ideia de que a investigação é benéfica para todos.

Os membros da equipe devem estar familiarizados com boas práticas de segurança e com as normas e exigências legais. A equipe deve incluir pessoas que tenham habilidades para o processo de análise (com treinamento em alguma metodologia adequada), que devem ser capacitadas para coletar informações, realizar entrevistas, avaliar situações de risco, propor medidas de controle e avaliar a eficácia das medidas adotadas. É importante que a equipe tenha tempo e recursos suficientes para executar uma análise adequada. É preciso, ainda, que a equipe tenha a participação de pessoas que detenham poder de decisão para a solução dos problemas verificados.

Somado ao exposto acima o responsável direto da área envolvida não tem a imparcialidade e isenção necessárias para a realização de uma análise causa raiz completa. Ele deve dar suporte à equipe responsável pela investigação do evento, gerenciar a aplicação das ações corretivas e acompanhar a eficácia destas ações.

Na coleta de dados deve-se buscar responder às seguintes perguntas:

- a) Quando e onde o evento adverso aconteceu (cronologia do evento)?
- b) Quem sofreu danos ou estava envolvido com o evento?
- c) O que aconteceu?
- d) Como o evento adverso aconteceu?
- e) Quais atividades estavam sendo desenvolvidas no momento do acidente?
- f) Havia algo incomum ou diferente nas condições de trabalho?

g) A atividade foi devidamente autorizada pelas áreas competentes? Existiam procedimentos de segurança no trabalho e eles foram seguidos? Os pontos críticos do trabalho foram ressaltados nestes procedimentos?

h) Quais lesões ou problemas de saúde foram causados pelo evento adverso?

i) O risco era conhecido? Se sim, por que não foi controlado? Se não era conhecido, por quê?

j) Como a organização do trabalho contribuiu para o evento adverso?

k) A manutenção e limpeza eram suficientes? Se não, explique.

l) As pessoas envolvidas eram capacitadas?

m) O layout do local de trabalho influenciou o evento adverso?

n) A natureza ou forma dos materiais influenciou o evento adverso?

o) Dificuldades na utilização das instalações ou equipamentos contribuíram para o evento adverso?

p) Os equipamentos de segurança eram suficientes?

q) Outras condições influenciaram o evento adverso?

Questões de segurança evidenciadas na análise devem ser a base de um plano de ação para a melhoria contínua das condições de trabalho. Após a conclusão da análise, deve ser preparado um plano de ação com objetivos específicos, mensuráveis (a utilização de indicadores de desempenho é válida para a avaliação da eficácia das medidas implementadas), acordados, realistas e duradouros no tempo. É necessário assegurar que o plano de ação abranja efetivamente não apenas os fatores imediatos, mas também os subjacentes e, sobretudo, os latentes.

Antes da implantação, os resultados da análise e o plano de ação devem ser comunicados a todos os envolvidos e aos que devem conhecê-los de forma a garantir que as medidas definidas sejam as mais indicadas, que tenham impacto nas questões levantadas na análise e que sejam factíveis.

É fundamental que se definam os responsáveis pela sua execução e monitoramento. Sem um plano de ação adequado, que considere os aspectos acima abordados, perdem-se os potenciais benefícios de uma análise e não se evita a ocorrência de outros eventos adversos.

5. CONCLUSÃO

É evidente que a maioria das empresas e corporações em nível nacional, não praticam este tipo de estudo ou mesmo consideram o potencial que existe quando consideramos que a falha humana possa estar por traz da maioria dos acidentes e incidentes ocorridos nas instalações industriais. O maior desafio que nos, profissionais da Engenharia de Segurança do Trabalho e atuando fortemente como Prevencionistas, é de fomentar insistentemente a implantação de políticas de Gestão da Confiabilidade Humana junto a alta direção para que permeie por toda estrutura organizacional e desta forma poderemos capturar significativos ganhos garantindo assim a sustentabilidade das empresas.

Também fica evidente que a investigação de acontecimentos relacionados as falhas humanas pode ser extremamente difícil e demandar muito tempo, entretanto, ela é matéria prima podendo gerar significativas oportunidades para mitigar ou mesmo eliminar probabilidades de acidentes e incidentes garantindo assim a segurança dos profissionais ou mesmos dos ativos industriais. O grau de profundidade da investigação e obtenção de dados relacionados a um evento se faz necessária para determinação das causas e para a propor ações corretivas e preventivas com intuito de evitar reincidências.

Finalmente, este artigo propôs uma estrutura metodológica básica relacionando algumas ferramentas e situações as quais os profissionais da área terão um ponto de partida neste longo caminho a ser percorrido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COSTA, DIOGO da SILVA (2013) - **Desenvolvimento de um banco de dados de falhas humanas: uma abordagem centrada na influência dos fatores humanos na segurança do trabalho.**- Dissertação de Mestrado. UFRJ, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental.
- COSTELLA, M. F., SAUIRN, T. A. and GUIMARÃES, L. B. M. (2009). **A method for assessing health and safety management systems from the resilience engineering perspective.** Safety Science, vol. 47, pp. 1056-1067.
- HOLLNAGEL, E. (2006). **Task analysis: why, what, and how.** In: Salvendy, g. (ed.). Handbook of Human Factors and Ergonomics (third edition).

- KIRWAN, B. (1994) **A Guide to Practical Human Reliability Assessment**. London: Taylor and Francis.
- LUQUETTI, I. J. A & VIDAL, M. C. (2003). **A Ergonomia no Licenciamento e na Avaliação de Salas de Controle de Reatores Nucleares**. Tese de Doutorado apresentada à COPPE/UFRJ.
- LUQUETTI, I. J. A. (2008). **Metodologia para identificação dos fatores que afetam o desempenho dos responsáveis pela retirada dos trabalhadores de instalações industriais, em situações de emergência**. In: Anais do XV SIMPEPUNESP/ BAURU, Rio Janeiro, Brasil.
- LUQUETTI DOS SANTOS, I. J. A., FARIAS, M. S., MONTEIRO, B. G., PEREIRA, M. O. M.; VARELLA, H. B., VIEIRA, L. N. S. (2010). **Ergonomia Participativa no Projeto do Painel de Alarmes de um Reator Nuclear de Pesquisa**. In: XVI Congresso Brasileiro de Ergonomia, 2010, Rio Janeiro. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Ergonomia. Rio Janeiro: ABERGO.
- NETO, MANOEL de FREITAS (2012). **Contribuição da Confiabilidade Humana**
CONTRIBUIÇÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA na Segurança do Trabalho no processo de recuperação de um cais. - Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental.
- RASMUSSEN J. (1982). **Human errors: A taxonomy for describing human malfunction in industrial installations**. *Journal of Occupational Accidents*. Vol. 4, pag. 311- 33.
- RASMUSSEN, J. (1987). **The definition of a human error and a taxonomy for technical system design**. *New Technology and Human Error* (pp. 23-30). New York, NY: John Wiley & Sons.
- REASON, J.T. (1990). **Human error**. Cambridge University Press. New York.

- REASON, J. T. (1994). **Three approaches to participative inquiry.** In Denzin, N.K. and Lincoln. Y.S. (Eds), Handbook of Qualitative Research, Sage, Thousand Oaks, CA.
- REASON, J. T. (1997).Managing the Risks of Organizational Accidents. Burlington: Ashgate,
- RIBEIRO, ANTONIO CARLOS DE OLIVIEIRA (2012). **Quantificação do impacto de fatores humanos e organizacionais em probabilidades de falha humana usadas em análise probabilística de segurança.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SANTOS, JAIR NASCIMENTO e BATISTA, CHARLES SANTOS (2014). **Motivação e Confiabilidade Humana: uma análise da percepção do indivíduo.**
- SEIXAS, EDUARDO de SANTANA (2004). **Erro Humano na Manutenção** - Engenheiro Eletricista Sócio Fundador da Abramam.
- SWAIN, A.D. & GUTTMANN, H.E. (1983). **Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications.** Sandia National Laboratories.