



INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

RT-IEN- 18/2006

**Metodologia para Avaliação de Interfaces de Salas de Controle
Avançadas de Plantas Industriais Utilizando Análise da
Confiabilidade Humana**

por

***Isaac José Antonio Luquetti dos Santos
Cláudio Henrique dos Santos Grecco
Paulo Victor Rodrigues de Carvalho
Mauro Victor de Oliveira
Antonio Carlos Abreu Mol***

Dezembro/2006

NOTA
ESTE RELATÓRIO É PARA USO EXCLUSIVO DO INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR

O direito a utilização de informações relacionadas ao trabalho de pesquisa realizado no IEN é limitado aos servidores da CNEN e pessoal de organizações associadas, nos limites dos termos contratuais que regem os respectivos convênios. O conteúdo dos relatórios não pode ser separado ou copiado sem autorização escrita do IEN.

Título: Metodologia para Avaliação de Interfaces de Salas de Controle Avançadas de Plantas Industriais Utilizando Análise da Confiabilidade Humana

Autor(es): Isaac José Antonio Luquetti dos Santos et al.

e-mail: luquetti@ien.gov.br

Identificação:
RT-IEN-18/2006

Nº de
páginas:
21

Tipo de Divulgação:
Irrestrita (X) Restrita ()

Divulgar para:
IEN

Localização: LABIHSXP-
02\luquetti\documentos\relatório
\RT-IEN-18/2006

Publicação externa associada (congresso/periódico):

Palavras chave: Interfaces, Confiabilidade Humana, Salas de Controle, Segurança

Resumo:

Uma sala de controle avançada de uma planta industrial é um sistema complexo, que controla um determinado processo usado, por exemplo, para produzir energia elétrica ou produção de petróleo. Os operadores interagem com a sala de controle através de interfaces e várias estações de monitoração. Estas interfaces apresentam implicações significativas para a segurança da planta industrial, pois influenciam na atividade dos operadores, afetam o modo como eles recebem informações relacionadas com o status dos principais sistemas e determinam os requisitos necessários para que os operadores entendam e supervisionem os principais parâmetros. Este trabalho apresenta uma metodologia para avaliação de interfaces gráficas de salas de controle avançadas de plantas industriais, utilizando um método de análise de confiabilidade humana de primeira geração, THERP, e o julgamento de especialistas.

Abstract:

An advanced control room of an industrial plant is a complex system that controls a process used, for instance, to produce electric energy or petroleum production. The operators interact with the control room through interfaces and several monitoring stations. These interfaces present significant implications for the safety of the industrial plant, once they influence the operator activity, affect the way how operators receive information related with the status from the main systems and determine the necessary requirements, so that the operators understand and supervise the main parameters. This paper intends to present a methodology to evaluate graphical interface from advanced control room of industrial plant, using a first-generation method to analyze the human reliability, THERP, and the specialist judgment.

Emissão		Nome	Rubrica	Data
Data: 27/12/2006	Elaboração:	Isaac José Antonio Luquetti dos Santos et al.		27/12/2006
Divisão: DICH	Revisão:	Cláudio Henrique dos Santos Grecco		27/12/2006
Serviço: SEESC	Aprovação:	Paulo Victor Rodrigues de Carvalho		27/12/2006

Instituto de Engenharia Nuclear:

Via 5 s/n, Cidade Universitária, Ilha do Fundão, CEP 21945-970, CP 68.550, Rio de Janeiro – RJ - Brasil .

Tel.: 00 55 21 2209-8080

Internet: www.ien.gov.br

1. INTRODUÇÃO

Uma sala de controle contém os sistemas e as instruções necessárias para controle das condições operacionais de uma planta industrial, de modo a assegurar o seu funcionamento e desligamento confiável e seguro, em situações normais e de acidentes [1]. As salas de controle de plantas industriais são constituídas por um arranjo de sistemas, equipamentos, onde os operadores monitoram, controlam e intervêm no processo através de várias interfaces gráficas e estações de monitoramento. Essas *interfaces* apresentam implicações significativas para a segurança da planta, pois influenciam na atividade dos operadores, afetam o modo como os operadores recebem informações relacionadas com o *status* dos principais sistemas e determinam os requisitos necessários para que os operadores entendam e supervisionem os principais parâmetros. A tarefa principal do grupo de operação é manter a planta operando em condições aceitáveis de segurança e eficiência. As ações realizadas pelos operadores são apoiadas através de procedimentos de partida e parada, procedimentos de emergência, sistemas de alarmes, sistemas de comunicação, sistemas de controle, sistemas de segurança e diagnósticos de falhas. Os operadores também interagem entre si e com a estrutura de apoio, ou seja, com a manutenção, testes, planejamento e com os instrumentistas. Nestas salas de controle o operador é visto como um agente que monitora a automação, devendo agir em caso de falha de algum sistema automático. O operador desempenha um papel de agente avançado da manutenção e muitas vezes não recebe o treinamento adequado, causando diversos problemas relacionados ao tipo de trabalho que ele imaginava que fosse executar. Além disso muitas vezes o sistema é opaco, não dando suficientes informações para o operador atuar quando requerido.

Existem dois fatores, operador qualificado e delimitação do contexto de resolução de problemas, que facilitam o processamento subconsciente das informações pelos operadores e as tomadas de decisões. O fato dos operadores possuírem uma grande experiência operando um determinado sistema, implica em uma melhor oportunidade para desenvolver um modelo dinâmico do contexto de operação, que lhes permitirá confiar efetivamente nos processos subconscientes. Caso, os modos de descrever a resolução de

problemas forem encontrados no contexto dos processos, então a necessidade de lidar com situações novas poderá ser minimizada [2]. Com uma interface adequada, adaptada as características cognitivas do operador, as tarefas poderão ser desempenhadas com um nível de desempenho satisfatório, aproveitando o processamento subconsciente das informações, baseadas na experiência do operador e no conhecimento do contexto da operação.

Uma interface pode ser definida como parte de um sistema com o qual o usuário realiza contato através do plano físico, perceptivo e cognitivo. A interface com o usuário é formada por apresentações de informações, de dados, de controles e de comandos em telas de computadores. Uma interface define as estratégias para a realização da tarefa, conduz, orienta, recepciona, alerta, ajuda e responde ao usuário durante as interações. Para que o diálogo homem sistema seja simples e seja estabelecido um ritmo aceitável, harmonioso de interação, os fatores humanos e ergonômicos devem ser considerados durante todas as fases do projeto [3]. O objetivo principal é que sejam desenvolvidos sistemas usáveis, seguros, funcionais e adaptáveis às necessidades do usuário, aumentando a confiabilidade operacional.

A simulação dos processos físicos de uma planta industrial requer o entendimento de vários fenômenos complexos e uma representação adequada dos seus modelos matemáticos. É necessário o desenvolvimento de interfaces considerando os aspectos ergonômicos, permitindo a definição eficiente dos processos e a apresentação dos resultados [4]. Os simuladores são usados como suporte para os órgãos reguladores, para treinamento e qualificação dos operadores, análise de segurança e validação dos procedimentos de operação. O simulador deve transferir para os operadores uma visão realística da planta industrial, possibilitando a ilusão de que os operadores estejam operando a planta real [5]. O objetivo de um simulador é mostrar o funcionamento dos principais sistemas, apresentando de forma direta as ações realizadas em uma sala de controle.

A análise da confiabilidade humana (ACH) é uma ferramenta que fornece informações qualitativas que identificam as ações críticas que um operador deve realizar

para desenvolver uma tarefa a contento, identificando ações errôneas (não desejadas) que podem degradar o sistema, identificando situações de erro provável e identificando quaisquer fatores que poderiam contribuir para os erros no desempenho de qualquer ação. A ACH fornece também dados quantitativos, que são estimativas numéricas da probabilidade de que uma tarefa será desenvolvida de maneira incorreta ou de que ações não desejadas serão realizadas. Define-se confiabilidade humana como sendo a probabilidade de que uma tarefa seja realizada com sucesso pelo trabalhador em um mínimo período de tempo exigido [6]. Confiabilidade humana também é definida como sendo a probabilidade de que um operador realize de maneira satisfatória uma tarefa exigida pelo sistema em um período de tempo determinado, sem realizar uma outra ação que possa degradar o sistema [7].

A ACH tem três funções básicas:

- identificação dos erros humanos;
- predição da probabilidade de determinadas ações não serem realizadas quando necessárias;
- diminuição da probabilidade de ocorrência do erro humano.

O processo de identificação de erros humanos começa pelo estabelecimento do escopo da análise. A principal decisão é até que ponto o erro humano deve ser considerado, ou seja, se consideramos apenas a atuação direta (ou a falta dela) do operador na planta, ou se incluímos diagnósticos errados, tomadas de decisão inadequadas, erros de manutenção, falhas de comunicação, ou mesmo violação de regras ou procedimentos estabelecidos. A fase seguinte é a realização de uma análise de tarefas onde o investigador procura reconstituir as tarefas executadas, por meio da análise de procedimentos e/ou experimentos em simuladores identificando o momento e as causas dos eventuais erros. Após a identificação dos tipos de erros humanos, o potencial de correção é também considerado, assim como as conseqüências do erro identificado. A partir daí, podem ser definidos modos para reduzir a probabilidade de ocorrência destes erros ou seu impacto no sistema.

Na área nuclear, a partir do acidente de TMI (*Three Mile Island*), optou-se 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, denominados de primeira geração, para análise da confiabilidade humana, que procurassem determinar o impacto do erro humano e sua possível recuperação na operação do sistema. Recentemente, métodos, denominados de segunda geração, começaram a ser estudados. Esses métodos integram o conhecimento e as informações advindas da experiência operacional, fatores humanos, ergonomia e psicologia.

Este projeto tem como objetivo desenvolver uma metodologia para avaliação de interfaces gráficas utilizadas em salas de controle avançadas de plantas industriais, utilizando um método de análise da confiabilidade humana de primeira geração, THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*) [7]. Posteriormente, realizar um estudo de caso avaliando as interfaces gráficas originais e as modificadas do simulador compacto de uma planta nuclear PWR (Pressurized Water Reactor) do Laboratório de Interfaces Homem Sistema do Instituto de Engenharia Nuclear.

2. ERROS HUMANOS

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 [8]. Uma outra definição de erro humano considera qualquer ação humana (ou falta da mesma ação) que exceda as tolerâncias definidas pelo sistema com o qual o ser humano interage [9]. Qualquer definição de erro humano deve considerar as ações e limites específicos envolvidos numa tarefa em particular e em um determinado contexto. O erro humano é considerado então um resultado natural e inevitável da variabilidade humana em interações com um sistema, refletindo as influências de todos os fatores pertinentes no momento em que as ações são executadas.

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. Mais que procurar culpar ou punir um trabalhador quando um acidente ocorre, os gerentes devem procurar as causas primordiais na situação de trabalho. A maioria dos erros humanos é uma consequência da situação de trabalho e não da falta de responsabilidade do trabalhador. Envolvendo diretamente os trabalhadores nestes esforços é a melhor maneira de obter melhorias no seu desempenho, com implicações significativas na melhoria da segurança, qualidade e produtividade em todas as indústrias de processo. 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.

2.1 Classificações de Erros Humanos

Vários tipos de erros humanos podem contribuir para a falha de uma ação ou de uma seqüência de ações. Os erros humanos podem ser classificados como [10]:

- Descuido: realizar a ação correta no item errado. Por exemplo: abrir a válvula A ao invés da válvula B;
- Lapsos: deixar de realizar uma ação no tempo certo;
- Engano: realizar a ação errada;
- Violação: interpretar uma informação de maneira incorreta, deliberadamente.

A figura 1 mostra esta classificação. Os erros baseados nas habilidades geralmente são definidos como os lapsos, descuidos e estão relacionados com fatores de atenção. O planejamento é adequado, mas as ações fracassaram com o que foi planejado. São falhas não pretendidas na execução. Os descuidos estão relacionados com as 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, preparadas e temos que resolver o 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.

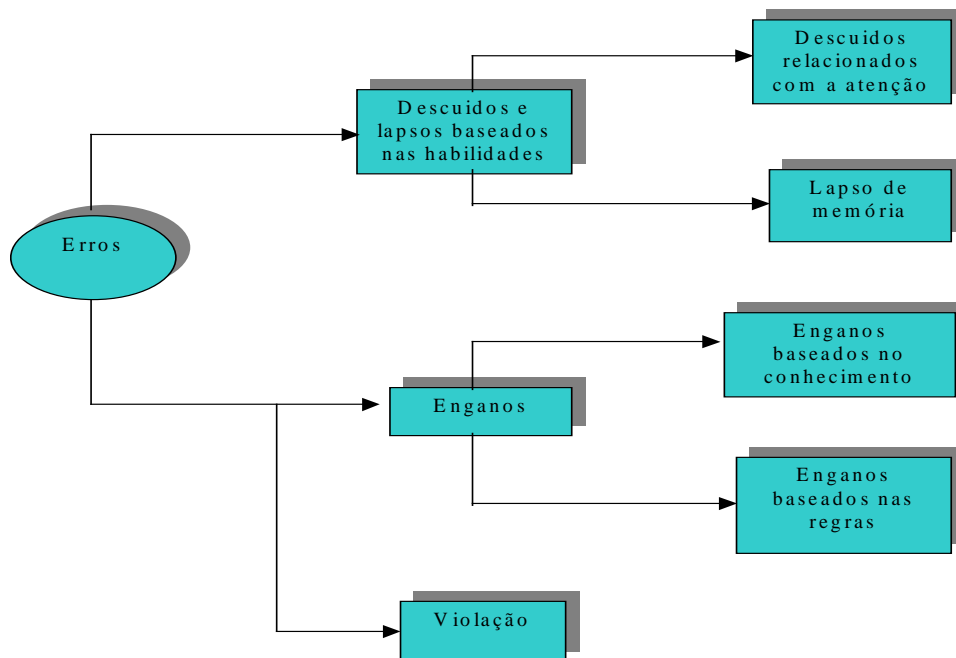


Figura 1: Classificação Erros Humanos (REASON, 1990)

Outra classificação de erros humanos é apresentada a seguir [9]:

- 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 não 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 através de lapsos e enganos, permitindo a ocorrência de falhas imediatas e falhas latente;
- Erros de comissão: o operador realiza ações incorretas, não exigidas, propiciadas por erros no projeto ou pelo não reconhecimento do risco pelo operador;
- 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 desta 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.

A seguinte classificação de erros humanos também é usada [7]:

- Erros de omissão (EOM): caracterizado pela falta de ação, quando se omite totalmente ou parcialmente uma tarefa;
- Erros de comissão (ECOM): caracterizado pelo desempenho incorreto de uma tarefa ou de uma ação, ou seja, o operador realiza ações incorretas, não exigidas, propiciadas por erros no projeto ou pelo não reconhecimento do risco. A característica principal de um erro de comissão é que sua consequência é um estado de não disponibilidade de um

componente, de um sistema ou de uma função. Os erros de comissão não são resultados necessariamente dos erros cometidos pelos operadores. Estes erros podem acontecer automaticamente à medida que uma seqüência de operação seja solicitada. Os erros de comissão não ocorrem somente em eventos complexos, como no caso dos acidentes ocorridos na área nuclear (*Three Mile Insland -TMI e Chernobyl*), mas ocorrem também na maioria dos eventos rotineiros e são fortemente influenciados pelo contexto dos eventos, pelas condições da planta industrial e pelos fatores que modelam o desempenho humano. Os operadores que cometem erro de comissão executam, geralmente, ações corretas de acordo com sua compreensão e conhecimento atual do sistema e do seu comportamento. Entretanto, o sistema está em um estado onde uma intenção correta de operação não é a apropriada. Os erros de comissão podem ser subdivididos em:

- Erros seqüência: erro na seqüência de realização das tarefas;
- Erro seleção: erro na seleção do controle;
- Erro de tempo: acontece por uma tarefa ter sido realizada ou antes ou depois do tempo certo;
- Erro qualidade: má qualidade na execução da tarefa

É importante ressaltar que esta classificação, apresentada na figura 2, depende da definição da tarefa ou da ação requerida. Por exemplo, durante um incidente, o operador tentou atuar o sistema auxiliar de alimentação de água, acionando os controles “*SG 1-1 LOW STM PRESS*” e “*SG 1-2 LOW STM PRESS*”, ao invés de acionar os controles corretos “*SG1-1 LOW WTR LVL*” e “*SG1-2 LOW WTR LVL*”. Se considerarmos a definição da tarefa como sendo ATUAR sistema auxiliar de alimentação de água, este é um erro de comissão ECOM. Se considerarmos a definição da tarefa como sendo atuar controles “*SG1-1 LOW WTR LVL*” e “*SG1-2 LOW WTR LEVEL*”, este é um erro de omissão.

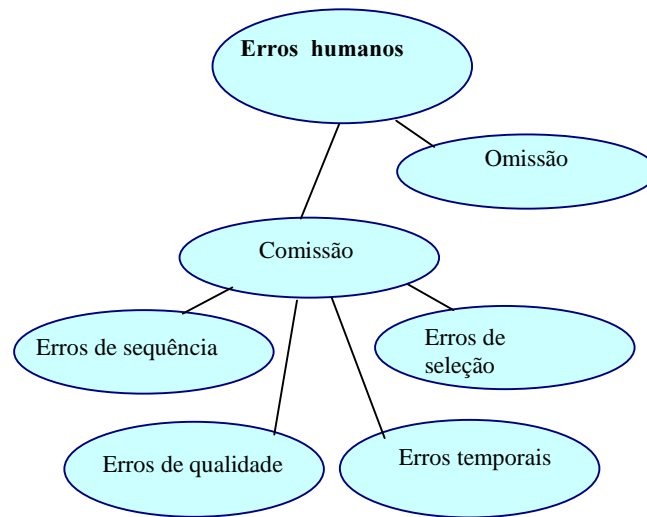


Figura 2: Outra Classificação de Erros Humanos (KIRWAN, 1994)

A seguir citamos algumas situações que provavelmente conduzirão aos erros humanos:

- Procedimentos deficientes;
- Instrumentação inadequada, inoperante;
- Conhecimento insuficiente: operadores devem desenvolver um modelo cognitivo do processo, de maneira que possam diagnosticar problemas do processo e compreender as conseqüências de suas ações;
- Prioridades conflitantes: segurança X 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 ambigüidade todos os controles e equipamentos. Útil para os operadores novos, para operadores que somente interagem com o sistema de maneira ocasional e para operadores experientes em situações de estresse (por exemplo, ao responder a uma situação de emergência);

- Realimentação inadequada: os operadores necessitam de realimentação imediata para saber se suas ações estão extraindo a resposta desejada do sistema. Quando essa realimentação não é dada, os operadores tendem a reagir excessivamente;
- 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 em relação às tarefas que precisam ser realizadas e à sua frequência.
- Estereótipos populacionais: padrões de comportamento enraizados num grupo de pessoas. Por exemplo, a maioria das pessoas no ocidente interpreta um sinal vermelho como indicação de parar. As pessoas esperam fechar uma válvula girando o registro no sentido horário. Qualquer coisa no local de trabalho que viole os estereótipos populacionais pode levar ao erro humano;
- Tarefas cognitivas: Na medida em que se requer dos operadores que lembrem ou calculem mais e mais coisas, os erros podem aumentar;
- 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.

3. MÉTODO THERP

Os erros humanos têm causado ou contribuído de maneira significativa para muitos acidentes relevantes em indústrias de processo. Portanto, métodos de análise da confiabilidade humana devem ser estudados e desenvolvidos objetivando a redução da probabilidade de ocorrência desses erros e de suas conseqüências. THERP (*Technique for Human Error Rate Prediction*) é um método de primeira geração para análise da confiabilidade humana, desenvolvido por SWAIN E GUTTMANN (1983) [7]. Os erros humanos, considerados de omissão, são estimados, levando em consideração que a ocorrência destes erros se dá taxas constantes. Se as tarefas realizadas por um operador podem ser desdobradas em subtarefas, onde os erros humanos são preditos, então a probabilidade de realizar a tarefa com sucesso pode ser calculada. Este método considera que todas as etapas de uma tarefa são realizadas através de procedimentos e que a realização de cada subtarefa é crucial para o sucesso total da tarefa. Embora a probabilidade de realizar com sucesso uma tarefa seja uma probabilidade condicional complexa, envolvendo diversas e possíveis combinações de erros, esta probabilidade pode ser calculada sem dificuldade considerando que os erros que acontecem são independentes. Neste método, o operador é considerado como um componente do sistema e é tratado de maneira similar aos componentes técnicos. De um modo geral, as principais etapas do THERP são:

- definir as falhas do sistema de interesse;
- listar e analisar as ações humanas relacionadas (análise da tarefa);
- desenvolver uma árvore de eventos (árvore de probabilidades);
- determinar as probabilidades nominais de ocorrência dos erros humanos: utilizar o banco de dados disponível e tabelado pelo método THERP;
- estimar os efeitos relativos dos fatores que afetam o desempenho dos operadores (FADs);
- determinar os efeitos dos fatores de recuperação por parte do operador;

- determinar a probabilidade de realizar com sucesso ou insucesso uma tarefa.

A ferramenta básica do THERP é a árvore de eventos, chamada árvore de probabilidade. Os troncos (ramificações) representam um processo de decisão binária, ou seja, desempenho correto ou incorreto, sendo que em cada ramificação binária a soma das probabilidades dos eventos tem que ser igual a 1,0. Os valores determinados de todas as ações humanas descritas pelas ramificações da árvore são probabilidades condicionais. As letras minúsculas indicam sucesso ou estado desejável, ou suas probabilidades, já as maiúsculas indicam o oposto. A dependência entre, por exemplo, duas tarefas “A” e “B” são representadas pelos símbolos b/a, B/a, b/A e B/A (figura 3). No exemplo, abaixo a letra “A” representa, por exemplo, o ajuste de um equipamento antes da calibração de algum sensor e a letra “B” representa a calibração deste sensor.

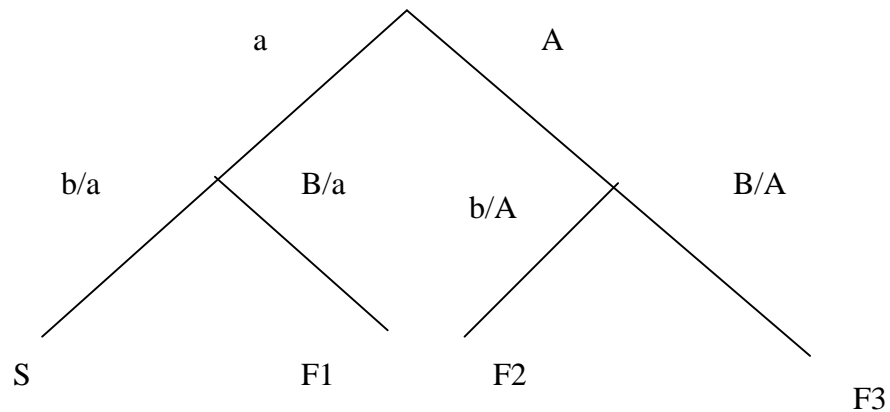


Figura 3: Árvore de Eventos

Legenda e observações (Figura 3):

Tarefa "A" = Primeira tarefa;

Tarefa "B" = Segunda tarefa;

a = probabilidade de execução bem sucedida da tarefa “A”;
 A = probabilidade de execução mal sucedida da tarefa “A”;
 b/a = probabilidade de execução bem sucedida da tarefa “B” dado a ;
 B/a = probabilidade de execução mal sucedida da tarefa “B” dado a ;
 b/A = probabilidade de execução bem sucedida da tarefa “B” dado A ;
 B/A = probabilidade de execução mal sucedida da tarefa “B” dado A ;
 F = falha;
 S = sucesso;
 $P(S) = a(b/a)$
 $P(F) = P(F1) + P(F2) + P(F3) = a(B/a) + A(b/A) + A(B/A)$

A figura 4 apresenta outro exemplo de árvore de eventos.

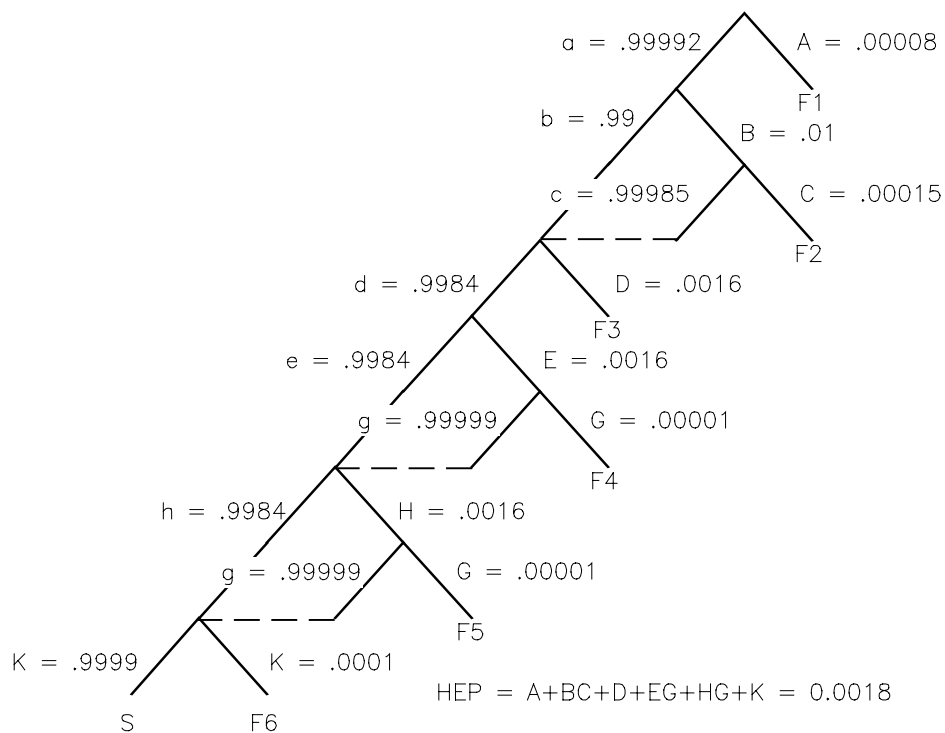


Figura 4: Outro Exemplo Árvore de Eventos

4. METODOLOGIA

A metodologia para avaliação de interfaces de salas de controle avançadas de plantas industriais utilizando a análise da confiabilidade humana é fundamentada nas seguintes fases (Figura 5):

Fase 1 - Escolha do tipo de sala de controle avançada e do processo de uma planta industrial a ser observado ou simulado (plataforma, refinaria de petróleo, usina nuclear, usina enriquecimento de urânio);

Fase 2: Definição dos critérios para escolha de um grupo de especialista (GE);

Fase 3: O GE define os cenários (operação normal, parada ou partida) ou acidentes postulados a serem observados ou simulados;

Fase 4: O GE realiza a análise hierárquica das tarefas para cada cenário ou acidente postulado escolhido a ser observado ou simulado;

Fase 5: O GE define quais dados e índices a serem coletados, usando o log de eventos de um simulador, ou gravados (vídeo e áudio), por exemplo: deslocamento dos operadores, direção do olhar dos operadores, uso dos procedimentos, tempo de execução das ações, número de telas percorridas, números de acionamentos realizados em cada interface, tempo gasto em cada tela buscando informações, números de erros cometidos, tempo total para realizar as ações, tempo total para colocar o sistema em segurança, etc.

Fase 6: Realizar a análise da atividade dos operadores no ambiente real de trabalho ou em condições de acidentes postulados simulados (uso de simulador);

Fase 7: O GE desenvolve uma lista com os mais relevantes índices e fatores que afetaram o desempenho dos trabalhadores e se for o caso, quais erros foram cometidos;

Fase 8: Através dos dados obtidos, o GE análise a interação dos operadores com as interfaces, quantificando os índices medidos (por exemplo, tempo para execução das tarefas, número de telas percorridas, número de deslocamento dos operadores, etc) em função das ações dos operadores ;

Fase 9: Em função da análise realizada, considerando principalmente os piores índices e fatores que afetaram o desempenho dos operadores, o GE discute a aplicabilidade e escolha das tabelas disponíveis no THERP;

Fase 10: Após o consenso, as tabelas do THERP são escolhidas e as respectivas probabilidades de ocorrência de erros humanos são definidas;

Fase 11: Reunião do GE, discutindo as ações realizadas pelos operadores, em função dos maiores valores de probabilidade de ocorrência de erros humanos obtidos;

Fase 12: Reunião do GE analisando as implicações no projeto das interfaces, em função das ações realizadas pelos operadores com maior probabilidade de ocorrência de erros humanos;

Fase 13: O GE propõe recomendações no projeto das interfaces

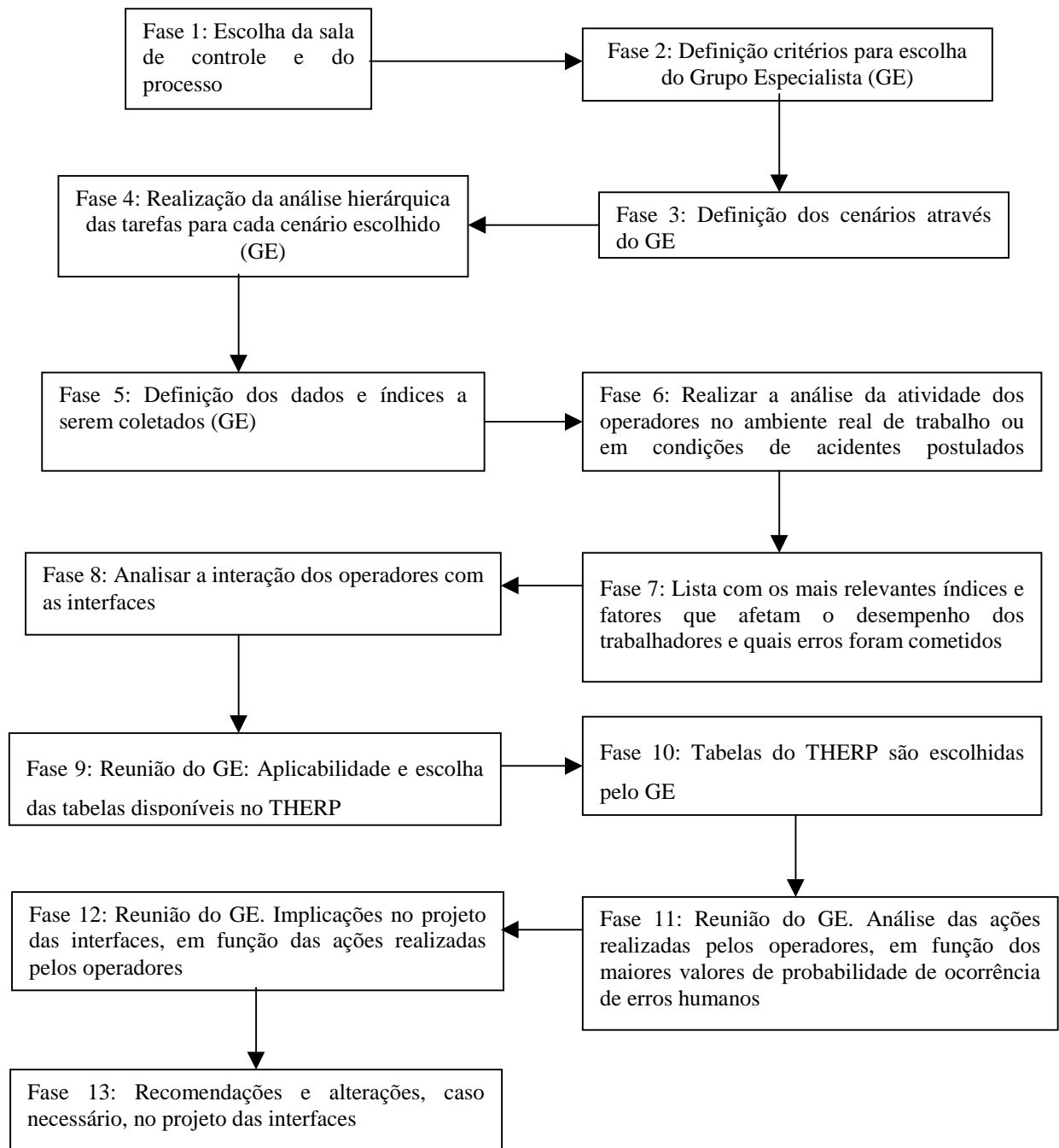


Figura 5: Metodologia para Avaliação das Interfaces Utilizando a Análise da Confiabilidade Humana

5. CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho é propor uma metodologia para avaliar interfaces gráficas de salas de controle avançadas de plantas industriais, utilizando um método de análise da confiabilidade humana de primeira geração, THERP, enfatizando o uso da análise da atividade dos operadores e julgamento de especialistas como ferramentas de auxílio para obtenção de dados qualitativos e quantitativos a serem usados na metodologia proposta. A metodologia, inicialmente, propõe reuniões de especialistas para definição dos cenários a serem analisados e simulados. Um grupo de especialista realiza a análise hierárquica das tarefas para cada cenário escolhido, definindo também os tipos de dados a serem coletados. Essas informações devem estar relacionadas com a interação dos operadores com as telas dos sistemas da planta industrial. A análise da atividade dos operadores no ambiente de trabalho real ou em condições de acidente simulado (simulador) e o processo de julgamento de especialistas constituem as ferramentas necessárias para obtenção de dados quantitativos e qualitativos (via log de eventos de um simulador ou através de gravações de áudio e vídeo do trabalho dos operadores). Os especialistas avaliam as dificuldades encontradas pelos operadores na operação das telas dos sistemas, os eventos relevantes de falha humana, as ações inseguras, os contextos em que as ações inseguras ocorreram e identificam os tipos de erros humanos nestes contextos.

O grupo de especialista, utilizando os dados coletados, analisa os índices e fatores que mais afetaram o desempenho dos operadores, verificando em quais etapas dos procedimentos de operação normal ou de emergência esses índices tiveram mais importância e maior relevância. Posteriormente, através do consenso, os especialistas escolhem as tabelas disponíveis no THERP, sempre considerando os problemas de interação dos operadores com as telas do sistema. Nesse contexto, valores de probabilidade de ocorrência de erros humanos são definidos. Após uma última análise, os maiores valores de probabilidade de ocorrência de erros humanos, em função das dificuldades de interação operadores sistemas, são escolhidos. Finalmente, com essas informações é possível

identificar quais problemas no projeto das interfaces operadores sistemas implicaram nos maiores valores de probabilidade de ocorrência de erros humanos. A metodologia proposta tem como objetivo possibilitar a avaliação de sistemas computadorizados de apresentação de informações, modos de navegação, formato das telas e sistemas de alarmes computadorizados de salas de controle avançadas de plantas industriais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CNEN-NE-1.01, Comissão Nacional de Energia Nuclear. Licenciamento de Operadores de Reatores Nucleares, 2005.
- [2] RASMUSSEN, J.; DUNCAN, K. E LEPLAT, J. *New technology and human errors*. Editora John Wiley & Sons, 1987.
- [3] SANTOS, I.J.A.L.; BORGES, C.; SANTANA, M.; CARVALHO, P.V.R.; OLIVEIRA, M.V.; MOL, A.C.; GRECCO, C.H. E AUGUSTO, S.C. *An Approach to Human-Centered Design of Nuclear Medical Equipments: The Systems of Capitation of the Thyroid*. International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2005. Santos, SP, Brazil, 2005.
- [4] STANTON, N. *Simulators: A Review of Research and Practice, Human Factors in Nuclear Safety*, p117, Taylor & Francis Ltd. 1996.
- [5] SORENSSEN, A.; CARVALHO, P.V.R.; KARLSSON, T.; MEYER, B.; NIHLWING, C.; NYSTAD, B. E SAARNI, R. *The Operator Interface of the BWR Simulator in HAMMLAB*. Technical Report. OECD HALDEN REACTOR PROJECT. Halden, Noruega. 1999.
- [6] MEISTER, D. *Human Factors in Reliabilit.*, New York, Mc Graw Hill , 1990.
- [7] SWAIN, A D. E GUTTMANN, H. E. *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications*. Sandia National Laboratories, NUREG/CR-1278, 1983.

- [8] LORENZO, D. K. *A Guide to Reducing Human Errors, Improving Human Performance in the Chemical Industry*. The Chemical Manufacturers' Association, Inc., Washington, DC, 1990.
- [9] KIRWAN, B. *A Guide to Practical Human Reliability Assessment*. London: Taylor and Francis, 1994.
- [10] REASON, J. *Human Error*. Cambridge University, 1990.