



UMA PROPOSTA DE FERRAMENTA PARA A ANÁLISE QUANTITATIVA DE FATORES HUMANOS EM INSTALAÇÕES NUCLEARES

Paulo Antonio Cheriff dos Santos

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Nuclear, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia Nuclear.

Orientadores: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e
Melo.

Marcelo Ramos Martins.

Rio de Janeiro

Março de 2019

UMA PROPOSTA DE FERRAMENTA PARA A ANÁLISE QUANTITATIVA DE
FATORES HUMANOS EM INSTALAÇÕES NUCLEARES

Paulo Antonio Cheriff dos Santos

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA NUCLEAR.

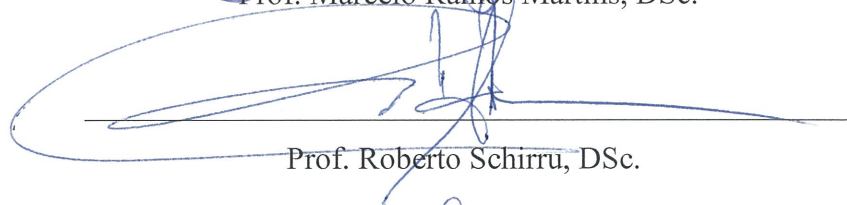
Examinada por:



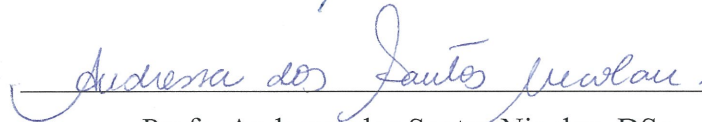
Prof. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, DSc.



Prof. Marcelo Ramos Martins, DSc.



Prof. Roberto Schirru, DSc.



Prof. Andressá dos Santos Nicolau, DSc.



Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, DSc.



Dr. Delvonei Alves de Andrade, DSc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2019

Santos, Paulo Antonio Cheriff dos

Uma Proposta de Ferramenta para a Análise Quantitativa de Fatores Humanos em Instalações Nucleares / Paulo Antonio Cheriff dos Santos. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

XII, 192 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e
Melo

Marcelo Ramos Martins.

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Nuclear, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 120-128.

1. Fator Humano. 2. Sistemas Sociotécnicos. 3. Análise de Segurança. I. Melo, Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e, *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Nuclear. III. Título.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais “*in memoriam*”, pelos cuidados e amparo que me permitiram seguir a minha vocação nesta vida.

Aos meus irmãos, pelo amor que nos une e fortalece.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e pelos dons que me concedeu para esta nova jornada.

Agradeço aos professores do PEN/COPPE/UFRJ e, em particular, aos orientadores Professores Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo e Marcelo Ramos Martins pela confiança em mim depositada, pelo incentivo, e pela liberdade e apoio durante todo o processo de realização desta tese.

Agradeço aos meus superiores e colegas de trabalho pela liberdade de ação que me concederam, a fim de que eu pudesse conciliar o meu trabalho com as atividades acadêmicas.

Ao PEN/COPPE/UFRJ, e aos seus funcionários, pelo suporte necessário ao trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

UMA PROPOSTA DE FERRAMENTA PARA A ANÁLISE QUANTITATIVA DE FATORES HUMANOS EM INSTALAÇÕES NUCLEARES

Paulo Antonio Cheriff dos Santos

Março/2019

Orientadores: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo
Marcelo Ramos Martins

Programa: Engenharia Nuclear

Este trabalho tem, por meio da modelagem de sistemas sociotécnicos, o objetivo de mensurar o impacto de fatores humanos no comportamento das instalações nucleares. A modelagem foi pautada nas variáveis da Teoria Geral da Administração (TGA) – Tarefa; Estrutura; Pessoas; Tecnologia; e Ambiente – e nos níveis de categorização do fator humano – Físico; Em Equipe; Psicológico; Organizacional; e Político - visando identificar as causas de fatores de desempenho (PSF) relevantes para a Análise da Confiabilidade Humana (ACH). A modelagem foi pautada no modelo da *International Association of Oil & Gas Producers* (IOGP) ao qual foi agregado o modelo de clima organizacional. Para a mensuração da percepção de especialistas, empregou-se a escala de magnitude, usual nas ciências sociais. A abordagem proposta evidenciou um potencial de identificação e discriminação ainda latente a ser explorado e testado por meio de um necessário estudo de campo. Aplicado em estudo de caso sobre o acidente de Fukushima Daiichi, resultou na identificação de um descritor que caracteriza um PSF interno (fator orgânico), tipo não considerado usualmente na análise de tarefas.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

A TOOL PROPOSAL FOR THE QUANTITATIVE ANALYSIS OF HUMAN
FACTORS IN NUCLEAR FACILITIES

Paulo Antonio Cheriff dos Santos

March/2019

Advisors: Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo
Marcelo Ramos Martins

Department: Nuclear Engineering

This work has, through the modeling of sociotechnical systems, the objective of measuring the impact of human factors on the behavior of nuclear facilities. The modeling was based on the variables of the General Theory of Administration (TGA) - Task; Structure; People; Technology; and Environment - and in the levels of categorization of the human factor - Physical; In a team; Psychological; Organizational; and Political - aiming to identify the causes of performance factors (PSF) relevant to the Human Reliability Analysis (HRA). The modeling was based on the model of the International Association of Oil & Gas Producers (IOGP) to which the organizational climate model was added. For the measurement of the perception of specialists, the scale of magnitude, usual in the social sciences, was used. The proposed approach evidenced a latent identification and discrimination potential to be explored and tested through a necessary field study. Applied in a case study on the Fukushima Daiichi accident, it resulted in the identification of a descriptor that characterizes an internal PSF (organic factor), type not usually considered in task analysis.

Sumário

| | |
|---|------------|
| LISTA DE FIGURAS..... | XI |
| LISTA DE TABELAS | XII |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Preliminares | 1 |
| 1.2 Tema Geral | 9 |
| 1.3 Delimitação do Tema..... | 10 |
| 1.4 Problema (delimitação do objeto)..... | 10 |
| 1.5 Pressupostos do Estudo | 10 |
| 1.6 Objetivo Geral | 10 |
| 1.7 Objetivos Específicos | 11 |
| 1.8 Justificativa..... | 11 |
| 1.9 Originalidade da tese | 14 |
| 1.10 Relevância do trabalho | 14 |
| 1.11 Estrutura da Tese | 15 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 16 |
| 2.1 – Fatores Humanos | 16 |
| 2.1.1 – As Lições do Acidente de Fukushima Daiichi | 16 |
| 2.1.2 – Os Fatores Humanos e Organizacionais na Segurança Nuclear à Luz do Acidente de Fukushima Daiichi | 17 |
| 2.1.3 – Fundamentação Teórica..... | 19 |
| 2.2 – Pesquisa em Fatores Humanos | 23 |
| 2.2.1 – Fatores Humanos no Domínio Nuclear | 25 |
| 2.2.2 – Fatores Humanos no Domínio das Indústrias Químicas e de Petróleo | 30 |
| 2.2.3 – Fatores Humanos no Domínio da Análise Organizacional dos Acidentes e Incidentes..... | 37 |
| 2.3 – A Modelagem de Sistemas Sociotécnicos | 40 |
| 2.3.1 – O Pensar sobre os Relacionamentos entre Pessoas e Tecnologia como Nova Abordagem de Pesquisa em Fatores Humanos: a Proposta de KIM VICENTE..... | 43 |

| | |
|---|-----------|
| 3. METODOLOGIA | 47 |
| 3.1 – Uma Proposta de Abordagem segundo uma Perspectiva Sociotécnica..... | 47 |
| 3.2 – A Estratégia de Organização da Lista de Verificação (<i>checklist</i>) segundo uma Perspectiva Sociotécnica | 61 |
| 3.3 – A Pesquisa em Fatores Humanos e sua Mensuração..... | 74 |
| 3.3.1 – A Medida em Ciências do Comportamento | 74 |
| 3.3.2 – As escalas de medida nas Ciências do Comportamento..... | 78 |
| 3.3.3 – A Escala de Magnitude..... | 79 |
| 3.3.4 – O Erro Amostral e o Erro Sistemático ou não Amostral | 84 |
| 4. ESTUDO DE CASO | 86 |
| 4.1 – Tipo de Estudo..... | 86 |
| 4.2 – Cenário de Estudo..... | 87 |
| 4.3 – Participantes do Estudo | 87 |
| 4.3.1 - Aspectos Éticos | 88 |
| 4.3.2 – O Projeto e o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) | 88 |
| 4.4 – Critérios de Inclusão..... | 88 |
| 4.5 – Critérios de Exclusão..... | 89 |
| 4.6 – Caracterização dos Participantes da Pesquisa | 89 |
| 4.7 – Técnica Utilizada e Procedimentos Metodológicos | 90 |
| 4.8 – Etapas da pesquisa..... | 94 |
| 4.8.1 – Primeira etapa: revisão bibliográfica..... | 94 |
| 4.8.2 – Segunda etapa: Pré-teste da lista de verificação (<i>checklist</i>) | 94 |
| 4.8.3 – Terceira etapa: <i>survey</i> (estudo de caso)..... | 96 |
| 4.8.4 – Quarta Etapa: Organização e Análise do Material Empírico | 96 |
| 4.8.5 – Resultados esperados..... | 97 |
| 4.8.6 – Produtos a serem gerados | 97 |
| 4.9 – Resultados e Discussão..... | 98 |
| 4.9.1 – A amostra de especialistas | 98 |
| 4.9.2 – A familiarização com a escala de magnitude. | 99 |
| 4.9.3– A Educação da Lista de Verificação (<i>checklist</i>) | 107 |
| 4.9.4– Estudo de Caso | 107 |
| Figura 16 - Fluxograma do procedimento pretendido dos respondentes | 109 |
| 4.9.4.1 – Tamanho da amostra..... | 109 |

| | |
|--|------------|
| 4.9.4.2 – A lista de verificação (<i>checlist</i>) referente ao “Nível Organizacional” e o relatório da IAEA sobre Fukushima Daiichi. | 110 |
| 4.9.4.3 – Dados obtidos | 111 |
| 4.9.4.4 – Comentários sobre a validade e a confiabilidade da mensuração | 115 |
| 5. CONCLUSÕES | 118 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 120 |
| ANEXO A - REPRESENTAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS DIMENSÕES NAS VARIÁVEIS, POR NÍVEL DE CATEGORIZAÇÃO | 129 |
| ANEXO B - LISTA DE VERIFICAÇÃO (<i>CHECKLIST</i>) PARA AVALIAÇÃO DOS FATORES HUMANOS EM INSTALAÇÕES NUCLEARES | 130 |
| ANEXO C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE-ESPECIALISTAS | 159 |
| ANEXO D - EMPARELHAMENTO INTERMODAL – EN | 165 |
| ANEXO E – EMPARELHAMENTO INTERMODAL - PL..... | 175 |
| ANEXO F – CÁLCULO DO EXPOENTE (<i>N</i>) | 185 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1 – Modelo para fatores humanos baseado no modelo da IOGP – Domínios e Dimensões | 35 |
| Figura 2 - Adaptação do modelo da IOGP com a inserção do Clima Organizacional proposto por MARRA (2004) | 58 |
| Figura 3 - Incidência das Dimensões dos modelos IOGP e Clima Organizacional pelas Variáveis da TGA | 61 |
| Figura 4 - Incidência das Dimensões dos modelos IOGP e Clima Organizacional pelos Níveis de Categorização | 62 |
| Figura 5 – Distribuição de dimensões no Nível Físico | 64 |
| Figura 6 – Distribuição de dimensões no Nível Psicológico | 65 |
| Figura 7 – Distribuição de dimensões no Nível Em Equipe | 66 |
| Figura 8 – Distribuição de dimensões no Nível Organizacional | 67 |
| Figura 9 – Distribuição de dimensões no Nível Político | 68 |
| Figura 10 - Modelo tridimensional da distribuição de descritores de uma dimensão..... | 70 |
| Figura 11 - Objetivo da aplicação do checklist para as Fases da Análise da Confiabilidade Humana (ACH) | 72 |
| Figura 12 – Expoentes da Função de Potência | 91 |
| Figura 13 - Fases do processo de identificação de PSF | 97 |
| Figura 14 – Itens da Escala Likert de cinco pontos | 99 |
| Figura 15 – Itens da Escala Fuzzy | 101 |
| Figura 16 - Fluxograma do procedimento pretendido dos respondentes | 108 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Alguns PSF considerados na ACH | 7 |
| Tabela 2 - Domínios e dimensões componentes do modelo de Clima Organizacional. | 51 |
| Tabela 3 - Dimensões e Descritores do Domínio Motivacional | 52 |
| Tabela 4 - Dimensões e Descritores do Domínio Organizacional | 54 |
| Tabela 5 – Dimensões e Descritores do Domínio Gerencial..... | 55 |
| Tabela 6 – Dimensões e Descritores do Domínio Psicossocial | 56 |
| Tabela 7 – Dimensões e Descritores do Domínio Ocupacional | 56 |
| Tabela 8 – Modelo de Matriz para a Conjugação das Variáveis da TGA com os Níveis de Categorização do Fator Humano | 59 |
| Tabela 9 – Indicação da incidência das dimensões dos domínios dos modelos da IOGP e do Clima Organizacional na matriz concebida | 60 |
| Tabela 10 - N.º de Dimensões e Descritores - Nível Físico | 69 |
| Tabela 11 - – N.º de Dimensões e Descritores - Nível Psicológico | 69 |
| Tabela 12 – N.º de Dimensões e Descritores – Nível Em Equipe | 69 |
| Tabela 13 – N.º de Dimensões e Descritores - Nível Organizacional | 70 |
| Tabela 14 – N.º de Dimensões e Descritores - Nível Político | 70 |
| Tabela 15 – Qualificação dos especialistas. | 108 |
| Tabela 16 – Conjunto de descritores | 109 |
| Tabela 17 – Tabulação da Escala Likert | 110 |
| Tabela 18 – Tabulação da Escala Fuzzy | 112 |
| Tabela 19 – Escala de Magnitude – Estimativa Numérica | 113 |
| Tabela 20 - Escala de Magnitude – Produção de Linha | 114 |
| Tabela 21 - Determinação do expoente (n) da Função Potência | 115 |
| Tabela 22 – Ordenação dos descritores segundo o valor de n | 105 |
| Tabela 23 - Dimensões da Lista de Verificação <i>versus</i> Relatório da IAEA | 108 |
| Tabela 24 - Descritores mais relevantes para identificação de PSF..... | 109 |

1. INTRODUÇÃO

1.1 Preliminares

A experiência acumulada com as investigações, e seus estudos e análises decorrentes, dos acidentes industriais, dentre outros, ocorridos nas últimas oito décadas, mostra claramente que os fatores organizacionais e humanos têm um impacto significativo na probabilidade de falha de sistemas e de acidentes ao longo do ciclo de vida de uma instalação (ATTWOOD *et al.*, 2005). Os autores destacam como acidentes significativos com questões afetas a fatores humanos os seguintes: Flixborough, Inglaterra 1974 (vazamento de ciclohexano); Seveso, Itália, 1976 (vazamento de dioxina); Three Mile Island (TMI), Harrisburg, PA, 1979 (perda de controle de reação nuclear resultando na destruição parcial do núcleo do reator); Newfoundland, Canada, 1982 (colapso da plataforma oceânica Ranger); Bhopal, Índia, 1984 (vazamento de isocianato de metila); Pasadena, TX, 1989 (liberação de vapores inflamáveis e explosão); e Milford, UK, 1994 (incêndio de grandes proporções).

No domínio nuclear, TMI (1979), Chernobil, Ucrânia/URSS, 1986 (explosão do núcleo do reator n.º 4) (LLORY, 1999), Tokai-mura, prefeitura de Ibaraki no Japão, 1999, (acidente de criticalidade em 30 de setembro de 1999, que matou um trabalhador da Planta da JCO Company Limited, e quebrou o mito de segurança da indústria nuclear japonesa) (SASOU, 2000) e Fukushima, Japão, 2011 (liberação de radiação decorrente de explosões de vapor em três dos seis reatores da usina, após terremoto de 9 pontos da Escala Richter) (LLORY e MONTMAYEUL, 2014) são acidentes nos quais fatores humanos estão na sua origem. Seveso (1976), para o setor químico, e TMI (1979), para o nuclear, provocaram “importantes revisões da concepção da segurança industrial” daqueles setores (LLORY e MONTMAYEUL, 2014).

Embora o papel dos fatores humanos e organizacionais como causa¹ do acidente seja bem reconhecido (RANKIN e KRICHBAUN, 1998; FLIN, 2007), atualmente inúmeras indústrias ainda não têm métodos formais para a quantificação de seus efeitos sobre o risco. Erros humanos e organizacionais ainda são controlados principalmente por meio da garantia tradicional da qualidade e medidas de controle da qualidade. Esta

¹ A visão de causa de acidentes atribuída a fatores humanos é contestada por especialistas e pesquisadores da engenharia de resiliência, como por exemplo Erik Hollnagel, um pioneiro nessa área (HOLLNAGEL, E., WOODS, D. D. e LEVESON, N. C., 2006). Consideram-se, nesta pesquisa, autores e pesquisadores que tratam fatores humanos como causa de acidentes, tais como LLORY (1999), LLORY e MONTMAYEUL (2014), REASON (1994) e VICENTE (2004).

abordagem pode ser adequada para sistemas e operações mais simples, mas claramente não é suficiente para gerenciar grandes riscos em operações complexas, como uma planta de processo ou instalação de energia nuclear.

Fatores humanos têm sido descritos como “fatores ambientais, organizacionais e de trabalho e características humanas e individuais que influenciam os comportamentos no trabalho de uma forma que podem afetar a saúde e segurança” (LE MAY, 2008); esses são, então, fatores comportamentais gerados por pessoas e, como tal, envolvem a função da cognição, existindo três elementos, relacionados entre si, que determinam o fator humano: 1. A natureza do trabalho ou tarefa; 2. O indivíduo e suas características; 3. A organização, seus sistemas e sua cultura, que pode ou não incluir um sistema de gestão da segurança (LE MAY, 2008). Este também é o entendimento do *Health and Safety Executive* (HSE), (HSE, 1991) que utiliza a seguinte definição: “fatores humanos se referem aos fatores ambientais, organizacionais e do trabalho, e às características individuais e humanas as quais influenciam o comportamento no trabalho de forma a poder afetar a segurança e a saúde” (HSE, 2002).

A essa adicionamos outras três definições destacadas por ATTWOOD *et al.* (2005): 1 – “o ramo da ciência e da tecnologia que inclui o que é conhecido e teorizado sobre as características humanas comportamentais e biológicas que podem ser validamente aplicadas à especificação, ao projeto, à avaliação, operação e manutenção de produtos e sistemas para melhorar sua segurança efetiva, e o uso satisfatório por indivíduos, grupos e organizações”; 2 – “fatores ambientais, organizacionais e de tarefa e características humanas e individuais que influenciam o comportamento no trabalho de uma forma que pode afetar a saúde e a segurança”; e 3 – “a interação de indivíduos uns com os outros, com instalações e equipamentos e com os sistemas de gestão”. Várias são as definições e entendimentos sobre fatores humanos, mas todas elas têm o mesmo objetivo – ajustar a tarefa e o ambiente à pessoa em vez de obrigá-la a adaptar-se de forma significativa a fim de realizar o trabalho.

Assim, a cultura organizacional, a pessoa, suas próprias características, e a natureza da tarefa, são elementos que influenciam o desempenho de um indivíduo no trabalho e que podem provocar incidentes e/ou acidentes. O fator humano se une com as condições físicas e culturais presentes dentro de uma organização, dando origem a erros latentes que se combinam/aliam aos atos inseguros e/ou às condições inseguras da planta, atuando, como catalisadores, para a ocorrência do incidente e/ou acidente.

Contudo, é conveniente destacar que a cultura de uma organização – “a forma como realizamos as nossas tarefas e resolvemos os problemas que se apresentam no dia a dia da nossa empresa” (LE MAY, 2008) - tem uma influência muito significativa sobre a cadeia de eventos que leva a um acidente, e que as condições latentes não representam, necessariamente, um perigo, até que uma sequência combinada de eventos particulares as exponham. Uma vez que a cultura de segurança tem sido definida como “... o produto dos valores individuais e de grupo, atitudes, percepções, competências e padrões de comportamento que determinam o compromisso, o estilo e competência, da gestão da saúde e segurança de uma organização” (LE MAY, 2008), podemos considerar que os aspectos fundamentais que a caracterizam são o compromisso de uma gestão visível (recursos e apoio adequados e liderança pelo exemplo, apoiando ativamente as políticas de segurança); e a boa comunicação entre todos os níveis de funcionários da empresa. Sob esse viés, a cultura de segurança de uma organização, em todos os aspectos, fica subordinada à prática de uma gestão eficiente e à cultura dominante na organização (LE MAY, 2008). Aqui se evidencia a importância da pesquisa dos fatores humanos para uma adequada identificação de agentes que afetam o desempenho humano.

Qualquer agente que influencie o desempenho humano é denominado *Performance Shaping Factor* – PSF, ou fator de desempenho humano (NRC, 1983). ZIO (2009) denomina PSF ou *Performance Influencing Factors* (PIF) os fatores representativos dos efeitos do ambiente sobre o desempenho humano na execução de uma tarefa.

REASON (1994), ao analisar a falha humana na ocorrência dos acidentes, conclui que: “somente uma proporção relativamente pequena das causas-raízes foi, na verdade, iniciada pelos trabalhadores da linha de frente. A maioria foi originada em “atividades relacionadas à manutenção ou em más decisões tomadas nas esferas gerenciais ou organizacionais”. Para REASON (1994), os trabalhadores que exercem suas atividades nas linhas de frente dos processos, ao invés de serem os principais fomentadores dos acidentes, “tendem a ser os herdeiros de defeitos no sistema criados por um projeto de baixa qualidade, instalação incorreta, falhas de manutenção e más decisões gerenciais”. Flixborough (1974), Bhopal (1984), Chernobil (1986), Challenger (1986), T2 Laboratories, Inc. (2007) e Texas Tech

University Laboratory Explosion (2010) são alguns exemplos de acidentes que apresentam tipos de causas-raízes, apontadas por REASON (1994).

Tokai-mura (1999) e Fukushima (2011) constituem exemplos que estão relacionados a atividades de manutenção e/ou más decisões gerenciais ou organizacionais, aspectos destacados por REASON (1994) como a maioria das causas-raízes responsáveis pela falha humana na ocorrência dos acidentes. Em Tokai-mura (1999), ao desviar-se do método de processamento autorizado pelo governo e negligenciar o procedimento anual, a companhia chocou as autoridades/agentes públicos (*nuclear people*) e destruiu a confiança do povo japonês na indústria nuclear. A causa imediata desse acidente foi o ato inseguro dos trabalhadores de despejar cerca de 16kg-U em um tanque de precipitação. Contudo, a análise do acidente mostrou que por trás da causa imediata (erro humano) estavam muitos fatores latentes estreitamente relacionados com a política da empresa sobre negócios e segurança. Pode-se dizer que os três trabalhadores e outras pessoas que, direta ou indiretamente, causaram este acidente são as vítimas da política omissa e improvidente (*poor*) da empresa (SASOU, 2000). Entende-se por erro humano uma falha em executar/cumprir uma tarefa específica (ou a execução de uma ação não permitida) que pode levar à ruptura da operação padronizada ou resultar na avaria de bens e equipamentos² (DHILLON, 2007).

O acidente ocorrido na central nuclear de Fukushima Daiichi (2011) mostrou que, para melhor identificar as vulnerabilidades das plantas, é necessário adotar uma abordagem integrada que leve em conta as complexas interações entre pessoas, organizações e tecnologia (IAEA, 2015). ALVARENGA e FRUTUOSO E MELO (2015) enfatizam que o acidente de Fukushima foi claramente um acidente causado pelo homem e não causado por fenômenos naturais como inicialmente noticiado pela mídia. Eles destacam o relatório da comissão de investigação de acidentes do Parlamento Japonês (NDJ, 2012) que afirma claramente que as causas principais do acidente foram estruturas organizacionais e reguladoras que sustentaram decisões erradas e não quaisquer questões relacionadas à competência de qualquer indivíduo específico.

² Esse conceito diferencia-se de confiabilidade humana, entendida neste estudo como a probabilidade de execução com sucesso de uma tarefa por humanos num estágio requerido de operação de um sistema num dado limite mínimo de tempo (se o tempo exigido é especificado); e de fatores humanos, compreendido como um estudo do inter-relacionamento entre humanos, as ferramentas que eles usam, e o meio ambiente no qual eles vivem e trabalham, como já definido neste estudo (DHILLON, 2007).

Seja qual for o enfoque que adotemos, esse entendimento reconhece o homem como a própria fonte da incerteza inerente à segurança, pois os sinais precursores de falha não emanam diretamente do sistema técnico, mas provêm dele, que explora, controla, gere, corrige e concebe o sistema (LLORY, 1999).

Assim, naturalmente, as preocupações das organizações convergem para a prevenção das falhas humanas, ação que depende de um nítido conhecimento dos fatores que podem influenciar negativamente o desempenho dos operadores de uma instalação.

Os fatores organizacionais são avaliados por meio de modelos de análise de confiabilidade humana que empregam fatores de modelagem de desempenho, como treinamento, experiência, procedimentos, gestão, comunicação e cultura. Vários estressores psicológicos e fisiológicos individuais para os seres humanos também são tratados por esses fatores. (NRC, 1983)

Ao modelar o desempenho humano para a Avaliação Probabilística de Riscos (APR), é necessário considerar aqueles fatores que têm mais efeito no desempenho. Muitos fatores afetam o desempenho humano em um sistema homem-máquina complexo como nas instalações nucleares. Alguns desses fatores de desempenho (PSF) são externos à pessoa e alguns são internos. Os PSF externos incluem todo o ambiente de trabalho, especialmente o design do equipamento e os procedimentos escritos ou instruções orais. Os PSF internos representam as características individuais da pessoa – suas habilidades, motivações e expectativas que influenciam seu desempenho. Estresses psicológicos e fisiológicos resultam do ambiente do trabalho, em que as demandas impostas ao operador pelo sistema não estão de acordo com as suas capacidades e limitações. Para realizar uma Avaliação da Confiabilidade Humana (ACH), um analista deve identificar os PSF que são mais relevantes e influentes nas tarefas estudadas. (NRC, 1983)

Os PSF são divididos em três classes: PSF externos – aqueles que estão fora do indivíduo; PSF internos – aqueles que operam dentro do próprio indivíduo; e estressores – qualquer força externa ou interna que atuando sobre o indivíduo cause estresse (NRC, 1983).

Os PSF externos incluem todo o ambiente de trabalho, especialmente o projeto de equipamento e os procedimentos escritos ou instruções orais. Dividem-se em: características situacionais (PSF gerais para uma ou mais ocupações em situação de

trabalho); Instruções de trabalho e tarefas (única ferramenta mais importante para a maioria de tarefas); e Características de Tarefas e Equipamentos (PSF específicos para tarefas em uma ocupação) (NRC, 1983).

Os PSF internos representam as características individuais da pessoa – suas habilidades, motivações e expectativas que, por consequência, influenciam o seu desempenho. Estão relacionados a fatores orgânicos, características das pessoas resultantes de influências internas e externas (NRC, 1983).

Os PSF estressores resultam do ambiente de trabalho no qual as exigências colocadas no operador pelo sistema não estão em conformidade com as suas capacidades e limitações. Dividem-se em estressores psicológicos (PSF que afetam diretamente o estresse mental), e estressores fisiológicos (PSF que afetam diretamente o estresse físico) (NRC, 1983).

Um sistema homem-máquina bem projetado é aquele em que as demandas da tarefa são coerentes com as capacidades do trabalhador, suas limitações e necessidades. Na medida em que essa consistência não é alcançada, podem ser esperados erros humanos e degradação da motivação. Esse último efeito pode, é claro, atuar para aumentar a frequência de erros, e assim por diante. Esse exemplo mostra o porquê da conveniência do emprego do termo “estressores”, em vez de estresses, para indicar alguns PSF, ou a combinação de PSF, que podem ser mensurados, acompanhados ou, pelo menos, inferidos a partir de, por exemplo, uma *survey* (FREITAS 6L 6L. 2000), observação e entrevistas, a fim de identificar aqueles que podem facilitar ou dificultar um desempenho confiável (NRC, 1983).

O NRC (1983), na Tabela 3.2 (p.3.8), reproduz uma lista de PSF que poderiam ser aplicados em sistemas homem-máquina, muito embora alguns, na época, não fossem aplicáveis a instalações nucleares (por exemplo, extremos de força-G).

Os modelos quantitativos para a avaliação do desempenho humano estão centrados em combinações de PSF, que são os principais determinantes das probabilidades de erros humanos. Esses modelos baseiam-se no modo como os humanos percebem, processam e respondem aos *inputs* (estímulos) que recebem do sistema (NRC, 1983).

Para a identificação dos PSF importantes que afetam o desempenho de uma tarefa, é empregado um procedimento analítico denominado “análise de tarefa” (em

qualquer de suas muitas formas), cujo propósito é identificar os elementos humanos relevantes para as tarefas e identificar o potencial de erro humano (NRC, 1983).

A análise de tarefas é a ferramenta comumente empregada por especialistas em fatores humanos para aplicações tanto qualitativas quanto quantitativas, por meio de um processo analítico, que tem como propósito determinar os comportamentos específicos requeridos dos componentes humanos num sistema homem-sistema. O desempenho detalhado exigido de pessoas e equipamentos, bem como dos efeitos sobre eles das condições ambientais, das falhas e de outros eventos inesperados, fornece a matéria-prima necessária para a Análise da Confiabilidade Humana – ACH (*Human Reliability Analysis – HRA*) orientada para Avaliações Probabilísticas de Risco (*Probabalistic Risk Assessments – PRA*) de usinas nucleares (NRC, 1983) e (NRC, 2012).

ALVARENGA e FRUTUOSO E MELO (2015) destacam quinze PSF que são importantes para a ACH, segundo as NRC (2005) e NRC (2006). Organizando esses PSF segundo a sua natureza organizacional, que é proposta pelos autores, e as classes de PSF (NRC, 1983), elaboramos a Tabela 1 a seguir disposta.

Tabela 1 – Alguns PSF considerados na ACH

| Classe de PSF | Tipo de PSF | Natureza Organizacional |
|---|--|---|
| Externos | | |
| Características Situacionais | Qualidade de Treinamento | Organizacional |
| | Dinâmica e características da tripulação | Fatores de Interação em Grupo |
| | Pessoal e recursos disponíveis | Fatores Organizacionais e de Interação em Grupo |
| | Fatores ambientais | Fatores ergonômicos de design |
| | Necessidade de ferramentas especiais | Fatores ergonômicos de design |
| Instruções de Trabalho e Tarefas | Qualidade dos procedimentos e administração | Organizacional |
| | Comunicação (estratégia e coordenação) e se pode ser ouvida facilmente | Fatores de Interação em Grupo |

| Continuação da Tabela 1 – Alguns PSF considerados na ACH | | |
|--|--|-------------------------------|
| Classe de PSF | Tipo de PSF | Natureza Organizacional |
| Características de Tarefas e Equipamentos | Disponibilidade e clareza da instrumentação | Interface homem-sistema |
| | Complexidade do diagnóstico requerido e resposta | Cognitivo |
| | Qualidade ergonômica da interface homem-sistema | Fatores ergonômicos de design |
| | Acessibilidade e operabilidade de equipamento a ser manobrado/manuseado | Fatores ergonômicos de design |
| | Necessidades especiais de <i>fitness</i> | Fatores ergonômicos de design |
| Internos | | |
| Fatores Orgânicos | _____ | _____ |
| Estressores | | |
| Psicológicos | Equipe disponível e tempo necessário para concluir o ato, incluindo o impacto das atividades pertinentes | Cognitivo |
| | Tempo de carga de trabalho, pressão e estresse | Cognitivo |
| | Desvios / desvios da sequência de acidentes | Cognitivo |
| Fisiológicos | _____ | _____ |

É importante destacar que na Tabela 1 não estão listados PSF internos relacionados a fatores orgânicos, características das pessoas resultantes de influências internas e externas (NRC, 1983) e estressores fisiológicos que afetam diretamente o estresse físico (NRC, 1983).

Além do aspecto acima citado, tem-se que a abordagem para a modelagem do desempenho humano é apenas aproximada. Passados os anos, permanece a impossibilidade de ponderação para cada PSF individual que seria aplicável à tarefa

e/ou situação específica em que um analista esteja interessado. Uma razão para essa limitação é que a maioria dos PSF interage, e os efeitos dessas interações são geralmente complexos. Continua-se empregando orientações de manuais para identificar as combinações mais importantes de PSF em cada tarefa que está em análise. O analista deve usar sua experiência para ajustar essas combinações de PSF às considerações específicas da tarefa. Assim, os modelos de desempenho humano e dados derivados do manual estão baseados, em grande medida, em uma influência estimada de diferentes combinações e níveis de PSF, por meio de abordagem linear (NRC, 1983).

Por outro lado, os ambientes de trabalho passaram a ser muito mais exigentes em termos de habilidades cognitivas de raciocínio ao invés de habilidades sensório-motoras, em face do aumento do grau de automação dos sistemas e da sofisticação das interfaces, seguindo as regras e os princípios previstos pelos projetistas, fato que demanda uma maior atenção da ACH sobre os processos cognitivos e organizacionais do que no desempenho comportamental (CACCIABUE, 2000) e uma decorrente ampliação do escopo da análise aos sistemas sociotécnicos (ZIO, 2009).

A partir do panorama apresentado, e tendo por base os aspectos levantados por CACCIABUE (2000) e ZIO (2009), torna-se imprescindível pensar na seguinte questão: “Um melhor mapeamento e avaliação dos Fatores Humanos nos sistemas sociotécnicos poderão aprimorar a identificação das fontes de influência dos processos cognitivos e organizacionais no desempenho do operador?”

No presente estudo, as percepções de especialistas, por meio da avaliação do acidente de Fukushima Daiichi (2011), a partir do relatório emitido pela *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (IAEA, 2015), acerca da avaliação da segurança daquelas instalações, realizada pós-acidente e pautada na descrição do porquê e da forma da sua ocorrência, serão adotadas para identificação de fatores de desempenho (PSF), originários de aspectos críticos da planta no que refere aos fatores humanos e organizacionais, relevantes para o levantamento inerentes às fases qualitativas e quantitativas da Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

1.2 Tema Geral

Fatores Humanos e Confiabilidade Humana em instalações nucleares.

1.3 Delimitação do Tema

A necessidade de identificação e levantamento, nas fases qualitativas e quantitativas, dos Fatores de Desempenho (PSF) para a Análise da Confiabilidade Humana (ACH) em instalações nucleares.

1.4 Problema (delimitação do objeto)

A determinação das probabilidades de erros humanos faz-se por meio de modelos quantitativos de desempenho humano que se baseiam no modo como os humanos percebem, processam e respondem aos *inputs* (estímulos) que recebem do sistema (NRC, 1983). Contudo, esses modelos de desempenho humano e dados derivados de manuais estão, em grande medida, baseados, por meio de abordagem linear, em uma influência estimada de diferentes combinações e níveis de fatores de desempenho (PSF) que inibem e não permitem a identificação de todos os aspectos críticos de uma planta/instalação nuclear.

1.5 Pressupostos do Estudo

As condições físicas e culturais presentes em uma organização geram estressores que são a fonte de erros latentes, que uma vez combinados/aliados aos atos inseguros e/ou às condições inseguras da planta, atuam, como catalisadores, para a ocorrência do incidente e/ou acidente³.

1.6 Objetivo Geral

Mensurar o impacto de fatores humanos no comportamento das instalações nucleares, a fim de subsidiar o processo de diagnóstico interno das organizações necessário à implantação e gerenciamento dos sistemas de segurança, mediante a identificação dos aspectos críticos da planta que possam ser origem de fatores de desempenho (PSF) relevantes para o levantamento inerentes às fases qualitativas e quantitativas da Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

³ No domínio nuclear, a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), introduziu, em 1990, a escala de gravidade de incidentes e acidentes nucleares (International Nuclear Event Scale – INES), constituída de sete níveis. Os três primeiros níveis referem-se a incidentes e os quatro subsequentes a acidentes. Enquadram-se em incidentes eventos que: não afetem a população ou o meio ambiente, e aqueles que não comprometem, ou comprometem em pequena escala, os mecanismos de segurança das instalações nucleares; e os que expõem trabalhadores, com consequências não letais, a radiação acima do limite legal anual ou do limite legal pré-fixado. Acidente é caracterizado por liberação de materiais radioativos para o ambiente externo ou dentro de uma instalação (<https://www.iaea.org/newscenter/news/improving-ines-scale>).

1.7 Objetivos Específicos

- Desenvolver e testar um instrumento de medida do impacto dos fatores humanos em instalação nuclear.
- Identificar Fatores de Desempenho (PSF) relevantes para o levantamento inerentes às fases qualitativas e quantitativas da Análise da Confiabilidade Humana (ACH) em instalações nucleares.
- Validar lista de verificação (*checklist*) para a mensuração da percepção de operadores sobre aspectos operacionais de plantas/instalações nucleares.
- Organizar lista de verificação (*checklist*) para a mensuração da percepção de operadores sobre aspectos operacionais de plantas/instalações complexas.

1.8 Justificativa

O papel dos operadores de instalações complexas tem sofrido modificações significativas com a adoção de novas tecnologias. Com o uso cada vez mais extensivo da automação e princípios novos de projeto de controle, os operadores vêm, progressivamente, se tornando supervisores de procedimentos realizados automaticamente e tomadores de decisão em um contexto de processos de gestão partilhada. Essa mudança de papel, aliado à natureza dinâmica da interação homem-máquina, afeta a análise de risco, tornando as funções cognitivas e fatores organizacionais muito mais impactantes e relevantes do que os desempenhos comportamental e físico (CACCIABUE, 2000), o que evoca, em princípio, a necessidade da avaliação da significância, ou não, dos PSFs internos e estressores fisiológicos.

O âmbito da avaliação de risco, como uma metodologia que permita avaliar e estimar o risco associado a um sistema, modificou-se ao longo dos anos, expandindo progressivamente sua influência a áreas como a gestão da segurança, desenvolvimento de regulamentação, e projeto. Embora esse crescimento revele o poder e a validade da abordagem metodológica, também exige que os novos métodos e técnicas sejam desenvolvidas de forma a satisfazer os requisitos e as especificações de novas áreas e domínios de aplicação. Nesse sentido, fornecer medidas numéricas da probabilidade de certos eventos, e de suas consequências associadas, ainda é um requisito muito importante para ser satisfeito. CACCIABUE (2000) destaca que, independentemente da

aplicação específica de avaliação de risco que está sendo executada, quando o objetivo do analista inclui a quantificação do risco associado a um determinado sistema, duas condições principais devem ser satisfeitas:

1. disponibilidade de uma base de dados adequada, ou pelo menos de uma técnica consolidada para a coleta de dados, que se adapte à construção teórica que sustenta a análise de risco; e

2. aplicação de um quadro metodológico adequado, de modo a vincular diferentes métodos e técnicas utilizadas na aplicação geral da Avaliação Probabilística de Riscos/Avaliação Quantitativa de Riscos (APR/AQR). A APR/AQR examina a frequência de um acidente e suas possíveis consequências.

Esses aspectos, de acordo com diferentes domínios industriais, têm diferentes implicações e significados para as metodologias de APR/AQR. Isso se deve a razões históricas relacionadas, por um lado, com a natureza da indústria em causa e, por outro, à evolução dos regulamentos que, na realidade, são também um pouco dependentes da ocorrência de acidentes graves num contexto industrial específico (CACCIABUE, 2000).

APR é um acrônimo para Avaliação Probabilística de Risco. É também denominada de “Avaliação Probabilística de Segurança (APS). A APR responde a três perguntas fundamentais: o que pode dar errado? Quão provável é isso? E quais são as consequências? Ela é um processo de análise de engenharia que modela uma instalação complexa, tal como uma usina nuclear, como um sistema. Ao responder as três questões fundamentais de risco, ele fornece informações qualitativas e quantitativas. Ele constrói e representa o estado atual do conhecimento em relação a: quais aspectos de *design*, operação e ambientais (físicos e reguladores) da planta são importantes para o risco, quais elementos não são importantes e por quê; e o qual é a magnitude do risco total associado à planta (NRC, 2016). A comunidade internacional usa o termo Avaliação Probabilística de Segurança (APS) em vez de APR (IAEA, 2010). Para todos os efeitos, esses termos são equivalentes.

Inicialmente, houve uma expansão progressiva da abordagem baseada no risco da indústria aeroespacial, em conexão com a análise de sistemas eletrônicos, para as usinas nucleares, incluindo instalações de produção e de resíduos nucleares, e depois para o petróleo e fábricas de produtos químicos. No entanto, a diferença existente nos processos físicos e químicos, bem como em estratégias e procedimentos de controle,

levou ao desenvolvimento de técnicas específicas dedicadas aos problemas específicos em cada domínio. Como exemplo, o HAZOP (“*Hazard and Operability Study*” ou “Estudo de Perigos e Operabilidade”) foi introduzido em indústrias químicas como uma abordagem qualitativa para a análise sistemática formal do processo e de concepções de engenharia para avaliar o risco potencial de desvios e má operação e os consequentes efeitos. O HAZOP foi estimado como necessário para a avaliação preliminar de um sistema complexo que apresenta vários processos, que ocorrem em sequência ou em paralelo, e envolvem, cada um deles, muitas reações químicas de risco (CACCIABUE, 2000).

No domínio nuclear, outras questões têm centrado a atenção na avaliação de segurança, tais como a avaliação de diferentes “níveis” de análise de acordo com o risco de liberação de material radioativo (perda de contenção) no interior do vaso do núcleo do reator “Análise Probabilística de Segurança (APS) de nível 1”, ou dentro do prédio do reator “APS de nível 2”, ou para a atmosfera “APS de nível 3” (CACCIABUE, 2000).

Normas de segurança e medidas especialmente reativas impostas à indústria por autoridades de segurança na sequência de acidentes graves, têm um impacto ainda mais importante sobre as diferentes evoluções dos métodos de avaliação de risco do que as diferenças devido aos tipos de processos. Como exemplo, a AQR na indústria química, definida como a identificação de perigos potenciais, a estimativa das consequências, a avaliação da probabilidade de ocorrência e a comparação dos resultados com base em critérios de aceitabilidade, é hoje parte de uma abordagem sistêmica maior, conhecida como o SMS (Sistema de Gestão da Segurança). Esse método é uma medida proativa típica para a avaliação da segurança, que considera uma planta como um sistema integrado, e combina normas, orientações, procedimentos locais, auditoria, política de segurança, e a AQR. O desenvolvimento e aplicação de SMS para a prevenção de acidentes seguiu-se, na Europa, à ocorrência de uma série de acidentes muito graves, no final dos anos 70 do século passado, no domínio das plantas de processos químicos. Portanto, na indústria química, a AQR faz parte de uma abordagem sistêmica maior e tem de prover avaliações importantes de risco, em termos quantitativos e qualitativos, para sustentar os outros elementos do SMS.

No domínio nuclear, as autoridades de segurança não têm mantido o conceito de SMS. No entanto, os regulamentos da maioria dos países exigem que a análise APS de

“nível 3” seja executada, ou seja, que o risco para a exposição da população à liberação de material radioativo após um acidente seja calculado. Portanto, a avaliação probabilística, e as relacionadas distribuições de incerteza, do termo fonte para o cálculo do efeito na população e no meio ambiente tornaram-se muito importantes. Em resumo, sempre que uma análise de risco é realizada para avaliar ou estimar o nível de segurança de uma planta, as diferenças acima mencionadas entre os diversos setores da economia, os seus diferentes domínios industriais, e o escopo de cada avaliação de riscos, são cuidadosamente levadas em consideração (CACCIABUE, 2000).

1.9 Originalidade da tese

A originalidade da tese reside na proposta de uma ferramenta para análise quantitativa de fatores humanos em instalações nucleares mediante a modelagem de sistemas sociotécnicos pautada nas variáveis da Teoria Geral da Administração (TGA) – Tarefa; Estrutura; Pessoas; Tecnologia; e Ambiente – e nos níveis de categorização propostos por VICENTE (2004), que poderão contribuir para a identificação das causas raízes dos *Performance Shaping Factor* – PSF externos, internos e estressores.

A lista de verificação (*checklist*), assim concebida, foi aplicada por meio do emprego de escala de magnitude, de uso nas ciências sociais, para a identificação de aspectos que possibilitem a identificação adequada de todos os PSF relevantes, decorrente das interações entre pessoas e entre pessoas e tecnologia, e seus efeitos, de forma a subsidiar as fases de Familiarização e Avaliação Qualitativa da Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

1.10 Relevância do trabalho

Contribuir para a obtenção de um quadro que possibilite uma representação adequada e modelagem de sistemas sociotécnicos, que se originam da percepção de que o desempenho humano, no nível operacional, não pode ser considerado isolado da cultura local, fatores sociais e políticos de gerenciamento existentes na organização, bem como acorrer para o aumento da qualidade e robustez da Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

1.11 Estrutura da Tese

No Capítulo 1 são apresentados os aspectos gerais sobre o tema da tese e sua delimitação, pressupostos, objetivos e justificativa.

A revisão bibliográfica está contida no Capítulo 2. Nesse capítulo é discutido o tema Fatores Humanos, sua fundamentação teórica, formas de pesquisa e a modelagem de sistemas sociotécnicos.

O Capítulo 3 é dedicado à metodologia. Nele, apresenta-se uma proposta de abordagem segundo uma perspectiva sociotécnica, a organização de uma lista de verificação (*checklist*) segundo essa proposta, os aspectos sobre fatores humanos e sua mensuração.

No capítulo 4 discutem-se os resultados obtidos com o estudo caso realizado.

As conclusões do trabalho são apresentadas no Capítulo 5.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Fatores Humanos

2.1.1 – As Lições do Acidente de Fukushima Daiichi

Os participantes do *International Experts Meeting* (IEM), ocorrido em Maio de 2013, no seu relatório (IAEA, 2014), consideraram o acidente de Fukushima Daiichi não apenas um desastre provocado por eventos naturais ou um desastre tecnicamente baseado, mas também um desastre induzido pelo homem.

Segundo esses participantes, tal como outros anteriores, o acidente realçou as fraquezas na abordagem dos fatores humanos e organizacionais, de modo a evitar a ocorrência de acidentes nucleares ou a mitigar as suas consequências, caso ocorressem. Uma das principais lições aprendidas com o acidente de Fukushima Daiichi, como discutido pelos participantes do IEM, é que a comunidade nuclear precisa entender melhor e implantar uma abordagem integrada ou sistêmica de segurança.

A interação dos fatores humanos, organizacionais e técnicos através de todas as organizações interessadas, e entre os diferentes níveis dentro de cada organização, deve ser avaliada e compreendida para cada fase do ciclo de vida da instalação nuclear. Essas interações ocorrerão dentro do âmbito mais amplo da cultura da organização e, desta forma, refletirão a cultura de segurança da organização. A cultura de segurança existe dentro do contexto da cultura organizacional e de fatores externos mais amplos que devem ser considerados em qualquer avaliação (IAEA, 2014).

A gestão de riscos é um elemento importante da cultura de segurança. Uma falsa sensação de segurança em medidas como defesa em profundidade, recursos de segurança redundantes e complexos e risco “gerenciado” podem resultar em uma sensação de complacência. É necessário um integral comprometimento, por meio de uma vigilância constante, a fim de que seja estabelecida uma forte e perene cultura de segurança. (IAEA, 2014).

Os participantes do IEM em seu relatório (IAEA, 2014) destacaram que: 1) Com uma abordagem sistêmica de segurança que analise os fatores humanos, organizacionais e técnicos, uma organização pode estar melhor preparada para um evento inesperado; 2) A segurança nuclear também dependerá das atitudes e comportamentos das pessoas; 3) Especialistas das ciências comportamentais, e as pesquisas relacionadas, precisam ser melhor utilizados/empregados nos esforços para entender e aplicar uma abordagem

sistêmica de segurança. Diferentes disciplinas dentro das ciências comportamentais precisam ser envolvidas, e deve ser reconhecido que esses especialistas são tão capacitados/qualificados e experientes em suas áreas de especialização como são os especialistas de áreas como engenharia, física e química que já contribuíram muito para a comunidade nuclear; e 4) Houve uma crença em toda a comunidade nuclear de que um acidente grave, como ocorreu na central nuclear de Fukushima Daiichi, não poderia ter ocorrido. Essa atitude tem uma influência significativa sobre a cultura de segurança de uma organização. Operadores e reguladores precisam considerar cuidadosamente o que pode ser aprendido com o acidente de Fukushima Daiichi, que abriu uma janela de oportunidade para aprendizagem, mudança e melhoria; a comunidade nuclear deve agir antes de a janela se fechar com o passar do tempo.

2.1.2 – Os Fatores Humanos e Organizacionais na Segurança Nuclear à Luz do Acidente de Fukushima Daiichi

O estudo promovido pela *International Atomic Energy Agency (IAEA)* (IAEA, 2014), após o acidente de Fukushima Daiichi, introduz a questão altamente complexa dos fatores humanos e organizacionais que são importantes para a segurança nuclear, tendo as interações entre indivíduos, tecnologia e organizações como foco particular. O relatório elaborado considerou o papel da cultura de segurança e dos fatores organizacionais, suas interações com a tecnologia, e o efeito de conhecimentos novos e atualizados. O seu objetivo foi o de estimular a discussão e, assim, melhorar as medidas para a prevenção e mitigação de acidentes graves com base numa “abordagem sistêmica” como definido em IAEA (2006).

O relatório apresentado ressaltou que acidentes raramente acontecem como resultado de um único evento, mas emergem do acúmulo de mau funcionamento, mal-entendidos, premissas incorretas e outros problemas, bem como enfatizou que, no passado, questões relacionadas a fatores humanos e organizacionais foram abordadas da mesma forma que questões puramente técnicas. Em decorrência, a complexidade do sistema não vem sendo avaliada na sua abrangência global. A abordagem sistêmica da segurança preconiza uma abordagem de todo o sistema, na qual considera as interações dinâmicas dentro e entre todos os fatores relevantes a ele pertinentes: fatores individuais (conhecimento, pensamentos, decisões, ações); fatores técnicos (tecnologia, ferramentas, equipamentos); e fatores organizacionais (sistema, estrutura

organizacional, governança, recursos). Para o acidente na usina nuclear de Fukushima Daiichi, indivíduos e questões organizacionais e tecnológicas podem ser considerados como aspectos que contribuíram para a sua ocorrência (IAEA, 2014).

Embora inúmeras ações tenham sido tomadas em resposta – por exemplo, a formulação de diretrizes, o desenvolvimento de esquemas de tomada de decisão para gerenciamento de acidentes graves, a realização de exercícios mais exigentes, a criação de centros regionais de resposta e a identificação de treinamento para pessoal operacional – a maioria foi desenvolvida principalmente para dar suporte a soluções técnicas para as lições aprendidas com o acidente. O relatório elaborado pela IAEA questiona se os fatores humanos e organizacionais foram adequadamente abordados e analisados. Ele descreve a necessidade de melhor entendimento sobre as inter-relações e interações entre fatores humanos, técnicos e organizacionais, incluindo a cultura de segurança na aplicação de uma abordagem sistêmica, a fim de encontrar as causas-raízes do acidente (IAEA, 2014).

A necessidade de proteção contra a complacência foi destacada pelo *International Nuclear Advisory Safety Group* (INSAG, 2002) e é enfatizada no relatório emitido pela IAEA, pois uma abordagem de segurança baseada na correção, ou compensação de pontos fracos identificados, pode criar um sistema que é inadequado para situações fora dos limites definidos. Existe a necessidade de emprego de uma estratégia complementar que proporcione flexibilidade e, assim, introduza uma capacidade para lidar com o inesperado. Ou seja, com base no estudo do gerenciamento dos riscos extremos e externos, existentes em Fukushima Daiichi, lições podem ser aprendidas e capacidades resilientes introduzidas em uma outra organização. No entanto, a fim de desenvolver uma abordagem verdadeiramente sistêmica para a segurança, há uma necessidade de utilizar conhecimentos de outras áreas, como as ciências sociais e comportamentais (IAEA, 2014). A cultura de segurança deve continuar sendo a principal prioridade de todas as organizações. Contudo, para o desenvolvimento e a manutenção de uma forte cultura de segurança, liderança e gerenciamento da segurança são cruciais. O INSAG tem enfatizado a necessidade do estabelecimento de uma cultura de segurança na qual a segurança seja a mais alta prioridade e na qual todos os envolvidos na empresa nuclear aceitem a responsabilidade pessoal e individual por ela (INSAG, 2012).

Também, especial atenção deve ser dada a fatores nacionais que podem influenciar o desenvolvimento de crenças, atitudes e valores. O ponto importante é que uma organização estabeleça os valores e comportamentos corretos para uma cultura de segurança forte, levando em consideração quaisquer fatores nacionais (IAEA, 2014).

O acidente de Fukushima Daiichi revelou a necessidade de um reexame dos fatores humanos e organizacionais associados ao planejamento de emergência, resposta e tomada de decisão. Embora a principal responsabilidade pela segurança deva caber ao operador, uma das principais lições do acidente é a necessidade de esclarecer *a priori* o processo de tomada de decisão entre o operador e outras partes interessadas relevantes, aspecto abordado anteriormente por especialistas internacionais sobre o reforço da transparência e eficácia da comunicação em caso de emergência nuclear ou radiológica, bem como a necessidade de treinamento para lidar com o inesperado (IAEA, 2014).

2.1.3 – Fundamentação Teórica

A contribuição humana para a avaliação dos riscos é parte integrante de qualquer análise e a maioria dos métodos de Análise da Confiabilidade Humana (ACH) que têm sido desenvolvidos e aplicados ao longo dos anos, têm considerado seriamente as questões de disponibilidade e integração de dados dentro de um quadro metodológico maior. No entanto, nas últimas duas décadas do século passado, houve um aumento dramático da contribuição humana para a ocorrência do acidente, atingindo níveis de percentagens elevadas como 70% - 80% (CACCIABUE, 2000), independentemente do domínio de aplicação tecnológica. Duas são as razões principais para esse aumento relevante: a elevada confiabilidade e o refinamento de componentes mecânicos e eletrônicos; e a complexidade do sistema e do papel atribuído ao operador humano no circuito de controle (CACCIABUE, 2000).

Assim, os ambientes de trabalho passaram a ser muito mais exigentes em termos de habilidades cognitivas de raciocínio ao invés de habilidades sensório-motoras, uma vez que os sistemas se comportam e respondem por intermédio da automação e das interfaces, e seguem as regras e os princípios previstos pelos projetistas. Além disso, em condições acidentais, as características dinâmicas da sequência de eventos aumentam a complexidade inerente da situação e complicam ainda mais o processo de tomada de decisão. Esses fatores tendem a reduzir o número de erros humanos ao nível comportamental-atividade (*behavioural-activity level*), mas também aumentam o

impacto das consequências quando ‘erros’ de raciocínio ou de cognição, geralmente profundamente enraizados no contexto sociotécnico, conseguem dominar para violar o sistema de proteção concebido e tornar muito difícil o controle e contenção. O acima exposto mostra que a ACH deve se concentrar mais sobre os processos cognitivos e organizacionais do que no desempenho comportamental (CACCIABUE, 2000).

No caso específico da indústria nuclear, as instalações do ciclo de combustível apresentam, no que se refere à questão da segurança, uma fragilidade, justamente na sua maior dependência no desempenho de técnicos nos controles administrativos e operacionais das suas plantas. Este nível relativamente elevado de ‘interface homem-máquina’ requer uma grande atenção às considerações sobre fatores humanos” (RANGUELOVA, NIEHAUS, DELATTRE, 2001). CACCIABUE (2000) enfatiza que erros ocorrem fora do controle imediato de uma planta. Erros de gestão, projeto ou nível de manutenção não são imediatamente visíveis. Eles permanecem inativos, em estado latente, e podem propagar-se e expandir-se em toda a organização, afetando um número elevado de decisões e, em seguida, manifestar-se no nível da operação ativa da planta. Além desse aspecto social, as condições de trabalho ambientais específicas e os contextos técnicos em que os acidentes são originados e se desenvolvem, igualmente influenciam o comportamento dos operadores no controle ativo, ou dos “atores da linha de frente”. Em resumo, combinando as considerações acima sobre os dados e requisitos metodológicos com a necessidade de atribuir um papel mais relevante para a ACH na avaliação do risco, com foco em fatores cognitivos e organizacionais, torna-se óbvio que devem ser desenvolvidas as novas gerações de técnicas evolutivas da ACH. Dessa forma, o impacto dos fatores humanos em sistemas complexos modernos podem ser alocados em um prospecto mais realista no que diz respeito aos objetivos ampliados de análise do risco e aos requisitos de projeto avançados de controle tecnológico (CACCIABUE, 2000).

A percepção de que o desempenho humano, no nível operacional, não pode ser considerado isolado da cultura local, e de fatores sociais e políticas de gerenciamento existentes na organização, dá origem aos sistemas sociotécnicos. Essa abordagem tem por objetivo avaliar as implicações da forma de gestão e das políticas da organização nos sistemas de segurança, qualidade e produtividade, englobando a atuação da alta administração, em face de procurar avaliar como as políticas de gerenciamento, vigentes

em todos os níveis da organização, impactam a probabilidade da ocorrência de falhas humanas com significativas consequências.

Esse enfoque para a avaliação das falhas humanas parte do pressuposto de que fatores organizacionais criam as pré-condições para a ocorrência das falhas assim como criam as suas causas imediatas e que “alguns fatores como a cultura da organização e suas prioridades influenciam diretamente a forma como os recursos são disponibilizados para a segurança em oposição aos objetivos da produção” (MILL, 1992).

Na realidade, toda essa questão da consideração dos fatores humanos tem por objetivo a busca de alternativas para a melhor identificação de riscos e sua gestão.

A industrialização e os avanços tecnológicos, visando progresso e desenvolvimento, de fato, modificaram a natureza dos riscos, o contexto em que eles aparecem e a capacidade da sociedade em compreendê-los e geri-los (QUEIRÓS *et al.*, 2007).

De fato, a confiabilidade e a segurança são propriedades do sistema que emergem das interações de todos os seus diversos componentes, hardware, software, organização e humanos (ZIO, 2009).

Aliada à constatação, nas últimas décadas, de que os fatores organizacionais e humanos passaram a desempenhar um papel mais proeminente no risco de falhas e nos acidentes, ao longo de todo o ciclo de vida de um sistema, há que se destacar o fato de que a confiabilidade de componentes de hardware, utilizados em sistemas tecnológicos, melhorou significativamente nos últimos anos, especialmente naqueles sistemas que exigem elevados padrões de segurança, como os empregados nas aplicações aeroespaciais e da energia nuclear. Como consequência, vê-se aumentar significativamente a importância relativa dos erros das organizações responsáveis pela gestão dos sistemas, e dos indivíduos que o operam, nos riscos associados à operação desses sistemas. Esse aspecto explica a ênfase significativa na esfera organizacional e na Análise da Confiabilidade Humana (ACH) e sua plena integração dentro da sistemática análise de riscos e procedimentos de avaliação da confiabilidade.

Considerando que o desempenho técnico e humano é influenciado pela organização e gestão das atividades industriais, pela cultura de segurança da organização e por outros fatores exógenos, como regulamentos, pressões do mercado, pressões políticas, etc., vemos ampliar o escopo da análise aos sistemas sociotécnicos (ZIO, 2009).

Contudo, é importante destacar que o *International Nuclear Safety Group* (INSAG) ressalta que a cultura da segurança deve continuar a ser a principal prioridade de todas as organizações. Liderança e gestão da segurança são fundamentais no desenvolvimento e manutenção de uma cultura de segurança forte. Ele enfatiza a necessidade do estabelecimento de uma cultura de segurança na qual a segurança, ela própria, seja a mais alta prioridade e sobre a qual todos os envolvidos na empresa nuclear aceitem responsabilidade pessoal e individual por ela (INSAG, 2012).

Além desse aspecto, deve ser dada atenção, também, aos fatores nacionais que podem influenciar o desenvolvimento de crenças, atitudes e valores. O ponto importante é que uma organização estabeleça os valores e comportamentos certos para uma cultura de segurança forte, levando em conta esses fatores nacionais.

ZIO (2009) ainda ressalta que *insights* de pesquisas sobre as falhas em sistemas complexos têm revelado que a segurança não é resultante do sistema e seus elementos constitutivos, mas sim uma propriedade emergente desse todo, a resiliência. Assim, sob essa perspectiva, os sistemas devem ser não só confiáveis, ou seja, com aceitável baixa probabilidade de falha, mas também resilientes, ou seja, com a capacidade de se recuperar de perturbações nas condições nominais de operação. Sob esse ponto de vista, um novo campo de pesquisa em engenharia da resiliência emergiu, para a compreensão dos fatores que determinam o desempenho humano e organizacional e incorporar devidamente os riscos relacionados nas ferramentas de análise e gerenciamento de sistema, durante todo o seu ciclo de vida representando os efeitos de curto e longo prazo sobre o risco das decisões organizacionais e de gestão e de mudanças de projeto e operação.

Comparados aos componentes técnicos, os componentes humanos e organizacionais de um sistema tecnológico são caracterizados por seu aspecto multi-dimensional e complexidade intrínseca devido às muitas interações não lineares que influenciam o seu comportamento.

Qualquer tentativa de capturar estes aspectos em um modelo deve enfrentar as dificuldades relacionadas com a sutileza da escassa informação à disposição e sua interpretação subjetiva (ZIO, 2009).

Apesar do número de métodos qualitativos e quantitativos que têm sido propostos para a incorporação de fatores organizacionais na avaliação do risco, bem como o reconhecido papel dos fatores humano e organizacional na causa de acidentes,

inúmeras indústrias ainda não têm métodos formais para a quantificação dos seus efeitos no risco. Os erros humano e organizacional ainda são controlados principalmente através da tradicional garantia da qualidade (relacionada aos processos) e de medidas de controle da qualidade (relacionada ao produto). Essa abordagem pode ser adequada para sistemas e operações mais simples, mas não são claramente suficientes para gerir grandes riscos em operações complexas tais como uma planta de processo ou instalações de energia nuclear. Por esta razão, as indústrias, tais como nuclear, óleo & gás e marítima, têm pesquisado o assunto, particularmente com o objetivo de obter métodos quantitativos para avaliar probabilidades de erro organizacional e humano e seus efeitos. Para alcançar o objetivo, é necessário um quadro para a representação adequada e modelagem de sistemas sociotécnicos. Isto pode ser conseguido pela combinação efetiva de representação qualitativa e quantitativa e métodos de modelagem, por exemplo, as redes bayesianas qualitativas e quantitativas de opinião e diagramas de influência⁴ (ZIO, 2009).

Desta forma, iniciar a promoção de estudos e discussões sobre mensuração do impacto de fatores humanos no comportamento das instalações nucleares é um passo necessário para a obtenção de melhorias efetivas no processo de implantação e gerenciamento dos sistemas de segurança, associados à adequada representação e modelagem de sistemas sociotécnicos.

2.2 – Pesquisa em Fatores Humanos

As pesquisas sobre fator humano apresentam duas orientações principais, que têm como base duas maneiras distintas de colocação da sua questão primordial

⁴ As redes de opinião são usadas para modelar incerteza em um domínio. O termo "redes de crença" abrange toda uma gama de técnicas diferentes, mas relacionadas, que lidam com o raciocínio sob incerteza. Ambas são quantitativas (principalmente usando métodos probabilísticos bayesianos) e técnicas qualitativas.

Os diagramas de influência são uma extensão das redes de crença. Eles são usados quando trabalham com a tomada de decisões. As redes de crenças são usadas para desenvolver aplicações baseadas no conhecimento em domínios que se caracterizam pela incerteza inerente. Cada vez mais, técnicas de rede de crença estão sendo empregadas para fornecer sistemas baseados em conhecimentos avançados para resolver problemas do mundo real. As redes de opinião são particularmente úteis para aplicações de diagnóstico e foram usadas em muitos sistemas implantados.

A idéia básica nas redes de crença é que o domínio do problema é modelado como um conjunto de nós interligados com arcos para formar um gráfico acíclico dirigido. Cada nó representa uma variável aleatória, ou quantidade incerta, que pode levar dois ou mais valores possíveis. Os arcos significam a existência de influências diretas entre as variáveis vinculadas e a força de cada influência é quantificada por uma probabilidade condicional antecipada. <http://www.aiai.ed.ac.uk/links/bn.html>, em 18FEV2018.

(DEJOURS, 1995). Na primeira orientação, o foco se concentra nas origens e nos meios de controle das falhas humanas na situação de trabalho. A segunda busca como mobilizar, desenvolver e gerenciar os recursos humanos (DEJOURS, 1995).

A caracterização do fator humano em termos de falha humana encadeia a noção de “falha, erro, falta” ao “controle, vigilância, instruções, regulamento, disciplina, sanção, e/ou formação”, demandando uma análise científica com a seguinte linha conceitual: 1- análise do comportamento; 2 – decomposição do comportamento em processos, elementos, módulos ou unidades de comportamento, a serem estudados separadamente; 3 – pesquisa e concepção em matéria de ajuda ou de assistência ao raciocínio ou à decisão; 4 – prótese cognitiva; substituição do homem por automatismos. Se caracterizado o fator humano como recursos humanos, a pesquisa encadeia as noções de “motivação, desmotivação”, “comunicação (mais informacional do que pragmática)”, e “cultura de empresa, valores”, dando origem à segunda linha conceitual: 1 – análise das condutas (não redutíveis aos comportamentos); 2 – relações de trabalho/análise das interações sociais e afetivas; e 3 – análise das estratégias dos atores (DEJOURS, 1995).

Para DEJOURS (1995), as duas linhas de pesquisa se contradizem. Elas não conseguem conjugar as três dimensões irreduzíveis da noção do fator humano que convergem no mundo cotidiano do trabalho (dimensão biológica; dimensão social; e dimensão subjetiva). A noção do fator humano implica no conhecimento das exigências e dos limites do funcionamento do corpo biológico. Implica também na consideração de que o trabalho “supõe uma ação coordenada de pessoas que se compreendem, se opõem, lutam entre si ou concordam, sobre a base de princípios que não decorrem apenas da técnica, mas também, da ética, dos valores e das crenças”. O autor igualmente mostra que o engajamento dos atores no objetivo da produção significa “a mobilização subjetiva das personalidades e das inteligências nos atos de trabalho”. Assim, ele aponta que precisamos retornar ao modelo de homem do qual necessita a teoria do fator humano. A sua proposta é a identificação “na clínica da relação humana com a situação de trabalho, um nível onde essas três dimensões do funcionamento humano estão integradas para formar uma entidade que as englobe” – a cooperação, que supõe “um lugar onde, ao mesmo tempo, convergem as contribuições singulares e cristalizam-se as relações de dependência entre os sujeitos”. Avaliar o fator humano, segundo DEJOURS (1995), é determinar a qualidade da cooperação, a sua eficiência, e dos

coletivos de trabalho, passando à análise das condutas humanas no trabalho em vez da análise das condutas individuais, foco das pesquisas atuais.

2.2.1 – Fatores Humanos no Domínio Nuclear

No domínio nuclear, prevalecem técnicas não sistêmicas que buscam analisar as causas geradoras de erros humanos e modelá-las. Hoje em dia, as técnicas de ACH incorporam fatores organizacionais e níveis organizacionais por meio de fatores de desempenho (PSF) (ALVARENGA, FRUTUOSO E MELO, FONSECA, 2014) que se originam na Análise de Tarefa e subsidiam, respectivamente, a Verificação e Validação de Fatores Humanos e o Tratamento/Atendimento de Ações/Comportamento/Conduta Humanas (AH) importantes, todos processos componentes do Programa de Engenharia de Fatores Humanos (EFH), (NRC, 2012).

As funções atribuídas ao pessoal da planta definem os papéis e as responsabilidades que eles devem realizar por meio de ações humanas (AH). Essas ações podem ser divididas em tarefas, um grupo de atividades relacionadas com um objetivo comum ou meta/finalidade. O objetivo da Análise de Tarefas é verificar se o pretendente ao licenciamento empreendeu análises para identificar as tarefas específicas necessárias para aperfeiçoar as funções de pessoal, e também os alarmes, a informação, o controle e os apoios às tarefas necessários para concluí-las. Os resultados da análise de tarefas oferecem insumos importantes em muitas atividades do programa de EFH: (1) A análise dos recursos humanos e das qualificações; (2) o projeto de Interfaces Homem-Sistemas (IHS), procedimentos e programa de treinamento, e (3) os critérios para a Verificação de Apoio às Tarefas (NRC, 2012).

O processo Tratamento/Atendimento de Ações/Comportamento/Conduta Humanas (AH) tem como *inputs* os já citados PSF e os Requisitos Detalhados da Tarefa, originados no processo de Análise da Tarefa, e o teste de hipóteses oriundo do processo de Verificação e Validação dos Fatores Humanos. Mediante uma interação com análises probabilísticas (APR/ACH) e determinísticas (*Final Safety Analysis Report – FSAR/Design Control Document – DCD*), o processo em questão tem como *outputs*: para o processo de Análise de Tarefa, Erros e Comportamentos importantes; para o processo de Verificação e Validação de Fatores Humanos, IHS para Análise e Teste de Cenários; para o processo Implantação do Projeto, Configurações Provisórias a evitar; e

para o processo Monitoramento de Desempenho Humano, Rol de Ações corretivas a priorizar (NRC, 2012).

É importante ressaltar que as análises probabilísticas (APR/ACH) e determinísticas (FSAR/DCD), além da interação com o processo Tratamento/Atendimento de Ações/Comportamento/Conduta Humanas (AH), recebem também informações do projeto da planta e mantêm troca recíproca de dados com o processo de Análise de Requisitos Funcionais e Alocação de Função (NRC, 2012).

A ACH é parte integrante de uma Análise Probabilística de Riscos (APR). Ela avalia o potencial e mecanismos de erro humano que possam afetar a segurança da planta. Assim, para assegurar a meta do programa de EFH é essencial obter um projeto que minimize os erros de pessoal, suporte a sua detecção, e garanta a capacidade de recuperação. A ACH é uma atividade integrada que visa apoiar tanto o projeto da EFH quanto as atividades da APR. A robustez e qualidade da ACH depende, em grande parte, do conhecimento do analista sobre as causas, modos e probabilidades de erro humano, as tarefas de pessoal que devem ser realizadas, suas peculiaridades e quaisquer outros fatores específicos que possam influenciar o desempenho humano. Os analistas devem empregar as descrições e análises de funções e de tarefas de pessoal, juntamente com as características operacionais das interfaces homem-sistema (IHS). A ACH também fornece informações valiosas sobre as características desejáveis do projeto de IHS. Conseqüentemente, o programa de EFH deve ter especial atenção aos cenários da instalação, aos riscos importantes decorrentes de ações humanas, e IHS que a APR/ACH destaque como vitais para a segurança e confiabilidade da planta (NRC, 2012).

A ACH, na *Technique for Human Error Rate Prediction (THERP)* (NRC, 1983), é composta por quatro fases: Familiarização; Avaliação Qualitativa; Avaliação Quantitativa; e Incorporação. Na fase Familiarização estão contidas a coleta de informações, a visita à planta/instalação e revisão dos procedimentos / informações dos analistas de sistemas. Determinar os requisitos de desempenho, avaliar situação de desempenho, especificar objetivos de desempenho, identificar erros humanos potenciais e modelar desempenho humano são atividades que compõem a fase Avaliação Qualitativa. A Avaliação Quantitativa engloba a determinação das probabilidades de erros humanos, a identificação de fatores/interações que afetam o desempenho humano, a quantificação de efeitos de fatores/interações, a consideração das probabilidades de

recuperação de erros e o cálculo da contribuição do erro humano para a probabilidade de falha do sistema. A fase de Incorporação trata do uso dos resultados da ACH. A análise de sensibilidade pode ser realizada na qual as suposições feitas na análise original são modificadas, e a própria análise é repetida para verificar o impacto dessas suposições sobre a probabilidade de falha do sistema. Os resultados em si são inseridos na APR/APS (NRC, 1983). O emprego dos PSF, que emergem da Análise de Tarefas, está relacionado às duas primeiras fases e é fundamental para a identificação dos erros humanos potenciais e a modelagem do desempenho humano.

Com relação à modelagem de erros humanos, ZIO (2009) destaca os primeiros métodos de análises, os chamados de ‘primeira geração’, como a *Technique for Human Error Rate Prediction (THERP)*, *Accident Sequence Evaluation Program (ASEP)* (NRC, 1987) e o *Human Cognition Reliability (HCR)* (HANNAMAN, SPURGIN, LUKIC, 1984), que foram concebidos segundo um conceito central/principal de erro humano: em face das deficiências intrínsecas dos seres humanos, eles naturalmente falham ao executar tarefas tal como ocorre com os componentes mecânicos, elétricos e estruturais. Por essa razão, é razoável estabelecer uma probabilidade de falha de um operador humano na execução de uma tarefa de características específicas, por meio da estimação da *Human Error Probability (HEP)* para uma dada tarefa que é modificada adequadamente mediante a consideração das condições ambientais sob as quais ela é executada. Os fatores representativos dos efeitos do ambiente sobre o desempenho humano na execução de uma tarefa são denominados *Performance Shaping Factors (PSF)* ou *Performance Influencing Factors (PIF)*. O ponto de vista dos métodos de ‘primeira geração’, com respeito à falha de um ser humano realizar uma determinada tarefa, é, portanto, claro: as características de tarefas, capturadas quantitativamente na atribuição da *Human Error Probability (HEP)*, são consideradas como os fatores mais influentes para a estimativa da probabilidade de falha humana, ao passo que o ambiente no qual a tarefa é executada, representado pelos PSF e PIF, é considerado como de influência menor, apenas um fator corretivo (ZIO, 2009).

Contudo, resultados experimentais oriundos de estudos exaustivos do desempenho humano em acidentes têm mostrado que a importância das condições relativas ao contexto no qual a tarefa é executada é maior do que as características da tarefa em si mesma. Assim, se o contexto for o fator que mais influi na falha do desempenho humano, deverá ser modelada a relação entre o contexto e a probabilidade

da falha humana. Este é o princípio básico dos chamados métodos da ‘segunda geração’ de HRA como *Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)* (HOLLNAGEL,1998) and a *Technique for Human Error Analysis (ATHEANA)* (NRC, 1996) (ZIO, 2009).

ZIO (2009) comenta que muitos dos métodos acima mencionados provaram ser úteis em várias situações, mas que a comunidade de especialistas na área parece ainda concordar que uma maior compreensão e desenvolvimento sobre essa questão são necessários, e que um adequado entendimento dos erros organizacionais e humanos e suas causas ajudaria no estabelecimento de sistemas eficazes de gestão para controlar e minimizar também esses mesmos erros, melhorando assim a segurança das plantas. Para esse objetivo, ele vê a simulação como provedora potencial de significativa compreensão da dinâmica do desempenho humano. Os registros produzidos por essa abordagem podem ser analisados pelos especialistas e usados para fornecer uma estimativa da probabilidade de erro humano, desde que sejam evitados vieses no procedimento de estimação. De outra maneira, os resultados da simulação podem fornecer informações úteis para a estimativa dos PSF, que podem eventualmente ser quantificados para produzir valores da HEP. Isto requer um mapeamento entre as medidas de desempenho da simulação e os PSF. Por outro lado, também é concebível empregar a simulação para definir critérios específicos de desempenho de sucesso em determinadas tarefas – tempo para execução de uma determinada tarefa, por exemplo, por meio da avaliação de atores virtuais. Com base no número de vezes que a tarefa não é realizada com sucesso pelos atores virtuais, pode-se calcular uma frequência de falha para emprego como estimativa de HEP. Tais experiências podem proporcionar as necessárias medições e avaliações qualitativas dos fatores humanos e servir como bancos de ensaio de diferentes hipóteses, cenários e métodos para rever os processos de organização e trabalho humano, melhorar a qualidade do projeto para melhor segurança em plantas existentes ou novas e examinar retrospectivamente acidentes passados para obter sugestões para procedimentos futuros. Contudo, na prática, a escolha de qual método empregar em uma avaliação de segurança particular permanecerá um problema difícil (ZIO, 2009).

ALVARENGA, FRUTUOSO E MELO e FONSECA (2014) argumentam que os PSF são quantificados de uma forma subjetiva por especialistas da área da ACH ou por intermédio de bases de dados de eventos operacionais específicos para cada instalação

que contém, entre as causas raízes, as causas programáticas (ou sistemáticas) que caracterizam fatores organizacionais. Além desses aspectos, os autores acrescentam que: 1 – a interação desses fatores com mecanismos de erro e ações inseguras de falhas humanas, ou entre esses mesmos fatores, é linear; de acordo com o nível quantificado do estado de cada fator, as probabilidades de erro humano associado com ações inseguras são multiplicadas por fatores de ajuste que podem diminuí-las ou aumentá-las; e 2 – a matriz de interconexão entre os fatores também é linear.

As metodologias de HRA de segunda geração também empregam PSF, embora elas incluam na rede de probabilidades condicionais os mecanismos de erro como funções dos PSF, abordagem que possui duas deficiências: 1 – o número de fatores organizacionais não é suficiente para modelar todos os aspectos dessa natureza, especialmente os políticos, econômicos e normativos; e 2 – a interação desses fatores um com o outro e com os mecanismos de erro, ações inseguras, modos e tipos de erros observados no nível individual e do grupo, é altamente não-linear (ALVARENGA, FRUTUOSO E MELO, FONSECA, 2014).

A solução vislumbrada é a adoção de metodologias baseadas na Teoria Geral de Sistemas (TGS) (VON BERTALANFFY, 1968), das quais duas modernas abordagens – *Functional Resonance Accident Model* (FRAM) (HOLLNAGEL, 2012) e *Systems-Theoretic Accident Model and Process* (STAMP) (LEVESON, 2002) – são mais promissoras para resolver essas deficiências, em face de serem fundamentadas em modelos não-lineares (ALVARENGA, FRUTUOSO E MELO, FONSECA, 2014). A TGS teve origem nos trabalhos do biólogo alemão Ludwig von Bertalanffy (1901 a 1972), crítico da visão cartesiana. A teoria defende que os sistemas sejam estudados globalmente, envolvendo todas as interdependências de suas partes. Dela, derivou a Teoria de Sistemas (TS) que introduziu na Teoria Geral da Administração (TGA), a partir dos anos sessenta do século XX, a abordagem sistêmica. Da TS surgiu a preocupação com a “construção de modelos abertos que interagem dinamicamente com o ambiente e cujos subsistemas denotam uma complexa interação interna e externa”. Ela contribuiu para uma ampla visão do funcionamento organizacional, mas sua demasiada abstração tornou-a limitada para a resolução de problemas específicos da organização e de sua administração (CHIAVENATO, 2003).

Pelo exposto, em que pesem as incertezas decorrentes de uma abordagem linear, vemos que a incorporação de Fatores Humanos por intermédio das metodologias de

ACH de ‘primeira e segunda gerações’ se enquadra na primeira orientação de pesquisa estabelecida por DEJOURS (1995), ou seja, o foco se concentra nas origens e nos meios de controle das falhas humanas na situação de trabalho, o que encadeia a noção de “falha, erro, falta” ao “controle, vigilância, instruções, regulamento, disciplina, sanção, e/ou formação”, demandando uma análise científica com a seguinte linha conceitual: 1- análise do comportamento; 2 – decomposição do comportamento em processos, elementos, módulos ou unidades de comportamento, a serem estudados separadamente; 3 – pesquisa e concepção em matéria de ajuda ou de assistência ao raciocínio ou à decisão; 4 – prótese cognitiva; substituição do homem por automatismos (DEJOURS, 1995).

2.2.2 – Fatores Humanos no Domínio das Indústrias Químicas e de Petróleo

A estagnação dos resultados de redução do número de acidentes, caracterizada pelas limitações das medidas de melhorias técnicas nos processos produtivos e de aplicação de medidas de segurança mais efetivas que, respectivamente, marcaram as décadas de 70 e 80 do século passado, foi eliminada com a adoção dos *Health, Safety and Environment Management Systems – HSEMS* ou sistemas de Gestão em Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS). As organizações passaram a perseguir, como uma meta estratégica, a excelência na Gestão em SMS como forma de obter a sustentabilidade dos negócios, visando assegurar participação em um mercado cada vez mais competitivo e submetido às exigências crescentes da sociedade. A decisão tinha como propósito a melhoria do desempenho humano, considerado fundamental para o resultado das organizações que aspiravam a excelência, uma vez que a falha humana era uma das causas básicas dos acidentes industriais maiores, verificados no segmento industrial nos últimos trinta anos. O SMS passava a ser decisivo para as empresas, pois reduzia o risco de acidentes e de impactos ao homem e ao meio ambiente, promovia a saúde e a satisfação da força de trabalho, melhorava os resultados operacionais e criava novas oportunidades de crescimento sem deixar de lado os requisitos legais cada vez mais rigorosos. Assim, o novo desafio da indústria passava a ser o entendimento e a melhoria da “interação do conjunto homem–equipamento–sistema organizacional”, nominada “fatores humanos”, e o empenho de sua inclusão nos processos, de forma estruturada e sistêmica via Sistema de Gestão de SMS. Tradicionalmente, o desenvolvimento de Sistemas de Gerenciamento da Saúde, Segurança e Meio Ambiente (*Health, Safety and*

Environment Management Systems – HSEMS) vinha se concentrando sobre as instalações e equipamentos a serem utilizados e sobre os próprios sistemas de gestão. Embora o erro humano fosse reconhecido como parte da contribuição do risco, as causas raízes associadas a tipos particulares de erro humano eram difíceis de atingir. (THEOBALD & LIMA, 2007) (MILL, 1992).

Com Sistemas de Gestão SMS baseados nas normas ISO-14000 (1996), BS-8800 (1996) e OHAS-18001 (1999) foi obtida uma nova leva de redução do número de acidentes ocorridos. Contudo, apesar dos esforços empregados, os indicadores de segurança das principais empresas do segmento de óleo & gás passaram a evidenciar uma nova estabilização dos resultados (THEOBALD e LIMA, 2007) (IOGP, 2002).

Diante dessa nova limitação, e tendo como referência investigações de acidentes realizadas por organismos independentes – *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE), 1994; *American Petroleum Institute* (API), 2001; *International Association of Oil & Gas Producers* (IOGP, antes conhecido como OGP), 2002; *Health and Safety Executive* (HSE), 2002, 2003; *American Bureau of Shipping* (ABS), 2004 – que apontavam a “falha humana” como uma das principais causas dos acidentes em organizações industriais envolvidas em altos riscos tecnológicos, a IOGP, em 2002, lançou a seguinte questão: “como poderemos alcançar melhorias no desempenho em SMS?”. A própria IOGP, respondendo à questão sugeriu que “progressos se seguirão através de uma consideração melhor e mais explícita da forma como as pessoas interagem com todos os aspectos do ambiente de trabalho; em outras palavras, através da incorporação dos fatores humanos” e alerta sobre a necessidade de prevenção e redução das falhas humanas, ponderando que: “devemos considerar como os indivíduos interagem com os outros indivíduos, com as instalações e equipamentos e com os sistemas de gestão. Tudo isso, por sua vez, deve ser entendido no contexto do ambiente e cultura local” (THEOBALD & LIMA, 2007) (IOGP, 2002).

Considerando o contexto regulador que norteia as ações de segurança e saúde ocupacional, a avaliação dos fatores humanos, segundo o entendimento do *Health and Safety Executive* (HSE) (2002), implica em analisar o “trabalho”, os “indivíduos” e a “organização”, e como esses aspectos influenciam a saúde e a segurança das pessoas (THEOBALD & LIMA, 2007) (HSE, 2002).

Embora seja complexa a interação dos aspectos envolvidos, para o HSE (2002) é possível realizar uma análise separada de cada um deles, a fim de estabelecer uma

sistemática que possibilite medidas de controle adequadas, tendo como base as seguintes premissas: o “ambiente regulador” é representado por todos os organismos, nas esferas internacional, nacional, estadual e municipal que possuem poder de influência sobre a atividade; o “trabalho” diz respeito ao que os indivíduos são solicitados a executar (o local e a forma pela qual o executam; as tarefas e suas características; e possui cinco elementos: tarefas, instruções de trabalho, pressões no trabalho, *displays* (mostradores) e controles e meio ambiente do trabalho); os “indivíduos” definem o agente que está executando as tarefas (os indivíduos e suas competências e possui oito elementos: competência, capacidades, personalidade, atitudes, percepção do risco, saúde, habilidades e conhecimento, indivíduos de uma forma global); a “organização” caracteriza onde as pessoas trabalham (a organização e seus atributos e inclui onze elementos: força de trabalho, padrões de trabalho, conflitos, liderança, estruturas organizacionais, papéis e responsabilidades, cultura de segurança, recursos, sistema de gestão em SMS, comunicação, aprendizado) (THEOBALD, & LIMA 2007).

O HSE (2000a) definiu os seguintes domínios para agrupar os aspectos que compreendem os fatores humanos: Força de Trabalho; Pessoas; Treinamento; Engenharia de Fatores Humanos; Riscos à Saúde; e Sistemas de Segurança. A dimensão da organização, o tipo de processo e cultura organizacional predominante, dentre outros fatores, induzem variação na natureza das questões relacionadas a cada um dos domínios, conforme destacado a seguir:

Força de Trabalho – Quantas pessoas são necessárias para operar e manter adequadamente o sistema?

Pessoas – Quais são as atitudes, experiências, e outras características humanas necessárias para operar e manter adequadamente o sistema?

Treinamento – Como desenvolver e manter os requisitos de conhecimento, habilidades e capacidades para operar e manter adequadamente o sistema?

Engenharia de Fatores Humanos – Como integrar as características humanas no projeto dos sistemas, para otimizar o desempenho na interação homem/máquina/sistema?

Riscos à Saúde – Quais são os riscos à saúde, de curto e longo prazos, resultantes da operação normal do sistema?

Sistemas de segurança – Como evitar riscos à segurança das pessoas, que possam ser causados pela operação ou manutenção do sistema em condições anormais?

Por sua vez, a IOGP publicou um guia (IOGP, 1994) cujo objetivo foi o de fomentar o desenvolvimento de um Sistema de Gestão Integrada em SMS para o segmento de petróleo e gás. Esse modelo baseava-se no processo de melhoria contínua, e era constituído por sete elementos: Liderança e Comprometimento; Política e Objetivos Estratégicos; Organização, Recursos e Documentação; Avaliação e Gestão de Riscos; Planejamento; Implantação e Monitoramento; e Auditoria e Análise Crítica.

A avaliação da cultura SMS da organização, a avaliação comparativa do desempenho da organização em relação as outras, investigações de incidentes, se executadas corretamente, e o diagnóstico de conhecidas áreas problemáticas são estratégias para se abordar questões relacionadas com fatores humanos e que podem indicar onde há espaço para melhorias (IOGP, 2005).

No que concerne à avaliação da cultura SMS, cabe destacar que os comportamentos pessoais sofrem um grande impacto da cultura da organização. Esse é, para as empresas de Exploração e Produção (E & P) em particular, um desafio especial para assegurar compatibilidade da sua cultura com os dos seus empreiteiros e subempreiteiros. Nos termos em que está sendo empregada, a cultura está definida como “valores compartilhados (o que é importante) e crenças (como as coisas funcionam) que interagem dentro da estrutura e sistemas de controle de uma organização para a produção de normas de comportamento (a forma como fazemos as coisas por aqui) (IOGP, 2005).

Pesquisa realizada por membros da IOGP revelou que as dez principais questões relacionadas com fatores humanos envolvem sistemas, pessoas e cultura. Os problemas com instalações e equipamentos, embora importantes, foram considerados, nessa pesquisa, como menos críticos (IOGP, 2005). Em decorrência, consolidou-se com essa pesquisa, no âmbito da IOGP, o entendimento de que fator humano é um termo usado para descrever a interação de indivíduos uns com os outros, com instalações e equipamentos, e com sistemas de gestão. Contudo, essa interação é influenciada tanto pelo ambiente de trabalho quanto pela cultura das pessoas envolvidas. Assim, essas quatro áreas passaram a reunir as questões discriminadas a seguir aos seus nomes:

- “Cultura/Ambiente de Trabalho” – valores sociais e comunitários; fluxo de comunicação dentro de uma organização; a aceitação e a vontade de mudança; idioma, geografia, clima; apoio à gestão de valores de segurança;

- “Sistemas de Gestão” – objetivos organizacionais compatíveis; análise de segurança no trabalho; qualidade de procedimentos operacionais / práticas de trabalho; interfaces / responsabilidades / prestação de contas/explicações claras; gerenciamento de riscos; práticas de trabalho seguro; aspectos de projeto do trabalho/tarefa; liderança;

- “Pessoas” – fadiga e estresse; sistemas de formação; cronograma de carga de trabalho e mudança; segurança comportamental; e aptidão física e mental; e

- “Instalações/Equipamento” – ergonomia; projeto; manutenção; confiabilidade; disposição física das instalações e local; ruído; iluminação; produtos tóxicos e radiação (IOGP, 2005).

A maneira mais simples, mencionada pela IOGP, de avaliar cultura em SMS da organização é discuti-la tanto com a gerência quanto com a força de trabalho, avaliando as suas percepções mediante o emprego de uma ferramenta reconhecida como as cinco etapas de progressão da Cultura em SMS (*the five step HSE Culture Ladder*). Essa ferramenta permite a uma empresa (ou uma parte de uma organização) situar a sua posição em uma escala de melhoria da cultura SMS.

Em março de 2010, a IOGP publicou o *Report* No. 435 (IOGP, 2010), onde estão relacionadas várias ferramentas que podem ser adotadas para melhorar a cultura em SMS, em função do grau da cultura de segurança em SMS da organização.

De forma sucinta, segundo a IOGP (2010), os cinco graus de cultura em SMS de uma organização são os seguintes:

- patológica – a organização acredita que os indivíduos, tipicamente de menores níveis hierárquicos, provocam acidentes;

- reativa – a organização considera SMS importante, mas acredita que a maioria dos problemas está dentro dos níveis mais baixos de mão de obra;

- calculista – a organização acredita no valor de sistemas de gestão de desempenho em SMS e na utilização de um grande número de ferramentas e treinamento;

- proativa – a organização considera SMS valor (“núcleo”) fundamental e líderes em todos os níveis cuidam genuinamente da saúde e bem-estar dos funcionários e empreiteiros; e

- generativa – a organização têm um alto grau de autossuficiência e se esforça para entender todo o seu ambiente operacional.

Em face da relevância da publicação, cabe ainda destacar o lançamento, pela IOGP, do Report n.º 454 (IOGP, 2011), cujo foco se concentra na aplicação de conhecimentos de fatores humanos para a concepção e construção de sistemas sociotécnicos. O objetivo é o de garantir que os sistemas sejam projetados de forma a proceder à otimização da contribuição humana para a produção e minimizar os riscos potenciais induzidos pelo projeto para: a saúde; a segurança do pessoal ou do processo; ou o desempenho ambiental. Assim, a publicação aborda questões afetas ao projeto e *layout* de plataformas, plantas de processo e tubulação associada, equipamentos e instalações; salas de controle (incluindo a Interface Homem-Máquina (HMI) para sistemas computadorizados distribuídos (DCS) e outros sistemas computadorizados), bem como edifícios (incluindo administração, alojamento, armazéns e oficinas) (IOGP, 2011).

Especificamente com relação a processos industriais, ATTWOOD *et al.* (2005) têm o foco principal dirigido para questões de fatores humanos relacionadas a ações que concorram para a minimização de grandes incidentes de processo, bem como para os aspectos ergonômicos em face desses poderem contribuir de forma relevante para esses incidentes.

ATTWOOD *et al.* (2005) fornecem uma visão geral de como um programa de fatores humanos pode ser estabelecido e implantado. Também apresentam uma lista de verificação que poderá ser aplicada a novas instalações ou plantas modificadas, assim como à identificação das questões de fatores humanos em instalações existentes. Essas questões se apresentam em forma de descritores. Os descritores com um “S” após o número do item podem/devem ser avaliadas na condição estática, pelo exame de desenhos, fotografias ou equipamento físico. Os descritores com um “D” após o número do item também devem ser avaliados sob condições dinâmicas durante o emprego real ou simulado pelos operadores.

Essa lista de verificação baseia-se no modelo para fatores humanos da IOGP (2005) (ATTWOOD *et al.*, 2005).

Esse modelo define três domínios para fatores humanos: Instalações e Equipamentos; Pessoas; e Sistemas de Gestão. Esses domínios, segundo ATTWOOD *et*

al. (2005), se sobrepõem uns aos outros e não podem ser separados ou removidos do modelo, Figura 1.

O domínio “Instalações e Equipamentos” leva em consideração as características físicas e espaço de trabalho, projeto e manutenção do equipamento e confiabilidade. Ele é composto pelas dimensões: Projeto de Equipamentos de Processo; Sistemas de Controle de Processo; Projeto de Centro de Controle; Operações Remotas; Instalações e Concepção de Postos de Trabalho; Interface Homem-Computador; Refúgios; e Rotulagem (marcação)/Etiquetagem.

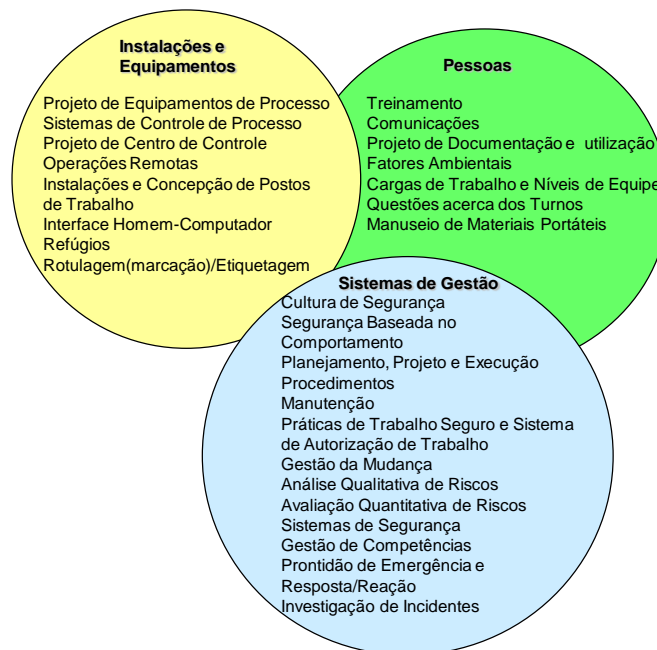


Figura 1 – Modelo para fatores humanos baseado no modelo da IOGP – Domínios e Dimensões (ATTWOOD *et al.*, 2005)

O domínio “Pessoas” inclui a consideração de atributos individuais, habilidades, percepções e fatores relacionados com a boa condição física (*fitness*), estresse e fadiga. As dimensões que compõem o domínio “Pessoas” são: Treinamento; Comunicações; Projeto de Documentação e Utilização; Fatores Ambientais; Cargas de Trabalho e

Níveis de Equipe; Questões acerca dos Turnos; e Manuseio de Materiais Portáteis (ATTWOOD *et al.*, 2005).

O domínio “Sistemas de Gestão” estabelece o quadro em que o trabalho é realizado. Ele inclui procedimentos, treinamento, sistemas de trabalho relacionados com a segurança do processo, e aspectos da cultura de segurança. Esse domínio congrega as seguintes dimensões: Cultura de Segurança; Segurança Baseada no Comportamento; Planejamento, Projeto e Execução; Procedimentos; Manutenção; Práticas de Trabalho Seguro e Sistema de Autorização de Trabalho; Gestão da Mudança; Análise Qualitativa de Riscos; Sistemas de Segurança: Gestão de Competências; Prontidão de Emergência e Resposta/Reação; e Investigação de Incidentes (ATTWOOD *et al.*, 2005).

Cada uma dessas dimensões é composta por um número variável de descritores que orientam a aplicação do *Human Factors Checklist* apresentado por ATTWOOD *et al.* (2005).

Mais importante que todos esses domínios são o ambiente cultural e de trabalho. Há culturas nacionais, locais, e na organização (local de trabalho), bem como fatores sociais e comunitários (ATTWOOD *et al.*, 2005).

Pelo exposto, pode-se constatar que a incorporação de Fatores Humanos por intermédio dos HSEMS se enquadra na segunda orientação de pesquisa estabelecida por DEJOURS (1995), ou seja, a busca de como mobilizar, desenvolver e gerenciar os recursos humanos.

Contudo, o exame, tendo como base a Tabela 3-2 (NRC, 1983, p.3-8), do *Human Factors Checklist* apresentado por ATTWOOD *et al.* (2005) no seu Apêndice (p.207-224) permite vislumbrar a sua riqueza no detalhamento de agentes potencialmente influentes no desempenho humano e que poderão contribuir para a identificação de novos PSF externos, internos e estressores.

2.2.3 – Fatores Humanos no Domínio da Análise Organizacional dos Acidentes e Incidentes

LLORY e MONTMAYEUL (2010), pautados nas investigações de grandes acidentes e de incidentes, identificam na origem de suas ocorrências impropriedades e falhas das organizações encarregadas na gestão dos riscos. Para o enfrentamento da falibilidade da técnica e do homem, a solução encontrada, para o controle das falhas técnicas e dos erros humanos, é o emprego de meios técnicos e organizacionais

importantes, por meio de uma estrutura específica, às vezes complexa. Assim, tendo como foco os processos de decisão, as escolhas técnicas, efetuadas em alto nível, e as falhas gerenciais, o objeto de análise deveria ser o âmago do modo de funcionamento das organizações envolvidas na gestão dos riscos, no que tange: aos modos de análise e de avaliação de acidentes e incidentes; às atualizações das análises de riscos e aos meios enviesados dos processos de expertise; às deficiências de comunicação e de cooperação intra e interorganizacional.

Baseados no acidente de Fukushima Daiichi, os autores duvidam que as organizações possam, elas mesmas, se reformar, ou evoluir, desvencilhando-se de antigos paradigmas, de modo que possam lúcida e resolutamente buscar a autocrítica antes da ocorrência de um acidente sério. Na realidade, temem os autores que as disfunções organizacionais e o funcionamento das organizações permaneçam alijados do foco das análises, pela inapetência para a investigação e reflexão do farto material disponibilizado em TURNER e PIDGEON (1997). Visualizam como solução o engajamento, dos pesquisadores e das universidades, esclarecidos e convencidos da significância dos aspectos organizacionais na segurança industrial e do trabalho, na análise organizacional dos acidentes e incidentes e na lúcida e ponderada crítica da gestão de riscos nas organizações (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

A análise de acidentes e incidentes, ocorridos em todos os setores industriais e dos transportes, mostra indícios da implicação do “fator humano”, expressão anglo-saxã traduzida que se popularizou na indústria francesa desde o acidente de TMI. Mas, essa expressão logo ficou marcada pelo estigma do erro humano, termo muito redutor significando um aspecto negativo e até mesmo pejorativo (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

Apesar das melhorias constatadas em matéria de segurança ao longo das últimas três décadas, os acidentes e incidentes que se verificam geram inquietude, cuja natureza é encontrada nas fraquezas das organizações e, principalmente, das organizações de segurança (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

Confrontando com o esforço da indústria em lidar com o “fator humano” e empregar tecnologia para a elevação da segurança, mediante o aumento da automatização de processos técnicos e controle informatizados, verificam-se empreendimentos e realização de esforços crescentes de produtividade, de rentabilidade e de lucratividade, que promovem o estresse, induzem a sensação de medo de não

conseguir realizar o trabalho, e alcançar os objetivos estabelecidos, e de fragmentação das tarefas, que muitas vezes causam desgastes aos empregados. Essas consequências, subjetivamente sentidas pelo pessoal contribuem, conjuntamente, para um clima de relações tensas, de suspeição, de uma séria degradação das condições de cooperação, de solidariedade técnica e de comunicação entre indivíduos e entre grupos, que são, entretanto, necessárias (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

Em síntese, parece aos autores que, pelo nível diretor, são prescritas metas de desempenho cada vez mais altas e restritivas, enquanto são descuradas as condições de segurança quanto à necessidade da sua manutenção, revisão e incremento. Cada vez mais se exige dos sistemas sociotécnicos, enquanto descuida-se da segurança, que se torna responsabilidade de organizações, muitas vezes, disfuncionais (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

Apesar dos aperfeiçoamentos de procedimentos, da implantação de melhorias técnicas, reforços de controles hierárquicos, acidentes graves continuam acontecendo. Talvez, o diagnóstico generalizado a respeito dos fracassos seja a não consideração do fator humano, em face do foco excessivo nos erros humanos individuais e/ou da equipe. (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

Além desses aspectos, segundo LLORY e MONTMAYEUL (2010), esse esquecimento decorre de uma concepção do trabalho fortemente regulamentar e normativa e orientada aos procedimentos, deixando de lado especificidades, dificuldades, restrições, e condições impostas à realização das tarefas, aspectos que podem concorrer para os erros; e da falta da consideração do processo sociotécnico no seu conjunto, que inibe a obtenção de uma visão coerente e construída da complexidade da interação entre os membros da organização, suas unidades, departamentos e grupos. Justificando esses aspectos, os autores descrevem que “fator humano” origina-se com pessoas, que interagindo e trabalhando para a produção e a segurança, constituem um grupo complexo em decorrência dos múltiplos problemas de coordenação, de cooperação e de comunicação (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

Contudo, a organização da coleta e análise de eventos que se produzem nos sistemas sociotécnicos, sejam eles de pouca ou de moderada gravidade, não permitem revelar e corrigir os pontos fracos desses sistemas, as falhas, em relação à segurança industrial, antes da ocorrência de incidentes mais graves ou mesmo de acidentes (LLORY e MONTMAYEUL, 2010).

Em resumo, todos os aspectos a seguir listados contribuem para a estagnação da segurança e podem explicá-la, por exemplo, na segurança observada na França por LLORY e MONTMAYEUL (2010):

- ausência de debates abertos e autênticos sobre os fatores geradores de óbices para a segurança;
- força do paradigma do erro humano do pessoal operacional e o afastamento das gerências (dos engenheiros) nas análises dos acidentes sob uma perspectiva organizacional;
- resistência muito forte dessas gerências e dos tomadores de decisão, à elevação da análise até os níveis mais elevados do gerenciamento;
- pressões crescentes por produção que prevalecem nas organizações; e
- uma cultura de engenheiros muito bem orientada para a tecnologia, mas que, premidos pelos cronogramas, urgência, eficácia e imediatismo, ignoram os fenômenos humanos e organizacionais.

Todos esses aspectos nos fazem pensar, uma vez que em algum momento já nos defrontamos, pelo menos, com um deles.

LLORY e MONTMAYEUL (2010), referindo-se a um livro publicado em 1978, e reeditado em 1997 (TURNER e PIDGEON, 1997), ressaltam que dispomos de uma fonte de dados valiosa cujo retorno parece a eles incontornável. A volta a esse livro, para questionar os grandes acidentes, estudá-los, obter deles conhecimento, é vital para a almejada mudança de paradigma. Ele foi o primeiro livro a sugerir a possibilidade de olhar de forma sistêmica para as causas de uma ampla gama de desastres. Ele ainda fornece uma base teórica para estudar as origens dos desastres provocados pelo homem, reunindo um trabalho relevante baseado em um estudo de inquéritos sobre acidentes e desastres na Grã-Bretanha ao longo de um período de onze anos.

2.3 – A Modelagem de Sistemas Sociotécnicos

ZIO (2009) aponta que a obtenção de métodos quantitativos para a avaliação de probabilidades de erro organizacional e humano, e seus efeitos, em sistemas complexos, depende de uma adequada representação e modelagem de sistemas sociotécnicos.

O conceito sociotécnico está relacionado ao de sistemas abertos, em função de pressupostos como a interdependência das partes, equilíbrio dos estados e efeitos sistêmicos. As organizações passam a ser tratadas como “sistemas sociotécnicos

compostos pelos subsistemas social e técnico, sendo que a visão desses dois subsistemas é integrada (e não dissociada) e as mudanças percebidas em cada um deles, refletem-se no sistema como um todo” (NOVO, 2012).

GARCIA (1980) destaca que a ideia central da abordagem sociotécnica, conhecida como o princípio da otimização conjunta, “é o de desvendar os requisitos principais de qualquer sistema tecnológico e as possíveis influências destes sobre o desempenho do sistema social, de modo que a eficácia do sistema produtivo total dependeria da adequação do sistema social em atender os requisitos do sistema técnico”. É sobre essa ideia central que devem ser examinadas as propostas de pesquisa sobre fatores humanos de DEJOURS (1995) – qualidade da cooperação, a sua eficiência, e dos coletivos de trabalho, passando à análise das condutas humanas no trabalho em vez da análise das condutas individuais -, e de VICENTE (2004) – pensamento sistêmico que se concentre nos desenhos dos relacionamentos entre elementos dos sistemas – gente e tecnologia.

A abordagem sociotécnica combina a tecnologia (exigências de tarefa, ambiente físico, equipamento disponível) com um subsistema social (sistema de relações entre aqueles que realizam a tarefa). Os subsistemas tecnológico e social interagem mútua e reciprocamente, possibilitando, dentro de certo limite, uma influência biunívoca. A natureza da tarefa influencia (e não determina) a natureza da organização das pessoas, bem como as características psicossociais das pessoas influenciam (e não determinam) a forma pela qual uma tarefa específica será executada, BERRIEN (1968), EMERY (1972) (CHIAVENATO (2003).

Essa abordagem surgiu com a Teoria de Sistemas (TS), derivada da TGS desenvolvida por Von Bertalanffy. Ela originou, com a abordagem sistêmica, a preocupação com a “construção de modelos abertos que interagem dinamicamente com o ambiente e cujos subsistemas denotam uma complexa interação interna e externa”. Os subsistemas componentes da organização, interconectados e inter-relacionando-se, interagem com o suprassistema ambiental que, por sua vez, mantém interação com toda a organização. Os indivíduos e organizações passam a ser analisados como “sistemas abertos”, nos quais ocorre “incessante intercâmbio de matéria – energia – informação em relação a um ambiente circundante”. Nessa concepção, o que fica em relevo são as características organizacionais e seus ajustamentos contínuos às demandas ambientais. Em decorrência, ampliou-se a visão do funcionamento organizacional, embora tenha

permanecido uma demasiada abstração para o enfrentamento e resolução de problemas específicos da organização e de sua administração, BERRIEN (1968), EMERY (1972), CHIAVENATO (2003).

Com o advento da Teoria da Contingência, muda a orientação na visualização da organização, passando de dentro para fora. Agora, a ênfase passa a ser o ambiente e as demandas ambientais sobre a dinâmica organizacional. As explicações causais das características das organizações serão encontradas no ambiente, FREMONT e ROSENZWEIG (1972), CHIAVENATO (2003).

Na visão contingencial, a organização é um sistema definido por limites que o distinguem do suprasistema ambiental. A análise volta-se então para as “relações dentro e entre os subsistemas, bem como entre a organização e seu ambiente” e para a definição de “padrões de relações ou configuração de variáveis”. Assim, a visão contingencial dirige-se para “desenhos organizacionais e sistemas gerenciais adequados para cada situação específica”, FREMONT e ROSENZWEIG (1972), (CHIAVENATO, 2003).

No entanto, para que possamos obter uma representação adequada e modelagem de sistemas sociotécnicos proposta por ZIO (2009), é necessário considerar “toda a complexidade do homem e os fatores que influenciam a sua motivação para alcançar os objetivos organizacionais”, SCHEIN (1970), CHIAVENATO (2003). Ou seja, precisamos de uma concepção contingencial de homem – “homem complexo”. Os valores, as percepções, as características pessoais e as suas necessidades definem o homem como um sistema complexo. Diante das forças externas do ambiente, ele é capaz de manter-se operando mantendo o seu equilíbrio. A sua defrontação com o ambiente externo, caracterizado pela família, amigos, organizações onde atua, etc., gera problemas cuja premência em resolvê-los desenvolve, em resposta, o seu sistema interno, SCHEIN (1970), CHIAVENATO (2003).

A noção do modelo do homem complexo é o ponto central das propostas de DEJOURS (1995) e VICENTE (2004), pois: o homem é um ser transacional – “não só recebe insumos do ambiente, como reage a eles e adota uma posição proativa, antecipando-se e provocando mudanças no seu ambiente. Ou seja, o homem é um modelo de sistema aberto”; o homem tem um comportamento dirigido para objetivos – “é um sistema individual que desenvolve seus próprios padrões de percepções, valores e motivos. As percepções se referem à informação que cada sistema individual recolhe do

seu ambiente. Os valores são um conjunto de crenças e convicções sobre a realidade externa. Os motivos são os impulsos ou necessidades que se desenvolvem inconscientemente à medida que o indivíduo experimenta sucesso ou fracasso ao dominar seu ambiente. Essas três variáveis – percepções, valores e motivos – são inter-relacionadas: o que um indivíduo percebe em uma situação é influenciado pelos seus valores e motivos; e o desenvolvimento de valores e motivos é influenciado pelo processo de percepção, que determina qual a informação que o sistema deve recolher do ambiente”; os sistemas individuais não são estáticos – “mas em desenvolvimento contínuo embora mantendo sua identidade e individualidade ao longo do tempo. A maneira pela qual um indivíduo é motivado a se comportar em uma situação é função tanto da história do desenvolvimento do seu sistema individual, quanto da natureza do contexto ambiental em que se encontra” VROMM (1964), FIEDLER (1965), LAWER III (1971), PORTER e LAWER III (1977), CHIAVENATO (2003).

Esses são os aspectos que conferem complexidade aos sistemas sociotécnicos e a sua não linearidade, tornando os modelos empregados pela engenharia limitados na avaliação do impacto dos fatores humanos na segurança das instalações.

2.3.1 – O Pensar sobre os Relacionamentos entre Pessoas e Tecnologia como Nova Abordagem de Pesquisa em Fatores Humanos: a Proposta de KIM VICENTE

As críticas de DEJOURS (1995), com relação às formas de pesquisa em fatores humanos, evidenciam a prevalência de uma abordagem reducionista para a solução do problema, aspecto que VICENTE (2004) aponta como um dos motivos para o insucesso na aplicação da tecnologia, cuja origem está na organização do conhecimento humano. Para VICENTE (2004), o conhecimento científico é acentuadamente dividido em dois grandes grupos: as ciências humanas e as ciências tecnológicas. No primeiro grupo prevalece a visão humanística onde as pessoas são o foco principal. No entanto, falta-lhe a compreensão da tecnologia nos seus aspectos mais simples. No segundo grupo, ocorre uma priorização do *hardware* ou do *software*, em detrimento da compreensão das necessidades e das aptidões humanas, as quais deixam de fazer parte da equação (VICENTE, 2004). Assim, as divisões disciplinares não representam o mundo como ele é realmente, com pessoas e tecnologia, lado a lado, interagindo. VICENTE (2004) enfatiza que “nossos modos tradicionais de pensar ignoraram – e praticamente tornaram

invisível – a relação entre pessoas e a tecnologia”. Em decorrência, ele reivindica a necessidade de um pensamento sistêmico. Uma “maneira holística de olhar o mundo, orientada para os problemas, uma abordagem que se concentre nos relacionamentos entre elementos dos sistemas, seja qual for a forma pela qual esses elementos se apresentem (no nosso caso gente e tecnologia)”. Os relacionamentos são a chave que esconde a natureza fugidia do pensamento sistêmico. Um relacionamento, para o autor, “é uma propriedade emergente, uma *gestalt*, que só ganha existência quando as partes nela compreendidas se reúnem e se configuram de um modo particular” (VICENTE, 2004). Segundo esse conceito, a criação de propriedades emergentes é atribuição do *design*, do projeto. Para VICENTE (2004), “o que precisamos fazer é desenhar relacionamentos com a tecnologia que levem à harmonia, não à tensão – bons ajustes, não maus ajustes”. Ele atribui o crédito do pensamento sistêmico a Adam Smith, quando o economista explicou que “o comportamento dos mercados só pode ser entendido ao se examinarem os relacionamentos entre compradores e vendedores, não olhando os compradores e os vendedores isoladamente”. VICENTE (2004) denomina “Humano-tecnologia” essa abordagem sistêmica ao *design* da tecnologia; um modo de pensar fundamentalmente diferente, justamente por ir além de um caminho humanístico ou mecanicista tomados isoladamente.

Quanto aos significados do termo “Humano-tecnologia”, empregado por VICENTE (2004), destaca-se: a reprodução conceitual da ideia a que se refere – “o que você vê é o que você tem”; as duas partes do termo ressaltam os dois aspectos importantes do sistema – gente e tecnologia; o hífen evidencia a relevância dos “relacionamentos entre seres humanos e tecnologia”; o termo “Humano” em primeiro plano, como uma letra maiúscula, e “tecnologia” em letras minúsculas, é um alerta permanente para que os projetos tenham “afinidade com a natureza humana” e que os detalhes técnicos sejam “modelados segundo as leis da física e coisas desta natureza”; e, por fim, a relevância da complexidade tecnológica – principalmente no que tange “às nossas necessidades e capacidades humanas” (VICENTE, 2004).

A abordagem Humano-tecnológica demanda “uma boa compreensão dos princípios que governam o comportamento humano”, tarefa nada simples em face da complexidade inerente ao ser humano. Eis aqui o desafio, para que o *design* alcance o ideal – afinidade com a natureza humana. Mesmo que tenhamos como forma de

enfrentamento dessa complexidade a opção pela adoção de um foco dirigido a problema específico, a tarefa pode permanecer desanimadora (VICENTE, 2004).

VICENTE (2004) sugere, para enfrentar essa complexidade, uma forma de tornar mais maleável a abordagem Humano-tecnológica. Ele propõe a organização sistemática do planejamento e produção de artefatos e sistemas tecnológicos (*hardware* e *software*), de uma forma multifacetada, relacional e vinculada ao conhecimento que possuímos sobre o ser humano, grupos sociais, instituições e sociedades. Ele ordena, e caracteriza esses conhecimentos e suas respectivas relações com as técnicas e tecnologias, em cinco níveis, do menor nível para o mais elevado: Físico (indica as capacidades e limitações humanas em termos de fisiologia, força e destreza e fornece informações sobre problemas específicos relacionados a esses aspectos); Psicológico (informações relevantes sobre a “nossa capacidade de memorização em curto ou longo prazo, nossas expectativas intuitivas de dar sentido ao mundo, nossa habilidade (limitada) em fazer cálculos mentais complexos e a nossa capacidade apurada de reconhecimento de padrões”); Em Equipe ou Grupo (questões acerca das características gregárias relacionadas à vida e trabalho; ex: força e fraqueza de ações baseadas no assim chamado de “pensamento de grupo”; comportamento de um grupo de indivíduos que convergem para uma determinada interpretação de fatos apenas para assegurar a harmonia da equipe, fixando-se nessa interpretação e rechaçando quaisquer outras explicações possíveis); Organizacional (questões sobre visão e liderança, incentivos e desestímulos e a comunicação – fluidez da informação – que tem impacto sobre o comportamento organizacional e no nível de estabelecimento de afinidade com as pessoas); e Político (aspectos básicos como a “opinião pública, os valores sociais e as normas culturais que devem ser respeitadas”). Cada nível representa um aspecto relativamente distinto de conhecimentos relativos às pessoas, possibilitando, assim, “um modo qualitativamente diferente de pensar sobre elas” (VICENTE, 2004). Na realidade, VICENTE propõe uma forma integrada de análise (um sistema) dos “relacionamentos entre seres humanos e tecnologia”. Na perspectiva do autor, esses relacionamentos não devem ser pensados isoladamente a partir de cada um dos seus níveis (uma fragmentação), mas, integrados e inter-relacionados. Ou seja, o início da formulação e planejamento de qualquer artefato, planta física, processo de trabalho ou política de ação, começa, prioritariamente, a partir da identificação da(s) necessidade(s) humana(s) prioritária(s) que serão impactadas por esse novo “objeto”. Será essa identificação que

definirá o grau, o conjunto e a dinâmica dos inter-relacionamentos dos diversos níveis de conhecimento e análise propostos pelo autor. Eis a inovação metodológica e analítica do autor. A complexidade do projeto implica diretamente na quantidade de fatores e níveis de análise a serem considerados.

Em resumo, VICENTE (2004) ressalta que nos níveis de menor complexidade tecnológica, o *design* tem o seu foco voltado para a obtenção de “objetos físicos ou virtuais que tenham bom ajustamento com as características físicas e psicológicas dos seres humanos”. Com níveis de maior complexidade tecnológica necessita-se alterar o foco do *design*. Necessitamos, para “compatibilizar o que sabemos sobre o comportamento nos níveis político, organizacional e de equipe, pensar em padrões ou conceitos, tais como relações de autoridade, políticas de pessoal, leis e regulamentos”. Esses aspectos constituem objetos políticos, tais como orçamentos, leis e regulamentos, que têm impacto no modo de funcionamento dos objetos físicos do sistema tecnológico. Por esse motivo, os objetos políticos deveriam ser considerados partes do sistema tecnológico.

3. METODOLOGIA

3.1 – Uma Proposta de Abordagem segundo uma Perspectiva Sociotécnica

Tendo como base as análises precedentes, pode-se depreender que a pesquisa de fatores humanos implica no desenvolvimento de instrumentos adequados que possibilitem o levantamento das causas, dos aspectos, que possam explicar as condutas humanas no trabalho, rompendo os paradigmas de análises das condutas individuais (DEJOURS, 1995). Para esse autor, a análise das tarefas/organização do trabalho será um produto das relações intersubjetivas e sociais dos trabalhadores com as organizações. Para VICENTE (2004), essa análise parte da identificação da(s) necessidade(s) humana(s) prioritária(s) que serão impactadas por um novo artefato, planta física, processo de trabalho ou política de ação. O ponto comum desses entendimentos, por conseguinte, é o processo de identificação dos PSF relevantes para cada tipo de organização, planta ou instalação.

ALVARENGA e FRUTUOSO E MELO (2014), por exemplo, apontam que os fatores humanos devem ser avaliados em três níveis hierárquicos: comportamento cognitivo dos seres humanos durante o controle de processo que ocorre através da interface homem-sistema; comportamento cognitivo dos seres humanos quando eles trabalham em grupos, como em usinas nucleares; e a influência da cultura organizacional em seres humanos, bem como sobre as tarefas que estão sendo executadas. No primeiro nível, os erros humanos são avaliados por meio de técnicas de confiabilidade humana de primeira e segunda gerações, como THERP (NRC, 1983), ASEP (NRC, 1987) e HCR (HANNAMAN, SPURGIN e LUKIC, 1984) (primeira geração) e ATHEANA (NRC, 1996) e CREAM (HOLLNAGEL, E., 1998) (segunda geração). Contudo, no segundo nível, onde estão em evidência os aspectos antropológicos que regem a interação entre os seres humanos, e no terceiro nível, onde o foco são os fatores de contexto social (aspectos econômicos e políticos) que influenciam e conformam a cultura organizacional das empresas, ainda permanece a carência de técnicas e/ou pesquisas empíricas que dêem conta dessa problemática no domínio nuclear, cabendo estudos nesse sentido (ALVARENGA, FRUTUOSO E MELO, FONSECA, 2014). O desafio, portanto, reside no tipo de abordagem a ser empregada para essa almejada avaliação. Nesse sentido, a proposta formulada por VICENTE

(2004) vai ao encontro da abordagem necessária apontada por ALVARENGA, FRUTUOSO E MELO e FONSECA (2014), complementando-a.

Viu-se que os modelos quantitativos para a avaliação do desempenho humano estão centrados em combinações de PSF, que são os principais determinantes das probabilidades de erros humanos. Esses modelos baseiam-se no modo como os humanos percebem, processam e respondem aos *inputs* (estímulos) que recebem do sistema (NRC, 1983).

Para a identificação dos PSF importantes que afetam o desempenho de uma tarefa, é empregado um procedimento analítico denominado análise de tarefa (em qualquer de suas muitas formas), cujo propósito é determinar os comportamentos específicos requeridos dos componentes humanos num sistema homem-máquina e o desempenho detalhado exigido de pessoas e equipamentos, bem como dos efeitos sobre eles das condições ambientais, das falhas e de outros eventos inesperados, fornecendo a matéria-prima necessária para a Análise da Confiabilidade Humana (ACH), NRC (1983) e NRC (2012).

Na fase de familiarização, primeiro passo da ACH, estão contidas as ações de: coleta de informação; visita às instalações; e revisão dos procedimentos/informação dos analistas de sistemas. Na THERP, essa fase contém apenas a visita à planta e a revisão dos procedimentos/informação dos analistas de sistemas (NRC, 1983). O analista de confiabilidade humana busca coletar, nessa primeira fase, informação específica da planta e de eventos. Se não estiver muito familiarizado com a planta, ele busca o passado por meio da visita à planta, durante a qual tenta tornar-se informado/ciente acerca dos PSF peculiares a ela. Nesse momento, ele deveria, também, avaliar o sistema de controle administrativo da planta e suas políticas de teste, manutenção e restauração, com base em informações que podem ser obtidas por ele caso os cenários a serem avaliados já tenham sido identificados pelos analistas de sistemas. A completude, ou não, das informações obtidas, permitirá ao analista, respectivamente, conduzir *in loco* a análise de tarefa dos eventos em questão (parte da fase 2), ou concluir/completar suas análises em uma data posterior (NRC, 1983).

Na avaliação qualitativa, segunda fase da ACH, estão agrupadas as ações de: determinação dos requisitos de desempenho; avaliação da situação do desempenho, especificação dos objetivos de desempenho; Identificação dos potenciais erros humanos; e modelagem/esboço do desempenho humano. Na THERP, essa fase é

composta por uma completa interação do analista com a planta e operadores, a análise de tarefa e o desenvolvimento de árvores de eventos da ACH (NRC, 1983).

A avaliação qualitativa envolve análises preliminares das situações de desempenho a serem incluídas na ACH. O analista de confiabilidade humana deve realizar uma análise de tarefa superficial das ações exigidas aos operadores para o enfrentamento de cada situação, separando as ações do operador em tarefas e subtarefas com base nas caracterizações de ação encontradas (NRC, 1983). O objetivo do analista não é determinar a motivação por trás de cada ação do operador, mas sim identificar as atividades mais prováveis do operador. A cada uma dessas atividades ou tarefas identificadas, o analista deve associar possíveis erros humanos. Por ocasião da avaliação da situação real do desempenho, o analista decidirá que erros potenciais são prováveis, e os incluirá no modelo de resposta humana que será desenvolvido. Esse modelo é, em decorrência, uma representação da qualidade da interface homem/sistema, na medida em que, a partir dele, poderão ser detectadas certas deficiências do sistema (NRC, 1983).

Contudo, como apontado anteriormente, essa abordagem para a modelagem do desempenho humano é apenas aproximada, e principalmente eivada de um grau de subjetividade que irá variar de acordo com a experiência do analista. Além desse aspecto, passados os anos, permanece a impossibilidade de ponderação para cada PSF individual que seria aplicável à tarefa e/ou situação específica em que um analista esteja interessado. Uma razão para essa limitação é que a maioria dos PSF interage, e os efeitos dessas interações são geralmente complexos. Na realidade, continuamos com as orientações de manuais para identificar as combinações mais importantes de PSF para cada tarefa analisada. O analista deve usar sua experiência para ajustar essas combinações de PSF às considerações específicas da tarefa. Assim, os modelos de desempenho humano e dados derivados do manual estão baseados, em grande medida, em uma influência estimada de diferentes combinações e níveis de PSF, por meio de abordagem linear (NRC, 1983).

A avaliação quantitativa, terceira fase da ACH, envolve o estabelecimento de uma indicação probabilística de cada resultado do sistema, tal como definido no modelo construído na segunda fase. Em outras palavras, o analista de confiabilidade humana faz estimativas de probabilidades dos erros humanos previstos/considerados no modelo (NRC, 1983).

A incorporação, quarta e última fase, lida com o uso dos resultados da ACH que, se validados, são, então, *inputs* para a APR/APS (NRC, 1983).

A partir do panorama apresentado, no qual se constata a importância de uma adequada identificação dos PSF para a ACH, por intermédio da análise de tarefa, principalmente para a primeira e segunda fases da ACH, torna-se imprescindível pensar na seguinte questão: um melhor mapeamento e avaliação dos Fatores Humanos nos sistemas sociotécnicos poderá aprimorar a identificação das fontes de influência no desempenho do operador?

No presente estudo, as percepções dos operadores, técnicos, engenheiros e gestores de instalações nucleares acerca das condições físicas e culturais presentes na sua organização, serão adotadas para avaliação de aspectos críticos da planta que possam identificar os Fatores de Desempenho (PSF) relevantes para o levantamento inerentes às fases qualitativas e quantitativas da Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

Tendo como base o fato de que a ênfase na visualização da organização passou a ser o ambiente e as demandas ambientais sobre a dinâmica organizacional, e que as explicações causais das características das organizações serão encontradas no ambiente, encontra-se no conceito de Clima Organizacional, disponibilizado pela Teoria da Contingência (TC), a representação do “quadro mais amplo da influência ambiental sobre a motivação. O clima organizacional é a qualidade ou propriedade do ambiente organizacional que é percebida ou experimentada pelos participantes da organização e que influencia o seu comportamento. O ambiente organizacional apresenta certas propriedades que podem provocar motivação para determinados comportamentos”, GILMES (1971), CHIAVENATO (2003). O clima organizacional, segundo um dos modelos pioneiros, possui as seguintes dimensões: estrutura; responsabilidade; riscos; recompensa; calor e apoio; e conflito. Essas dimensões podem exercer “uma influência poderosa na motivação das pessoas e sobre o desempenho e a satisfação no trabalho”, LITWIN e STRINGER (1968), CHIAVENATO (2003).

NEAL, GRIFFIN e HART (2000) realizaram um estudo no qual desenvolveram um modelo para explicar a influência do clima organizacional e do clima de segurança sobre o comportamento individual de segurança. O modelo é importante porque fornece uma ligação entre o ambiente organizacional e os comportamentos individuais específicos relacionados com a segurança.

No resumo do seu artigo, NEAL, GRIFFIN e HART (2000) destacaram que relativamente pouca pesquisa anterior havia investigado os mecanismos pelos quais o clima de segurança afetava o comportamento de segurança. Os autores examinaram os efeitos do clima organizacional geral no clima de segurança e no desempenho de segurança. A expectativa que tinham se confirmou. O clima organizacional geral mostrou significativo impacto sobre o clima de segurança. O clima de segurança, por outro lado, foi relacionado a auto-relatos de conformidade com os regulamentos e procedimentos de segurança, bem como a participação em atividades relacionadas à segurança no local de trabalho. O efeito do clima organizacional geral sobre o desempenho de segurança foi mediado pelo clima de segurança, enquanto o efeito do clima de segurança no desempenho de segurança foi parcialmente mediado pelo conhecimento de segurança e motivação.

Na avaliação do clima organizacional, foram avaliadas percepções de funcionários sobre sete dimensões diferentes de seu ambiente de trabalho (avaliação e reconhecimento, congruência de metas, clareza de papéis, liderança de apoio, tomada de decisão participativa, crescimento profissional e interação profissional) segundo 35 itens da escala de clima organizacional de HART *et al.* (1996) organizada com base nos componentes do *School Organizational Health Questionnaire* (HART *et al.*, 2000), elaborados para avaliar os fatores organizacionais comuns à maioria das organizações. Este questionário foi usado para avaliar clima organizacional em uma série de organizações do setor privado e público e mostrava boa validade discriminante de outros construtos relacionados, como estressores organizacionais (HART *et al.*, 1996). Os respondentes eram solicitados a avaliar, em uma escala de cinco pontos – tipo Likert (LIKERT, 1932) e (VIEIRA e DALMORO, 2008) – que variava de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”, em que medida cada item (por exemplo, “Meus objetivos de trabalho estão sempre bem definidos”; “Existe uma boa comunicação entre os grupos neste local de trabalho”; e “Esse local de trabalho tem uma descrição clara do conjunto de metas e objetivos”) descrevia o seu local de trabalho.

Análises de fator confirmatório – coeficiente Alfa de Cronbach (HAIR Jr *et al.*, 2005) – mostraram que as sete dimensões separadas poderiam ser agregadas em um nível de segunda ordem para fornecer um índice geral de clima organizacional, com um coeficiente Alfa de Cronbach (α) igual a 0,94. O coeficiente alfa de Cronbach é uma forma de estimar a confiabilidade de um questionário aplicado em uma pesquisa. Ele foi

apresentado por seu idealizador, Lee J. Cronbach, em 1951. Ele é uma medida de confiabilidade que varia de 0 a 1, sendo os valores de 0,60 a 0,70, considerados limite inferior de aceitabilidade (HAIR Jr *et al.*, 2005).

Os resultados obtidos por NEAL, GRIFFIN e HART (2000), em que pese as limitações que explicitaram quanto ao uso de medidas de autorrelato para avaliar todas as dimensões do modelo do clima de segurança e a impossibilidade do teste das relações causais propostas no arcabouço teórico, respaldaram a regra do clima de segurança como um mediador do impacto do clima organizacional geral sobre os resultados relacionados com a segurança. O clima organizacional pode influenciar as percepções do clima de segurança, e que essas percepções do clima de segurança influenciam o desempenho de segurança através de seus efeitos sobre o conhecimento e a motivação.

Um estudo visando um mapeamento da percepção de funcionários da superintendência de manutenção de uma grande organização no Brasil, com relação a diversos aspectos relacionados aos domínios motivacional, organizacional, gerencial, psicossocial e ocupacional, também empregou a análise do clima organizacional a partir de um modelo específico, composto a partir de 70 fatores diferentes oriundos de uma síntese de dezenove modelos aplicados em pesquisa de clima organizacional, no Brasil, no período de 1963 a 2001 (MARRA, 2004). Para cada um dos 70 fatores identificados, foram elaborados pelo autor 126 descritores assertivos que explicitam o significado de cada um deles. Desse total, 96 descritores foram selecionados pelo seu grau de pertinência e de importância para o estudo de campo, definindo, conseqüentemente, os 49 fatores componentes do modelo empregado.

Os resultados obtidos por MARRA (2004), respaldados pela análise estatística e estudos de confiabilidade da consistência interna do modelo utilizado, indicaram uma percepção global do clima medianamente positiva, tendo o domínio gerencial apresentado resultado com maior potencial de melhoria.

Entendemos esses 49 fatores selecionados como dimensões, mesma denominação do modelo da IOGP (ATTWOOD *et al.*, 2005), componentes dos cinco domínios de interesse do estudo. A Tabela 2 discrimina, por domínio, as dimensões que o compõem.

Tabela 2 – Domínios e dimensões componentes do modelo de Clima Organizacional empregado por MARRA (2004)

| Domínio | | Dimensões |
|----------------|---|---|
| Motivacional | Aspectos responsáveis pela motivação intrínseca e extrínseca ou que refletem o estado motivacional. | Autoestima; Autonomia; Benefícios; Comprometimento com o trabalho; Desafios; Equidade; Identidade; Perspectiva de progresso; Recompensa; Remuneração; Satisfação pessoal; e Treinamento e desenvolvimento pessoal. |
| Organizacional | Aspectos organizacionais intrínsecos de setor específico e da organização como um todo em que ele se insere. | Adequação da estrutura; Clareza organizacional; Comunicação; Condições físicas de trabalho; Conformismo; Filosofia de gestão; Formalismo; Integração de áreas; Integração de novos empregados; Padrões de desempenho; Percepção de objetivos; Política de pessoal; Relacionamento sindical; e Senso de qualidade. |
| Gerencial | Aspectos relativos à percepção dos funcionários em relação ao conjunto de atitudes e procedimentos relacionados com o desempenho e competência dos gerentes no exercício da função. | Clareza da chefia; Competência e qualificação; Credibilidade da chefia; Delegação; Estímulo; Liderança; Receptividade; e Reconhecimento. |

| Continuação da Tabela 2 – Domínios e dimensões componentes do modelo de Clima Organizacional empregado por MARRA (2004) | | |
|---|---|--|
| Domínio | | Dimensões |
| Psicossocial | Aspectos relativos à percepção dos funcionários sobre comportamentos individuais ou grupais e também aos sentimentos e atitudes dos empregados entre si, relativos ao trabalho e à própria organização. | Confiança; Consideração humana; Cooperação; Acessibilidade; Relacionamento interpessoal; e Tensão. |
| Ocupacional | Aspectos relativos à percepção dos funcionários sobre aspectos diretamente relacionados, ou decorrentes das atividades laborais. | Apoio logístico; Avaliação e controle; Compreensão; Hierarquia; Jornada de trabalho; O trabalho em si; Organização das atividades; Satisfação do cliente; e Segurança no trabalho. |

As Tabelas 3 a 7 exibem, por domínio, as dimensões a eles relacionadas com os respectivos descritores.

Tabela 3 – Dimensões e Descritores do Domínio Motivacional (MARRA, 2004)

| Dimensões | Descritores |
|------------------|--|
| Auto-estima | As pessoas consideram-se preparadas profissionalmente e integradas ao ambiente organizacional. |
| | As pessoas sentem-se seguras e com estabilidade no quadro da empresa. |
| | As pessoas sentem que o seu trabalho é importante para a empresa. |
| Autonomia | A liberdade de ação no desempenho das atribuições do pessoal da operação e manutenção está adequada. |

| Continuação da Tabela 3 – Domínio Motivacional (MARRA, 2004) | |
|--|---|
| Dimensões | Descritores |
| Benefícios | As pessoas consideram que existe na organização um benefício atraente. |
| | A qualidade dos serviços de assistência social é considerada como excelente. |
| | Os benefícios e assistências praticados são fatores de motivação para o trabalho (Saúde, Alimentação, Escola, Transporte e Moradia). |
| Comprometimento com o trabalho | O interesse em melhorar o desempenho é uma característica marcante do pessoal. |
| | As pessoas utilizam o sistema de comunicação da empresa para manterem-se informadas. |
| | É observável esforço para evitar erros e desperdício. |
| | O pessoal conhece e cumpre normas e regulamentos. |
| | As tarefas são realizadas sem necessidade de controle rigoroso. |
| | É observada demonstração de responsabilidade com o trabalho em geral. |
| Desafios | As pessoas sentem liberdade e incentivo para assumir desafios na empresa. |
| Equidade | Os salários estão sendo distribuídos de acordo com critérios técnicos, objetivos e impessoais. |
| | As oportunidades de treinamento se baseiam nas necessidades das áreas e as indicações atendem a critérios justos. |
| | A igualdade de direitos e deveres é uma característica da organização. |
| Identidade | O pessoal considera que a empresa presta um serviço relevante e adequado à sociedade em geral e que o seu trabalho contribui para isto. |
| Perspectiva de progresso | A empresa oferece boas oportunidades de carreira e progresso profissional. |
| Recompensa | A política de recursos humanos valoriza o desempenho profissional. |
| Remuneração | Em comparação ao mercado o salário que as pessoas recebem é bom. |
| | O pessoal considera que o salário que recebe está compatível com os requisitos das atividades que executa. |
| Satisfação pessoal | O nível de satisfação das pessoas em relação ao emprego é alto. |
| | As pessoas estão satisfeitas com relação ao tipo de trabalho que executam. |
| | As pessoas têm oportunidade de participar de eventos externos aos seus setores (Seminários, cursos, reuniões, etc). |
| | O pessoal tem a oportunidade de contribuir em assuntos de maior relevância. |
| | O nível de satisfação das pessoas está tão baixo que se tivessem uma oportunidade mudariam de emprego. |
| Treinamento e desenvolvimento pessoal | A capacitação e o treinamento disponibilizados pela empresa atendem totalmente as necessidades de trabalho do pessoal. |
| | Os treinamentos realizados contribuem para o progresso profissional das pessoas. |

Tabela 4 – Dimensões e Descritores do Domínio Organizacional (MARRA, 2004)

| Dimensões | Descritores |
|--------------------------------|---|
| Adequação da estrutura | A estrutura formal (número de elementos organizacionais e de empregados) está adequada para as necessidades da organização. |
| | As pessoas estão satisfeitas com a autonomia dos gerentes sobre questões administrativas e de pessoal. |
| | A quantidade de pessoal nos setores de operação e manutenção está suficiente. |
| | Há receptividade e flexibilidade para promover mudanças na estrutura informal do trabalho para atender as necessidades. |
| Clareza organizacional | O trabalho está bem organizado e as atribuições estão definidas claramente. |
| | Os objetivos dos setores de operação e manutenção, e do trabalho, são claros. |
| Comunicação | O sistema de comunicação interno da empresa é adequado e ágil. |
| | A comunicação interna formal e informal nos setores de operação e manutenção contribui no desempenho do trabalho. |
| Condições físicas de trabalho | As condições físicas de trabalho nos escritórios são adequadas (espaço, móveis, equipamentos de informática, temperatura ambiente, ruído ambiente, limpeza, manutenção adequada e segurança). |
| Conformismo | Existem muitas regras, regulamentos e procedimentos dificultando as atividades e prejudicando o desempenho. |
| Filosofia de gestão | Existe preocupação da empresa com a satisfação e o bem-estar do empregado. |
| Formalismo | A gerência decide com autonomia sempre que as circunstâncias requerem agilidade. |
| Integração entre áreas | O relacionamento funcional entre os elementos organizacionais não apresenta conflitos. |
| | O relacionamento funcional entre a operação e a manutenção não apresenta conflitos. |
| | O relacionamento funcional dos setores de operação e manutenção com órgãos externos não apresenta conflitos. |
| | Prevalece o espírito de equipe no relacionamento entre os elementos organizacionais dos setores de operação e manutenção. |
| Integração de novos empregados | A política de orientação, adaptação e treinamento de novos empregados está adequada. |
| Padrões de desempenho | O acompanhamento do desempenho e dos resultados individuais no trabalho é feito de forma adequada. |
| Percepção de objetivos | Os trabalhos no setor de manutenção são orientados em função dos objetivos e de prioridades. |
| Política de pessoal | O pessoal está satisfeito com a política de Recursos Humanos da empresa. |
| Relacionamento sindical | A empresa trata com atenção e respeito às questões trabalhistas e sindicais. |

| Continuação da Tabela 4 – Domínio Organizacional (MARRA, 2004) | |
|--|--|
| Dimensões | Descritores |
| Senso de qualidade | As pessoas observam que a empresa vem melhorando significativamente nos últimos anos. |
| | A empresa divulga adequadamente as grandes ações e projetos. |
| | Os empregados conhecem e estão integrados aos objetivos dos setores de operação e manutenção da empresa. |
| | Existe grande ênfase à responsabilidade pessoal nos Setores de Operação e Manutenção. |

Tabela 5 – Dimensões e Descritores do Domínio Gerencial (MARRA, 2004)

| Dimensões | Descritores |
|----------------------------|--|
| Clareza da chefia | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. |
| | Existe clareza na comunicação gerencial. |
| Competência e qualificação | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. |
| | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. |
| Credibilidade da chefia | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade, transparência, etc). |
| | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. |
| Delegação | O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. |
| | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos. |
| Estímulo | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. |
| Liderança | A Gerência desenvolve ações que motivam o pessoal para o alcance dos objetivos. |
| Receptividade | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de ideias. |
| | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação. |
| Reconhecimento | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. |

Tabela 6 – Dimensões e Descritores do Domínio Psicossocial (MARRA, 2004)

| Dimensões | Descritores |
|-----------------------------|---|
| Confiança | Existe um senso de confiança mútua entre pessoas. |
| Consideração humana | A cordialidade, consideração e apreço entre colegas no trabalho são características do pessoal. |
| | O reconhecimento da competência profissional é comum entre colegas. |
| | O respeito pela opinião das pessoas é uma prática comum. |
| Cooperação | A cooperação nos Setores é uma característica marcante. |
| | O espírito de equipe é uma característica marcante entre colegas de mesmo Setor e Divisão. |
| Acessibilidade | O relacionamento com o gerente imediato é direto e informal. |
| Relacionamento interpessoal | O relacionamento entre colegas dos Setores é bom. |
| | O relacionamento com clientes de outros órgãos da empresa é bom. |
| | O relacionamento com clientes de outras Divisões é bom. |
| Tensão | A forma como os assuntos de trabalho são tratados frequentemente proporcionam um estado de tensão e estresse nas pessoas. |
| | O ambiente geral de trabalho é de descontração e espontaneidade. |

Tabela 7 – Dimensões e Descritores do Domínio Ocupacional (MARRA, 2004)

| Dimensões | Descritores |
|----------------------|---|
| Apoio Logístico | A empresa disponibiliza materiais, instrumentos e equipamentos suficientes, adequados e necessários aos serviços. |
| Avaliação e controle | A forma de supervisão e controle dos serviços é feita adequadamente. |
| Compreensão | Predomina um tratamento de compreensão e encorajamento quando se comete erros ao invés de um comportamento punitivo ou de reclamação e repreensão. |
| | As pessoas consideram adequado o nível de compreensão da chefia diante da busca de solução ou alternativas na execução de tarefas de maior dificuldade/complexidade técnica que requeiram, por exemplo, mudança de procedimento, alargamento de prazo ou reprogramação. |
| Hierarquia | As pessoas sentem muito desgaste emocional pelo desrespeito hierárquico de funções, conhecido como “ <i>bypass</i> ”. |

| Continuação da Tabela 7 – Domínio Ocupacional (MARRA, 2004) | |
|---|--|
| Dimensões | Descritores |
| Jornada de trabalho | A jornada de trabalho é considerada desgastante. |
| O trabalho em si | Há adequada consideração pelas pessoas ao elaborar as escalas de plantão e atendimentos de emergência e horas extras. |
| | O pessoal sente-se desgastado pela rotina dos trabalhos que executa. |
| | As pessoas compreendem que a natureza do trabalho envolve períodos de “pico de serviço” e eventuais períodos ociosos e estão adaptadas a esse regime. |
| | A distribuição de trabalho e tarefas é feita de forma adequada e justa. |
| | As pessoas sentem-se sobrecarregadas de serviço. |
| Organização das atividades | A execução das tarefas é conhecida de forma clara. |
| Satisfação do cliente | As pessoas estão satisfeitas com a qualidade dos serviços prestados pela sua área de atuação. |
| Segurança no trabalho | São consideradas adequadas as normas e procedimentos do trabalho que envolvem procedimentos executivos, acesso às áreas e equipamentos, autorizações de serviço e segurança do trabalho. |
| | A segurança no trabalho é vista como prioridade pela empresa. |
| | O nível de prevenção de doenças ocupacionais está adequado. |
| | A disponibilidade dos EPI necessários está adequada. |

Examinando os descritores de cada uma das dimensões do modelo da IOGP (ATTWOOD *et al.*, 2005) e do modelo de clima organizacional empregado por MARRA (2004), comparando-os, constatamos que eles não são redundantes, mas sim complementares.

Essa é a justificativa para a adoção do conceito de clima organizacional e a incorporação de domínios, a ele inerentes, ao modelo para fatores humanos da *International Association of Oil and Gas Producers* (ATTWOOD *et al.*, 2005). Como vimos, esse modelo define três domínios para fatores humanos: Instalações e Equipamentos; Pessoas; e Sistemas de Gestão. Esses domínios se sobrepõem uns aos outros e não podem ser separados ou removidos do modelo (ATTWOOD *et al.*, 2005).

A esse modelo agregamos o modelo de Clima Organizacional aplicado no estudo realizado por MARRA (2004) que é composto pelos domínios: Motivacional; Organizacional; Gerencial; Psicossocial; e Ocupacional, Figura 2.

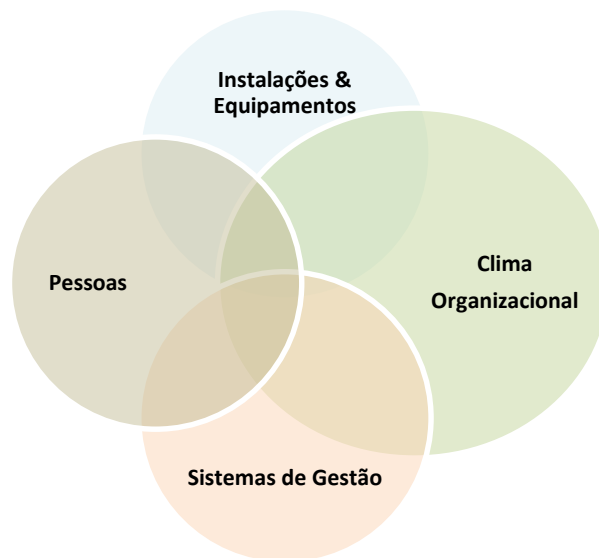


Figura 2 – Adaptação do modelo da IOGP (ATTWOOD *et al.*, 2005) com a inserção do Clima Organizacional proposto por MARRA (2004)

O *check-list* proposto, por consequência, passa a ser composto pelo somatório dos descritores de cada uma das dimensões componentes do modelo da IOGP (ATTWOOD *et al.*, 2005) e do modelo de clima organizacional empregado por MARRA (2004), conforme listado nas Tabelas 3 a 7. Essa medida torna esse instrumento exaustivo, visando dotá-lo de amplo espectro de aspectos que possibilitem a identificação de causas raízes responsáveis pela influência de fatores humanos precursores de PSF relevantes para a ACH.

A diferença residirá na forma de obtenção das respostas decorrentes do exame dos descritores.

No modelo da IOGP, a lista de descritores é avaliada por um analista, segundo as condições estabelecidas, estática ou dinâmica. MARRA (2004) empregou uma escala Likert de cinco pontos (VIEIRA e DALMORO, 2008), variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”, mesmo tipo de escala utilizada por NEAL, GRIFFIN e HART (2000).

O que propomos é a mensuração da percepção dos respondentes quanto à evidência de cada um dos descritores na realidade da sua ocupação e atividades diurnas, por meio de escala de magnitude empregada nas ciências sociais.

3.2 – A Estratégia de Organização da Lista de Verificação (*checklist*) segundo uma Perspectiva Sociotécnica

Para a pesquisa da influência de fatores humanos, de forma a possibilitar uma abordagem contingencial para investigar os aspectos levantados por DEJOURS (1995) e VICENTE (2004), foi elaborada uma matriz, cujo modelo é apresentado na Tabela 8, que conjuga as variáveis da Teoria Geral da Administração (TGA) – Tarefas, Estrutura, Pessoas, Tecnologia e Ambiente – e os cinco níveis de categorização do fator humano propostos por VICENTE (2004) – Físico, Psicológico, Em Equipe, Organizacional e Político.

Tabela 8 – Modelo de Matriz para a Conjugação das Variáveis da TGA com os Níveis de Categorização do Fator Humano

| Variáveis Ambientais da Teoria Geral da Administração (TGA) | Níveis de Categorização do Fator Humano (VICENTE, 2004) | | | | |
|---|---|-------------|-----------|----------------|----------|
| | Físico | Psicológico | Em Equipe | Organizacional | Político |
| Tarefa | | | | | |
| Estrutura | | | | | |
| Pessoas | | | | | |
| Tecnologia | | | | | |
| Ambiente | | | | | |

Nessa matriz, representada na Tabela 8, foram alocadas as dimensões integrantes dos três domínios do modelo para Fatores Humanos da IOGP – Instalações e Equipamentos, Pessoas e Sistemas de Gestão – (ATTWOOD *et al.*, 2005), e dos cinco domínios do modelo de Clima Organizacional – Motivacional, Organizacional, Gerencial, Psicossocial e Ocupacional – (MARRA, 2004), mediante a análise da sua pertinência à interação das variáveis da TGA com os níveis de categorização do fator humano propostos por VICENTE (2004). A indicação da incidência de uma ou mais dimensões, dos respectivos domínios, pelos níveis de categorização e variáveis constantes da matriz, encontra-se apenas assinalada na Tabela 9 e representada no anexo A. Essa variabilidade da incidência das dimensões é indicativo de que características

das variáveis da TGA são interdependentes e interagentes. A denominação das dimensões que influem em cada nível encontra-se explicitada nas Figuras 5 a 9.

Tabela 9 – Indicação da incidência das dimensões dos domínios dos modelos da IOGP e do Clima Organizacional na matriz concebida

| Níveis (VICENTE, 2004) | Variáveis da TGA (CHIAVENAT O, 2003) | Domínios do Modelo da IOGP (ATTWOOD <i>et al.</i> , 2005) | | | Domínios do Modelo de Clima Organizacional (MARRA, 2004) | | | | |
|------------------------------|---|--|---------|--------------------------|---|----------------|-----------|--------------|-------------|
| | | Instalações e Equipamentos | Pessoas | Sistemas de Gestão | Motivacional | Organizacional | Gerencial | Psicossocial | Ocupacional |
| Físico | Tarefa | X | X | | | | | | X |
| | Estrutura | X | | | | | | | |
| | Pessoas | | X | | | | | | |
| | Tecnologia | X | | X | | | | | |
| | Ambiente | | X | X | | X | | | |
| Psicológico | Tarefa | | | X | | | | | X |
| | Estrutura | X | | | | | | | X |
| | Pessoas | | X | X | X | | X | | X |
| | Tecnologia | X | | | | | | | |
| | Ambiente | X | | | X | X | | | X |
| Em Equipe | Tarefa | X | | | | X | | | |
| | Estrutura | | | | | X | | | |
| | Pessoas | X | | | X | | X | X | |
| | Tecnologia | X | | | | | | | |
| | Ambiente | | X | X | X | X | X | X | |
| Organizacional | Tarefa | X | X | X | | | | | X |
| | Estrutura | X | X | | | X | X | | |
| | Pessoas | | X | X | X | X | X | | |
| | Tecnologia | X | | | | | | | |
| | Ambiente | X | | X | | X | | | |
| Político | Tarefa | | X | | | | | | |
| | Estrutura | X | | X | | | | | |
| | Pessoas | | | X | X | | | | |
| | Tecnologia | X | | X | | | | | |
| | Ambiente | | X | X | | X | | | |

Como resultado do emprego da matriz, verifica-se que as incidências das dimensões não se concentram apenas num determinado nível de categorização e, tampouco, em uma só variável específica. Por exemplo, a dimensão Sistema de Gestão incide em todos os níveis de categorização (Físico; Psicológico; Em Equipe; Organizacional; e Político). Porém, no nível Físico, ela tem incidência apenas nas variáveis Tecnologia e Ambiente. No nível Psicológico, ela incide nas variáveis Tarefa e Pessoas. No nível Em Equipe, a incidência ocorre na variável Ambiente. Nos níveis Organizacional e Político, ela só não possui incidência, respectivamente, nas variáveis Estrutura e Tecnologia, e na variável Tarefa.

Podemos observar também, voltando à Tabela 9, que as dimensões integrantes do modelo da IOGP, ao serem distribuídas pela matriz, deixaram um vazio maior nos níveis de categorização Psicológico e Em Equipe, incidindo com maior ênfase nos níveis Físico, Organizacional e Político.

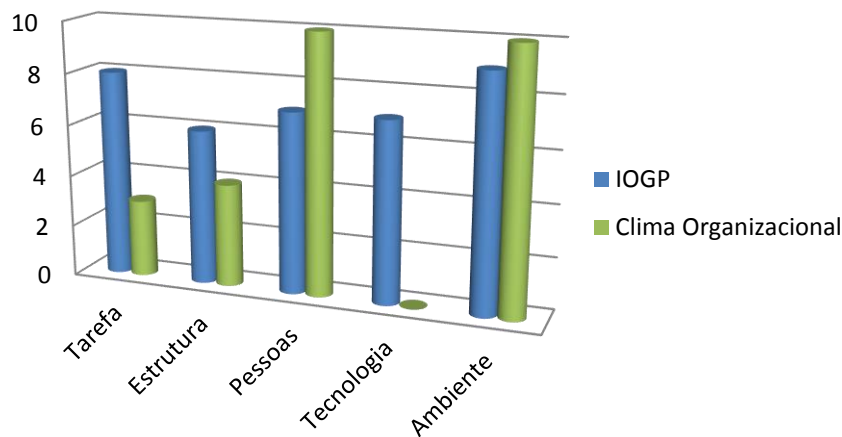


Figura 3 – Incidência das Dimensões dos modelos IOGP e Clima Organizacional pelas Variáveis da TGA

Quando se realiza a distribuição das dimensões afetas ao modelo de clima organizacional, empregadas por MARRA (2004), constata-se que elas distribuem-se, com mais ênfase, pelos níveis de categorização Psicológico, Em Equipe e Organizacional, eliminando o vazio apontado. Examinando a incidência das dimensões pelas variáveis da TGA, Figura 3, e pelos níveis de categorização, Figura 4, podemos

constatar, de fato, que existe uma correspondência entre a ênfase dessas incidências nas variáveis Pessoas e Ambiente e nos níveis de categorização Psicológico, Em equipe e Organizacional.

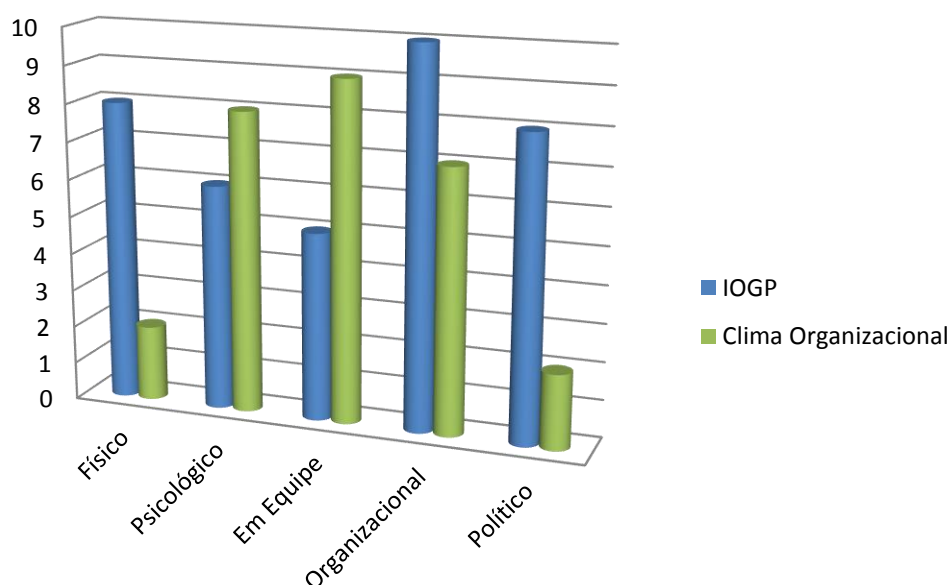


Figura 4 – Incidência das Dimensões dos modelos IOGP e Clima Organizacional pelos Níveis de Categorização

A representação gráfica da distribuição das dimensões pertencentes aos modelos considerados, pelas variáveis da TGA e pelos níveis de categorização propostos por VICENTE (2004), encontra-se disposta nas Figuras 5 a 9.

O exame dessas Figuras evidencia a variação da incidência das dimensões dos modelos da IOGP e de Clima Organizacional nas variáveis da TGA nos cinco níveis de categorização do fator humano propostos por VICENTE (2004).

Na Figura 5 é mostrada a distribuição, no Nível Físico, das dimensões de cada um dos domínios pertencentes aos Modelos da IOGP e de Clima organizacional. Observa-se a pouca incidência das dimensões pertencentes ao Modelo de Clima Organizacional, em contraste com a sua ênfase nos demais níveis de categorização, principalmente no Psicológico e Em Equipe.

Uma maior incidência das dimensões pertencentes ao Modelo de Clima Organizacional pode ser observada nos Níveis Psicológico, Em Equipe, Organizacional e Político, apresentados nas Figuras 6, 7, 8 e 9.

Legenda

| | |
|--|---|
| | Dimensões do Modelo da IOGP |
| | Dimensões do Modelo de Clima Organizacional |

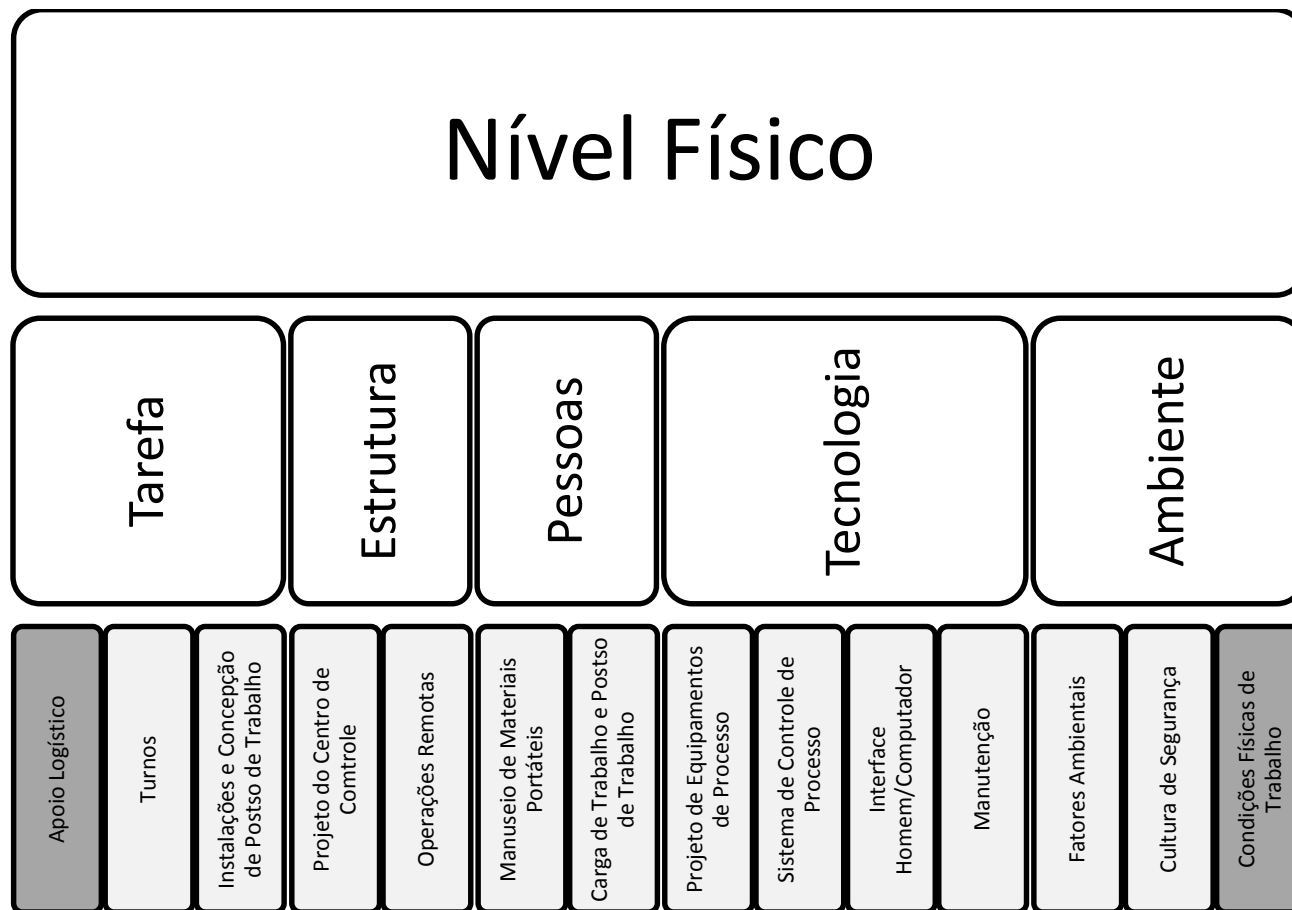


Figura 5 – Distribuição de dimensões no Nível Físico

Legenda

| | |
|--|---|
| | Dimensões do Modelo da IOGP |
| | Dimensões do Modelo de Clima Organizacional |

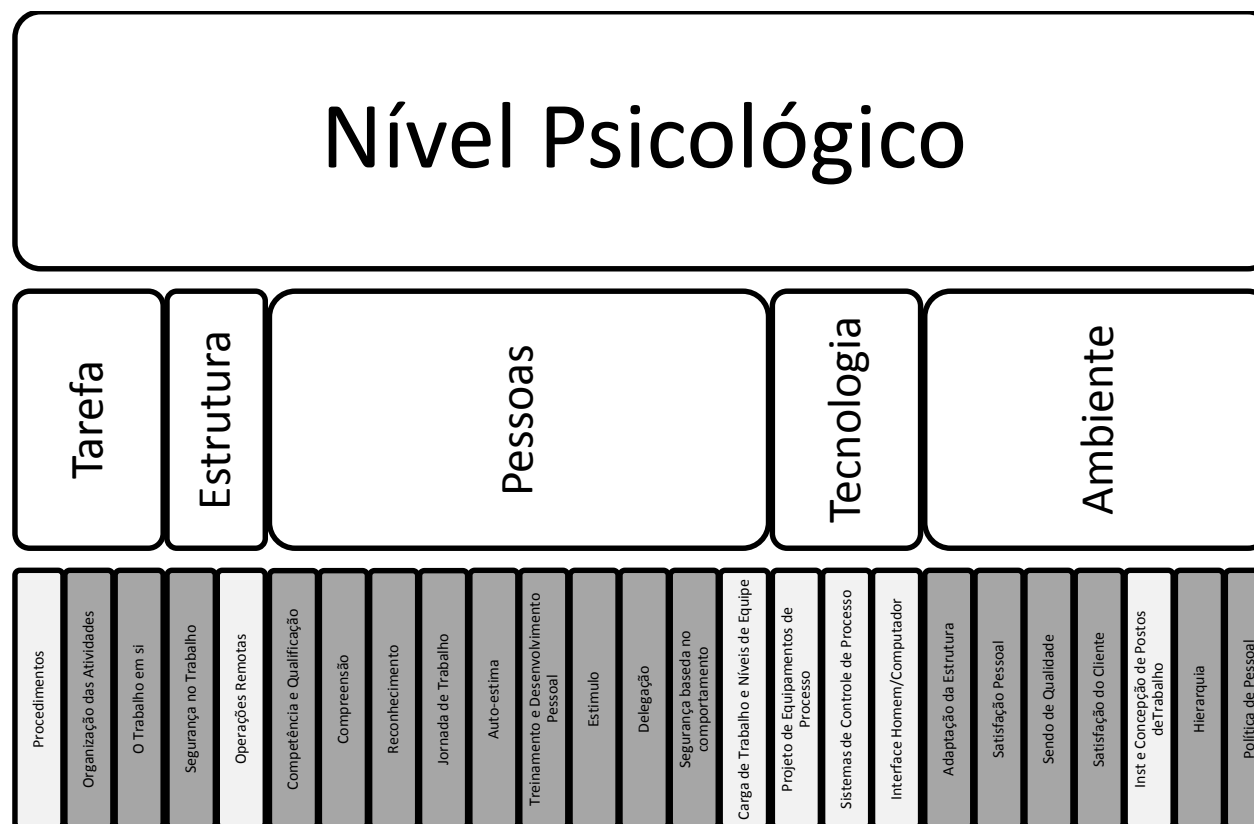


Figura 6 – Distribuição de dimensões no Nível Psicológico

Legenda

| | |
|--|---|
| | Dimensões do Modelo da IOGP |
| | Dimensões do Modelo de Clima Organizacional |

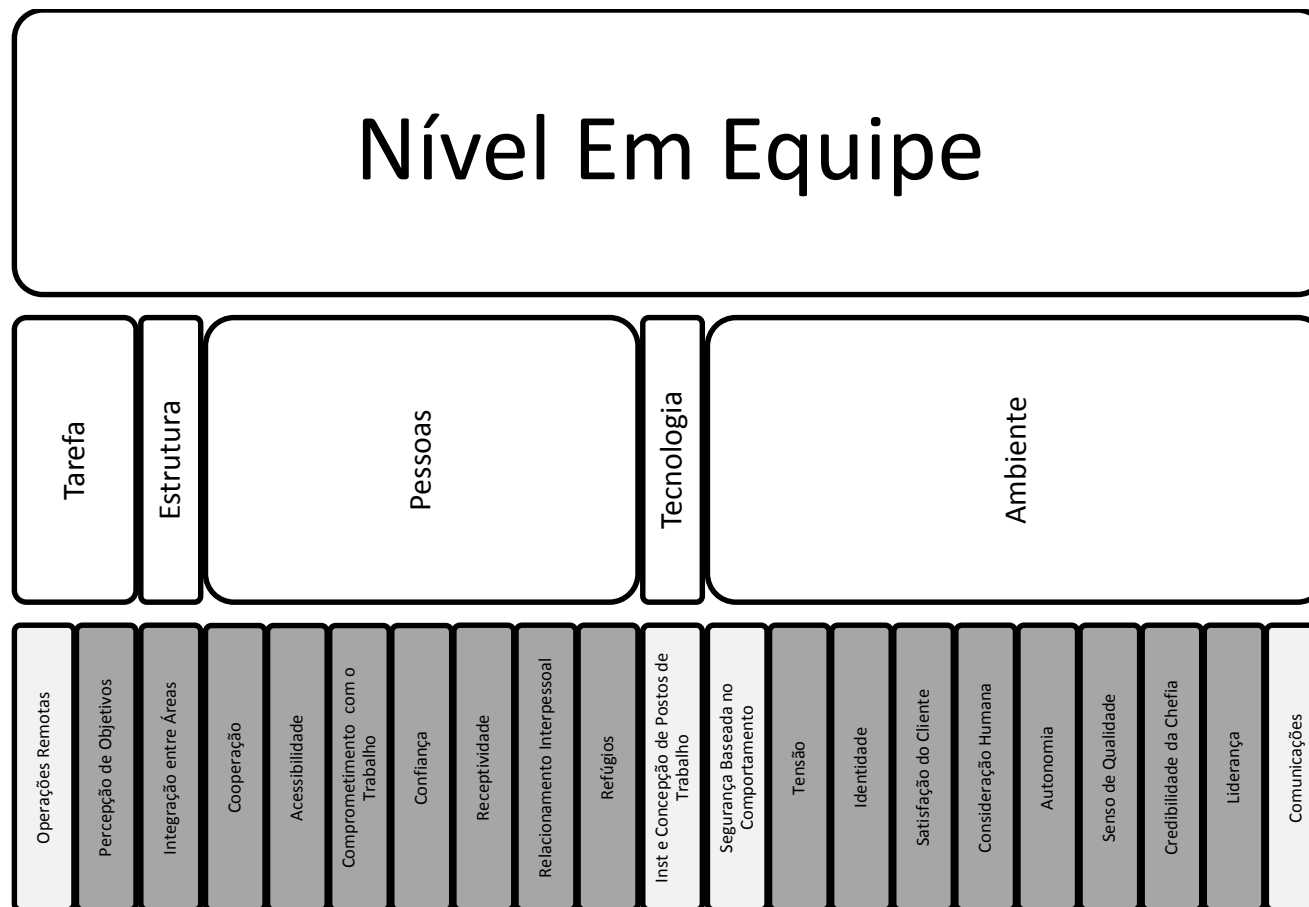


Figura 7 – Distribuição de dimensões no Nível Em Equipe

Legenda

| | |
|--|---|
| | Dimensões do Modelo da IOGP |
| | Dimensões do Modelo de Clima Organizacional |

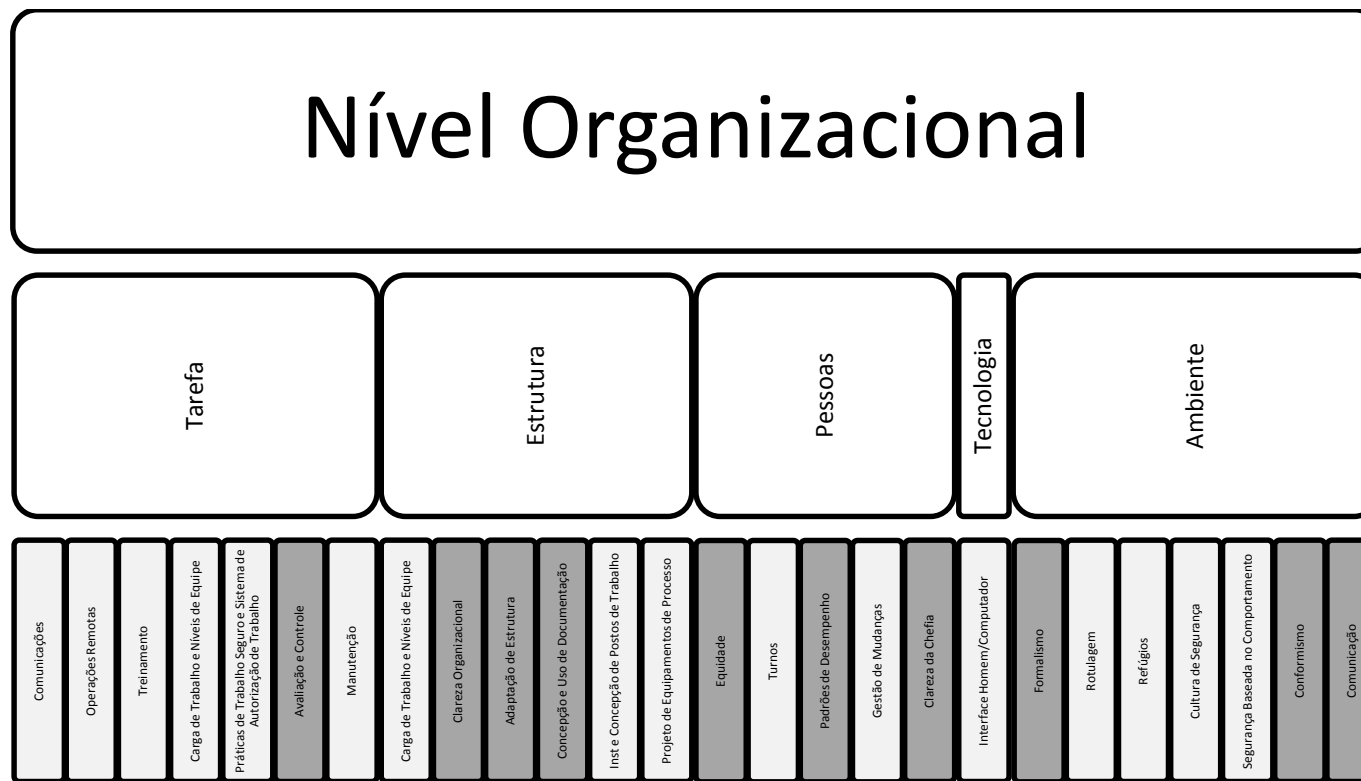


Figura 8– Distribuição de dimensões no Nível Organizacional

Legenda

| | |
|--|---|
| | Dimensões do Modelo da IOGP |
| | Dimensões do Modelo de Clima Organizacional |

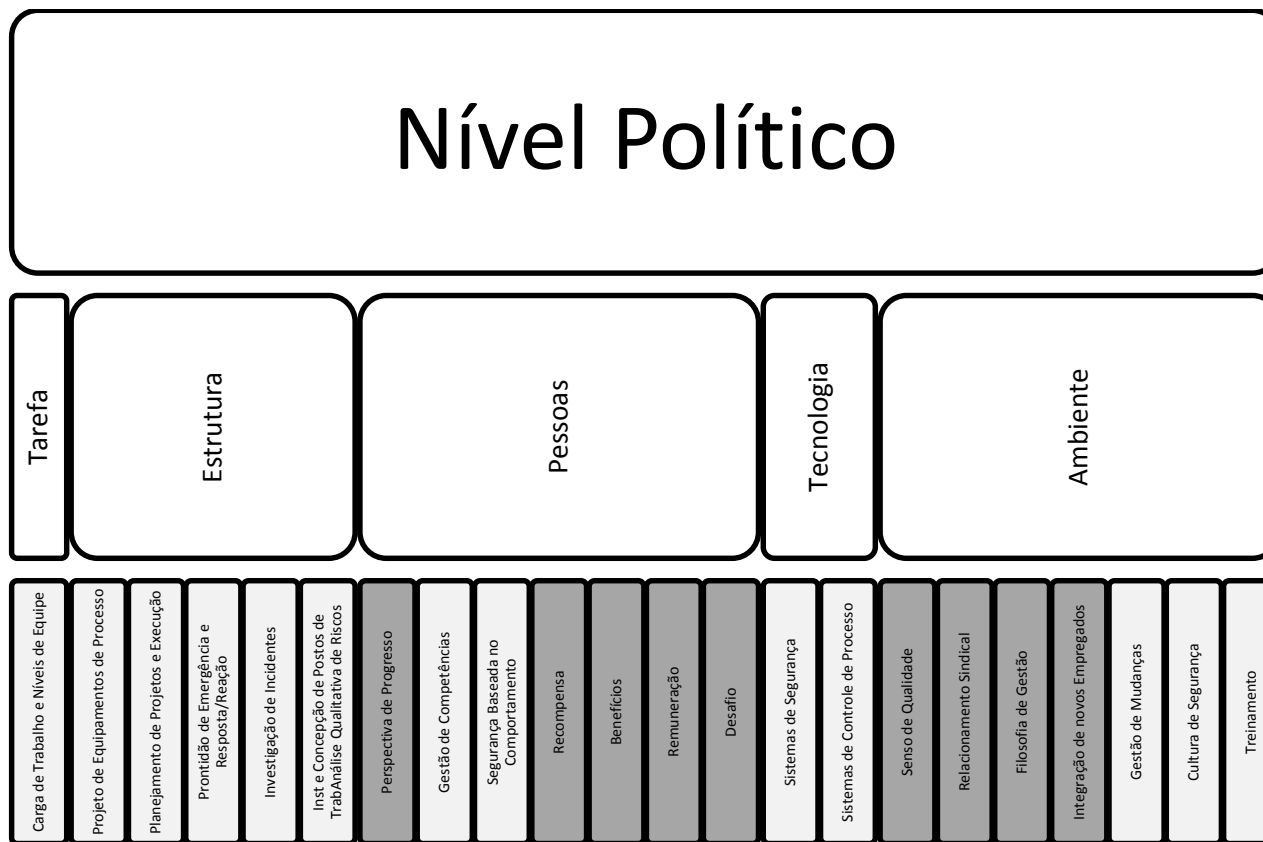


Figura 9 – Distribuição de dimensões no Nível Político

A abordagem adotada permitiu a construção de uma lista de verificação (*checklist*) orientada pelos níveis de categorização (VICENTE, 2004) e estruturada com base nas cinco variáveis da TGA (CHIAVENATO, 2003), na qual se distribuem as dimensões, e seus descritores, de acordo com a sua pertinência à interação das variáveis com os níveis de categorização do fator humano propostos por VICENTE (2004).

Os descritores das dimensões são configurados por frases objetivas, no sentido direto, que exprimem situações desejáveis de procedimentos, comportamentos e instalações.

A lista de verificação (*Checklist*) ficou constituída conforme o disposto nas Tabelas 10 a 14.

Tabela 10 – N.º de Dimensões e Descritores – Nível Físico

| Variável da TGA | N.º total de Dimensões | N.º total de Descritores |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Tarefas | 03 | 19 |
| Estrutura | 02 | 06 |
| Pessoas | 02 | 16 |
| Tecnologia | 04 | 08 |
| Ambiente | 03 | 09 |

Tabela 11 – N.º de Dimensões e Descritores – Nível Psicológico

| Variável da TGA | N.º total de Dimensões | N.º total de Descritores |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Tarefas | 03 | 67 |
| Estrutura | 02 | 06 |
| Pessoas | 10 | 18 |
| Tecnologia | 03 | 58 |
| Ambiente | 07 | 21 |

Tabela 12 – N.º de Dimensões e Descritores – Em Equipe

| Variável da TGA | N.º total de Dimensões | N.º total de Descritores |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Tarefas | 02 | 03 |
| Estrutura | 01 | 04 |
| Pessoas | 07 | 16 |
| Tecnologia | 01 | 01 |
| Ambiente | 09 | 17 |

Tabela 13 – N.º de Dimensões e Descritores – Nível Organizacional

| Variável da TGA | N.º total de Dimensões | N.º total de Descritores |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Tarefas | 07 | 28 |
| Estrutura | 06 | 14 |
| Pessoas | 05 | 09 |
| Tecnologia | 01 | 03 |
| Ambiente | 07 | 32 |

Tabela 14 – N.º de Dimensões e Descritores – Nível Político

| Variável da TGA | N.º total de Dimensões | N.º total de Descritores |
|------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Tarefas | 01 | 01 |
| Estrutura | 05 | 29 |
| Pessoas | 07 | 15 |
| Tecnologia | 02 | 07 |
| Ambiente | 07 | 22 |

O resultado obtido, com a distribuição das dimensões e a sua incidência em mais de uma variável e em mais de um nível de categorização do fator humano, destaca as características das variáveis da TGA: interdependentes e interagentes.

Essas características, simplesmente apontadas na Tabela 9, podem ser melhor entendidas observando o exemplo da Figura 10.

O exemplo da Figura 10 mostra a dimensão “Sistema de Gestão composta por quatro descritores: D1; D2; D3; e D4. Esses descritores distribuem-se nas variáveis “Tarefa” e “Estrutura” e nos níveis de categorização “Organizacional” e “Político”. A variável “Tarefa” é a que concentra o maior número de descritores dessa dimensão, embora distribuída de forma desigual pelos dois níveis de categorização. O impacto da variável é maior no nível “Político”.

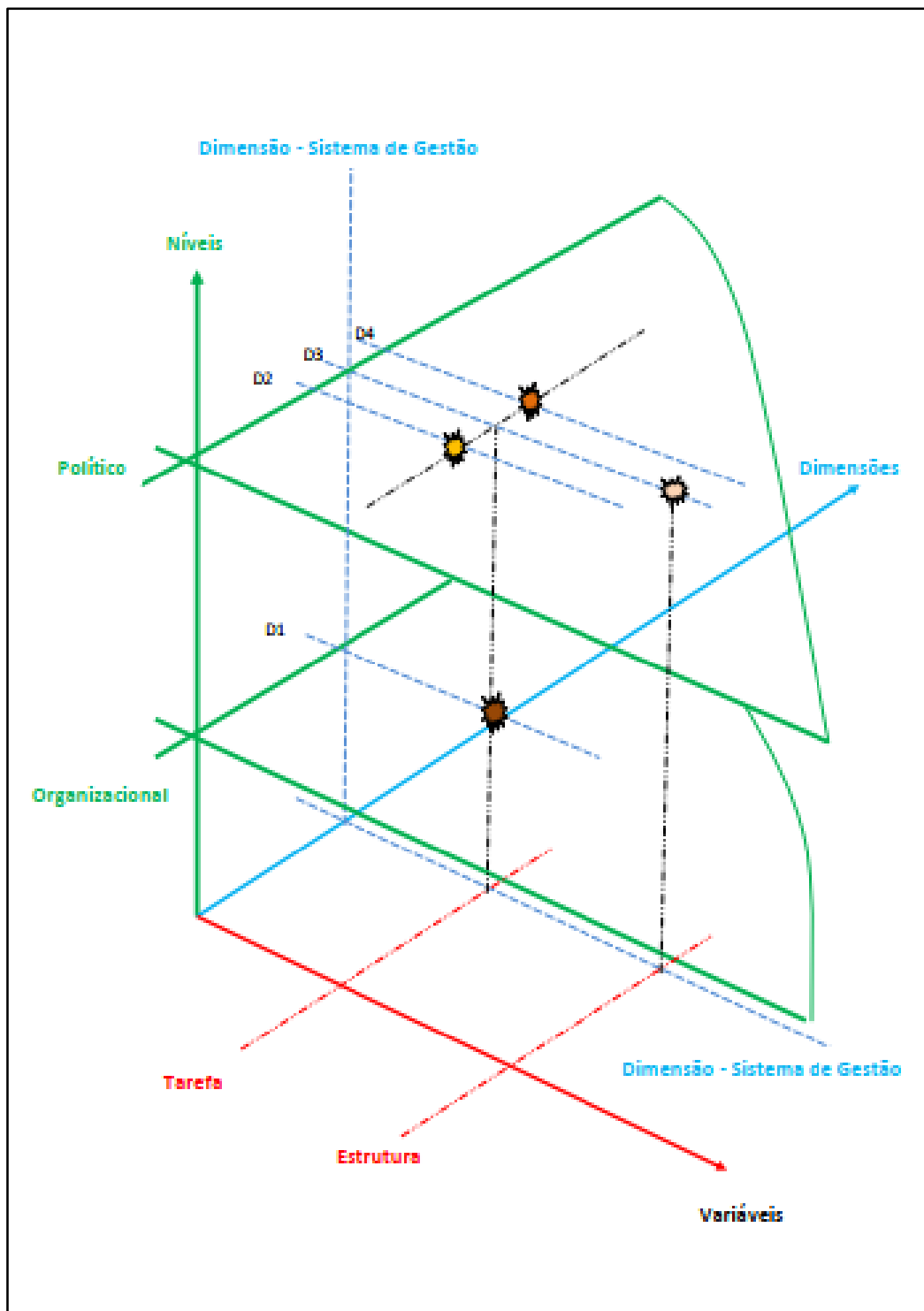


Figura 10 – Modelo tridimensional da distribuição de descritores de uma dimensão

A lista de verificação assim concebida, e organizada, apresentada no anexo B, incorpora a noção do homem complexo e os mecanismos, mediante a consideração do conceito de clima organizacional, para a identificação de aspectos que possibilitem o entendimento das condutas humanas no trabalho conforme proposto por DEJOURS (1995). Esse instrumento contribuirá, ainda, para reduzir: a inexactidão dos modelos de desempenho humano, que se propõem a descrever a forma como as pessoas agem em diversas situações e condições; e a identificação adequada de todos os PSF relevantes, e suas interações e efeitos, para a planta/instalação estudada, subsidiando, assim, a Análise de Tarefas, notadamente contribuindo para as fases de Familiarização e Avaliação Qualitativa da Análise da Confiabilidade Humana (ACH), demonstrada na Figura 11.

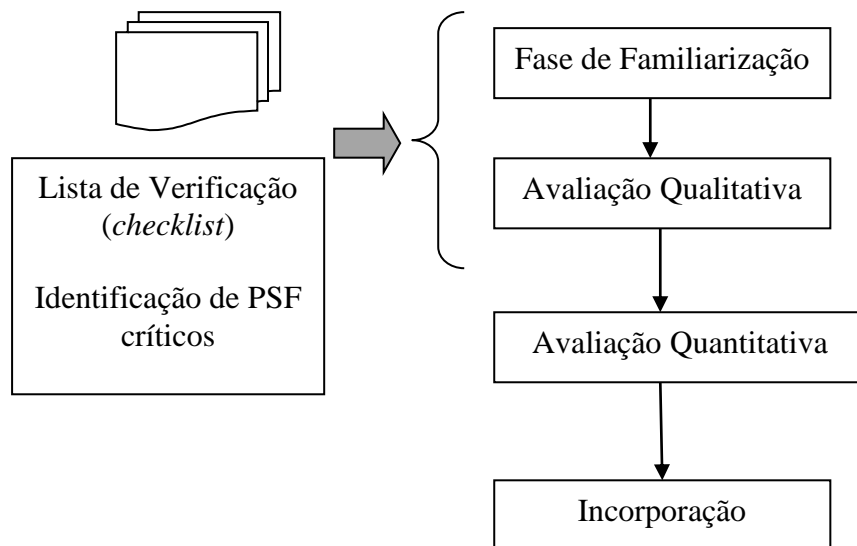


Figura 11 – Objetivo da aplicação do checklist para as Fases da Análise da Confiabilidade Humana (ACH)

Ao optar por uma abordagem diferente da sugerida por Zio (2009), métodos de modelagem, por exemplo, Redes Bayesianas Qualitativas e Quantitativas de Crenças (RBQQC) (*Qualitative and Quantitative Bayesian Belief Networks- QQBNs*) e Diagramas de Influência (*Influence Diagrams*), acredita-se que se abre um caminho promissor de pesquisa de forma a se buscar um processo que possibilite a obtenção de menor viés na modelagem dos sistemas sociotécnicos, dando voz a todos os atores responsáveis pela instalação, principalmente os operadores (LLORY, 1999).

3.3 – A Pesquisa em Fatores Humanos e sua Mensuração

A aplicação da lista de verificação (*checklist*), segundo os descritores dela constantes, permitirá a coleta da percepção/sensações dos membros da equipe sobre situações não conformes, de procedimentos, comportamentos e instalações, existentes na planta.

Esses são conceitos e fenômenos subjetivos que não contam, na área de engenharia, com métodos formais para a sua acurada mensuração.

A bibliografia ressalta a dificuldade de mensuração adequada de “atitudes sociais, opiniões e processos de julgamentos” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

A psicofísica contemporânea tem como propósito a descrição das “relações entre propriedades do mundo físico e a forma como as pessoas respondem a elas”, sendo o seu objeto central as sensações, “entendendo-se que sensação é um construto acerca dessas relações primitivas dos organismos com o meio” (PASQUALI, 1996). Para STEVENS e GALANTER (1975), a sensação é o tipo de reação que se presta ao escrutínio público. As reações que interessam são as produzidas por organismos em situações que induzem resposta a estímulos. Esse princípio possibilita a extração de ordem quantitativa dos sistemas sensoriais quando esses respondem a configurações de estímulo do ambiente (STEVENS e GALANTER, 1975) e (PASQUALI, 1996).

3.3.1 – A Medida em Ciências do Comportamento

Pela teoria clássica, a palavra “medida” significa “estabelecer a razão de uma grandeza com outra de mesma espécie escolhida como unidade”. Para essa teoria, a possibilidade de se poder medir uma grandeza é reconhecida “se apenas e tão somente pudermos definir a igualdade e a soma de duas grandezas de mesma espécie”. Essa teoria clássica foi abandonada por três razões principais: a dificuldade de se ter uma unidade de medida rigorosamente constante; a utilidade de certos dados numéricos que não correspondem às exigências dos axiomas da aditividade; e a evidenciação pelas escalas psicofísicas da possibilidade de medidas subjetivas por ordenação das impressões e das sensações dos sujeitos e do estabelecimento de certas escalas (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006). Os autores destacam que, na psicofísica, medir consiste em atribuir números aos objetos ou eventos de acordo com regras determinadas.

Estas regras consistem sempre em estabelecer a correspondência entre certas propriedades dos números e certas propriedades das coisas, dos atributos e das características dos objetos. Elas baseiam-se no interesse que a medida apresenta no sentido de que é, muitas vezes, bem mais fácil de verificar e utilizar as propriedades dos números do que verificar ou utilizar diretamente as propriedades que lhes correspondem nas coisas. ...Além disso, estas regras podem ser mais ou menos estritas; elas consistem em diferentes operações empíricas básicas ou estatísticas permissíveis sobre atributos a serem mensurados, tais como, “identificar”, “orientar”, “determinar a igualdade das diferenças”, “determinar a igualdade das razões de suas grandezas”. A regra básica, todavia, é que os numerais emitidos pelos sujeitos são tratados como números satisfazendo as regras da matemática. Nesse caso, o sujeito é considerado tanto um gerador de um atributo (numerais) quanto um instrumento de mensuração daquele atributo. Em outras palavras, a mensuração ocorre quando um elemento de um domínio é emparelhado, igualado, equiparado, ou acoplado a um elemento de um outro domínio. A operação de emparelhamento é a chave-mestra deste processo.

PASQUALI (1996) ressalta que em “psicofísica o atributo de interesse é a resposta do sujeito a estímulos físicos”. Muito embora os estímulos físicos possibilitem medida fundamental⁵, a mensuração psicofísica não tem interesse específico direto neles, mas sim no que diz respeito à resposta a eles. Também, da resposta não se visualiza uma medida fundamental, uma vez que ela não é um atributo extensivo. É em função da relação da resposta com o estímulo, estabelecida por uma lei demonstrada empiricamente, que se realiza a medida da resposta. Assim, a medida da resposta está baseada em uma função entre “componentes”.

Componentes está entre aspas porque o estímulo realmente não é componente da resposta no sentido dado nas medidas derivadas⁶, nas quais os componentes relacionados são propriedades constituintes do atributo medido derivadamente, como massa em função de volume e densidade. Se medida fundamental não é defensável em ciências sociais e do comportamento, nem a derivada o é. Resta, então, a possibilidade de se medir nestas ciências por uma terceira forma, que vimos apresentando sob a égide de medida por teoria, que congrega aquelas formas de medida não redutíveis finalmente a medidas fundamentais. Duas formas de medida são aqui destacáveis: medida

⁵ Medida fundamental - “É a medida de atributos para os quais, além de se poder estabelecer uma unidade-base natural específica, existe uma representação extensiva. São dimensões (atributos mensuráveis) que permitem a concatenação, isto é, dois objetos podem ser associados, concatenados, formando um terceiro objeto de mesma natureza” (PASQUALI, 1996).

⁶ Medida derivada - uma medida é derivada se finalmente ela pode ser expressa em termos de medidas fundamentais (PASQUALI, 1996).

por lei⁷ e medida por teoria⁸ propriamente. As duas podem ser enquadradas sob medida por teoria, dado que a lei constitui uma hipótese derivável de alguma teoria e empiricamente demonstrável (PASQUALI, 1996).

PASQUALI (1996) nos diz que a medida por lei é comum nas ciências sociais e do comportamento. Na psicologia, “ela é a história na psicofísica e na análise experimental do comportamento. Na psicofísica, em particular, a medida por lei é “a história que vai de Weber a Stevens: lei da constante (Weber)⁹, lei logarítmica (Fechner)¹⁰ e a lei da potência (Stevens)¹¹”.

A medida por lei se configura quando empiricamente se deseja demonstrar “que dois ou mais atributos estruturalmente diferentes mantêm entre si relações sistemáticas”, observando duas condições expressas: os atributos (resposta e estímulo) são de natureza diferente, um não é redutível ao outro; e existe entre esses atributos uma relação sistemática empiricamente demonstrada, a qual permite o estabelecimento de uma função de covariância entre os dois, por conseguinte uma lei (PASQUALI, 1996).

Stevens marca a psicofísica moderna com os seus estudos iniciados em 1930, quando questiona a lei de Fechner (razões iguais de estímulo correspondem diferenças iguais de sensações¹², que compõem o contínuo percebido) e contesta o pressuposto daquele pesquisador de que as “sensações não podem ser medidas diretamente”. Em

⁷ Medida por lei: quando uma lei for estabelecida empiricamente entre duas ou mais variáveis, a(s) constante(s) típica(s) do sistema pode(m) ser medida(s) indiretamente através da relação estabelecida entre estas variáveis, como é o caso da viscosidade em Física e a lei do reforço em Psicologia (PASQUALI, 1996).

⁸ Medida por teoria: quando nem leis existem relacionando variáveis, pode-se recorrer a teorias que hipotetizam relações entre os atributos da realidade, permitindo assim “a medida indireta de um atributo através de fenômenos a ele relacionados via teoria”. O importante neste caso é garantir que haja instrumentos calibrados para medir (fundamentalmente ou de outra forma válida) os fenômenos com os quais o atributo em questão esteja relacionado pela teoria. Mesmo em física isto ocorre, como é o caso da medição das distâncias galácticas (PASQUALI, 1996).

⁹ Lei da constante (Weber) - descreve a relação existente entre a magnitude física de um estímulo e a intensidade do estímulo que é percebida.

¹⁰ Lei logarítmica (Fechner) - baseado nos pressupostos de que a diferença apenas perceptível (DAP) é a unidade de sensação e que diferentes DAPs correspondem a um mesmo incremento psicológico em magnitude sensorial.

¹¹ Lei da potência (Stevens) - em contraposição direta a Fechner, propôs na década de 50 que a razões iguais de estímulo correspondem razões iguais de sensações.

¹² Independentemente do tipo de medida (escalar ou física), sempre há dois contínuos. O contínuo físico composto por estímulos que variam em diferentes intensidades e também em qualidades, e o contínuo percebido (julgado) composto pelas diferentes reações subjetivas (sensações) a esses estímulos. A sensação é um constructo (conceito científico, teoricamente embasado, desenvolvido ou construído para descrever ou explicar um comportamento) da psicofísica. Diferindo da física, as sensações pertencem às pessoas, chamadas observadores, sujeitos ou pacientes, e, portanto são ditas constructos subjetivos (DA SILVA e RIBEIRO SILVA, 2006).

decorrência, definindo que “razões iguais de estímulos correspondem iguais razões de sensação”, lei que ficou conhecida como lei de Stevens, demonstrou a possibilidade de obtenção de escalas que relacionam, com confiabilidade, atributos físicos a atributos psicológicos, com base em perguntas diretas ao observador sobre propriedades dos estímulos; e estabeleceu os denominados métodos de escalonamento direto (PASQUALI, 1996).

Matematicamente a relação proposta por Stevens pode ser representada por:

$$R = kE^n \quad (1)$$

onde, R é a magnitude da sensação, k é uma constante de proporcionalidade, E a magnitude do estímulo e n a variável potência (PASQUALI, 1996) e (SOUZA; DA SILVA, 1996). O parâmetro mais importante dessa relação é o expoente n .

Para $n = 1$, a representação gráfica da função é uma reta, o que corresponde a uma situação psicofísica na qual “a magnitude da sensação cresce de forma proporcionalmente equivalente, linearmente, com a magnitude do estímulo” (PASQUALI, 1996).

Uma situação psicofísica na qual “a magnitude da sensação cresce de forma gradativamente menor conforme aumenta a magnitude do estímulo” dá origem a um $n < 1$. Nesse caso, a representação gráfica da função é uma curva que cresce com aceleração negativa, com assíntota tendendo a uma paralela ao eixo da abscissa. Esse é frequentemente o comportamento mais encontrado da função (PASQUALI, 1996).

Para $n > 1$, a curva tem aceleração positiva e sua assíntota tende a uma paralela ao eixo das ordenadas. Esse expoente é característico de uma “situação psicofísica em que a magnitude da sensação cresce de forma gradativamente maior com o aumento na magnitude do estímulo”.

Se tratarmos logaritmicamente a relação obtemos a equação da reta:

$$\log R = \log k + n \log E \quad (2)$$

onde, n é a inclinação da função linear. Podem-se obter os valores de n e k por meio do método dos quadrados mínimos.

3.3.2 – As escalas de medida nas Ciências do Comportamento

Os vários níveis de medida, denominados escalas de medida, são resultantes da quantidade de axiomas do número por ela preservados. Ou seja, quanto maior for o número de axiomas do número salvos pela medida, maior será o nível da escala, e maior o isomorfismo entre o número e as operações empíricas, permitindo que ela se aproxime de uma escala numérica (ou métrica) (PASQUALI, 1996).

Identidade, ordem e aditividade são os axiomas básicos do número. A aditividade possui dois aspectos importantes: origem e intervalo (ou distância). Para se definir o nível da medida, podem-se considerar cinco elementos numéricos: identidade; ordem; intervalo; origem; e unidade de medida. Desses, a origem e o intervalo são os mais discriminativos, uma vez que “a ordem é uma condição necessária para que realmente haja medida” (PASQUALI, 1996).

As escalas sensoriais, que procuram expressar a intensidade de um determinado atributo ou a reação ao atributo, são lastreadas por métodos de escalonamento e estatísticas afins que são pautadas na “caracterização do grau de correspondência entre o sistema de números e as propriedades dos objetos ou eventos em estudo”, propriedade essa que permite agrupar as escalas de medida em quatro tipos: escalas nominais, ordinais, de intervalo e de razão (PASQUALI, 1996).

As escalas métricas do tipo intervalar e de razão são as que possibilitam “o mais alto nível de precisão de medida” (HAIR Jr *et al.*, 2005). Por sua vez, a escala de razão¹³ representa a forma mais elevada de precisão de medida, pois reúne as vantagens de todas as escalas inferiores somadas à existência de um ponto zero absoluto” (HAIR Jr *et al.*, 2005).

Os métodos de escalonamento são agrupados em duas grandes categorias: métodos para construção de escalas de intervalos; e métodos para construção de escalas de razão, que têm emprego preponderante na psicofísica contemporânea (PASQUALI, 1996). SOUZA E DA SILVA (1996) destacam que “procedimentos rigorosamente desenvolvidos e popularizados no domínio da Psicofísica Sensorial para escalonar variáveis métricas, tais como som, brilho, distância, duração, temperatura, dentre outras,

¹³ Escala de razão – seu uso remonta a 1888/1892. Foi nos anos trinta do século passado, que os psicólogos passaram a se interessar por esse tipo de escala, quando os engenheiros acústicos buscavam uma descrição numérica de sonoridade (loudness). Características da escala: axiomas básicos do número salvos – identidade; ordem; aditividade; invariâncias – ordem; intervalo; e origem; liberdades – unidade; transformações permitidas – linear de tipo $y=bx$ (similaridade); e estatísticas apropriadas – média geométrica; coeficiente de variação; e logaritmos (PASQUALI, 1996).

podem ser utilizados para escalonar variáveis tais como o estresse e/ou reajustamento sociais, o grau de severidade de enfermidades, a sensação subjetiva da apneia” (variáveis não métricas), mediante o emprego de métodos de estimação de magnitude numérica e o de emparelhamento intermodal. Esses métodos têm sido muito empregados para estabelecer a utilidade e a validade das escalas de razão de tais variáveis sociais e clínicas (métricas e não métricas) (SOUSA e DA SILVA, 1996),

Com esse novo enfoque, denominado Psicofísica Social e Clínica, pode-se “estabelecer o quanto (quantitativamente) um atributo é maior que outro e não somente afirmar que eles são apenas diferentes” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

3.3.3 – A Escala de Magnitude

A validação da lei de potência e das escalas de magnitude tem no emparelhamento intermodal o método considerado mais elegante criado por Stevens e colaboradores. Na realidade, toda mensuração é um exercício de emparelhamento (SOUSA e DA SILVA, 1996).

Já na antiguidade, esse processo era empregado pelo homem primitivo quando contava o número de cabeças de gado de sua propriedade, emparelhando-as com pedras. Mede-se uma distância por meio do emparelhamento com os múltiplos de uma unidade de medida (no caso comprimento), arbitrária ou padronizada. Na realidade, a intensidade da sensação é emparelhada com uma unidade qualquer. Ou seja, um observador, quando submetido a um estímulo, sente a sua intensidade emparelhando-a com o que lhe é mais familiar: o contínuo de número. Com esse procedimento, consegue-se construir “uma escala de sensação cuja relação com a escala de estímulo pode ser representada por uma Lei Psicofísica, no caso a Lei de Potência ou Lei de Stevens (SOUSA e DA SILVA, 1996).

SOUSA E DA SILVA (1996) registram que a Eq. (1), conhecida como lei de potência ou Lei de Stevens, foi verificada para uma grande variedade de dimensões aditivas (sonoridade, brilhância, peso, comprimento, área, volume e distância visual) e vem sendo, nos últimos anos, aplicada para a quantificação de “atributos sociais ou clínicos que por natureza são estímulos não-métricos”, e examinada “sob, muitas e diferentes condições de estímulos e com ampla variedade de métodos”. Os autores ressaltam que podemos fazer uso de diferentes métodos psicofísicos para o cálculo dos parâmetros da função de potência. Contudo, eles assinalam que a validade das escalas

sensoriais e/ou perceptivas, geradas a partir do método de estimação de magnitude, já foi “questionada por vários pesquisadores devido à confiabilidade no uso de números para expressar as respostas sensoriais”.

Quanto aos métodos para a produção de escalas de razão, quatro são os principais: método de produção de razão; método de estimativa de razão; método de estimativa de magnitude; e método de produção de magnitude (PASQUALI, 1996).

No método de produção de razão (conhecido como fracionamento), é apresentado ao observador um estímulo padrão e lhe é solicitado ajustar um segundo estímulo que deverá variar até que atinja um valor de razão do primeiro.

A estimação de razão, por um observador, entre dois estímulos que se diferenciam em intensidade por um valor definido pelo experimentador, caracteriza o método de estimativa de razão (PASQUALI, 1996).

No método de estimativa de magnitude, após receber previamente instruções, o observador atribui números a uma sequência de estímulos (métricos ou não-métricos) que são apresentados individualmente, “para que faça um julgamento da magnitude percebida de cada um, de forma que esses números reflitam sua impressão subjetiva dos estímulos” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

Dois variantes desse método devem ser destacadas: com a presença do módulo e com módulo livre (SOUSA e DA SILVA, 1996). A primeira é estabelecer, para o observador, um estímulo padrão¹⁴ ao qual é atribuído um valor de medida, segundo a qual ele deverá estimar o valor de uma série de estímulos de mesmo tipo (PASQUALI, 1996). O observador deve assinalar aos estímulos subsequentes números que sejam proporcionais ao módulo atribuído, os quais representarão a razão julgada entre os diferentes estímulos apresentados pelo experimentador (SOUSA e DA SILVA, 1996). Na segunda, o observador atribui valores de forma livre, tendo o cuidado de que os valores atribuídos sejam reflexos do seu julgamento da magnitude relativa dos estímulos (PASQUALI, 1996). Ou seja, o observador assinalará qualquer número ao primeiro estímulo apresentado, e deverá assinalar para os estímulos seguintes números que reflitam razões (ou proporções) entre os estímulos julgados (SOUSA e DA SILVA, 1996). Nessa segunda variante, deve-se empregar a média geométrica ou qualquer outro procedimento de normalização de valores de reposta para a comparação de dados entre

¹⁴ O estímulo padrão deve corresponder a um valor intermediário dentre aqueles que serão julgados (PASQUALI, 1996).

diferentes observadores (PASQUALI, 1996). Resumindo, para qualquer das variantes, “a razão entre os números assinalados deve refletir a razão entre as intensidades percebidas dos estímulos julgados” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

No método de produção de magnitude (recíproca do método anterior), o observador recebe o estímulo padrão num valor estabelecido pelo experimentador, e deve ajustar um segundo estímulo até que o valor desse seja um múltiplo ou fração do padrão (PASQUALI, 1996).

Embora não seja um dos métodos básicos, há que se destacar o método de equiparação intermodal ou emparelhamento intermodal¹⁵. Com os métodos acima descritos, busca-se a descrição de algum tipo de função $R = f(S)$ (resposta em função de estímulo). O método de equiparação intermodal, que foi desenvolvido com uma preocupação teórica acerca da lei de potência, busca obter funções do tipo $S = f(S)$ (estímulo em função de estímulo) (PASQUALI, 1996). Segundo Stevens, “se a estimativa numérica que um observador faz quando é solicitado a julgar a magnitude de sua sensação reflete uma propriedade fundamental do sistema sensorial, então esta mesma propriedade deveria nortear seu comportamento quando ele equipara uma sensação à outra (PASQUALI, 1996). Ou seja, tendo-se conhecimento da função potência de cada sensação, a equiparação deve originar outra função potência de expoente igual à razão dos dois expoentes originais (PASQUALI, 1996).

Stevens, em 1958, construiu um equipamento que permitia estimular ao mesmo tempo, e independentemente, duas diferentes modalidades, a fim de mostrar que existia a possibilidade de emparelhamento, um ao outro, de dois contínuos sensoriais diferentes e independentes, em vez de emparelhar separadamente cada um deles ao contínuo de números (SOUSA; DA SILVA, 1996). No experimento, foi solicitado ao observador operar “o controlador de um dos estímulos de modo que a sensação provocada por este parecesse ter a magnitude igual à causada por outro” (SOUSA; DA SILVA, 1996). Na realidade, o equipamento tornava possível um teste de transitividade da escala sensorial no qual,

$$\text{se } A = B \text{ e } A = C, \text{ então } B = C \quad (3)$$

¹⁵ Stevens vê o método de estimação de magnitude, por ele nominado de emparelhamento numérico, como uma forma de emparelhamento intermodal. Os números são equiparados aos estímulos (SOUSA; DA SILVA, 1996).

O teste de transitividade pode ser explicado para a lei de Stevens da seguinte forma: sejam E_f e E_s dois contínuos emparelhados a R; então, temos que $R_f = f(E_f)$ e $R_s = g(E_s)$.

$$\text{Logo, } f(E_f) = g(E_s) \quad (4)$$

Sejam (f) e (s) , respectivamente, as notações, por exemplo, para as modalidades força dinamométrica e som, e (a) e (b) os seus expoentes característicos. Assim, teremos:

$$R_f = E_f^a \text{ e } R_s = E_s^b \quad (5)$$

Quando R_f e R_s são emparelhados em vários níveis de intensidade, a equação resultante será:

$$E_f^a = E_s^b \quad (6)$$

Escrevendo os termos em logaritmos, obtemos:

$$a \log E_f = b \log E_s \text{ ou } \log E_f = \left(\frac{b}{a}\right) \log E_s \quad (7)$$

Com o emprego do método de estimação de magnitude numérica, por meio de procedimentos distintos, determinam-se os expoentes (a) e (b) . E com o gráfico em coordenadas log-log dos valores de E_f e E_s , a equação (7) é “uma função de potência com a inclinação igual à razão (b/a) dos expoentes originais obtidos através do método de estimação de magnitude” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

Quando se calculam os expoentes a partir de dados experimentais, a relação em questão deve ser testada com relação à abscissa e ordenada, a fim “de corrigir o efeito de regressão, ou seja, a tendência que os observadores têm de comprimir a variável que está sob o seu controle” (SOUSA e DA SILVA, 1996). A aproximação do valor entre o expoente predito, e o obtido pela equiparação, valida a escala psicofísica (PASQUALI, 1996) (SOUSA e DA SILVA, 1996). Na maioria das vezes, a diferença entre os expoentes em decilog é menor que 5% (STEVENS e GALANTER, 1975).

O emparelhamento intermodal pode, também, ser aplicado aos atributos sociais e clínicos (SOUSA e DA SILVA, 1996). Feito o emparelhamento de duas modalidades

sensoriais quaisquer a diferentes atributos sociais não métricos e o gráfico dos diferentes valores obtidos em coordenadas log-log, estimam-se os parâmetros da função de potência originada da reta de regressão. Em consequência, se valida uma escala de magnitude subjetiva “quando a inclinação obtida dos emparelhamentos com um conjunto comum de estímulos sociais se aproxima da inclinação obtida a partir da razão entre as duas inclinações características das duas medidas de respostas psicofísicas” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

Alternativamente, pode-se também fazer a comparação do expoente empírico derivado das estimativas dos estímulos sociais “com o expoente empírico obtido num experimento de calibração, onde os mesmos sujeitos tenham emparelhado as mesmas duas modalidades de respostas com estímulos métricos” (SOUSA e DA SILVA, 1996). O experimento de calibração tem o propósito de treinar os observadores no uso das duas modalidades de respostas, a fim de que esses façam julgamentos proporcionais. Ele envolve uma tarefa de escalonamento psicofísico na qual são empregadas as mesmas duas modalidades que serão utilizadas pelos observadores, num segundo experimento de escalonamento de magnitude, para o julgamento da intensidade de um dado estímulo social (SOUSA e DA SILVA, 1996). Esse procedimento está ancorado no seguinte pressuposto teórico-experimental: “os mesmos vieses que afetam as respostas aos estímulos sensoriais (métricos) atuariam de modo análogo nas respostas aos estímulos sociais (não-métricos)” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

É importante ressaltar que, independentemente da alternativa utilizada, “cada um dos expoentes empíricos e a razão entre eles precisam ser funções de potência” (SOUSA e DA SILVA, 1996), condição que, se satisfeita, define uma escala derivada como escala de razão psicofisicamente validada (SOUSA e DA SILVA, 1996).

Encontram-se na bibliografia relatos de vários experimentos para a mensuração de atributos sociais e de atributos clínicos que, por meio de procedimentos psicofísicos desenvolvidos no domínio da Psicofísica Sensorial, empregaram, respectivamente, o escalonamento de atributos sociais (métricos) e de atributos fisiológicos e patológicos, os quais “podem ter ou não dimensões físicas mensuráveis” (SOUSA e DA SILVA, 1996). Como exemplo, citam-se as intensidades de sons, mensuráveis fisicamente, como estímulos na determinação da acuidade; e os diferentes eventos de vida, estímulos que não podem ser mensurados fisicamente, utilizados na mensuração do estresse e/ou reajustamentos sociais. Os experimentos realizados evidenciam que o arcabouço

metodológico e teórico disponibilizado pela Psicofísica Sensorial “pode ser aplicado em diagnóstico clínico e também na avaliação de fatores, estímulos ou eventos de vida que são estressantes” (SOUSA e DA SILVA, 1996). Tendo como base as pesquisas na área de Enfermagem, vislumbram-se como válidas, para esta pesquisa, as premissas e cuidados para a aplicação do paradigma do emparelhamento intermodal. Para a área de enfermagem, um dos maiores obstáculos para a mensuração precisa dos cuidados de enfermagem e seus efeitos no paciente, “é a falta de instrumento para indexar os conceitos de respostas subjetivas, tais como as percepções, opiniões, atitudes e julgamentos sobre o binômio saúde-doença, a satisfação do paciente, a dor, a fadiga, o julgamento da qualidade dos cuidados e/ou opiniões dos auxiliares de enfermagem ou enfermeiros sobre a complexidade, a importância e a qualidade dos cuidados fornecidos, dentre outros” (SOUSA e DA SILVA, 1996). Respeitadas as peculiaridades e diferenças existentes entre esta área de pesquisa e a de enfermagem, identifica-se o mesmo desafio para a engenharia na mensuração precisa do impacto da tecnologia e seus efeitos nos operadores de instalações/plantas complexas.

Embora a estimação de magnitude seja um procedimento escalar que pode gerar medidas num nível de razão, a sua adaptação nas ciências sociais faz surgir novamente a questão da validade das escalas de respostas ou de sensações (SOUSA e DA SILVA, 1996). O ponto central dessa questão não são as estratégias de estimativa numérica, mas “a violação da premissa básica da função de potência” – razões iguais de estímulos produzem razões iguais de respostas -, uma vez que “muitos estímulos sociais, frente aos tipos de conceitos estudados, não podem atingir o critério de razão e frequentemente são apenas escalonados ordinalmente” (SOUSA e DA SILVA, 1996). A investigação da lei psicofísica e a adaptação de técnicas de escalonamento de razão a uma outra ciência aplicada demandam que seja novamente testada a questão central da validade da propriedade do escalonamento de razão da mensuração da resposta.

3.3.4 – O Erro Amostral e o Erro Sistemático ou não Amostral

Ainda sobre medição, cabe ressaltar que ela é composta por três elementos: a medida propriamente dita; o erro amostral; e o erro sistemático ou não amostral. Isentar o processo de medição simultaneamente de erros amostral e sistemático assegura a validade de uma medida.

A confiabilidade de uma medição é assegurada pela eliminação de erro amostral (FREITAS *et al.*, 2000).

O erro amostral tem origem no tamanho e no processo de seleção da amostra.

O erro sistemático, ou não amostral, surge de problemas ocorridos na realização da pesquisa, em face de não respostas, erros na aplicação da entrevista ou do questionário, etc.. Esses tipos de problemas comprometem a validade interna da escala (FREITAS, 2000).

O autor lista, para a medição da confiabilidade da escala, os seguintes coeficientes: medida de estabilidade (confiabilidade por teste-reteste¹⁶); método de formas alternativas ou paralelas¹⁷; método de metades divididas (*split-half*)¹⁸; Coeficiente de Kuder-Richardson ou KR-20¹⁹; e Coeficiente Alfa de Cronbach²⁰. Segundo DA SILVA e RIBEIRO FILHO (2006), o coeficiente Alfa de Cronbach “requer apenas um maior tempo de computação” sendo “a estatística preferida para se obter uma estimativa da consistência interna da fidedignidade. Trabalhando com “a relação entre covariâncias e variâncias internas das medidas, o teste é robusto o suficiente para tolerar escalas não-homogêneas” (PEREIRA, 2001).

¹⁶ Significa a aplicação do teste (ou conjunto de mensurações) por duas ou mais vezes em um mesmo “objeto” com certo intervalo de tempo entre elas. (DA SILVA e RIBEIRO SILVA, 2006).

¹⁷ Empregam-se dois instrumentos equivalentes para mensurar o mesmo “objeto”. Por meio da correlação entre dois conjuntos de dados mensurados pelos dois instrumentos por eles, é buscada a equivalência entre eles. (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

¹⁸ Nesse método, divide-se em duas ou mais partes iguais e comparáveis de um conjunto de dados qualitativos. Esse procedimento fornece somente a homogeneidade da mensuração das partes. A homogeneidade total da mensuração é obtida pela fórmula de Spearman e Brown que relaciona o produto do número de divisões e o coeficiente de correlação entre as divisões ($r_{xx'} = n r_{xx} / 1 + (n-1)r_{xx'}$) (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

¹⁹ É uma evolução do método anterior. Também busca o aspecto da homogeneidade ou consistência interna da fidedignidade. Ele é empregado quando existe desigualdade na dificuldade dos itens (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

²⁰ O coeficiente alfa (α) é um caso especial da fórmula KR 20. É a média de todos os possíveis coeficientes de correlação obtidos por meio das bipartições da mensuração completa (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

4. ESTUDO DE CASO

4.1 – Tipo de Estudo

Trata-se de pesquisa empírica de cunho quantitativo que empregou uma *survey* como instrumento de coleta de dados, via domínio específico criado na internet, com o propósito de identificar Fatores de Desempenho (PSF) para a Análise da Confiabilidade Humana (ACH) em instalações nucleares, tendo como base estudo de caso pautado no acidente de Fukushima Daiichi.

O uso da pesquisa de *survey* é indicado em estudos descritivos ou explicativos nos quais os propósitos de pesquisa envolvem tanto a medição de variáveis quanto a explicitação de associações causais entre elas. Geralmente, são estudos que envolvem, na sua coleta de dados, um número significativo de pessoas a fim de, mediante uma análise quantitativa, obter um resultado conclusivo (FREITAS *et al.*, 2000; DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015).

A análise é feita com o emprego de estatística descritiva, possibilitando a apresentação de dados quantitativos (BABBIE, 2001).

Dessa forma, a aplicação de uma *survey* é importante neste trabalho, uma vez que esse instrumento é recomendado para pesquisas que tenham como propósito “a obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas”, normalmente por meio de um questionário”, FREITAS *et al.*, (2000) GIL (1999), DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR (2015).

A *survey* empregada no estudo é do tipo descritiva²¹, de corte-transversal²² e com unidade de análise²³ representada por um grupo de especialistas, mediante a mensuração da percepção/sensações desses especialistas, por meio da avaliação do acidente de Fukushima Daiichi (2011), a partir do relatório emitido pela *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (IAEA, 2015), acerca da avaliação da segurança daquelas instalações, realizada pós-acidente e pautada na descrição do porquê e da forma da sua ocorrência, que foram adotadas para identificação de fatores de

²¹ Seu propósito é identificar quais situações, eventos, atitudes ou opiniões estão manifestos em uma população (FREITAS *et al.*, 2000).

²² A coleta de dados ocorre em um só momento e pretende descrever e analisar o estado de uma ou várias variáveis em um dado momento (FREITAS *et al.*, 2000).

²³ Um indivíduo, coincidindo com o respondente, mas também um grupo, um setor da organização ou a própria organização, entre outras (FREITAS *et al.*, 2000).

desempenho (PSF), originários de aspectos críticos da planta no que refere aos fatores humanos e organizacionais, relevantes para o levantamento inerentes às fases qualitativas e quantitativas da Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

4.2 – Cenário de Estudo

O estudo desenvolveu-se por meio da avaliação do acidente de Fukushima Daiichi (2011), a partir do relatório emitido pela *International Atomic Energy Agency* (IAEA), acerca da avaliação da segurança daquelas instalações, realizada pós-acidente e pautada na descrição do porquê e da forma da sua ocorrência, no que refere aos fatores humanos e organizacionais.

O relatório da IAEA, emitido em 2015, é o resultado de um extensivo esforço internacional colaborativo que envolveu cinco grupos de trabalho com cerca de 180 especialistas de 42 estados membros (com e sem programas de energia nuclear) e vários organismos internacionais. Essa organização, que contou também com um grupo técnico internacional consultivo que prestou aconselhamento sobre questões técnicas e científicas, garantiu uma ampla representação de experiências e conhecimentos.

4.3 – Participantes do Estudo

Os participantes do estudo são especialistas da área de engenharia nuclear, e da área de engenharia em geral, atuantes no campo de pesquisa, em órgãos reguladores ou em setores industriais.

Como o projeto envolve a opinião de pessoas, torna-se relevante o contido no site da Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa/UFRJ (PR-2), na seção sobre Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) que estabelece: “Todo o Projeto de Pesquisa que envolva Seres Humanos, de qualquer área do conhecimento, deverá se apreciado por um CEP institucional”. A partir do dia 15/01/2012, todos os encaminhamentos de protocolos de pesquisa para apreciação ética passaram a ser feitos via Plataforma Brasil (Platbr). A Plataforma Brasil é a única forma válida de submissão de projetos iniciais para análise do Sistema CEP/CONEP (. <http://www.pr2.ufrj.br/> - acessado em 04/03/2016.). O CEP não é escolhido. Ele é definido automaticamente pela Platbr. No caso da COPPE/UFRJ, obrigatoriamente o projeto é enviado ao CEP do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/HUCFF.

4.3.1 - Aspectos Éticos

Em cumprimento da Resolução do Conselho Nacional de Saúde número 466/12, a pesquisa só foi desenvolvida após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho (HUCFF). Com base nessa resolução, todos os participantes de pesquisa só deveriam ser envolvidos caso concordassem com o disposto no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que foi disponibilizado pelo pesquisador ao participante da pesquisa, que deveria compreendê-lo, aceitá-lo e assiná-lo juntamente com o responsável pela pesquisa. A adesão à pesquisa ficou registrada em *site* específico e seguro e ao aceitar os seus termos, o participante da pesquisa deveria imprimir o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para a sua formalização mediante a sua assinatura e aposição de data e sua remessa para o pesquisador responsável pela pesquisa que restituiria uma via por ele assinada e datada. O TCLE deveria ter rubricado todas as folhas que o compõem e ser assinado na última folha pelos participantes da pesquisa e pesquisador responsável.

4.3.2 – O Projeto e o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)

O projeto de pesquisa, para o estudo de caso foi submetido, em 06/08/2017, ao CEP do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho – UFRJ, por intermédio da plataforma Brasil - <<http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>>, sob o título “Avaliação de probabilidades de erro organizacional e humano em instalações nucleares”, em cumprimento da Resolução do Conselho Nacional de Saúde número 466/12. Em 11/09/2017, tendo recebido o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) n.º 70369217.0.0000.5257, que é o identificador do projeto em todos os níveis, o projeto de pesquisa foi aprovado, possibilitando assim, o início a aplicação da lista de verificação (*checklist*).

4.4 – Critérios de Inclusão

Especialistas qualificados segundo critérios abaixo listados que tenham aceitado participar do estudo, mediante assinatura de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), constante do anexo C, que foi disponibilizado em ambiente informatizado. Foram considerados especialistas:

- Indivíduos possuidores de curso de pós-graduação em engenharia nuclear, e nas demais áreas de engenharia, com cinco anos ou mais de experiência na área de análise de segurança; e
- Indivíduos licenciados pela CNEN para exercício de funções na indústria nuclear brasileira com mais de três anos de experiência.

4.5 – Critérios de Exclusão

- Indivíduos com tempo de experiência menor do que o estabelecido; e
- Indivíduos que não tenham obtido o licenciamento da CNEN para atuação na indústria nuclear brasileira.

4.6 – Caracterização dos Participantes da Pesquisa

A pesquisa planejou contar com a participação de especialistas para, mediante a mensuração da sua percepção quanto à pertinência dos descritores estabelecidos, promover a educação²⁴ da lista de verificação (*checklist*), a fim de ajustá-la às peculiaridades das instalações nucleares de forma a assegurar que ela realmente medisse aquilo a que se propõe (FREITAS *et al.*, 2000); e a identificação de fatores de desempenho (PSF) originários de aspectos críticos da planta de Fukushima, no que se refere aos fatores humanos e organizacionais, a partir do relatório emitido pela *International Atomic Energy Agency* (IAEA) (IAEA, 2015), sobre a avaliação de segurança realizada pós-acidente e pautada na descrição do porquê e da forma da sua ocorrência, a fim de subsidiar análise comparativa sobre PSF empregados na Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

Os especialistas foram selecionados, tendo como base os cadastros de pós-graduados dos Programas de Engenharia de Universidades no Brasil, na área de pesquisa de análise de segurança, e de profissionais licenciados pela CNEN para o exercício de funções na indústria nuclear brasileira, dentre aqueles que atendiam os critérios de inclusão. Os especialistas selecionados foram cadastrados no domínio específico criado na Internet e receberam por e-mail o convite para participar da pesquisa.

²⁴ Ato ou efeito de eduzir (deduzir; extrair).

4.7 – Técnica Utilizada e Procedimentos Metodológicos

Neste estudo empregou-se, como instrumento de coleta de dados uma *survey*, compreendendo uma lista de verificação (*checklist*), anexo B, orientada pelos níveis de categorização do fator humano propostos por VICENTE (2004) e estruturada com base nas cinco variáveis da TGA, na qual se distribuem as dimensões, e seus descritores, de acordo com a sua pertinência à interação das variáveis com os níveis de categorização.

Para a mensuração dos descritores constantes da lista de verificação (*checklist*), utilizou-se uma escala de razão produzida por meio de procedimentos de estimação de magnitude e de emparelhamento/equiparação intermodal, inerentes à metodologia psicofísica e usados nas ciências sociais como instrumento para escalonar estímulos não métricos ou sociais. Essa abordagem confere ao presente estudo o caráter interdisciplinar e inovador, aspectos que definem a sua originalidade.

A metodologia psicofísica, especialmente os procedimentos de estimação de magnitude e de emparelhamento intermodal desenvolvidos na psicofísica sensorial e sendo usados nas ciências sociais, tem se mostrado promissora em outras áreas, como instrumento para escalonar fenômenos subjetivos. O método de estimação de magnitude tem sido empregado para “escalonar diferentes modalidades perceptivas devido a sua rapidez de aplicação e fácil compreensão por observadores adultos e mesmo crianças que já tenham adquirido o conceito de razão entre objetos ou dimensões”. Nesse procedimento, a pessoa é instruída previamente e tem como tarefa atribuir números, a uma sequência de estímulos (métricos ou não métricos) que são apresentados individualmente, de forma que eles expressem a sua impressão subjetiva dos estímulos (SOUSA e DA SILVA, 1996).

Como se está tratando com estímulos sociais (não métricos), torna-se necessário empregar o paradigma do emparelhamento/equiparação intermodal, que consiste no uso, pelos observadores devidamente instruídos, de duas modalidades sensoriais quaisquer. Pode ser intensidade de som, força dinamométrica, comprimento de linha, etc. Uma vez concluído o emparelhamento das duas modalidades sensoriais, os diferentes valores emparelhados aos atributos não-métricos devem ser plotados, um em relação ao outro, para a estima dos parâmetros da função de potência originada da reta de regressão. O expoente empírico, então, deve ser comparado com o expoente teórico (inclinação teórica) característico dos relacionamentos das modalidades de respostas usadas quando emparelhadas com estímulos físicos. Assim, os valores obtidos com a estimação dos

parâmetros “podem ser comparados com aqueles obtidos por STEVENS e GALANTER (1975), envolvendo o emparelhamento entre as duas modalidades puramente sensoriais com dimensões físicas mensuráveis ou com aqueles obtidos da reta de regressão dos próprios observadores ou de uma amostra similar, derivados de uma tarefa denominada de calibração” (SOUSA e DA SILVA, 1996).

Em síntese, os autores destacam:

Tal como ocorre com estímulos métricos, quando duas ou mais modalidades de respostas de magnitude são emparelhadas a um mesmo conjunto de estímulos sociais, o princípio subjacente a esse relacionamento é o de que intensidades iguais a uma mesma intensidade são iguais uma à outra.

Conforme apresentado no item 3.3.3, a relação entre as estimativas numéricas (R) e os valores das intensidades físicas dos estímulos (E) é descrita por uma função de potência.

Quando projetada a curva da Eq. (1) em coordenadas logarítmicas, Figura 12, a função potência, representação da relação entre a magnitude do estímulo e a magnitude numérica da resposta, é uma linha reta que independe do expoente ter um valor maior ou menor do que 1,0. A inclinação da reta é o valor direto do expoente, e na realidade a sensibilidade relativa. Quanto menor o expoente, menor a sensibilidade relativa. Um expoente menor do que 1,0 indica que a sensibilidade perceptiva é menor do que aquela para o contínuo numérico. Ao contrário, maior do que 1,0, a sensibilidade perceptiva é maior do que aquela para o contínuo numérico (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

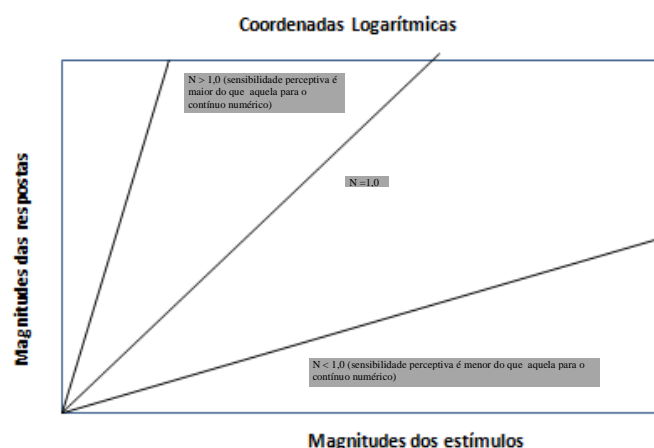


Figura 12 – Expoentes da Função de Potência

Os seguintes passos foram empregados na aplicação da *survey*:

a) Estratégia de Aplicação

A lista de verificação (*checklist*) foi disponibilizada em ambiente informatizado para a coleta das respostas dos participantes da pesquisa, tanto na fase de pré-teste da lista de verificação quanto na fase do estudo de caso. A fim de possibilitar a aplicação da lista de verificação (*checklist*) à distância e de agilizar o recebimento dos dados e sua tabulação, foi criado o domínio <<http://www.humanfactorsurvey.com.br/wp-login.php>>, cujo acesso requer cadastro prévio.

Foram empregados os *forms* livres da *wordpress* <<https://wordpress.org/plugins/tags/forms/>> para a disponibilização dos formulários *on line*. O teste final de desempenho do *site* iniciou-se com a aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP.

O *checklist* está estruturado com base nas cinco variáveis da TGA (Tarefa; Estrutura; Pessoas, Tecnologia; e Ambiente) e está dividido em cinco seções: cada seção caracteriza um dos níveis de categorização (Físico; Psicológico; Em Equipe; Organizacional; e Político) propostos por Vicente (2004). Em cada seção, e para cada variável, são encontrados os descritores das dimensões, referentes aos domínios inerentes aos modelos da IOGP e de clima organizacional, que se ajustam à interação das variáveis com o nível de categorização.

A aplicação do *checklist*, no que se refere ao nível de categorização “Organizacional”, visa a coleta da percepção dos respondentes (especialistas) sobre, respectivamente, a relevância dos descritores (estímulos sociais ou não-métricos) constantes da lista e os aspectos críticos da planta de Fukushima, no que se refere aos fatores humanos e organizacionais, tendo como referência básica o relatório emitido pela IAEA (IAEA, 2015), escrutinado segundo esses estímulos.

A qualquer momento o participante teve a opção de se desligar da pesquisa. A cada etapa da lista de verificação (*checklist*) foi perguntado ao participante se era o seu desejo continuar, ou não, participando. O seguinte texto foi apresentado ao participante para que ele manifestasse e registrasse *on line* a sua intenção de interromper ou continuar participando da pesquisa:

Por favor, responda à seguinte pergunta. Você deseja continuar respondendo os questionários restantes?

Marque uma resposta:

() Eu desejo continuar a participar dos questionários restantes.

() Eu prefiro não participar dos questionários restantes.

b) Qualificação dos participantes da pesquisa

Após a aceitação das condições em participar da pesquisa e a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, anexo C, os participantes foram qualificados segundo um questionário *on line* disponibilizado no domínio específico criado na Internet.

Ao todo, foram sete campos, dos quais quatro possuíam opções de escolha. A qualificação dos especialistas foi composta: pelo nome do participante; e-mail; formação; empresa a que pertencia; área da engenharia em que atuava; experiência com análise da confiabilidade humana; e tempo de experiência com análise de segurança ou de exercício de função na indústria nuclear brasileira.

c) Taxa de retorno

Em se tratando de uma *survey* do tipo descritiva é exigida uma taxa de retorno maior que 50% da amostra investigada (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015). Para assegurar essa taxa de retorno, especial atenção foi atribuída à definição do tamanho da amostra e ao processo de divulgação da motivação e objetivo da pesquisa.

d) Pré-teste do instrumento de coleta de dados

O objetivo do pré-teste era o de refinar o instrumento de coleta de dados, a fim de assegurar que ele realmente meça aquilo a que se propõe (FREITAS 93L 93L., 2000).

Foi planejada a educação da lista de verificação por meio da opinião de especialistas, que atendessem os critérios de inclusão, a fim de reduzir a sua dimensão mediante o ajuste dos descritores dela constantes às características específicas de uma instalação nuclear.

e) Validade e confiabilidade da mensuração

A fim de inibir a ocorrência do erro amostral, este estudo optou pelos processos de amostragem probabilística, com tamanho de $50 \leq N \leq 100$, para a seleção dos especialistas.

Para evitar o erro sistemático, ou não amostral, e assegurar a validade interna da escala, a aplicação da lista de verificação, tanto no pré-teste quanto no estudo de caso, foi precedida da tarefa de calibração dos respondentes, com o propósito de familiarização com a escala. Foi definido também o intervalo de tempo mínimo de 12 horas, que deve ser observado pelos respondentes para as repostas de cada seção da lista de verificação.

Para a medição da confiabilidade da escala, o coeficiente alfa de Cronbach foi adotado neste estudo, em face de ele representar a média de todos os possíveis coeficientes de correlação obtidos por meio das bipartições da mensuração completa (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

As condições de generalização, que definem a validade externa da escala, foram avaliadas pela representatividade da amostra, assegurada pela representação proporcional de todos os elementos componentes da população alvo, a correspondência entre os respondentes e a unidade de análise.

4.8 – Etapas da pesquisa

O trabalho foi planejado para ser desenvolvido em quatro etapas: revisão bibliográfica; pré-teste do instrumento de coleta de dados; *survey* (estudo de caso); e organização e análise do material empírico.

4.8.1 – Primeira etapa: revisão bibliográfica

Construção do cenário/contextualização histórica por meio de revisão bibliográfica com vistas a traçar um panorama mais aprofundado da técnica de mensuração psicofísica e das linhas de pesquisa de fatores humanos na área de engenharia e as críticas que elas suscitam.

4.8.2 – Segunda etapa: Pré-teste da lista de verificação (*checklist*)

A coleta das informações prestadas pelos especialistas selecionados segundo os critérios de inclusão e exclusão previamente determinados neste projeto, ocorreu somente após a análise e aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do HUCFF, conforme exposto no item 3.4.3.

Os especialistas foram escolhidos por meio de processo de amostragem probabilística de forma a constituir uma amostra de tamanho $50 \leq N \leq 100$.

Esta etapa tinha o propósito de realizar a educação da lista de verificação (*checklist*), com base na opinião de especialistas, a fim de reduzir a sua dimensão mediante o ajuste dos descritores dela constantes às características específicas de uma instalação nuclear.

Pretendia-se que a educação da lista de verificação (*checklist*), realizada mediante o emprego de escala de razão e de métodos psicofísicos escalares de estimação de magnitudes numérica e estimação de comprimento de linhas, validassem a pertinência dos descritores empregados para a mensuração da percepção/sensações do impacto dos fatores humanos em instalações nucleares.

Para o emprego da escala de razão e uso de procedimentos de estimação de magnitude e de emparelhamento/equiparação intermodal, os especialistas passaram pela fase de “calibração”, cujo propósito foi o de fornecer instruções e proporcionar exercício no uso das duas modalidades de resposta para fazer julgamentos proporcionais de estímulos métricos e sociais.

Além da calibração, os especialistas foram convidados a participar do experimento de comparação de escalas, que teve por objetivo comprovar a superioridade dos métodos psicofísicos para escalonar variáveis psicossociais, quando comparados às escalas Likert e Fuzzy, e demonstrar que os estímulos não estavam apenas sendo escalonados ordinalmente.

A escala do tipo Likert foi criada em 1932 pelo educador e psicólogo social americano Rensis Likert (1903-1981), LIKERT (1932) e PASQUALI (1996). A mensuração é realizada por um instrumento que emprega um grupo de sentenças de modo que os respondentes manifestem o seu grau de concordância, por meio de uma escala do tipo: (1) discordo inteiramente, (2) discordo, (3) nem concordo nem discordo (4) concordo, (5) concordo inteiramente. Como vantagens da escala Likert são apontados os seguintes aspectos: 1) fácil elaboração e aplicação; 2) maior objetividade e 3) maior homogeneidade contribuindo para o aumento da probabilidade de mensuração de atitudes unitárias. Sua desvantagem reside na quantificação e padronização de respostas, impossibilitando a detecção de nuances e sutilezas de atitudes, aspectos percebidos em entrevistas e questionários abertos, VIEIRA e DALMORO (2008) e SCOARIS, PEREIRA BENEVIDES e SANTIN FILHO (2009).

A lógica fuzzy (lógica nebulosa ou teoria das possibilidades) permite o tratamento de expressões e informações imprecisas que a distingue da teoria das

probabilidades. Ela possibilita a tradução de expressões verbais, vagas, imprecisas e qualitativas, comuns na comunicação humana, em valores numéricos (SHAW e SIMÕES, 2001).

4.8.3 – Terceira etapa: *survey* (estudo de caso)

A coleta de dados deu-se mediante a avaliação, pelos especialistas respondentes, dos descritores constantes no formulário referente ao nível de categorização “Organizacional”. Os especialistas receberam, para consulta opcional, o *Technical Volume 2/5 – Safety Assessment* – do Relatório emitido pela IAEA sobre o acidente de Fukushima Daiichi (IAEA, 2015).

Os especialistas foram escolhidos por meio de processo de amostragem probabilística de forma a constituir uma amostra de tamanho $50 \leq N \leq 100$.

Os respondentes, para mensuração da sua percepção do impacto dos fatores humanos no seu ambiente de trabalho, utilizaram a estimativa de magnitude numérica e a estimativa de comprimento de linhas. Para tanto, os especialistas participantes do estudo de caso, para o emprego da escala de magnitude, passaram também pela tarefa de calibração, cujo propósito foi o de fornecer instruções e proporcionar exercício no uso da modalidade de resposta.

4.8.4 – Quarta Etapa: Organização e Análise do Material Empírico

A organização e análise envolveram os seguintes passos: (a) tabulação das estimativas dos respondentes; (b) cálculo dos parâmetros da função de potência das estimativas de cada traço; (c) exploração do conjunto dos dados obtidos e (d) identificação de fatores de desempenho (PSF) originários de aspectos críticos da planta de Fukushima, no que se refere aos fatores humanos e organizacionais, a fim de subsidiar análise comparativa sobre PSF empregados na Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

A tabulação das estimativas, tanto numéricas quanto de produção de linhas, dos respondentes, bem como o cálculo dos parâmetros da função de potência, ocorreram automaticamente, quando da submissão de cada tarefa cumprida pelos respondentes, via ferramenta disponível no domínio específico criado na Internet. O cálculo dos parâmetros da função de potência, e outros cálculos estatísticos (médias, desvio padrão,

mediana, e etc.) foram feitos por meio do aplicativo informatizado (Excel), com base no arquivo exportado pelo domínio específico criado na Internet.

O objetivo básico da pesquisa foi a identificação de fontes originárias de PSF e estressores que fossem negativamente significativos para a execução de tarefas.

4.8.5 – Resultados esperados

Como resultados eram esperadas informações que permitissem avaliar se os aspectos críticos da planta de Fukushima, identificados com a aplicação da lista de verificação (*checklist*), revelam Fatores de Desempenho (PSF) relevantes ainda não conhecidos e/ou confirmam os que são normalmente empregados nos levantamentos inerentes às fases qualitativas e quantitativas da Análise da Confiabilidade Humana (ACH).

A Figura 13 resume os passos desse processo.

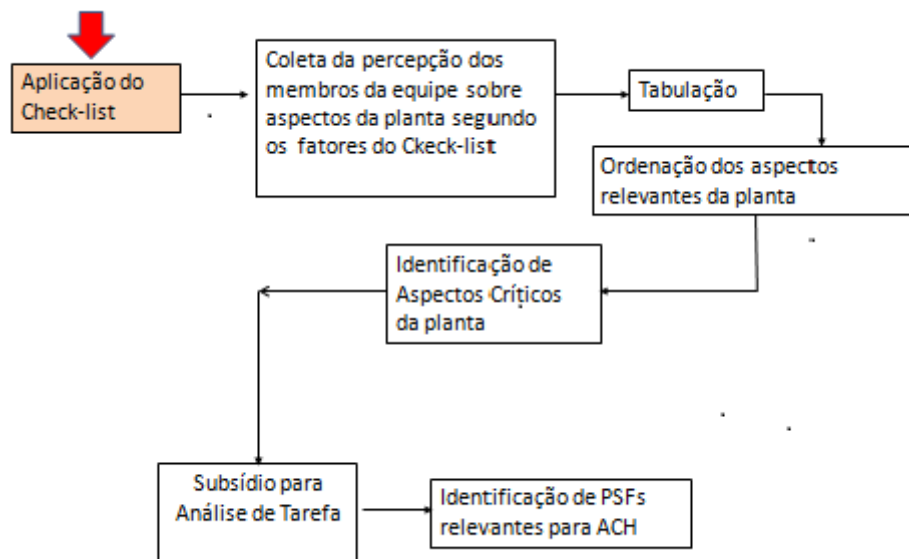


Figura 13 – Fases do processo de identificação de PSF

4.8.6 – Produtos a serem gerados

Pretendia-se utilizar os dados derivados do estudo para elaboração de artigos científicos para publicações em periódicos internacionais indexados e trabalhos para apresentação em eventos científicos.

4.9 – Resultados e Discussão

4.9.1 – A amostra de especialistas

A lista inicial foi composta com 50 nomes de potenciais candidatos a especialistas para a pesquisa.

Foi encaminhado, em 13/08/2018, e-mail aos potenciais candidatos com o propósito de convidá-los a conhecer o projeto de pesquisa e, se assim decidissem, participassem do estudo.

Aderiram formalmente à pesquisa, com a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), quinze especialistas que participaram da primeira etapa de trabalho, a familiarização com a escala de magnitude. A coleta de dados iniciou-se em 23/10/2018.

Para o estudo de caso sobre o acidente de Fukushima, a amostra estava composta por onze especialistas, cujas qualificações constam na Tabela 15.

Tabela 15 – Qualificação dos especialistas

| Especialistas | Trabalha com Análise de Segurança? | Qual é a sua experiência com Análise de Segurança? |
|---------------|------------------------------------|--|
| E1 | Sim | Mais de dez anos |
| E2 | Sim | Mais de dez anos |
| E3 | Sim | Mais de dez anos |
| E4 | Sim | Mais de dez anos |
| E5 | Sim | Mais de dez anos |
| E6 | Sim | Mais de dez anos |
| E7 | Sim | Mais de cinco anos e menos de dez anos |
| E8 | Sim | Mais de dez anos |
| E9 | Sim | Mais de cinco anos e menos de dez anos |
| E10 | Sim | Mais de dez anos |
| E11 | Sim | Mais de dez anos |

Foram recebidas, até o prazo estabelecido, cinco respostas aos dois formulários, Estimativa Numérica (EN) e Produção de Linha (PL), referentes ao Nível Organizacional da lista de verificação (*checklist*).

4.9.2 – A familiarização com a escala de magnitude.

Foi proposto, para a familiarização dos especialistas com a escala de magnitude, avaliar a magnitude da percepção, de cada um deles, quanto a pertinência de uma série de descritores que caracterizam atitudes e posturas gerenciais relativas ao estilo gerencial desejável de uma instalação complexa.

A tarefa proposta foi a de assinalar nas escalas tipo Likert, Fuzzy e de Magnitude, para cada descritor apresentado, a avaliação do grau de pertinência que o descritor possuísse ao estilo gerencial desejável para uma instalação complexa.

O grupo de descritores utilizados constam da Tabela 16.

Tabela 16 – Conjunto de descritores

| | |
|----|--|
| 01 | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. |
| 02 | Existe clareza na comunicação gerencial. |
| 03 | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. |
| 04 | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. |
| 05 | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade, |
| 06 | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. |
| 07 | O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. |
| 08 | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos e atribuições. |
| 09 | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. |
| 10 | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de ideias. |
| 11 | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação. |
| 12 | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. |

A escala Likert empregada foi a de cinco pontos, representada na Figura 14. Aos níveis “Discordo totalmente” e “Concordo plenamente” foram atribuídos, respectivamente, os valores 0 e 4.

| | | | | |
|---------------------|---|---|---|---------------------|
| Discordo totalmente | 1 | 2 | 3 | Concordo totalmente |
|---------------------|---|---|---|---------------------|

Figura 14 - Escala tipo Likert de cinco pontos

A tabulação dos dados recebidos, com os valores da média, variância, desvio padrão e hierarquização dos descritores encontram-se dispostos na Tabela 17.

Observando os dados constantes da Tabela 17, constatamos a ocorrência do viés de tendência central. Os valores da mediana e moda comprovam a pequena diferenciação entre os descritores, que tenderam para o extremo de maior valor da escala.

Para a escala tipo Fuzzy, empregamos os itens estabelecidos na Figura 15.

| | | | | | |
|-------------|-------|----------|-------|------|------------|
| Muito baixa | Baixa | Razoável | Média | Alta | Muito alta |
|-------------|-------|----------|-------|------|------------|

Figura 15 – Itens da Escala Fuzzy

A tabulação dos dados recebidos encontram-se dispostos na Tabela 18. Observando as respostas obtidas constatamos, também, a pequena diferenciação entre os descritores, que tendem para o extremo superior da escala, no item “Alta”.

As Tabelas 19 e 20 são produtos do emprego da escala de magnitude e da tabulação de dados referentes ao emparelhamento intermodal dos descritores (estímulos não-métricos), mediante a aplicação da estimativa numérica (EN) e produção de linha (PL) pelos respondentes, após o processo de calibração. Tanto para a EN e PL foram utilizados módulos padrão.

Na modalidade de PL, os segmentos de reta foram produzidos com o emprego da tecla “*underline*” que permite o traçado contínuo. A mensuração desses segmentos foi realizado com o emprego da função “NÚM.CARACT” do aplicativo Excel. Com essa função, que retorna o número de caracteres em uma sequência de caracteres de texto, obteve-se a Tabela 20, com as medidas dos segmentos construídos pelos respondentes..

Para as duas planilhas foram calculadas as médias geométricas das avaliações de cada descritor, e o logaritmo dessa média.

De acordo com Eq. 7, calculou-se o expoente (n) da função de potência, que reflete um índice de sensibilidade perceptiva. Os valores de (n), constantes da Tabela 21, são todos menores que 1. Um expoente menor do que 1 significa que a sensibilidade perceptiva é menor do que aquela para o contínuo numérico. Quanto menor for o expoente menor será a sensibilidade relativa (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

Tabela 17 – Tabulação da Escala Likert

| Especialista | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | Existe clareza na comunicação gerencial. | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade). | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. | O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos e atribuições. | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de ideias. | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação. | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. |
|----------------------|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|--|
| E1 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 | 2 | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| E2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| E3 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| E4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| E5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 |
| E6 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 | 4 |
| E7 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| E8 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| E9 | 4 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| E10 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| E11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Média | 3,364 | 3,545 | 3,273 | 2,909 | 3,545 | 3,455 | 3,000 | 3,000 | 3,727 | 3,364 | 3,000 | 3,636 |
| Variância | 0,595 | 0,248 | 0,744 | 1,174 | 0,430 | 0,793 | 0,909 | 0,909 | 0,198 | 0,959 | 0,909 | 0,231 |
| Desvio Padrão | 0,771 | 0,498 | 0,862 | 1,083 | 0,656 | 0,891 | 0,953 | 0,953 | 0,445 | 0,979 | 0,953 | 0,481 |
| Mediana | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 3,000 | 4,000 | 4,000 | 3,000 | 3,000 | 4,000 | 4,000 | 3,000 | 4,000 |
| Moda | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 3,000 | 4,000 | 4,000 | 2,000 | 3,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 | 4,000 |

Tabela 18 – Tabulação da Escala Fuzzy

| Especialista | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | Existe clareza na comunicação gerencial. | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade). | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. | O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos e atribuições. | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de ideias. | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação. | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. |
|---------------------------------|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|---|--|
| E1 | Média | Média | Média | Razoável | Média | Média | Razoável | Média | Razoável | Média | Alta | Média |
| E2 | Média | Alta | Alta | Média | Média | Alta | Média | Média | Alta | Alta | Alta | Média |
| E3 | Razoável | Alta | Média | Alta | Média | Média | Razoável | Razoável | Alta | Razoável | Média | Alta |
| E4 | Média | Alta | Razoável | Alta | Alta | Média | Razoável | Alta | Alta | Razoável | Razoável | Média |
| E5 | Média | Média | Razoável | Razoável | Média | Média | Alta | Alta | Média | Razoável | Alta | Alta |
| E6 | Alta | Alta | Média | Alta | Alta | Alta | Média | Alta | Alta | Alta | Razoável | Alta |
| E7 | Média | Média | Razoável | Baixa | Razoável | Razoável | Razoável | Baixa | Média | Alta | Alta | Alta |
| E8 | Razoável | Razoável | Baixa | Muito baixa | Média | Razoável | Alta | Baixa | Média | Baixa | Alta | Razoável |
| E9 | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta |
| E10 | Razoável | Alta | Alta | Razoável | Alta | Alta | Média | Média | Média | Alta | Média | Alta |
| Item de maior incidência | Média | Alta | Indefinido | Alta | Média | Indefinido | Razoável | Alta | Alta | Alta | Alta | Alta |

Tabela 19 – Escala de Magnitude – Estimativa Numérica

| Especialista | ESTIMATIVA NUMÉRICA (EN) | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|--|--|--|
| | MÓDULO - 500 | | | | | | | | | | | | |
| | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | Existe clareza na comunicação gerencial. | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade, transparência, etc). | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. | O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos e atribuições. | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de ideias. | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. | |
| E1 | 300 | 250 | 350 | 500 | 600 | 450 | 450 | 500 | 750 | 700 | 500 | 450 | |
| E2 | 500 | 700 | 600 | 500 | 400 | 500 | 400 | 500 | 700 | 500 | 500 | 400 | |
| E4 | 700 | 800 | 400 | 800 | 900 | 600 | 400 | 900 | 700 | 500 | 400 | 500 | |
| E3 | 250 | 500 | 300 | 1000 | 400 | 500 | 200 | 300 | 500 | 250 | 250 | 500 | |
| E6 | 500 | 500 | 400 | 500 | 550 | 500 | 300 | 500 | 550 | 550 | 300 | 500 | |
| E5 | 300 | 350 | 280 | 330 | 450 | 400 | 280 | 350 | 350 | 400 | 400 | 300 | |
| E9 | 750 | 400 | 300 | 100 | 450 | 800 | 1000 | 250 | 800 | 1000 | 1000 | 1000 | |
| E8 | 400 | 500 | 200 | 100 | 600 | 500 | 900 | 400 | 900 | 600 | 700 | 500 | |
| E7 | 750 | 500 | 500 | 500 | 750 | 750 | 750 | 500 | 500 | 750 | 500 | 500 | |
| E10 | 250 | 550 | 600 | 300 | 650 | 580 | 450 | 480 | 280 | 490 | 580 | 350 | |
| Média G | 431,057 | 481,781 | 372,040 | 371,074 | 555,831 | 545,869 | 453,436 | 441,830 | 569,131 | 540,357 | 476,938 | 475,479 | |
| Log Média G | 2,635 | 2,683 | 2,571 | 2,569 | 2,745 | 2,737 | 2,657 | 2,645 | 2,755 | 2,733 | 2,678 | 2,677 | |

Tabela 20 - Escala de Magnitude – Produção de Linha

| Especialista | | PRODUÇÃO DE LINHA (PL) | | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|---|---|--|--|--|--|--|--------|
| | | PADRÃO | | | | | | | | | | |
| E1 | E2 | E4 | E3 | E6 | E5 | E9 | E8 | E7 | E10 | Média G | Log Média G | |
| O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos e atribuições. | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação. | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de idéias. | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade, transparência, etc). | Existe clareza na comunicação gerencial. | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. | |
| 18 | 22 | 12 | 12 | 23 | 11 | 25 | 19 | 12 | 40 | 15 | 14 | |
| 15 | 21 | 18 | 18 | 35 | 34 | 35 | 22 | 35 | 19 | 35 | 16 | |
| 12 | 21 | 55 | 16 | 23 | 9 | 14 | 14 | 11 | 43 | 49 | 70 | |
| 8 | 19 | 8 | 19 | 19 | 7 | 11 | 15 | 12 | 8 | 19 | 38 | |
| 10 | 19 | 19 | 19 | 19 | 10 | 19 | 19 | 12 | 24 | 19 | 19 | |
| 26 | 38 | 24 | 29 | 46 | 38 | 44 | 42 | 30 | 31 | 34 | 26 | |
| 31 | 55 | 9 | 59 | 48 | 70 | 71 | 67 | 50 | 49 | 20 | 11 | |
| 32 | 34 | 15 | 17 | 35 | 34 | 20 | 20 | 18 | 25 | 21 | 4 | |
| 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | |
| 19 | 9 | 20 | 13 | 7 | 20 | 21 | 21 | 30 | 28 | 28 | 6 | |
| Média G | 17,309 | 23,062 | 17,167 | 19,735 | 24,193 | 19,536 | 24,016 | 22,769 | 20,000 | 25,722 | 24,258 | 16,479 |
| Log Média G | 1,238 | 1,363 | 1,235 | 1,295 | 1,384 | 1,291 | 1,380 | 1,357 | 1,301 | 1,410 | 1,385 | 1,217 |

Tabela 21 – Determinação do expoente (n) da Função Potência

| Descritores | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|--|--|---|--|--|---|--|--|
| | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | Existe clareza na comunicação gerencial. | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade, transparência, etc). | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. | O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos e atribuições. | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de ideias. | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. |
| PL / Log Média G | 2,635 | 2,683 | 2,571 | 2,569 | 2,745 | 2,737 | 2,657 | 2,645 | 2,755 | 2,733 | 2,678 | 2,677 |
| EN / Log Média G | 1,384 | 1,385 | 1,301 | 1,217 | 1,410 | 1,357 | 1,238 | 1,235 | 1,363 | 1,380 | 1,291 | 1,295 |
| n | 0,525 | 0,516 | 0,506 | 0,474 | 0,514 | 0,496 | 0,466 | 0,467 | 0,495 | 0,505 | 0,482 | 0,484 |
| Ordenação | 1 | 2 | 4 | 10 | 3 | 6 | 12 | 11 | 7 | 5 | 9 | 8 |

Mas, é esse valor que permite avaliar a significância de um descritor. Podemos constatar uma melhor discriminação dos descritores, o que possibilita uma hierarquização deles segundo o valor de (n) , a sensibilidade perceptiva da importância de um determinado estímulo.

Tabela 22 – Ordenação dos descritores segundo o valor de n

| Ordem | Descritor | Valor de n |
|-------|--|--------------|
| 1 | O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | 0,525 |
| 2 | Existe clareza na comunicação gerencial. | 0,516 |
| 3 | A Gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade, transparência, etc). | 0,514 |
| 4 | O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. | 0,506 |
| 5 | O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de ideias. | 0,505 |
| 6 | O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. | 0,496 |
| 7 | A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. | 0,495 |
| 8 | O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. | 0,484 |
| 9 | O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação. | 0,482 |
| 10 | O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. | 0,474 |
| 11 | A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos e atribuições. | 0,467 |
| 12 | O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. | 0,466 |

O exame da Tabela 22 mostra, a princípio, o poder de discriminação da escala e coerência da ordenação de descritores do estilo gerencial desejável para uma instalação complexa.

Mas, cabe ressaltar que os dados de calibração apresentaram limitações no teste de critério, no teste da função de potência, o que pode indicar, segundo LODGE (1982), falha nas instruções de escalonamento de magnitude ou nos respondentes. O autor comenta ser mais provável problema nas instruções. O item 4.9.4.4 ampliará a discussão sobre este aspecto.

4.9.3– A Educação da Lista de Verificação (*checklist*)

Em face do número pequeno de especialistas que aderiram à pesquisa, deixamos de realizar essa etapa de trabalho.

A baixa adesão, aliada ao tempo disponível e a extensão da lista de verificação, poderia possibilitar desistências, o que inviabilizaria o estudo de caso.

4.9.4– Estudo de Caso

Nessa etapa, foi realizado o estudo de caso sobre o Acidente de Fukushima.

O objetivo era identificar, por meio da mensuração da magnitude da percepção dos especialistas e tendo como referência o relatório da IAEA sobre o acidente (IAEA, 2015), encaminhado para consulta caso o desejassem, os descritores que não correspondiam à situação padrão (desejável) à época do acidente, configurando, por consequência, desvios (condições de normalidade/anormalidade) na segurança daquela instalação.

Uma série de descritores que caracterizam situações, atitudes e posturas gerenciais, foram apresentados e avaliados por intermédio da Escala Estimativa de Magnitude nas modalidades de Estimativa Numérica (EN) e de Produção de Linha (PL). Os descritores compõem as dimensões distribuídas na lista de verificação (*checklist*) orientada pelo nível de categorização do fator humano denominado "Nível Organizacional" e estruturada com base nas cinco variáveis da Teoria Geral da Administração (TGA).

Os descritores das dimensões são configurados por frases objetivas, no sentido direto, que exprimem situações padrão (desejáveis) de procedimentos, comportamentos e instalações. Para cada um deles, os respondentes deveriam atribuir a sua percepção com relação à presença da situação padrão (desejável), ou não, nas instalações de Fukushima, à época do acidente nuclear. Para tanto, foi apresentado aos especialistas um padrão, definido por um módulo, tanto para a EN e PL, que exprime uma situação padrão (desejável) de procedimentos, comportamentos e instalações. Esse módulo deveria ser sempre utilizado para as estimativas da percepção dos respondentes com relação ao afastamento de uma situação padrão (desejável), existente à época do acidente de Fukushima, configurando, por consequência, desvios (condições de normalidade/anormalidade) na segurança daquela instalação.

Assim, a tarefa dos respondents era expressar, por meio de um número e de um segmento de reta, para cada descritor apresentado, a avaliação do seu grau de pertinência à situação padrão (desejável) da instalação nuclear de Fukushima à época do acidente, tendo como base o padrão, definido pelos módulos estabelecidos. Os respondents deveriam considerar sempre esses módulos para as suas estimativas, mediante o emprego de estimativas numéricas (EN) e produção de linhas (PL), com relação aos descritores apresentados na lista de verificação (*checklist*).

Se, para um determinado descritor, a percepção dos respondents fosse a de que a situação padrão (desejável) estava presente na instalação de Fukushima, à época do acidente, eles deveriam atribuir a esse descritor o valor do módulo estabelecido como padrão. Se, por outro lado, os respondents tivessem a percepção de que havia, para o descritor avaliado, afastamento de uma situação padrão (desejável), existente à época do acidente de Fukushima, configurando, por consequência, desvios (condições de normalidade/anormalidade) na segurança da instalação, eles deveriam atribuir um valor superior ao módulo padrão estabelecido. Quanto maior fosse o desvio percebido por eles, maior deveria ser o valor atribuído. Os respondents poderiam fazer uso de qualquer número inteiro, fracionário e decimal, ou de segmento de linha, desde que fossem proporcionais ao grau de afastamento da situação padrão (desejável) percebido por eles.

Para descritores que fossem julgados não aplicáveis a uma instalação nuclear, os respondents deveriam atribuir um número inferior ao módulo padrão estabelecido. Igualmente, os respondents poderiam fazer uso de qualquer número inteiro, fracionário e decimal, ou de segmento de linha, desde que fossem proporcionais à magnitude da pertinência a uma instalação nuclear, que o descritor possuísse para eles. Com esse procedimento específico, esperava-se ter uma alternativa à não realização da educação da lista de verificação (*checklist*), aspecto comentado no item 4.9.3.

O fluxograma do procedimento pretendido dos respondents está representado na Figura 16.

As repostas foram recebidas diretamente pelo *site* desenvolvido para a coleta de dados - <<http://www.humanfactorsurvey.com.br/wp-login.php>>.

A tabulação dos dados foi realizada com os recursos de exportação de relatórios constantes desse *site*.

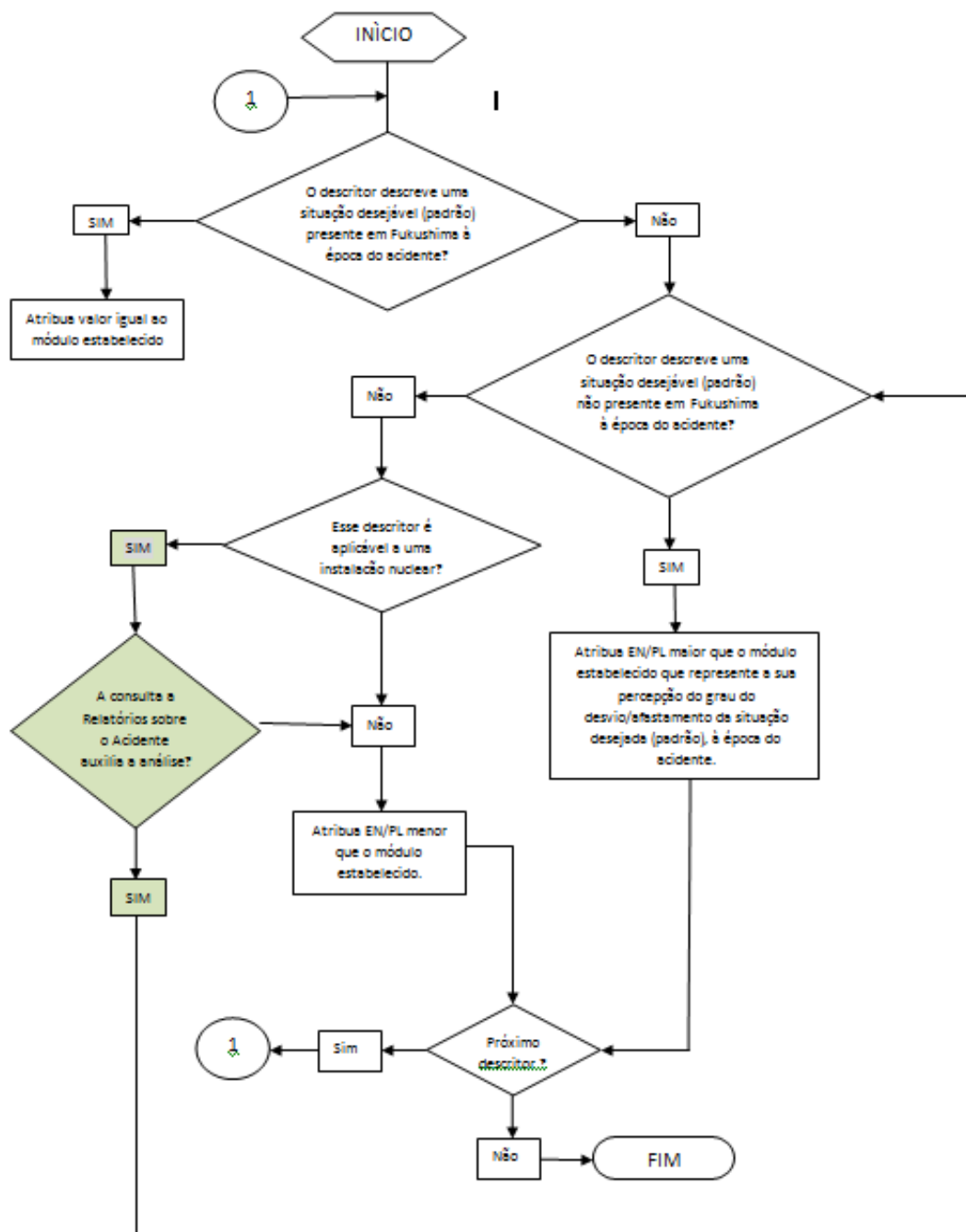


Figura 16 - Fluxograma do procedimento pretendido dos respondentes

4.9.4.1 – Tamanho da amostra

Do total de 11 especialistas, foram recebidas 5 respostas à lista de verificação (*checklist*) orientada pelo nível de categorização do fator humano denominado "Nível Organizacional" e estruturada com base nas cinco variáveis da Teoria Geral da Administração (TGA).

Das cinco respostas, uma foi descartada, em face do respondente ter empregado módulo livre, em desacordo com as instruções, e uma teve dados censurados, 39 em 86 descritores, decorrentes de estimativas não proporcionais.

Os fatos acima expostos reduziram em muito o conjunto de dados para a análise, que teve como base apenas três respostas completas. Em decorrência, não se conseguiu evitar o erro amostral.

4.9.4.2 – A lista de verificação (*checlist*) referente ao “Nível Organizacional” e o relatório da IAEA sobre Fukushima Daiichi.

Do item 2.6.4 do relatório da IAEA (IAEA, 2015)²⁵, que comenta aspectos relacionados ao impacto dos pressupostos básicos sobre a resposta ao acidente, extraíu-se uma síntese dos aspectos ligados a fatores humanos e organizacionais, que encontram-se listados na Tabela 23, procurando verificar se as dimensões componentes do Nível Organizacional, cobriam, em tese, os aspectos discutidos pelo relatório da IAEA (2015).

Tabela 23 – Dimensões da Lista de Verificação *versus* Relatório da IAEA

| Aspectos apontados pela IAEA | Dimensões da Lista de Verificação |
|--|---|
| 2.6.4.1. Decisões para o estado de preparação | Adequação da Estrutura; Clareza Organizacional; Gestão da Mudança; Padrões de Desempenho; Cultura de Segurança; Segurança baseada no comportamento; |
| 2.6.4.2. Infraestrutura: Edifícios, comunicações e recursos humanos. | Comunicações; Instalações e Concepção de Postos de Trabalho; Equidade; Refúgios; Conformismo. |
| 2.6.4.3. Protocolos: Funções, responsabilidades e tomada de decisão. | Operações Remotas; Carga de Trabalho e Níveis de Equipe; Avaliação e Controle; Clareza da Chefia. |
| 2.6.4.4. Procedimentos e orientação | Manutenção; Práticas de Trabalho Seguro e SAT; Concepção e uso da documentação; Questões acerca dos Turnos; Formalismo. |
| 2.6.4.5. Equipamento | Processo de Projeto de Equipamento; Interface Homem/Computador; Rotulagem; Manutenção. |
| 2.6.4.6. Treinamento e exercícios | Treinamento; Padrões de Desempenho. |

²⁵ *Technical Volume 2/5 – Safety Assessment*

Essa avaliação inicial mostrou, sem juízo sobre a pertinência dos descritores componentes das dimensões, que a lista de verificação referente ao “Nível Organizacional” cobre os aspectos constantes do relatório da IAEA (2015).

4.9.4.3 – Dados obtidos

As respostas obtidas pela EN e PL estão reunidas nas tabelas constantes dos anexos D e E.

Nessas tabelas encontram-se, para cada modalidade do emparelhamento intermodal, as estimativas dos respondentes, bem como o cálculo da média, variância, desvio padrão, média geométrica e o logaritmo da média geométrica, do conjunto de dados de cada descritor.

No anexo F estão discriminados os resultados do teste de confirmação da função de potência e , de acordo com a Eq. 7, o cálculo do expoente n de cada descritor, que reflete um índice de sensibilidade perceptiva.

Os valores de (n) , constantes do anexo F, são todos menores que 1. Como dito anteriormente, com relação ao processo calibração, um expoente menor do que 1 significa que a sensibilidade perceptiva é menor do que aquela para o contínuo numérico. Quanto menor for o expoente menor será a sensibilidade relativa (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

O expoente n seria então a sensibilidade relativa dos respondentes com relação aos descritores constantes da lista de verificação (*checklist*) referente ao “Nível Organizacional”.

É importante ressaltar que 57 descritores em 86, 66,3 % do total, não tiveram a comprovação do teste da função de potência (células realçadas na cor cinza), fato que limita a validação dos resultados obtidos. Foi considerado, para a comprovação do teste da função de potência, um coeficiente de correlação (R^2) $\geq 0,80$, no gráfico em coordenadas log-log, dos valores obtidos.

Contudo, considerando somente os descritores que tiveram comprovação do teste da função de potência ($R^2 \geq 0,80$), e obtiveram expoente $n \geq 0,5$, foi organizada a Tabela 24, que procura relacioná-los aos tipos de PSF e aos aspectos que emergiram do relatório da IAEA (2015). É importante ressaltar a expectativa que se tinha em poder encontrar PSF não usualmente considerados na análise de tarefa, os PSF interno (fator orgânico) e Estressor fisiológico, evidenciado na Tabela 1. No conjunto reunido na

Tabela 24 encontra-se listado um descritor que caracteriza um PSF interno (fator orgânico).

O resultado dessa listagem, ainda incipiente e carecendo de melhor análise, é um exemplo do que se vislumbrava com o emprego da lista de verificação (*checklist*), a fim de subsidiar as fases de Familiarização e Avaliação Qualitativa do processo de Avaliação da Confiabilidade Humana (ACH).

Com esse tipo de subsídio, a modelagem de sistema sociotécnico pode contribuir para o enfrentamento dos desafios inerentes ao aprendizado efetivo para a preparação contra uma surpresa fora dos limites dos pressupostos básicos (IAEA, 2015). Um desses desafios é no nível institucional: “Os sistemas organizacionais tornam-se mais permanentes, pois são apoiados por políticas, ações e atitudes de pessoal organizacional e assim por diante. Uma surpresa fora dos limites da hipótese básica pode exigir mudanças que envolvam muitos aspectos profundamente arraigados dentro da organização. Assim, é necessário que o sistema sociotécnico como um todo identifique e implante o novo aprendizado, novas práticas, uma nova linguagem e uma nova maneira de ver e interpretar as coisas para que sejam institucionalizadas e incorporada à hipótese básica dentro dos limites cultura de segurança das organizações” (IAEA, 2015).

Tabela 24 – Descritores mais relevantes para identificação de PSF

| Descritores | n | Tipo de PSF (Tabela 1) | Aspectos do relatório da IAEA (Tabela 23) |
|--|-------|---|---|
| Treinamento | | | |
| Para manter o interesse, os treinamentos de reciclagem são variados. | 0,535 | Externo; Interno (fatores orgânicos) | Treinamento e exercícios |
| O treinamento do operador e do trabalhador de manutenção inclui o treinamento para resposta adequada a emergências | 0,609 | | |
| Manutenção | | | |
| As tarefas críticas de manutenção estão identificadas. | 0,553 | Externo | Procedimentos e orientação; Equipamento |
| São realizadas verificações pós-manutenção para detectar erros. | 0,560 | | |
| As ferramentas adequadas estão disponíveis e são utilizadas quando necessário. | 0,596 | | |
| As ferramentas especiais são requeridas para realizar todas as tarefas de forma segura e efetiva. | 0,549 | | |
| Práticas de Trabalho Seguro e Sistema de Autorização de Trabalho (SAT) | | | |
| O SAT identifica os riscos/perigos relevantes. | 0,595 | Externo | Procedimentos e orientação |
| Adequação da Estrutura | | | |
| A quantidade de pessoal nos setores de operação e manutenção é suficiente. | 0,524 | Externo; Estressor Psicológico | Decisões para o estado de preparação |

| Questões acerca dos Turnos | | | |
|---|-------|-----------------------|---|
| Há limites sobre o número total de horas trabalhadas consecutivamente, diária e semanalmente. | 0,502 | Estressor Psicológico | Procedimentos e orientação |
| O número de horas de trabalho do pessoal durante a partida, virada, ou períodos de alta produção é limitado, de forma que a segurança e o desempenho do trabalhador não sejam prejudicados. | 0,502 | | |
| O ambiente de trabalho é concebido para minimizar o impacto da rotação de turno. | 0,514 | | |
| Padrões de Desempenho | | | |
| O acompanhamento do desempenho e dos resultados individuais no trabalho é feito de forma adequada. | 0,551 | Externo | Treinamento e exercícios |
| Rotulagem (marcação) / Etiquetagem | | | |
| Todos os equipamentos importantes (vasos, tubos, válvulas, instrumentos, controles, etc.) estão marcados de forma clara e inequívoca. | 0,629 | Externo | Equipamento |
| O programa de rotulagem inclui componentes (por exemplo, as válvulas pequenas) que são mencionadas nos procedimentos, mesmo se elas não possuem um número de equipamento atribuído. | 0,771 | | |
| Conformismo | | | |
| O seu desempenho é prejudicado pela existência de muitas regras, regulamentos e procedimentos que dificultam as suas atividades. | 0,557 | Externo | Infraestrutura: Edifícios, comunicações e recursos humanos. |

4.9.4.4 – Comentários sobre a validade e a confiabilidade da mensuração

Com relação à técnica empregada para a mensuração da percepção dos respondentes, podemos dizer que a estimativa numérica é a opção mais óbvia para uma modalidade de resposta, sendo a mais empregada por exibir um expoente estável de 1,0 sobre vários tipos de estímulos. A produção de linha (PL), empregada para expressar a intensidade de impressões pessoais, é a medida de resposta que melhor atende aos critérios de uma *survey*, sendo uma modalidade psicofísica bem documentada que possui, como a estimativa numérica, um expoente característico igual a 1,0 (LODGE, 1982).

O paradigma do emprego das modalidades em questão é o de obter estimativas de razão de sensações. Isto posto, a questão principal é avaliar se os respondentes conseguiram usar esses procedimentos de escala de razão para expressar a magnitude das suas impressões. Se julgamentos nominais ou ordinais foram realizados sobre um descritor, possibilitaram uma representação errônea das relações envolvidas por seus julgamentos. Caso tivessem condições de fazer julgamentos de razão sobre a intensidade de atributos sociais, mas só registraram intervalos ou julgamentos ordinais, provocaram perda de informação. Na realidade, existe o risco de termos dados obtidos pelo escalonamento apenas ordinais ou aproximadamente de intervalo (LODGE, 1982).

Quanto ao processo de calibração, comentado no item 4.9.2, registrou-se que os dados apresentaram limitações no teste de critério, no teste da função de potência. Isso seria uma indicação de falha nas instruções de escalonamento de magnitude ou nos respondentes. O mais provável para LODGE (1982) seria problema nas instruções.

É importante refletir sobre esse aspecto, pois a aplicação da *survey* não foi em ambiente ou laboratório sob controle do pesquisador. As instruções para o processo de calibração e respostas aos formulários foram disponibilizadas em ambiente informatizado, em *site* específico sob administração do pesquisador, de forma a não exigir dos respondentes ausência dos seus ambientes de trabalho. Teve-se, de fato, ao longo do período de coleta de dados, duas consultas sobre a forma de avaliar os descritores. Apesar dos cuidados na redação dessas instruções, e de se ter procurado dirimir as dúvidas apresentadas, não há convicção para que se refute a influência dessa hipótese. A avaliação do grau de influência dessa hipótese carece, ainda, de uma verificação junto aos especialistas sobre a clareza e o grau de dificuldade em realizar os procedimentos.

Essa hipótese pode, também, ter contribuído para a ocorrência do erro sistemático, ou não amostral. Evitá-lo asseguraria a validade interna da escala. A aplicação da lista de verificação (*checklist*) foi precedida da tarefa de calibração dos respondentes, com o propósito de familiarização com a escala. Foi definido, também, o

intervalo de tempo mínimo de 12 horas, que deveria ser observado pelos respondentes, para as repostas de cada seção da lista de verificação (*checklist*). Especificamente, sobre esse cuidado, foi observado que dois especialistas não respeitaram esse intervalo, o que pode, aliado à quantidade de descritores, ter prejudicado o necessário julgamento de razão.

A ocorrência do erro amostral, comentado no item 4.9.4.1, que compromete a confiabilidade da medição realizada, e do erro não amostral ou sistemático já apontado acima, que compromete a validade interna da escala, aliado a não obtenção de uma taxa de retorno maior que 50% da amostra investigada, uma exigência em se tratando de uma *survey* do tipo descritiva, não permite validar as medidas realizadas (DRESCH, LACERDA e ANTUNES JÚNIOR, 2015).

A insuficiência da amostra pode ser explicada, possivelmente, pelo processo de divulgação da motivação e objetivo da pesquisa, limitando a adesão de mais especialistas.

DA SILVA e RIBEIRO FILHO (2006) comentam que o coeficiente alfa de Cronbach é amplamente empregado para se obter uma medida de homogeneidade total do instrumento (escala). Ele representa a média de todos os possíveis coeficientes de correlação obtidos por meio das bipartições da mensuração completa (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

A fórmula para o seu cálculo é:

$$\Gamma_{\alpha} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum \sigma_i}{\sigma^2} \right)$$

Onde Γ_{α} é coeficiente alfa, k é o número de itens (descritores) da escala, σ_i^2 é a variância de um item, $\sum \sigma_i^2$ é a soma das variâncias de cada item e σ^2 é a variância do total dos escores (da escala total) (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

Esse coeficiente varia de 0 a 1 e é calculado para auxiliar na verificação das questões referentes à similaridade de um conjunto de dados.

A similaridade é aferida em uma escala de 0 (absolutamente sem similaridade) a 1 (perfeitamente idêntica).

Cálculos realizados com os dados recebidos obtiveram um coeficiente negativo, o que é teoricamente impossível. Nesse caso, registra-se como zero (DA SILVA e RIBEIRO FILHO, 2006).

Ou seja, os dados não possuem similaridade.

De acordo com o acima exposto, é possível explicar a não validade e a não confiabilidade da mensuração em face do tamanho da amostra, que, aliado a prováveis julgamentos de razão deficientes, decorrente de falha ou não observação de instruções, levaram a uma variabilidade indesejada dos dados.

5. CONCLUSÕES

A modelagem de sistemas sociotécnicos pautada nas variáveis da Teoria Geral da Administração (TGA) – Tarefa; Estrutura; Pessoas; Tecnologia; e Ambiente – e nos níveis de categorização do fator humano – Físico; Em Equipe; Psicológico; Organizacional; e Político -, para a identificação das causas raízes dos *Performance Shaping Factor* – PSF externos, internos e estressores, constitui a originalidade da tese. A base para essa modelagem foi a lista de verificação pautada no modelo da IOGP à qual agregamos o modelo de clima organizacional.

A revisão bibliográfica realizada evidenciou que a obtenção de melhorias efetivas no processo de implantação e gerenciamento dos sistemas de segurança das plantas nucleares demanda estudos sobre a mensuração do impacto de fatores humanos nas suas instalações, o que requer uma adequada representação e modelagem de sistemas sóciotécnicos.

Essa constatação suscitou a questão que norteou toda a pesquisa: com um melhor mapeamento e avaliação dos Fatores Humanos nos sistemas sociotécnicos poder-se-ia aprimorar a identificação das fontes de influência dos processos cognitivos e organizacionais no desempenho do operador?

Para a educação do *checklist*, por meio da opinião de especialistas, bem como para a mensuração da percepção de operadores e gestores, preferiu-se empregar a escala de magnitude, de uso nas ciências sociais, a fim de identificar adequadamente aspectos possivelmente originários de todos os PSF relevantes, resultantes das interações entre pessoas e entre pessoas e tecnologia, e seus efeitos.

O trabalho desenvolvido possibilitou a organização de uma lista de verificação (*checklist*) exaustiva, composta de cinco partes, que se mostra potencialmente útil a qualquer sistema complexo, a princípio. A sua adequação a uma planta/instalação específica, como a nuclear, pode ser conseguida por meio da sua educação por opinião de especialistas.

Assim, pode-se dizer que a abordagem proposta se mostrou viável no seu emprego, e com um potencial de identificação e discriminação ainda latente a ser explorado e testado por meio de um necessário estudo de campo.

Como contribuição à área de análise de segurança, esta pesquisa mostrou ser exequível obter uma modelagem de sistema sociotécnico que possibilite subsídios objetivos para as fases de familiarização e de avaliação qualitativa da ACH.

Por fim, é preciso destacar que esta pesquisa trouxe à análise, também, os seguintes aspectos:

I) A necessidade de avaliação sobre os tipos de escalas que são empregadas na área da engenharia, inclusive as suas limitações. A modelagem de sistema sociotécnico implica na adoção de escala adequada para trabalhar com estímulos sociais. A escala de magnitude, por exemplo, aparentemente simples para a sua aplicação, demanda rigor no preparo dos instrumentos, procedimentos e pessoas envolvidas; e

II) A observação dos aspectos éticos que envolvem trabalho com opinião de pessoas. A necessidade de cumprimento da Resolução do Conselho Nacional de Saúde n.º 466/12, que estabelece a submissão prévia de projeto de pesquisa que envolva pessoas, ou sua opinião, a um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

Concluindo, as seguintes sugestões mostram-se pertinentes:

- a) Maior aproximação e interação da área de Análise de Segurança com os especialistas das ciências comportamentais, e as pesquisas relacionadas;
- b) Continuidade da pesquisa de abordagens para a modelagem de sistemas sociotécnicos e métodos para a sua avaliação; e
- c) Priorizar a pesquisa sobre o uso, na área de Análise de Segurança, de escalas de mensuração empregadas pela psicofísica, ou pela sensometria, por exemplo, a escala hedônica, bem como o uso de representações gráficas multivariadas, como Faces de Chernoff, para a mensuração das percepções/sensações das pessoas que operam sistemas complexos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. A. B., FRUTUOSO E MELO, P. F., FONSECA, R. A., 2014, “A Critical Review of Methods and Models for Evaluating Organizational Factors in Human Reliability Analysis”, *Progress in Nuclear Energy*, v. 75, pp. 25 - 41.

ALVARENGA, M. A. B., FRUTUOSO E MELO, P. F., 2015, “Including Severe Accidents in the Design Basis of Nuclear Power Plants: An Organizational Factors Perspective After the Fukushima”, *Annals of Nuclear Energy*, v. 79, pp. 68 - 77.

ATTWOOD, D., BAYBUTT, P., DEVLIN, C., FLUHARTY, W., HUGHES, G., ISAACSON, D., JOYNER, P., LEE, E., LORENZO, D., MORRISON, L., ORMSBY, B., 2005, *Human Factors Methods for Improving Performance in the Process Industries*. New Jersey, Center for Chemical Process Safety, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken.

BABBIE, E., 2001, *Métodos de Pesquisa de Survey*. Belo Horizonte. UFMG.

BERRIEN, F. K., 1968, *General and Social Systems*. New Brunswick, N. J., Rutgers University Press.

CACCIABUE, P. C., 2000, “Human Factors Impact on Risk Analysis of Complex Systems”, *Journal of Hazardous Materials*, v.71, pp. 101-116.

CHIAVENATO, I., 2003, *Teoria Geral da Administração*, 7ª ed. São Paulo, McGraw-Hill.

DA SILVA, J. A., RIBEIRO FILHO, N. P., 2006, *Avaliação e Mensuração da Dor: Pesquisa, Teoria e Prática*. Ribeirão Preto, FUNPEC Editora.

DEJOURS. C., 1995. *Le Facteur Humain*. Universitaires de France. Paris.

DHILLON, B.S., 2007. *Human Reliability and Error in Transportation Systems*. Springer – Verlag London Limited. London.

DRESCH, A., LACERDA, D. P., ANTUNES JÚNIOR, J. A. V., 2015, *Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia*. Porto Alegre, Bookman.

EMERY, F. E., 1972, *Systems Thinking*. Middlesex, England, Penguin Books.

FIEDLER, F. E., 1965, “Engineer the Job to Fit the Manager”, *Harvard Business Review*, sept./oct., pp.115-122.

FLIN, R., 2007, “Managerial Decisions: Counterbalancing Risks Between Production and Safety”. *ESREL 2007 Plenary Lecture*, Stavanger, 25-26 June 2007, Norway.

FREITAS, H., OLIVEIRA, M., SACCOL, A. Z., MOSCAROLA, J., 2000,” O Método de Pesquisa Survey”, *Revista de Administração*, v.35, julho/setembro, pp. 105-112.

FREMONT, E. K., ROSENZWEIG, J. E., 1972, “General Systems Theory: Applications for Organization and Management”. *Academy of Management Journal*, dez., p. 460.

GARCIA, R. M., 1980, “Abordagem Sócio-Técnica: Uma Rápida Avaliação”, *Revista de Administração de Empresas*, v. 20, n. 3 (Sept.), pp. 71-77.

GIL, A. C.,1999, *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. Atlas, São Paulo.

GILMES, B. v. H., 1971, *Industrial and Organizational Psychology*. New York, McGraw-Hill Book Co.

HAIR Jr., J.F., ANDERSON, R.E., TATHAM, R.L., BLACK, W.C., 2005, *Análise Multivariada de Dados*. 5.ed. Porto Alegre, Bookman.

HANNAMAN, G.W., SPURGIN, A.J., LUKIC, Y.D., 1984, *Human Cognitive Reliability Model for PRA Analysis*. In: Draft Report NUS-4531, EPRI Project RP2170-3, Electric Power and Research Institute: Palo Alto, CA.

HART, P.M., GRIFFIN, M.A., WEARING, A.J., COOPER, C.L., 1996, *QPASS: Manual for the Queensland Public Agency Staff Survey*. Brisbane, Public Sector Management Commission.

HART, P.M., WEARING, A.J., CONN, M., CARTER, N.L., DINGLE, R., 2000, “Development of the School Organizational Health Questionnaire: A measure for assessing teacher morale and school organizational climate”, *British Journal of Educational Psychology*, pp. 211-228.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE, 1991, *Human Factors in Industrial Safety: An Examination of the Roles of Organizations, Jobs and Individuals in Industrial Safety and Practical Guide to Control*. 3.ed. Sheffield, HMSO Publications Center.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE. *Catalogue of OSD and HID Offshore Research by Key Human Factor Elements – 2002 Revision*, 2002. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/research/misc/catalnov02.pdf>> Acesso em 30 set. 2015, 20:38:10.

HEALTH & SAFETY EXECUTIVE, *Human Factors Integration: Implementation in the Onshore and Offshore Industries*. Research Report 001. 2002a. Disponível em <<http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr001.pdf>> Acesso em 30 set. 2015, 21:10:00.

HOLLNAGEL, E., 1998, *Reliability and Error Analysis Method (CREAM)*. Elsevier Science.

HOLLNAGEL, E., WOODS, D. D., LEVESON, N. C., 2006, *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Ashgate, Aldershot, UK.

HOLLNAGEL, E., 2012, *FRAM: the Functional Resonance Analysis Method, Modelling Complex Socio-technical Systems*. Ashgate, Aldershot, UK.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS (IOGP), 1994, *Guidelines for the Development and Application of Health, Safety and Environmental*

Management Systems.(1994). Disponível em <<http://www.ogp.org.uk/pubs/210.pdf>> Acesso em: 08 fev. 2017, 14:25:35.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS (IOGP), 2002, *Safety Performance of The Global E&P Industry – Report No. 345*. Disponível em: <<https://www.iogp.org/bookstore/product/Safety-Performance-Of-The-Global-Ep-Industry-2002-Data/>> Acesso em: 10 Mai. 2015, 21:44:23.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS (IOGP), 2005, *Human Factors: ...a Means of Improving HSE Performance - Report No. 368*. Disponível em: <<https://www.iogp.org/bookstore/product/human-factors-a-means-of-improving-hse-performance/>> Acesso em: 09 nov. 2015, 19:20:15..

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS (IOGP), 2010, *A Guide to Selecting Appropriate Tools to Improve HSE Culture - Report No. 435*. Disponível em: <<http://info.ogp.org.uk/hf/>> Acesso em: 14 nov. 2015, 13:25:08.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS (IOGP), 2011, *Human Factors Engineering in Projects - Report No. 454*. Disponível em: <<http://info.ogp.org.uk/hf/>> Acesso em: 10 nov. 2015, 23:15:45.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), 2006, *Fundamental Safety Principles*.. Viena, Austria.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), 2010, *Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants*, Specific Safety Guide No. SSG-3. Vienna, Austria.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), 2014, *Report on Human and organizational factors in Nuclear Safety in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant*. Viena, Austria.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA), 2015, *The Fukushima Daiichi Accident: Report by the Director General*. Viena, Austria.

INTERNATIONAL NUCLEAR ADVISORY SAFETY GROUP (INSAG), 2002, *Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture*, INSAG-15, IAEA. Vienna. Austria.

INTERNATIONAL NUCLEAR ADVISORY SAFETY GROUP (INSAG), 2012, *Annual Letter of Assessment*. Disponível em: <http://www-ns.iaea.org/committees/files>. Acesso em: 15 fev. 2018, 16:30:14.

LAWER III, E. E., 1971. *Pay and Organizational Effectiveness*. New York, McGraw-Hill.

LE MAY, I., DECKKER E., “Reducing the risk of failure by better training and education”. *Third International Conference on Engineering Failure Analysis*, Sitges, Spain, 13-16 July 2008.

LEVESON, N. G., 2002, *System Safety Engineering: Back to the Future*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge. Disponível em: <http://sunnyday.mit.edu/book2.pdf>> Acesso em: 24 abr. 2018, 22:15:34.

LIKERT, R., 1932, “A technique for the measurement of attitudes”, *Archives of Psychology*, n. 140, pp. 44-53.

LITWIN, G. H., STRINGER, R. A., 1968, *Motivation and Organizational Climate*. Boston, Harvard University Press.

LLORY, M., 1999, *Acidentes Industriais: o Custo do Silêncio*. Rio de Janeiro, MultiMais Editorial.

LLORY, M., MONTMAYEUL, R., 2014, *O Acidente e a Organização*. Belo Horizonte. Fabrefactum.

LODGE, M., 1982, *Magnitude Scaling: Quantitative Measurement of Opinions*. Bervely Hills. Ca. Sage Publications.

MARRA, J. M., 2004, *Clima Organizacional como Instrumento de Gestão na Superintendência de Manutenção da Itaipu Binacional*. Dissertação de M.Sc., Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção / UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

MILL, R.C., 1992, *Human Factors in Process Operations*. Rugby, UK. Institution of Chemical Engineers.

NATIONAL DIET OF JAPAN (NDJ), 2012, *The Official Report of the Fukushima Nuclear Accident Independent Investigation Commission*. The National Diet of Japan. Tokyo. Japan.

NEAL, A., GRIFFIN, M.A., HART, P.M., 2000, “The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior”, *Safety Science*, v. 34, pp. 99-109.

NOVO, L. F., 2012, “Teoria dos sistemas abertos e abordagem sociotécnica”. Disponível em: <http://www.sabercom.furg.br/bitstream/1/357/3/sist_abertos.pdf> Acesso em: 17FEV2016, 21:45:52.

NRC, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 1983, NUREG/CR-1278, *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications. Final Report*, Washington DC, USA.

NRC, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 1987, NUREG/CR-4772, SAND86 -1996, *Accident Sequence Evaluation Program Human Reliability Analysis Procedure*. Washington DC, USA.

NRC, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 1996, NUREG/CR-6350, BNL-NUREG-52467, *A Technique for Human Error Analysis (ATHEANA)*. Washington DC, USA.

NRC, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 2005, NUREG-1792, *Good Practices for Implementing Human Reliability Analysis*. Washington DC, USA.

NRC, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 2006, NUREG-1842, *Evaluation of Human Reliability Analysis Methods Against Good Practices*. Washington DC, USA.

NRC, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 2012, NUREG-0711, Rev. 3, *Human Factors Engineering Program Review Model*. Washington DC, USA.

NRC, U. S. Nuclear Regulatory Commission, 2016, NUREG-2201, *Probabilistic Risk Assessment and Regulatory Decision Making: Some Frequently Asked Questions*. Washington DC, USA.

PASQUALI, L., 1996. *Teoria e métodos de medida em ciências do comportamento / organizado por Luiz Pasquali*. Brasília: Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida/Instituto de Psicologia/UnB: INEP.

PEREIRA, J. C. R., 2001, *Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as ciências da saúde, humanas e sociais*. 3 ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo.

PORTER, L. W., LAWER III, E. E., 1977, *Managerial Attitudes and Performance*. New York. MacGraw-Hill.

QUEIRÓS, M., VAZ, T., PALMA, P., 2007, "Uma reflexão a propósito do risco".. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/280575365>> Acesso em: 02 de Fev. de 2018, 23:20:15.

RANGUELOVA , V., NIEHAUS, F., DELATTRE D., 2001, "Safety of fuel cycle facilities". In: *Topical Issues in Nuclear Safety. Proceedings of An International Conference*, 3 - 6 Sep .Vienna.

RANKIN, W. & KRICHBAUM, L., *Human Factors in Aircraft Maintenance. Integration of Recent HRA Developments with Applications to Maintenance in Aircraft and Nuclear Settings*. Seattle. Washington. USA. 1998.

REASON, J. 1994, *Human error*. New York. Cambridge University Press.

SASOU, K., GODA H., HIROTSU Y., 2000, "Human factor analysis on criticality accident." *Human Factors Research Center, CRIEPI, Japan*.

SCHEIN, E. H., 1970, *Organizational Psychology*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

SCOARIS, R. C. de O., PEREIRA BENEVIDES, A. M. T., SANTIN FILHO, O., 2009, “Elaboração e Validação de um Instrumento de Avaliação de Atitudes Frente ao Uso de História da Ciência no Ensino de Ciências”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.8, n.3.

SHAW, I. S., SIMÕES, M. G., 2001, *Controle e Modelagem Fuzzy*. Editora Edgard Blücher Ltda.

SOUZA, F. A. E. F., DA SILVA, J. A, 1996, “Uso e aplicação da metodologia psicofísica na pesquisa em enfermagem”, *Rev. Latino Am. Enf. Ribeirão Preto*. v.4, n. 2 (Jul), pp. 147-178.

STEVENS, S. S., GALANTER, E. H., 1975, *Psychophysics: Introduction to Its Perceptual, Neural And Social Prospects*. New York: Wiley,.

THEOBALD, R., LIMA, G. B. A., 2005, “A Excelência em gestão SMS: Uma Abordagem Orientada para os Fatores Humanos”. *XXV Encontro Nac. de Eng. De Produção*, Porto Alegre, RS, Brasil, 29 Out. a 01 Nov 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2005_enegep0405_0510.pdf > Acesso em: 10 jun. 2016, 19:21:02.

THEOBALD, R., LIMA, G. B. A., 2007, “A Excelência em gestão SMS: Uma Abordagem Orientada para os Fatores Humanos”, *Revista Eletrônica Sistemas & Gestão* , v.2, n.1, pp. 50-64. Pós-graduação em Sistemas de Gestão/UFF. Disponível em : <<http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/viewFile/SGV2N1A4/30>> Acesso em: 21 jun. 2016, 23:25:24.

TURNER B. A., PIDGEON N. F., 1997, *Man-made Disasters*. Boston. Butterworth Heinemann.

VICENTE, K. J., 2004, *The Human Factor: Revolutionizing the Way People Live With Technology*. Routledge. New York. US.

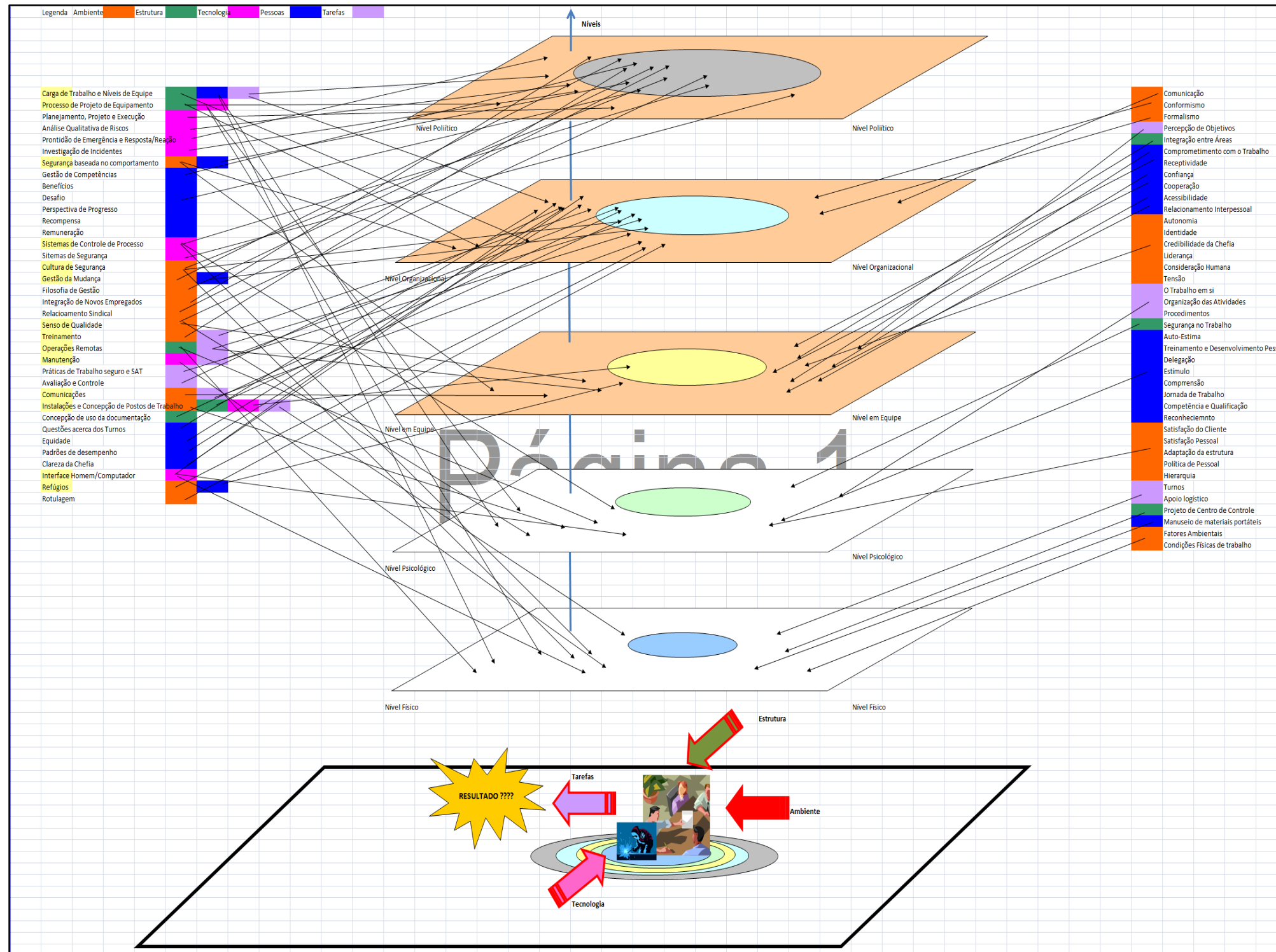
VIEIRA, K. M., DALMORO, M., “Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?”. *XXXII Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração (ANDAP) – (EnANPAD)*, Rio de Janeiro, RJ, 6-10 Setembro 2008.

VON BERTALANFFY, L., 1968, *General System Theory*. New York, George Brazillier.

VROMM, H. H., 1964, *Work and Motivation*. New York, John Wiley & Sons.

ZIO, E. 2009, “Reliability engineering: old problems and new challenges”, *Reliability Engineering and System Safety Journal*, v.94, pp. 125 -141.

ANEXO A - REPRESENTAÇÃO DA INFLUÊNCIA DAS DIMENSÕES NAS VARIÁVEIS, POR NÍVEL DE CATEGORIZAÇÃO



**ANEXO B - LISTA DE VERIFICAÇÃO (CHECKLIST) PARA AVALIAÇÃO
DOS FATORES HUMANOS EM INSTALAÇÕES NUCLEARES**

| Elementos de Avaliação | Valor Atribuído |
|--|------------------------|
| Nível Físico | |
| I - Tarefas | |
| Dimensão: Instalações e Concepção de Postos de Trabalho | |
| As tarefas repetitivas são minimizadas. | |
| As tarefas frequentes evitam altos esforços. | |
| Os equipamentos evitam o esforço nas articulações humanas quando fora do alcance do movimento natural. | |
| Os itens da instalação frequentemente acessados são pontos de fácil acesso. | |
| As mãos dos trabalhadores mantêm-se na mesma altura do cotovelo. | |
| Ferramentas especializadas são disponibilizadas para reduzir o estresse corporal. | |
| Os controles e displays são adequadamente visíveis de todas as posições de trabalho. | |
| As informações importantes de operação estão logicamente dispostas. | |
| Os postos de trabalho acomodam os extremos da população de usuários. | |
| Os postos de trabalho são ajustados às características da população de usuários. | |
| Existe acesso adequado para a operação e a manutenção de rotina de todos os equipamentos. | |
| Os trabalhadores podem mover-se facilmente entre a posição sentada e em pé. | |
| O projeto provê a facilidade de manutenção dos equipamentos. | |
| Os operadores e o pessoal de manutenção podem desempenhar com segurança todas as ações de rotina e de emergência exigidas dado o arranjo físico dos equipamentos (por exemplo, proximidade com áreas de risco, tais como equipamentos rotativos, superfícies quentes, ou equipamento de ventilação). | |

| | |
|--|--|
| Dimensão: <i>Questões acerca dos Turnos</i> | |
| Há pausas adequadas durante um turno para evitar a fadiga. | |
| Há pausas adequadas entre turnos para evitar a fadiga. | |
| Existem rotações de turnos estabelecidas para minimizar a perturbação do ritmo circadiano. | |
| Os efeitos da duração e rotação dos turnos têm sido considerados no estabelecimento da carga de trabalho. | |
| Dimensão: Apoio Logístico | |
| A empresa disponibiliza materiais, instrumentos e equipamentos suficientes, adequados e necessários aos serviços. | |
| II - Estrutura | |
| Dimensão: <i>Projeto de Centro de Controle</i> | |
| O layout provê acesso, saída e liberdade de circulação adequada. | |
| O layout provê adequada disposição de linhas de visão. | |
| O layout facilita as comunicações necessárias. | |
| O layout proporciona espaço suficiente para os trabalhadores e os seus postos de trabalho. | |
| Dimensão: <i>Operações Remotas</i> | |
| O tempo de percurso entre a sala de controle e uma unidade é aceitável. | |
| Os operadores em postos remotos passam periodicamente algum tempo no campo. | |
| III - Pessoas | |
| Dimensão: <i>Carga de Trabalho e Níveis de Equipe</i> | |
| O trabalho físico é sustentável durante todo um turno. | |
| Os trabalhadores são capazes de executar as tarefas de acordo com o procedimento no tempo previsto. | |
| Os operadores podem realizar todos os ajustes manuais exigidas durante as operações normais e de emergência (não é requerido um número excessivo de ajustes). | |
| Existem disposições em vigor para limitar o tempo que um trabalhador gasta em ambientes agressivos (ou seja, muito quente, muito frio, espaço confinado, etc). | |

| | |
|---|--|
| Dimensão: <i>Manuseio de Materiais Portáteis</i> | |
| Existem casos de diagnóstico de lesões músculo-esqueléticas. | |
| Os trabalhadores queixam-se de dores ou do esforço quando executam, ou depois de executar, determinadas tarefas. | |
| Existem trabalhos/tarefas que os trabalhadores evitam. | |
| Existem tarefas que envolvem grandes movimentos verticais ou transporte a longas distâncias. | |
| As pessoas trabalham em posturas incorretas ou mantêm posições fixas. | |
| Há tarefas que envolvem movimentos repetitivos por longos períodos. | |
| Existem tarefas que envolvem movimentos extenuantes de empurrar ou puxar peso. | |
| Os trabalhadores são obrigados a lidar com cargas que são pesadas, instáveis ou difíceis de pegar. | |
| Os trabalhadores movimentam manualmente as cargas pesadas. | |
| Os trabalhadores são apressados para concluir as tarefas. | |
| A fiscalização dos métodos e condições de trabalho está ao alcance dos trabalhadores. | |
| Os EPI possuem requisitos toleráveis para as funções normais e de emergência. | |
| IV - Tecnologia | |
| Dimensão: <i>Projeto de Equipamento de Processo</i> | |
| Os equipamentos são facilmente vistos e ouvidos. | |
| Os equipamentos são adequados para a tarefa. | |
| As operações normais e de emergência são compatíveis com a capacidade física dos operadores (não exigem força excessiva do operador) | |
| A mobilidade do operador é considerada na determinação de mecanismos de proteção necessários para certas tarefas, incluindo respostas em emergências. | |
| Dimensão: <i>Sistemas de Controle de Processo</i> | |
| O operador pode corrigir a situação ou realizar a ação exigida dentro do período de tempo requerido. | |

| | |
|---|--|
| Dimensão: <i>Interface Homem/Computador</i> | |
| O texto empregado é legível , sendo adequado o tamanho e tipo de fonte. | |
| Para os trabalhadores com visão deficiente de cores, existem rótulos ou códigos alternativos. | |
| Dimensão: <i>Manutenção</i> | |
| Os equipamentos são projetados para o acesso de manutenção. | |
| V- Ambiente | |
| Dimensão: <i>Fatores Ambientais</i> | |
| O ruído é mantido em um nível tolerável. | |
| As vibrações são atenuadas para níveis toleráveis. | |
| A temperatura normalmente está dentro de limites confortáveis. | |
| A qualidade do ar é mantida em um nível tolerável. | |
| A iluminação é suficiente para todas as operações da instalação em condições normais e de emergência. | |
| O ambiente geral é propício para um desempenho eficaz (úmido, sujo, escorregadio). | |
| Dimensão: <i>Cultura de Segurança</i> | |
| Os sistemas de segurança são mantidos em bom estado de funcionamento. | |
| As áreas de trabalho estão geralmente limpas. | |
| Dimensão: <i>Condições Físicas de Trabalho</i> | |
| As condições físicas de trabalho nos escritórios são adequadas (espaço, móveis, equipamentos de informática, temperatura ambiente, ruído ambiente, limpeza, manutenção adequada e segurança). | |

| Elementos de Avaliação | Valor Atribuído |
|---|------------------------|
| Nível Psicológico | |
| I - Tarefas | |
| Dimensão: <i>O Trabalho em si</i> | |
| Há adequada consideração pelas pessoas ao elaborar as escalas de plantão e atendimentos de emergência e horas extras. | |
| O pessoal sente-se desgastado pela rotina dos trabalhos que executa. | |
| As pessoas compreendem que a natureza do trabalho envolve períodos de “pico de serviço” e eventuais períodos ociosos e estão adaptadas a esse regime. | |
| A distribuição de trabalho e tarefas é feita de forma adequada e justa. | |
| As pessoas sentem-se sobrecarregadas de serviço. | |
| Dimensão: <i>Organização das Atividades</i> | |
| A execução das tarefas é conhecida de forma clara. | |
| Dimensão: <i>Procedimentos</i> | |
| O procedimento é conciso e fácil de usar. | |
| O nível de detalhe é adequado (considera a experiência do usuário e a complexidade do trabalho). | |
| As instruções condicionais são de fácil entendimento. | |
| Se a ação deve atender a mais de dois requisitos, esses requisitos encontram-se listados. | |
| Os cálculos são claros e compreensíveis. | |
| Para os cálculos complicados ou críticos, incluem-se ou referencia-se fórmulas ou tabelas. | |
| Os gráficos, diagramas e tabelas podem ser precisa e facilmente extraídos e interpretados. | |
| Os passos estão escritos em relatos concisos. | |
| Os mesmos termos são usados de forma consistente para os mesmos componentes ou operações. | |
| O procedimento inclui muito espaço em branco. | |
| Os procedimentos contêm marcadores de guia para ajudar a localizá-los | |

| | |
|--|--|
| rapidamente. | |
| Linhas ou espaços em branco são usados para separar grupos de itens relacionados. | |
| A fonte Times Roman é usada/empregada. | |
| O tamanho da fonte é inteiramente consistente e de pelo menos 12 pontos. | |
| Letras maiúsculas são utilizadas para os títulos principais. É usado um misto de letras maiúsculas e minúsculas em todo o texto. | |
| O texto é justificado à esquerda. | |
| As Etapas são identificadas por seus próprios e únicos números. | |
| Está listado em ordem sequencial, como deve ser realizado cada passo. | |
| Cada passo começa com um verbo de ação. | |
| Os CUIDADOS, ADVERTÊNCIAS E NOTAS estão colocadas imediatamente antes da etapa a que se aplicam. | |
| Os CUIDADOS, ADVERTÊNCIAS E NOTAS destacam-se das etapas do procedimento. | |
| Os diagramas de instrumentação e tubulação (P&IDs) ou fluxogramas estão colocados à frente dos passos relevantes, ou incluídos neles. | |
| Se as condições ou critérios são usados para ajudar o usuário a tomar uma decisão ou reconhecer uma situação, elas precedem a ação. | |
| O procedimento é escrito para o menor nível de educação permitido entre os usuários qualificados. | |
| O título descreve com precisão a natureza da atividade. | |
| Procedimentos com mais de 5 páginas possuem, na primeira página, uma entrada de índice. | |
| A primeira página de cada procedimento tem explicitado o título, objetivo, contexto, referências, equipamentos especiais e precauções, pré-requisitos, o autor e aprovação. | |
| Em cada página do procedimento está incluída informação de controle tal como, nome da unidade ou identificador, título, número, data de emissão, data de aprovação, data de revisão exigida, o número de revisão, o número de página e o total de páginas. | |
| A última página do procedimento está claramente identificada. | |

| | |
|--|--|
| Os procedimentos temporários são claramente identificados. | |
| Cada procedimento tem um único e permanente identificador. | |
| Para os processos duplicados, os procedimentos são completos e precisos para cada processo. | |
| Toda a informação necessária para realizar os procedimentos está incluída ou referenciada nas instruções. | |
| Os procedimentos incluem todas as etapas necessárias para concluir uma tarefa. | |
| Os procedimentos escritos correspondem à forma como a tarefa é feita na prática. | |
| Todos os itens referenciados nos procedimentos estão listados na seção "Referências" do procedimento. | |
| Os itens listados na seção de referências dos procedimentos estão correta e completamente identificados. | |
| As referências contêm uma lista de documentos de apoio e suas localizações. | |
| No caso de procedimentos que sejam realizados por mais de uma pessoa, o responsável pela execução de cada etapa está identificado. | |
| Os passos que podem ser feitos simultaneamente estão assinalados. | |
| As verificações das etapas críticas de um procedimento são assinaladas. | |
| No caso de procedimentos que exijam coordenação com os outros, são providas lista de verificação, indicações, ou outro método, para assinalar os passos ou ações que devam ser concluídas. | |
| No caso de um passo conter mais de dois itens, esses são listados em vez de permanecerem inseridos no texto. | |
| Os passos que devem ser executados em uma sequência rigorosa são identificados como tal. | |
| Os limites operacionais ou de manutenção ou as especificações estão escritas em termos quantitativos. | |
| Os procedimentos fornecem instruções para todas as contingências moderadas. | |
| Quando se usam instruções de contingência, estas precedem as instruções | |

| | |
|--|--|
| de ação. | |
| Os procedimentos que especificam alinhamento, tais como as posições de válvulas, configurações de tubos e carretéis, ou cabides de mangueiras, se aplicável, especificam cada item, distinguindo-o com um número único de identificação, a posição na qual ele deve ser colocado, e indicam onde o usuário registra a posição. | |
| Os procedimentos operacionais de emergência contêm disposições para verificar: as condições inerentes a uma emergência (condições iniciais), as ações automáticas inerentes a essa emergência, e o cumprimento das ações críticas. | |
| Os procedimentos de emergência fornecem orientações adequadas para o diagnóstico de distúrbios do sistema. | |
| O procedimento pode ser aplicado com segurança (sem criar novos riscos). | |
| Os procedimentos de manutenção incluem o necessário acompanhamento de ações ou de testes e informam ao usuário quem deve ser notificado. | |
| Para o caso de realização de procedimento que demande pessoa com qualificações especiais, os níveis de habilidade técnica necessários estão identificados. | |
| O conjunto atual de procedimentos, disponível para o uso dos trabalhadores, está completo. | |
| Os procedimentos abrangem, em detalhes suficientes, todos os modos de funcionamento (partida/inicializações, desligamentos/paradas, operações, espera/estado de prontidão, manutenção, etc). | |
| Os limites da operação segura estão documentados, fornecendo as consequências do desvio desses limites e as ações que devem ser adotadas quando eles ocorrem. | |
| Os procedimentos são precisos (isto é, eles refletem a maneira pela qual o trabalho é realmente realizado). | |
| A responsabilidade pela atualização, distribuição das revisões dos procedimentos, e a verificação de que os trabalhadores estão usando as revisões atuais, está estabelecida. | |
| As notas ou instruções temporárias são incorporadas logo que possível às | |

| | |
|--|--|
| revisões dos procedimentos operacionais escritos. | |
| Os procedimentos chamam a atenção para o equipamento de proteção individual (EPI) necessário para a execução de tarefas rotineiras e/ou não rotineiras. | |
| II - Estrutura | |
| Dimensão: <i>Segurança no Trabalho</i> | |
| São consideradas adequadas as normas e procedimentos do trabalho que envolvem procedimentos executivos, acesso às áreas e equipamentos, autorizações de serviço e segurança do trabalho. | |
| A segurança no trabalho é vista como prioridade pela empresa. | |
| O nível de prevenção de doenças ocupacionais está adequado. | |
| A disponibilidade dos EPI necessários está adequada. | |
| Dimensão: <i>Operações Remotas</i> | |
| Os operadores nos postos remotos dispõem de adequada exibição de informação de operação. | |
| Os trabalhadores nas salas de controle remoto vêem e ouvem o equipamento que controlam (câmera, microfone). | |
| III - Pessoas | |
| Dimensão: <i>Carga de Trabalho e Níveis de Equipe</i> | |
| As atividades normais de trabalho são suficientemente exigentes para manter a atenção do operador. | |
| Os controles e indicações apoiam a resposta do operador nas condições de distúrbio e de emergência. | |
| Existe tempo suficiente, adequada retroalimentação, e controles para o pessoal se recuperar de erros. | |
| Dimensão: <i>Segurança baseada no comportamento</i> | |
| Os trabalhadores identificam as causas básicas de comportamentos inseguros. | |
| Dimensão: <i>Auto-Estima</i> | |
| A pessoa considera-se preparada profissionalmente e integrada ao ambiente organizacional. | |
| As pessoas sentem-se seguras e com estabilidade no quadro da empresa. | |

| | |
|--|--|
| As pessoas sentem que o seu trabalho é importante para a empresa. | |
| Dimensão: <i>Treinamento e Desenvolvimento Pessoal</i> | |
| A capacitação e o treinamento disponibilizados pela empresa atendem totalmente às necessidades de trabalho do pessoal. | |
| Os treinamentos realizados contribuem para o progresso profissional das pessoas. | |
| Dimensão: <i>Delegação</i> | |
| O gerente imediato concede liberdade de ação no desempenho das atribuições. | |
| A autonomia da gerência imediata está bem dimensionada, contribuindo para o alcance dos resultados e aceleração dos processos. | |
| Dimensão: <i>Estímulo</i> | |
| A gerência incentiva o aperfeiçoamento profissional de seus colaboradores. | |
| Dimensão: <i>Compreensão</i> | |
| Predomina um tratamento de compreensão e encorajamento quando se cometem erros ao invés de um comportamento punitivo ou de reclamação e repreensão. | |
| As pessoas consideram adequado o nível de compreensão da chefia diante da busca de solução ou alternativas na execução de tarefas de maior dificuldade/complexidade técnica que requeiram, por exemplo, mudança de procedimento, extensão de prazo ou reprogramação. | |
| Dimensão: <i>Jornada de Trabalho</i> | |
| A jornada de trabalho é considerada desgastante. | |
| Dimensão: <i>Competência e Qualificação</i> | |
| O gerente imediato orienta, esclarece dúvidas e dá apoio técnico nas atividades. | |
| O gerente imediato utiliza técnicas de organização, planejamento e acompanhamento dos trabalhos. | |
| Dimensão: <i>Reconhecimento</i> | |
| O gerente imediato reconhece e elogia pelo bom desempenho. | |

| IV - Tecnologia | |
|--|--|
| Dimensão: <i>Projeto de Equipamento de Processo</i> | |
| A concepção do equipamento evita a complexidade desnecessária. | |
| Os equipamentos são ajustáveis aos usuários/operadores. | |
| Os equipamentos estão de acordo com as expectativas dos usuários. | |
| As interfaces homem-processo sempre foram analisadas sob o ponto de vista de fatores humanos. | |
| A organização, a disposição e a operação dos equipamentos são lógicas e coerentes. | |
| Dimensão: <i>Sistemas de Controle de Processo</i> | |
| Os operadores podem controlar as entradas de variáveis de um estado desejado. | |
| Os operadores podem intervir seguramente no processo controlado por computador. | |
| Existem recursos incorporados para resposta automática quando um(a) distúrbio / condição do processo exige uma rápida resposta. | |
| Existem recursos automáticos para, em tempo útil, dar apoio ou suporte no caso de distúrbio / condição de processo difícil de diagnosticar devido ao processamento complexo da informação (exigindo uma decisão com base no conhecimento). | |
| Existem indicações para o início da tarefa ou etapa: A concepção do equipamento auxilia (ajuda) o início da tarefa; existe um procedimento que inicie a tarefa; os operadores têm sido treinados acerca do significado das sugestões (dicas) de partida. | |
| As indicações são inequívocas e distintas dos outros sinais: os controles e displays são consistentes com os padrões de projetos de fatores humanos; os controles e displays são consistentes com os estereótipos do grupo populacional que utiliza o sistema. | |
| O operador pode determinar o estado atual do sistema comparando-o com o estado desejado. | |
| O retorno do controle da ação é rápido e direto. | |

| Dimensão: <i>Interface Homem/Computador</i> | |
|--|--|
| As telas usam metáforas familiares (estrutura de processo, funções de processo, tarefas, etc) | |
| A informação é apresentada convenientemente (valor numérico, mímica, tabelas, as tendências, barra de gráficos, etc). | |
| Os símbolos, texto e dados numéricos são apresentados adequadamente. | |
| O layout da tela utiliza adequadamente espaços em branco, ênfase e fontes. | |
| Existe espaçamento adequado entre as áreas de atividade das telas de comunicação. | |
| As telas e as informações são facilmente identificáveis (uso de títulos, rótulos e ícones). | |
| A informação é exibida em um formato adaptado ao operador. | |
| As informações apresentadas são adequadas e pertinentes. | |
| As telas fornecem apenas as informações de que o operador necessita (sem detalhes excessivos). A informação é localizada/acessada de uma forma adequada e lógica. | |
| As informações mais importantes e mais frequentemente utilizadas são exibidas com maior destaque. | |
| Os esquemas da tela se correlacionam com a configuração atual da planta. | |
| Existem legendas para os ícones empregados. | |
| É utilizada codificação adequada (forma, cor, alfanuméricos) | |
| As escolhas das cores correspondem às expectativas culturais. | |
| Os códigos de cor são utilizados de forma coerente. | |
| O número e as combinações de cores são apropriadas. | |
| As cores são distintas. | |
| É utilizado contraste para identificar e distinguir itens importantes. | |
| A tela não é confusa. | |
| Os operadores podem exibir na tela vistas panorâmicas ou zoom (ampliações ou detalhes). | |
| A informação é logicamente transferida para as telas. | |
| As telas apresentam as informações em uma sequência lógica. | |
| O processo é devidamente subdividido através das telas. | |

| | |
|---|--|
| A navegação / ligações entre páginas é rápida, fácil e direta. | |
| O número de páginas que devem ser monitoradas é administrável. | |
| Existe na tela um equilíbrio adequado de síntese e de detalhes. | |
| A concepção e o layout da tela são coerentes. | |
| A terminologia da tela é coerente. | |
| O desenho da tela satisfaz as expectativas do usuário (a experiência prévia, as normas culturais, as normas da empresa, as normas do vendedor). | |
| As telas podem ser acessadas rápida e facilmente. | |
| As mudanças de processo são facilmente notadas. | |
| É fácil confirmar o funcionamento normal do processo. | |
| Os operadores podem facilmente diagnosticar as falhas. | |
| Existem seqüências de apresentação para o processamento conjunto (<i>batch</i>) e sequencial. | |
| A informação é exibida em um ritmo adequado para o operador. | |
| Os alarmes têm forma e localização adequada. | |
| As indicações de alarme são separadas das indicações do estado da planta. | |
| Os alarmes são priorizados. | |
| Os alarmes relacionados estão agrupados. | |
| Os alarmes incômodos foram eliminados. | |
| Existem as indicações “voltar-ao-normal”. | |
| Os alarmes em cascata formam suprimidos. | |
| Existe a possibilidade de escolha dos modos de apresentação de alarme (painel, VDU). | |
| Os alarmes foram convenientemente concebidos e incluem autossilenciamento. | |
| Toda apresentação / alarme sonoro é significativa para os operadores. | |
| V - Ambiente | |
| Dimensão: Satisfação do Cliente | |
| As pessoas estão satisfeitas com a qualidade dos serviços prestados pela sua área de atuação. | |
| Dimensão: Instalações e Concepção de Postos de Trabalho | |
| As estações de trabalho e os assentos estão organizados de acordo com os | |

| | |
|---|--|
| padrões inerentes a fatores humanos. | |
| Os controles e displays estão logicamente dispostos e correspondem às expectativas dos operadores. | |
| Os displays e os comandos estão agrupados e relacionados uns com os outros. | |
| Os controles são distinguíveis e de fácil de uso. | |
| Os displays exibem informação adequada para avaliar o estado de todo o processo, bem como informações essenciais de cada um dos sistemas. | |
| Os requisitos processuais são apoiados pelos displays e respectivas indicações. | |
| Os operadores têm feito modificações em displays, os controles ou equipamentos para atender melhor às suas necessidades. | |
| Os controles atendem rigidamente aos estereótipos populacionais (cor, direção de movimento, etc). | |
| Os layouts do painel de controle refletem os aspectos funcionais do processo ou equipamento. | |
| A disposição dos controles segue logicamente a sequência normal de operação. | |
| Existe um painel dedicado ao desligamento de emergência que está localizado em uma rota de saída. | |
| Dimensão: Satisfação Pessoal | |
| O nível de satisfação das pessoas em relação ao emprego é alto. | |
| As pessoas estão satisfeitas com relação ao tipo de trabalho que executam. | |
| As pessoas têm oportunidade de participar de eventos externos aos seus setores (Seminários, cursos, reuniões, congressos, etc). | |
| O pessoal tem a oportunidade de contribuir em assuntos de maior relevância. | |
| O nível de satisfação das pessoas está tão baixo que se tivessem uma oportunidade mudariam de emprego. | |
| Dimensão: Adaptação da Estrutura | |
| As pessoas estão satisfeitas com a autonomia dos gerentes sobre questões administrativas e de pessoal. | |

| | |
|---|--|
| Dimensão: <i>Política de Pessoal</i> | |
| O pessoal está satisfeito com a política de recursos humanos da empresa. | |
| Dimensão: <i>Senso de Qualidade</i> | |
| As pessoas observam que a empresa vem melhorando significativamente nos últimos anos. | |
| Dimensão: <i>Hierarquia</i> | |
| As pessoas sentem muito desgaste emocional pelo desrespeito hierárquico de funções, conhecido como ‘passar por cima’ (<i>bypass</i>). | |

| Elementos de Avaliação | Valor Atribuído |
|---|------------------------|
| Nível Em Equipe | |
| I - Tarefas | |
| Dimensão: Operações Remotas | |
| Os operadores remotos podem coordenar as ações adequadamente com os operadores de campo. Existe coordenação adequada entre os operadores remotos e os de campo. | |
| Existe adequada comunicação com os operadores de campo. | |
| Dimensão: Percepção de Objetivos | |
| Os trabalhos no setor de manutenção são orientados em função dos objetivos e de prioridades. | |
| II - Estrutura | |
| Dimensão: Integração entre Áreas | |
| O relacionamento funcional entre os elementos organizacionais não apresenta conflitos. | |
| O relacionamento funcional entre a operação e a manutenção não apresenta conflitos. | |
| O relacionamento funcional dos setores de operação e manutenção com órgãos externos não apresenta conflitos. | |
| Prevalece o espírito de equipe no relacionamento entre os elementos organizacionais dos setores de operação e manutenção. | |
| III - Pessoas | |
| Dimensão: Refúgios | |
| Os trabalhadores são treinados em procedimentos de refúgio. | |
| Dimensão: Comprometimento com o Trabalho | |
| O interesse em melhorar o desempenho é uma característica marcante do pessoal. | |
| As pessoas utilizam o sistema de comunicação da empresa para manterem-se informadas. | |
| Existe esforço para evitar erros e desperdício. | |
| O pessoal conhece e cumpre normas e regulamentos. | |

| | |
|---|--|
| As tarefas são realizadas sem necessidade de controle rigoroso. | |
| Existe demonstração de responsabilidade com o trabalho em geral. | |
| Dimensão: Receptividade | |
| O gerente imediato é aberto a sugestões e estimula a troca de idéias. | |
| O gerente imediato estimula no pessoal iniciativa, criatividade e inovação. | |
| Dimensão: Confiança | |
| Existe um senso de confiança mútua entre pessoas. | |
| Dimensão: Cooperação | |
| A cooperação nos setores é uma característica marcante. | |
| O espírito de equipe é uma característica marcante entre colegas de mesmo setor e divisão. | |
| Dimensão: Acessibilidade | |
| O relacionamento com o gerente imediato é direto e informal. | |
| Dimensão: Relacionamento Interpessoal | |
| O relacionamento entre colegas dos setores é bom. | |
| O relacionamento com clientes de outros órgãos da empresa é bom. | |
| O relacionamento com clientes de outras divisões é bom. | |
| IV - Tecnologia | |
| Dimensão: Instalações e Concepção de Postos de Trabalho | |
| Os operadores têm condições de responder a situações de distúrbio / emergência de uma forma imediata/rápida. | |
| V – Ambiente | |
| Dimensão: Comunicações | |
| Existe uma linguagem oficial da planta. | |
| Existe uma forma padrão utilizada para a transmissão das informações entre os turnos. | |
| Existe uma forma padrão utilizada para a transmissão das informações entre os grupos de trabalho. | |
| O “repeat-back” é utilizado na comunicação oral. | |
| Dimensão: Segurança baseada no comportamento | |
| Os trabalhadores tomam a iniciativa de corrigir o comportamento de qualquer pessoa (incluindo empreiteiros) que não esteja seguindo as práticas | |

| | |
|---|--|
| de trabalho seguro. | |
| Dimensão: <i>Autonomia</i> | |
| A liberdade de ação no desempenho das atribuições do pessoal da operação e manutenção está adequada. | |
| Dimensão: <i>Identidade</i> | |
| O pessoal considera que a empresa presta um serviço relevante e adequado à sociedade em geral e que o seu trabalho contribui para isto. | |
| Dimensão: <i>Senso de Qualidade</i> | |
| Os empregados conhecem e estão integrados aos objetivos dos setores de operação e manutenção da empresa. | |
| Existe grande ênfase em responsabilidade pessoal nos setores de Operação e manutenção. | |
| Dimensão: <i>Credibilidade da Chefia</i> | |
| A gerência exerce sua função de forma equilibrada (justiça, imparcialidade, transparência, etc). | |
| O gerente imediato conduz de forma adequada a participação do grupo em discussões e em decisões de interesse do grupo. | |
| Dimensão: <i>Liderança</i> | |
| A gerência desenvolve ações que motivam o pessoal para o alcance dos objetivos. | |
| Dimensão: <i>Consideração Humana</i> | |
| A cordialidade, consideração e apreço entre colegas no trabalho são características do pessoal. | |
| O reconhecimento da competência profissional é comum entre colegas. | |
| O respeito pela opinião das pessoas é uma prática comum. | |
| Dimensão: <i>Tensão</i> | |
| A forma como os assuntos de trabalho são tratados frequentemente proporciona um estado de tensão e estresse nas pessoas. | |
| O ambiente geral de trabalho é de descontração e espontaneidade. | |

| Elementos de Avaliação | Valor Atribuído |
|---|------------------------|
| Nível Organizacional | |
| I - Tarefas | |
| Dimensão: Operações Remotas | |
| Outras atividades distraem os trabalhadores nos postos remotos. | |
| Dimensão: Treinamento | |
| As descrições das tarefas estão correlacionadas com as exigências de treinamento. | |
| As gerências enviam as pessoas para treinamento como programado. | |
| Existe um meio pelo qual o pessoal deve demonstrar que tem entendido o treinamento. | |
| Existem normas para os instrutores. | |
| Quando necessário, é utilizado local específico para o treinamento. | |
| Para manter o interesse, os treinamentos de reciclagem são variados. | |
| São mantidos registros dos treinamentos. | |
| O treinamento do operador e do trabalhador de manutenção inclui o treinamento para resposta adequada a emergências. | |
| Dimensão: Carga de Trabalho e Níveis de Equipe | |
| O nível de equipe é adequado para todos os modos de operação (normal, emergência, etc). | |
| Dimensão: Manutenção | |
| As tarefas críticas de manutenção estão identificadas. | |
| Durante as atividades de manutenção são utilizados autocontroles (self-tests). | |
| São realizadas verificações pós-manutenção para detectar erros. | |
| As ferramentas adequadas estão disponíveis e são utilizadas quando necessário. | |
| As ferramentas especiais são requeridas para realizar todas as tarefas de forma segura e efetiva. | |

| | |
|--|--|
| Dimensão: Práticas de Trabalho Seguro e Sistema de Autorização de Trabalho (SAT) | |
| O SAT especifica as qualificações dos trabalhadores. | |
| O SAT exige sumários/permissões antes da realização do trabalho. | |
| Autorizações devem ser exibidas na área de trabalho. | |
| Autorizações devem ser fornecidas para outros grupos de trabalho que possam ser afetados. | |
| O SAT identifica as precauções e verifica a sua conclusão. | |
| O SAT garante que o equipamento correto está sendo trabalhado. | |
| O SAT exige verificações cruzadas independentes. | |
| O SAT identifica os riscos/perigos relevantes. | |
| O SAT requer a autorização da gerência e supervisão para tarefas específicas. | |
| O SAT sempre é utilizado. | |
| Dimensão: Avaliação e Controle | |
| A forma de supervisão e controle dos serviços é feita adequadamente. | |
| Dimensão: Comunicações | |
| Existe um dicionário de termos padrão da planta. | |
| Os equipamentos de comunicação são adequados e facilmente acessíveis. | |
| II - Estrutura | |
| Dimensão: Processo de Projeto de Equipamento | |
| Os equipamentos são facilmente reconhecidos e encontrados. | |
| Os equipamentos são facilmente acessíveis. | |
| Os equipamentos estão disponíveis. | |
| Dimensão: Instalações e Concepção de Postos de Trabalho | |
| Os equipamentos que requerem regulação manual ou atuação (por exemplo, desligamento de emergência) são facilmente identificáveis e acessíveis. | |
| Dimensão: Concepção e uso da documentação | |
| A documentação encontra-se em meio adequado para o usuário. | |
| A documentação é fácil de pesquisar, navegar e usar. | |
| A documentação está disponível quando e onde necessário. | |
| A documentação é corrente e precisa. | |

| | |
|---|--|
| Dimensão: <i>Carga de Trabalho e Níveis de Equipe</i> | |
| Equipe adicional (por exemplo, de outras áreas ou externa) pode ser rapidamente chamada para ajudar durante emergências. | |
| Dimensão: <i>Adequação da Estrutura</i> | |
| A estrutura formal (número de elementos organizacionais e de empregados) é adequada para as necessidades da organização. | |
| A quantidade de pessoal nos setores de operação e manutenção é suficiente. | |
| Há receptividade e flexibilidade para promover mudanças na estrutura informal do trabalho para atender as necessidades. | |
| Dimensão: <i>Clareza Organizacional</i> | |
| O trabalho está bem organizado e as atribuições estão definidas claramente. | |
| Os objetivos dos setores de operação e manutenção, e do trabalho, são claros. | |
| III - Pessoas | |
| Dimensão: <i>Questões acerca dos Turnos</i> | |
| Há limites sobre o número total de horas trabalhadas consecutivamente, diária e semanalmente. | |
| O número de horas de trabalho do pessoal durante a partida, virada, ou períodos de alta produção é limitado, de forma que a segurança e o desempenho do trabalhador não sejam prejudicados. | |
| O ambiente de trabalho é concebido para minimizar o impacto da rotação de turno. | |
| Dimensão: <i>Gestão da Mudança (GDM)</i> | |
| Os trabalhadores seguem o sistema GDM, mesmo para mudanças temporárias ou não documentadas. | |
| Os trabalhadores são treinados no processo de GDM. | |
| Dimensão: <i>Equidade</i> | |
| As pessoas sentem liberdade e incentivo para assumir desafios na empresa. | |
| Dimensão: <i>Padrões de Desempenho</i> | |
| O acompanhamento do desempenho e dos resultados individuais no trabalho é feito de forma adequada. | |

| | |
|--|--|
| Dimensão: Clareza da Chefia | |
| O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | |
| Existe clareza na comunicação gerencial. | |
| IV - Tecnologia | |
| Dimensão: Interface Homem/Computador | |
| O número de telas de exibição é suficiente. | |
| Existem meios adequados para o aviso de alarme. | |
| Há recursos para lidar com enxurradas de alarmes. | |
| IV - Ambiente | |
| Dimensão: Refúgios | |
| Os refúgios estão claramente indicados. | |
| Existe espaço suficiente para fazer frente a atividades de emergência em curso assim como para acomodar todos aqueles que devam ser abrigados. | |
| Existe uma área designada e suprimentos para aqueles que necessitam de atenção médica. | |
| Existe suficiente EPI para o caso da evacuação ser necessária. | |
| As rotas de evacuação estão estabelecidas/sinalizadas. | |
| Os abrigos alternativos estão indicados. | |
| Os utilitários dos abrigos (energia; aquecimento, ventilação, e ar condicionado (HVAC); higienização) são suficientes para o número esperado de pessoas e a duração dos eventos. | |
| Existem meios adequados de comunicação. | |
| Dimensão: Rotulagem (marcação) / Etiquetagem | |
| As vistas das etiquetas estão desobstruídas pelos elementos adjacentes. | |
| Os rótulos estão nitidamente instalados em superfícies regulares. | |
| Os rótulos estão nos chassis dos principais equipamentos. | |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o seu desgaste. | |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o acúmulo de gordura e sujeira. | |
| Os rótulos estão seguros para que sejam evitadas a remoção acidental ou a perda. | |
| Os rótulos são facilmente legíveis nos locais normais de trabalho. | |

| | |
|---|--|
| Os sinais que alertam os trabalhadores sobre materiais ou condições perigosas são adequadamente visíveis e claramente entendidos. | |
| Os sinais colocados nas áreas de limpeza e manutenção são suficientes para advertir os trabalhadores de perigos especiais ou exclusivos. | |
| Todos os equipamentos importantes (vasos, tubos, válvulas, instrumentos, controles, etc.) estão marcados de forma clara e inequívoca. | |
| O programa de rotulagem inclui componentes (por exemplo, as válvulas pequenas) que são mencionadas nos procedimentos, mesmo se elas não possuem um número de equipamento atribuído. | |
| Os instrumentos e os controles da planta estão claramente marcados. | |
| Os rótulos são precisos. | |
| Os rótulos estão adaptados ao estereótipo populacional. | |
| Os rótulos fornecem informações suficientes para identificar inequivocamente o equipamento. | |
| As etiquetas/rótulos correspondem aos procedimentos e aos desenhos. | |
| A responsabilidade de manutenção e de atualização dos rótulos é claramente atribuída a uma pessoa. | |
| Dimensão: Cultura de Segurança | |
| Existem controles administrativos para atuar quando instrumentos, displays ou controles são deliberadamente desabilitados ou contornados (bypass) e verificar de que modo eles retornam ao serviço. | |
| Os operadores fazem uso de forma competente de procedimentos durante distúrbios / condições de emergência. | |
| Dimensão: Segurança baseada no comportamento | |
| A gerência fornece os recursos para corrigir rapidamente as causas dos comportamentos inseguros. | |
| Dimensão: Comunicação | |
| O sistema de comunicação interno (mural, boletins, etc) da empresa é adequado e ágil. | |
| A comunicação interna formal e informal nos setores de operação e manutenção contribui para o desempenho do trabalho. | |

| | |
|--|--|
| Dimensão: <i>Conformismo</i> | |
| O seu desempenho é prejudicado pela existência de muitas regras, regulamentos e procedimentos que dificultam as suas atividades. | |
| Dimensão: <i>Formalismo</i> | |
| A gerência decide com autonomia sempre que as circunstâncias requerem agilidade. | |

| Elementos de Avaliação | Valor Atribuído |
|---|--------------------|
| Nível Político | |
| I - Tarefas | |
| Dimensão: <i>Carga de Trabalho e Níveis de Equipe</i> | |
| Os operadores permanecem somente na sala de controle e não se envolvem em outras atividades. | |
| II - Estrutura | |
| Dimensão: <i>Projeto de Equipamento de Processo</i> | |
| Existe um mecanismo formal para a correção das deficiências de fatores humanos identificadas pelos operadores. | |
| Os projetistas/designers estão conscientes acerca dos problemas de fatores humanos para que possam melhorar projetos futuros. | |
| Dimensão: <i>Planejamento, Projeto e Execução</i> | |
| As questões inerentes a fatores humanos foram identificadas e tratadas em cada fase do projeto. | |
| Os problemas reais são identificados. | |
| Os problemas são identificados no momento correto. | |
| As ferramentas e os processos adequados são utilizados. | |
| Os indivíduos apropriados foram envolvidos no processo. | |
| Houve um acompanhamento adequado. | |
| Os benefícios da incorporação dos fatores humanos no projeto são identificados. | |
| Os custos são identificados. As medidas para melhorar as abordagens de fatores humanos são abordadas durante cada fase do projeto. | |
| Dimensão: <i>Análise Qualitativa de Riscos</i> | |
| As questões inerentes a fatores humanos foram consideradas no processo de análise de riscos. | |
| Aspectos sobre fatores humanos têm sido considerado no processo de análise de risco. | |
| A probabilidade de erros críticos tem sido analisada. | |

| | |
|--|--|
| Dimensão: <i>Prontidão de Emergência e Resposta/Reação</i> | |
| Existe um plano de resposta à emergência. | |
| Existe uma estrutura de comando de incidentes. | |
| Os trabalhadores têm sido treinados em suas responsabilidades de respostas a emergências. | |
| Equipamentos de emergência adequados estarão disponíveis e acessíveis durante uma emergência. | |
| Existem meios confiáveis para comunicação em emergência. | |
| Os operadores praticam resposta/reação à emergência sob condições reais (ou seja, usando equipamento de proteção de emergência, iluminação de emergência, etc.). | |
| Os operadores praticam resposta/reação à emergência durante ou sob condições ambientais extremas (por exemplo, à noite ou quando está muito frio). | |
| São realizadas periodicamente simulações de emergência. | |
| Os exercícios de emergência são acompanhados/testemunhados por observadores e criticados. | |
| As rotas de evacuação de emergência são claramente identificadas. | |
| Dimensão: <i>Investigação de Incidentes</i> | |
| Os critérios de notificação de incidentes estão definidos. | |
| Os incidentes são investigados prontamente. | |
| A investigação de incidentes é realizada por pessoas com a mesma qualificação dos envolvidos. | |
| As investigações de incidentes identificam as causas raízes (pontos fracos do sistema de gestão). | |
| As ações corretivas são implantadas em tempo hábil. | |
| III - Pessoas | |
| Dimensão: <i>Segurança baseada no comportamento</i> | |
| Os operadores e os técnicos de manutenção são treinados para pedir ajuda quando julgarem que dela necessitam para executar corretamente uma tarefa. | |
| Inventários de tarefas críticas têm sido desenvolvidos. | |

| | |
|--|--|
| Os trabalhadores observam e treinam os ajudantes nas práticas de trabalho seguro. | |
| Dimensão: <i>Gestão de Competências</i> | |
| Os requisitos de competência estão identificados. | |
| As pessoas são recrutadas e selecionadas com base nas competências requeridas. | |
| A competência dos trabalhadores é avaliada inicial e periodicamente. | |
| São mantidos os registros da certificação de competências. | |
| Dimensão: <i>Benefícios</i> | |
| As pessoas consideram que existe na organização um benefício atraente. | |
| A qualidade dos serviços de assistência social é considerada excelente. | |
| Os benefícios e assistências praticados são fatores de motivação para o trabalho (Saúde, Alimentação, Escola, Transporte e Moradia). | |
| Dimensão: <i>Desafio</i> | |
| As pessoas sentem liberdade e incentivo para assumir desafios na empresa. | |
| Dimensão: <i>Perspectiva de Progresso</i> | |
| A empresa oferece boas oportunidades de carreira e progresso profissional. | |
| Dimensão: <i>Recompensa</i> | |
| A política de recursos humanos valoriza o desempenho profissional. | |
| Dimensão: <i>Remuneração</i> | |
| Em comparação com o mercado, o salário que as pessoas recebem é bom. | |
| O pessoal considera que o salário que recebe está compatível com os requisitos das atividades que executa. | |
| IV - Tecnologia | |
| Dimensão: <i>Sistemas de Controle de Processo</i> | |
| O sistema de controle é confiável. | |
| O computador verifica se os valores introduzidos pelos operadores estão dentro de um intervalo válido. | |
| A ação desejada está claramente estabelecida. | |
| Dimensão: <i>Sistemas de Segurança</i> | |
| Existe margem suficiente entre os pontos de ajuste do sistema de segurança e as condições normais. | |

| | |
|---|--|
| Existe um procedimento documentado para contornar os sistemas de segurança. | |
| É mantido um registro dos contornos de bloqueios. | |
| A partida dos sistemas de segurança é automática. | |
| V - Ambiente | |
| Dimensão: <i>Cultura de Segurança</i> | |
| A segurança é enfatizada acima da conveniência ou do lucro. | |
| A gestão é visivelmente envolvida e comprometida com a segurança. | |
| Existem freqüentes comunicações sobre a segurança e o livre compartilhamento de lições aprendidas. | |
| Existem diversas equipes envolvidas na avaliação dos riscos. | |
| Existem recursos adequados de saúde e de segurança. | |
| Existe um elevado nível de confiança entre a direção e os trabalhadores da linha de frente. | |
| Os trabalhadores têm poderes para interromper o trabalho caso se sintam inseguros. | |
| Os operadores são treinados para encerrar o processo quando houver dúvida sobre a continuidade da sua operação de forma segura / correta. | |
| Dimensão: <i>Gestão da Mudança</i> | |
| As mudanças são analisadas em tempo hábil. | |
| Dimensão: <i>Filosofia de Gestão</i> | |
| Existe preocupação da empresa com a satisfação e o bem-estar do empregado. | |
| Dimensão: <i>Integração de Novos Empregados</i> | |
| A política de orientação, adaptação e treinamento de novos empregados é adequada. | |
| Dimensão: <i>Relacionamento Sindical</i> | |
| A empresa trata com atenção e respeito as questões trabalhistas e sindicais. | |
| Dimensão: <i>Senso de Qualidade</i> | |
| A empresa divulga adequadamente as grandes ações e projetos. | |
| Dimensão: <i>Treinamento</i> | |
| Existem exigências regulamentares e padrões de indústria relacionados. | |

| | |
|---|--|
| Existem requisitos para o treinamento inicial e o contínuo. | |
| Existem requisitos e padrões de desempenho. | |
| Existe treinamento estabelecido para as funções e tarefas específicas a serem realizadas. | |
| Os operadores e trabalhadores da manutenção recebem treinamento adequado em segurança e desempenho confiável afeto às suas tarefas antes de serem autorizados a trabalhar sem supervisão direta. | |
| Existe um programa de treinamento periódico de reciclagem. | |
| Existe um treinamento especial ou de reciclagem para a realização de operação infrequente/ não-rotineira. | |
| Quando são feitas alterações, os trabalhadores são treinados na nova operação, incluindo uma explicação do porquê da mudança e como a segurança e desempenho do trabalhador pode ser afetado por ela. | |
| Os novos conhecimentos, informações e lições aprendidas são incorporados ao treinamento. | |

**ANEXO C - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO –
TCLE- ESPECIALISTAS**

Você está sendo convidado(a) a participar de um estudo que tem por objetivo subsidiar o processo de diagnóstico interno das organizações para o gerenciamento dos sistemas de segurança de instalações nucleares. A experiência acumulada nos acidentes industriais ocorridos nas últimas oito décadas tem mostrado claramente que os fatores organizacionais e humanos têm um impacto significativo no risco de falha de sistemas e de acidentes ao longo do ciclo de vida de uma instalação. Um melhor mapeamento e avaliação dos Fatores Humanos nos sistemas sócio-técnicos poderá aprimorar a identificação das fontes de influência nos “aspectos cognitivos” relativos ao desempenho do operador.

TÍTULO DO PROJETO: Análise quantitativa de dados qualitativos para avaliação de probabilidades de erro organizacional e humano e seus efeitos em Instalações Nucleares. É importante que você saiba que todo o Projeto de Pesquisa que envolva Seres Humanos, de qualquer área do conhecimento, deverá ser apreciado por um Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) institucional. Por essa razão, este projeto foi submetido para apreciação ética, via Plataforma Brasil (Platbr), ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/HUCFF e foi aprovado em 11/09/2017, de acordo com o Parecer Consubstanciado do CEP n.º 2.266.772, conforme publicado na Platbr.

ENDEREÇO DE CONTATO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/HUCFF/UFRJ – R. Prof. Rodolpho Paulo Rocco, n.º 255 – Cidade Universitária/Ilha do Fundão – 7º andar, Ala E-, telefone 3938-2480, de segunda a sexta-feira, das 8 às 16 horas, ou pelo e-mail: cep@hucff.ufrj.br

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Paulo Antonio Cheriff dos Santos. (21) 99973-9706 – (21) 2104-5818 - email: psantos@con.ufrj.br . Programa de Engenharia Nuclear - COPPE-UFRJ – Endereço: Centro de Tecnologia - Av. Horácio Macedo, 2030 - 101 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, Bloco G, Sala 206, Caixa Postal 68509, CEP21941-914, Telefones:(21)2590-1896,3938-8410,Fax:(21)3938-8444. Email: secexpen@nuclear.ufrj.br; Homepage: <http://www.nuclear.ufrj.br>

BASES DA PARTICIPAÇÃO - De acordo com a Resolução n.º 466 de 2012 do CNS, o respeito à dignidade humana exige que toda pesquisa se processe após consentimento

livre e esclarecido dos participantes, indivíduos ou grupos que por si e/ou seus representantes legais manifestem a sua anuência à participação na pesquisa. Por esse motivo, está sendo apresentado a você, juntamente com o presente convite, este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Ao aceitar este termo, você estará manifestando e formalizando a sua vontade de participar deste estudo. É importante que você saiba que a sua participação neste estudo é completamente voluntária e que você pode recusar-se a participar ou interromper sua participação na pesquisa a qualquer momento, bem como a responder a perguntas/indagações que ocasionem constrangimentos de qualquer natureza.

TERMO DE ESCLARECIMENTO

DESENHO DO ESTUDO E OBJETIVO(S) - Para que você possa decidir se quer participar ou não deste estudo, precisa conhecer seus benefícios, riscos e implicações. Este estudo tem como objetivo propor metodologia para a mensuração quantitativa de dados qualitativos que contribua para a modelagem de sistemas sociotécnicos. O estudo tem como ponto de partida o resultado de toda a pesquisa realizada sobre as metodologias para avaliação da influência de fatores humanos, e seu impacto nos processos de operação e gerenciamento da manutenção de sistemas tecnológicos complexos, que incorpora a noção do homem complexo e os mecanismos, mediante a adoção do conceito de clima organizacional, para a identificação de aspectos que possibilitem o entendimento das condutas humanas no trabalho, a análise dos relacionamentos entre pessoas e entre gente e tecnologia, além de dar a palavra aos agentes, de forma a obter uma nova perspectiva para a percepção de risco e a identificação das origens dos desajustes. Por intermédio de uma lista de verificação (*checklist*) e escala adequada para a mensuração da percepção dos agentes sobre o impacto dos fatores humanos no seu ambiente de trabalho, o estudo pretende subsidiar o processo de diagnóstico interno das organizações para o gerenciamento dos sistemas de segurança de instalações nucleares. Esse *checklist* foi elaborado com base nos fatores que integram as três dimensões do modelo para fatores humanos organizado pela International Oil and Gas Producers Association (OGP) (Instalações e Equipamentos, Pessoas e Sistemas de Gerenciamento) e os fatores inerentes às dimensões de modelos de avaliação do Clima Organizacional (Motivacional, Organizacional, Gerencial, Psicossocial e Ocupacional), segundo a interação das variáveis da Teoria Geral da Administração (TGA) (Tarefas, Estrutura, Pessoas, Tecnologia e Ambiente) e os cinco

níveis de categorização do fator humano (Físico, Psicológico, Em Equipe, Organizacional e Político) empregados pelo projeto voltado para a adequação dos usuários com as novas tecnologias. Nessa lista de verificação (*checklist*), distribuem-se, de acordo com a sua pertinência à interação das variáveis com os níveis de categorização, as dimensões dos dois modelos e seus respectivos descritores. Os descritores das dimensões são configurados por frases objetivas, no sentido direto, que exprimem situações desejáveis de procedimentos, comportamentos e instalações.

PROCEDIMENTOS DO ESTUDO - Se você concordar em participar deste estudo, será coletada a sua opinião, mediante a mensuração da sua percepção quanto à pertinência dos descritores estabelecidos, para: primeiramente, a educação²⁶ da lista de verificação (*checklist*), a fim de ajustá-la às peculiaridades das instalações nucleares de forma a assegurar que ela realmente meça aquilo a que se propõe (FREITAS, 2000); e, secundariamente, a identificação de fatores de desempenho (PSF) originários de aspectos críticos da planta de Fukushima, no que se refere aos fatores humanos e organizacionais, a partir do relatório emitido pela *International Atomic Energy Agency* (IAEA), sobre a avaliação de segurança realizada pós-acidente e pautada na descrição do porquê e da forma da sua ocorrência, a fim de subsidiar análise comparativa sobre PSF empregados na Análise da Confiabilidade Humana (ACH). Você registrará o seu julgamento em um questionário “*on line*” empregando escala de razão produzida por meio de procedimentos de estimação de magnitude e de emparelhamento intermodal desenvolvidos na psicofísica sensorial, que são usados atualmente nas ciências sociais, para escalonar fenômenos subjetivos. Para tanto, você receberá instruções disponibilizadas “*on line*” que o habilitará, de forma simples e breve, a usar os procedimentos necessários.

RISCOS/DESCONFORTOS - “Toda pesquisa com seres humanos envolve risco em tipos e gradações variados. Os danos, decorrentes da pesquisa, podem ser imediatos ou posteriores no plano individual ou coletivo” (Resolução do CNS n.º 466 de 2012, item V). Risco da pesquisa é definido como “possibilidade de danos à dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual do ser humano em qualquer pesquisa e dela decorrente” (Resolução do CNS n.º 466 de 2012, item III.2.r). Você, como participante, neste projeto de pesquisa, apenas manifestará a sua opinião e/ou

²⁶ Ato ou efeito de eduzir (deduzir; extrair).

juízo por intermédio de acesso à lista de verificação (*checklist*) disponível na Internet em *site* específico e seguro. Para evitar o erro sistemático, ou não-amostrável, e assegurar a validade interna da escala, a aplicação da lista de verificação, tanto no pré-teste quanto no estudo de campo, será precedida da tarefa de calibração dos respondentes, com o propósito de familiarização com a escala adotada. Com o mesmo objetivo de evitar o erro sistemático, em face do elevado número de descritores constantes da lista de verificação (*checklist*), e também pela necessidade do emprego do procedimento do emparelhamento intermodal, será solicitado a você que respeite o intervalo de tempo mínimo de 12 horas, para o registro das suas respostas em cada uma das cinco seções da lista, o que poderá provocar em você certo desconforto pela extensão da tarefa. Por esses aspectos, estima-se o risco desta pesquisa como possibilidade reduzida de danos à sua dimensão física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural, ou espiritual.

BENEFÍCIOS - Não há benefício direto para o participante. Trata-se de estudo experimental testando a hipótese de que um melhor mapeamento e avaliação dos Fatores Humanos nos sistemas sociotécnicos poderá aprimorar a identificação das fontes de influência nos “aspectos cognitivos” relativos ao desempenho do operador. Somente no final do estudo poderemos concluir se os resultados gerados poderão contribuir para a obtenção de um quadro que possibilite uma representação adequada e modelagem de sistemas sociotécnicos que se originaram da percepção de que o desempenho humano, no nível operacional, não pode ser considerado isolado da cultura local, fatores sociais e políticos de gerenciamento existentes na organização.

GARANTIA DE ACESSO - Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso ao profissional responsável que poderá ser encontrado através do(s) telefone(s): (21) 99973-9706; (21) 2104-5818. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho/HUCFF/UFRJ – R. Prof. Rodolpho Paulo Rocco, n.º 255 – Cidade Universitária/Ilha do Fundão - Sala 01D-46/1º andar - pelo telefone 3938-2480, de segunda a sexta-feira, das 8 às 16 horas, ou através do e-mail: cep@hucff.ufrj.br;

PRIVACIDADE E A CONFIDENCIALIDADE - É importante que você saiba que a privacidade deriva da autonomia e engloba a intimidade da vida privada, a honra das pessoas, significando que a pessoa tem direito de limitar a exposição de seu corpo, sua

imagem, dados de prontuário, julgamentos expressos em questionários, etc. A confidencialidade se refere à responsabilidade sobre as informações recebidas ou obtidas em exames e observações pelo pesquisador em relação a dados pessoais do sujeito da pesquisa. Por consequência, asseguramos a você a preservação da privacidade e da confidencialidade dos dados que serão obtidos e que seu nome, e dados pessoais não serão revelados em nenhum momento. Ressaltamos e asseguramos que os resultados do estudo serão apresentados de forma agregada, não possibilitando a identificação individual das instituições ou indivíduos participantes, e serão utilizados somente para os fins propostos no objetivo deste estudo.

CUSTOS - Não haverá qualquer custo para a participação na pesquisa, bem como não haverá qualquer forma de remuneração a você pela sua participação neste estudo.

CONSENTIMENTO

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito do propósito e das condicionantes do estudo acima detalhado que li. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade, de esclarecimentos permanentes, seus desconfortos e do risco estimado a **que a minha participação nesta pesquisa poderá me submeter**. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e **que não me será proporcionado qualquer tipo de benefício ou compensação monetária** e que tenho garantia de acesso ao profissional responsável, **doutorando Paulo Antonio Cheriff dos Santos, identidade nº. 02237471-4 IFP, do Programa de Engenharia Nuclear COPPE-UFRJ, DRE 113103884**, quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízos. Eu estou ciente de que a minha adesão a esta pesquisa ficará registrada em *site* específico e seguro e que ao aceitar os seus termos, deverei imprimir o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para a sua formalização mediante a minha assinatura e aposição de data e sua remessa para o pesquisador responsável por essa pesquisa que restituirá uma via por ele assinada e datada. Além disso, estou ciente de que eu e o pesquisador responsável deveremos rubricar todas as folhas desse TCLE e assinar na última folha.

Nome e Assinatura do voluntário/sujeito de pesquisa e do Pesquisador Responsável, local e data.

Nome do Sujeito da Pesquisa

Data: ____/____/____

Assinatura do Sujeito da Pesquisa

Nome do Pesquisador Responsável

Data: ____/____/____

Assinatura do Pesquisador Responsável

ANEXO D - EMPARELHAMENTO INTERMODAL – EN

| ESTIMATIVA NUMÉRICA (EN) | Valor Atribuído | | | | | PARÂMETROS | | | | |
|---|-----------------|-----|------|-----|-----|------------|-----------|----------|----------|-------------|
| | ESPECIALISTAS | | | | | | | | | |
| Módulo Padrão = 500 | | | | | | | | | | |
| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
| I - Tarefas | | | | | | | | | | |
| Dimensão: Operações Remotas | | | | | | | | | | |
| Outras atividades distraem os trabalhadores nos postos remotos. | 100 | 500 | 1000 | 550 | 500 | 637,5 | 58958,33 | 242,8134 | 608,9416 | 2,784575675 |
| Dimensão: Treinamento | | | | | | | | | | |
| As descrições das tarefas estão correlacionadas com as exigências de treinamento. | 100 | 700 | 1000 | 550 | 700 | 737,5 | 35625 | 188,7459 | 720,5095 | 2,857639692 |
| As gerências enviam as pessoas para treinamento como programado. | 100 | 700 | 1 | 500 | 700 | 475,25 | 108850,3 | 329,9246 | 125,1099 | 2,097291521 |
| Existe um meio pelo qual o pessoal deve demonstrar que tem entendido o treinamento. | 50 | 600 | 1 | 500 | 600 | 425,25 | 82216,92 | 286,7349 | 115,8292 | 2,063818126 |
| Existem normas para os instrutores. | 50 | 600 | 1 | 600 | 600 | 450,25 | 89700,25 | 299,5 | 121,2309 | 2,083613438 |
| Quando necessário, é utilizado local específico para o treinamento. | 100 | 500 | 1 | 500 | 600 | 400,25 | 73066,92 | 270,3089 | 110,6682 | 2,044022815 |
| Para manter o interesse, os treinamentos de reciclagem são variados. | 50 | 700 | 1 | 700 | 800 | 550,25 | 136300,3 | 369,1886 | 140,7089 | 2,148321517 |
| São mantidos registros dos treinamentos. | 50 | 700 | 500 | 500 | 500 | 550 | 10000 | 100 | 543,8787 | 2,735502013 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| O treinamento do operador e do trabalhador de manutenção inclui o treinamento para resposta adequada a emergências. | 100 | 700 | 1000 | 550 | 1000 | 812,5 | 50625 | 225 | 787,7079 | 2,896365182 |
| Dimensão: Carga de Trabalho e Níveis de Equipe | | | | | | | | | | |
| O nível de equipe é adequado para todos os modos de operação (normal, emergência, etc). | 100 | 500 | 1500 | 550 | 1000 | 887,5 | 217291,7 | 466,1455 | 801,4123 | 2,903855988 |
| Dimensão: Manutenção | | | | | | | | | | |
| As tarefas críticas de manutenção estão identificadas. | 100 | 600 | 1 | 500 | 850 | 487,75 | 126966,9 | 356,3242 | 126,3674 | 2,101635045 |
| Durante as atividades de manutenção são utilizados autocontroles (self-tests). | 50 | 600 | 1 | 600 | 800 | 500,25 | 119666,9 | 345,9291 | 130,2711 | 2,114848122 |
| São realizadas verificações pós-manutenção para detectar erros. | 50 | 700 | 1 | 500 | 800 | 500,25 | 126333,6 | 355,4344 | 129,3569 | 2,111789508 |
| As ferramentas adequadas estão disponíveis e são utilizadas quando necessário. | 50 | 400 | 1 | 500 | 1000 | 475,25 | 168850,3 | 410,9139 | 118,9207 | 2,075257499 |
| As ferramentas especiais são requeridas para realizar todas as tarefas de forma segura e efetiva. | 100 | 400 | 1 | 400 | 1000 | 450,25 | 169700,3 | 411,9469 | 112,4683 | 2,051029996 |
| Dimensão: Práticas de Trabalho Seguro e Sistema de Autorização de Trabalho (SAT) | | | | | | | | | | |
| O SAT especifica as qualificações dos trabalhadores. | 100 | 500 | 1 | 600 | 600 | 425,25 | 82216,92 | 286,7349 | 115,8292 | 2,063818126 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| O SAT exige sumários/permissões antes da realização do trabalho. | 50 | 500 | 1 | 500 | 700 | 425,25 | 88883,58 | 298,1335 | 115,0163 | 2,060759512 |
| Autorizações devem ser exibidas na área de trabalho. | 100 | 500 | 1 | 500 | 550 | 387,75 | 67033,58 | 258,9084 | 108,2868 | 2,034575675 |
| Autorizações devem ser fornecidas para outros grupos de trabalho que possam ser afetados. | 100 | 300 | 1 | 500 | 600 | 350,25 | 69766,92 | 264,1343 | 97,40037 | 1,988560627 |
| O SAT identifica as precauções e verifica a sua conclusão. | 80 | 500 | 1 | 500 | 650 | 412,75 | 80350,25 | 283,4612 | 112,905 | 2,052713341 |
| O SAT garante que o equipamento correto está sendo trabalhado. | 90 | 500 | 1 | 600 | 600 | 425,25 | 82216,92 | 286,7349 | 115,8292 | 2,063818126 |
| O SAT exige verificações cruzadas independentes. | 90 | 600 | 1 | 400 | 800 | 450,25 | 116366,9 | 341,126 | 117,7132 | 2,070825307 |
| O SAT identifica os riscos/perigos relevantes. | 80 | 600 | 1 | 500 | 700 | 450,25 | 96366,92 | 310,4302 | 120,3801 | 2,080554824 |
| O SAT requer a autorização da gerência e supervisão para tarefas específicas. | 100 | 600 | 1 | 500 | 600 | 425,25 | 82216,92 | 286,7349 | 115,8292 | 2,063818126 |
| O SAT sempre é utilizado. | 100 | 700 | 1 | 500 | 600 | 450,25 | 96366,92 | 310,4302 | 120,3801 | 2,080554824 |
| Dimensão: Avaliação e Controle | | | | | | | | | | |
| A forma de supervisão e controle dos serviços é feita adequadamente. | 90 | 600 | 1000 | 500 | 800 | 725 | 49166,67 | 221,7356 | 699,9271 | 2,84505281 |
| Dimensão: Comunicações | | | | | | | | | | |
| Existe um dicionário de termos padrão da planta. | 100 | 500 | 1 | 400 | 700 | 400,25 | 86400,25 | 293,9392 | 108,7757 | 2,036532009 |
| Os equipamentos de comunicação são adequados e facilmente acessíveis. | 100 | 500 | 1500 | 700 | 800 | 875 | 189166,7 | 434,9329 | 805,0305 | 2,905812323 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|-----|-----|------|-----|------|-------|-----------|----------|----------|-------------|
| II - Estrutura | | | | | | | | | | |
| Dimensão: Processo de Projeto de Equipamento | | | | | | | | | | |
| Os equipamentos são facilmente reconhecidos e encontrados. | 100 | 500 | 1500 | 500 | 600 | 775 | 235833,3 | 485,6267 | 688,7247 | 2,83804563 |
| Os equipamentos são facilmente acessíveis. | 100 | 500 | 1000 | 700 | 800 | 750 | 43333,33 | 208,1666 | 727,4272 | 2,861789508 |
| Os equipamentos estão disponíveis. | 90 | 500 | 1000 | 550 | 800 | 712,5 | 53958,33 | 232,2893 | 684,8661 | 2,83560567 |
| Dimensão: Instalações e Concepção de Postos de Trabalho | | | | | | | | | | |
| Os equipamentos que requerem regulação manual ou atuação (por exemplo, desligamento de emergência) são facilmente identificáveis e acessíveis. | 100 | 550 | 1500 | 500 | 1000 | 887,5 | 217291,7 | 466,1455 | 801,4123 | 2,903855988 |
| Dimensão: Concepção e uso da documentação | | | | | | | | | | |
| A documentação encontra-se em meio adequado para o usuário. | 100 | 500 | 1500 | 550 | 1000 | 887,5 | 217291,7 | 466,1455 | 801,4123 | 2,903855988 |
| A documentação é fácil de pesquisar, navegar e usar. | 100 | 550 | 1500 | 600 | 1200 | 962,5 | 215625 | 464,3544 | 877,9032 | 2,943446611 |
| A documentação está disponível quando e onde necessário. | 100 | 500 | 1500 | 700 | 800 | 875 | 189166,7 | 434,9329 | 805,0305 | 2,905812323 |
| A documentação é corrente e precisa. | 90 | 550 | 1500 | 500 | 1200 | 937,5 | 242291,7 | 492,2313 | 838,7862 | 2,9236513 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Dimensão: Carga de Trabalho e Níveis de Equipe | | | | | | | | | | |
| Equipe adicional (por exemplo, de outras áreas ou externa) pode ser rapidamente chamada para ajudar durante emergências. | 100 | 600 | 2000 | 500 | 1200 | 1075 | 475833,3 | 689,8067 | 921,1559 | 2,964333124 |
| Dimensão: Adequação da Estrutura | | | | | | | | | | |
| A estrutura formal (número de elementos organizacionais e de empregados) é adequada para as necessidades da organização. | 80 | 600 | 1500 | 500 | 1200 | 950 | 230000 | 479,5832 | 857,2321 | 2,93309844 |
| A quantidade de pessoal nos setores de operação e manutenção é suficiente. | 80 | 500 | 1500 | 500 | 1200 | 925 | 255833,3 | 505,7997 | 819,0363 | 2,913303128 |
| Há receptividade e flexibilidade para promover mudanças na estrutura informal do trabalho para atender as necessidades. | 90 | 500 | 1500 | 800 | 1500 | 1075 | 255833,3 | 505,7997 | 974,0037 | 2,988560627 |
| Dimensão: Clareza Organizacional | | | | | | | | | | |
| O trabalho está bem organizado e as atribuições estão definidas claramente. | 100 | 600 | 2500 | 500 | 850 | 1112,5 | 877291,7 | 936,6385 | 893,5524 | 2,951120047 |
| Os objetivos dos setores de operação e manutenção, e do trabalho, são claros. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 850 | 712,5 | 63958,33 | 252,8998 | 678,953 | 2,831839734 |
| III - Pessoas | | | | | | | | | | |
| Dimensão: Questões acerca dos Turnos | | | | | | | | | | |
| Há limites sobre o número total de horas trabalhadas consecutivamente, diária e semanalmente. | 100 | 500 | 2500 | 500 | 600 | 1025 | 969166,7 | 984,4626 | 782,5423 | 2,893507817 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| O número de horas de trabalho do pessoal durante a partida, virada, ou períodos de alta produção é limitado, de forma que a segurança e o desempenho do trabalhador não sejam prejudicados. | 100 | 500 | 2500 | 500 | 600 | 1025 | 969166,7 | 984,4626 | 782,5423 | 2,893507817 |
| O ambiente de trabalho é concebido para minimizar o impacto da rotação de turno. | 100 | 500 | 2500 | 500 | 600 | 1025 | 969166,7 | 984,4626 | 782,5423 | 2,893507817 |
| Dimensão: Gestão da Mudança (GDM) | | | | | | | | | | |
| Os trabalhadores seguem o sistema GDM, mesmo para mudanças temporárias ou não documentadas. | 100 | 600 | 1000 | 600 | 600 | 700 | 40000 | 200 | 681,7316 | 2,833613438 |
| Os trabalhadores são treinados no processo de GDM. | 100 | 500 | 1 | 600 | 650 | 437,75 | 88666,92 | 297,7699 | 118,1704 | 2,072508653 |
| Dimensão: Equidade | | | | | | | | | | |
| As pessoas sentem liberdade e incentivo para assumir desafios na empresa. | 90 | 550 | 1000 | 600 | 1000 | 787,5 | 60625 | 246,2214 | 757,9289 | 2,879628485 |
| Dimensão: Padrões de Desempenho | | | | | | | | | | |
| O acompanhamento do desempenho e dos resultados individuais no trabalho é feito de forma adequada. | 90 | 600 | 1 | 500 | 900 | 500,25 | 139666,9 | 373,7204 | 128,1861 | 2,107840941 |
| Dimensão: Clareza da Chefia | | | | | | | | | | |
| O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | 100 | 600 | 1 | 500 | 550 | 412,75 | 77016,92 | 277,5192 | 113,3368 | 2,054370986 |
| Existe clareza na comunicação gerencial. | 90 | 600 | 2500 | 500 | 800 | 1100 | 886666,7 | 941,6298 | 880,1117 | 2,944537813 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|-----|-----|------|-----|------|--------|-----------|----------|----------|-------------|
| IV - Tecnologia | | | | | | | | | | |
| Dimensão: Interface Homem/Computador | | | | | | | | | | |
| O número de telas de exibição é suficiente. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 600 | 650 | 56666,67 | 238,0476 | 622,333 | 2,794022815 |
| Existem meios adequados para o aviso de alarme. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 800 | 700 | 60000 | 244,949 | 668,7403 | 2,825257499 |
| Há recursos para lidar com enxurradas de alarmes. | 90 | 500 | 1 | 700 | 800 | 500,25 | 126333,6 | 355,4344 | 129,3569 | 2,111789508 |
| IV - Ambiente | | | | | | | | | | |
| Dimensão: Refúgios | | | | | | | | | | |
| Os refúgios estão claramente indicados. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 1000 | 750 | 83333,33 | 288,6751 | 707,1068 | 2,849485002 |
| Existe espaço suficiente para fazer frente a atividades de emergência em curso assim como para acomodar todos aqueles que devam ser abrigados. | 90 | 550 | 2500 | 500 | 1000 | 1137,5 | 875625 | 935,7484 | 910,5801 | 2,959318176 |
| Existe uma área designada e suprimentos para aqueles que necessitam de atenção médica. | 100 | 500 | 2500 | 500 | 1000 | 1125 | 895833,3 | 946,4847 | 889,1397 | 2,948970004 |
| Existe suficiente EPI para o caso da evacuação ser necessária. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 1000 | 750 | 83333,33 | 288,6751 | 707,1068 | 2,849485002 |
| As rotas de evacuação estão estabelecidas/sinalizadas. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 1000 | 750 | 83333,33 | 288,6751 | 707,1068 | 2,849485002 |
| Os abrigos alternativos estão indicados. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 1000 | 750 | 83333,33 | 288,6751 | 707,1068 | 2,849485002 |
| Os utilitários dos abrigos (energia; aquecimento, ventilação, e ar condicionado (HVAC); higienização) são suficientes para o número esperado de pessoas e a duração dos eventos. | 100 | 500 | 2500 | 700 | 1200 | 1225 | 809166,7 | 899,5369 | 1012,272 | 3,005297325 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Existem meios adequados de comunicação. | 100 | 500 | 3000 | 700 | 1200 | 1350 | 1296667 | 1138,713 | 1059,48 | 3,025092636 |
| Dimensão: Rotulagem (marcação) / Etiquetagem | | | | | | | | | | |
| As vistas das etiquetas estão desobstruídas pelos elementos adjacentes. | 100 | 550 | 1 | 600 | 800 | 487,75 | 116966,9 | 342,0043 | 127,4679 | 2,105400982 |
| Os rótulos estão nitidamente instalados em superfícies regulares. | 100 | 550 | 1 | 500 | 800 | 462,75 | 111983,6 | 334,6395 | 121,7883 | 2,08560567 |
| Os rótulos estão nos chassis dos principais equipamentos. | 100 | 500 | 1 | 400 | 800 | 425,25 | 108883,6 | 329,9751 | 112,4683 | 2,051029996 |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o seu desgaste. | 100 | 550 | 1 | 550 | 800 | 475,25 | 113850,3 | 337,417 | 124,7251 | 2,095953841 |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o acúmulo de gordura e sujeira. | 100 | 550 | 1 | 400 | 800 | 437,75 | 112000,3 | 334,6644 | 115,1803 | 2,061378167 |
| Os rótulos estão seguros para que sejam evitadas a remoção acidental ou a perda. | 100 | 500 | 1 | 550 | 800 | 462,75 | 111983,6 | 334,6395 | 121,7883 | 2,08560567 |
| Os rótulos são facilmente legíveis nos locais normais de trabalho. | 100 | 550 | 1 | 500 | 900 | 487,75 | 136966,9 | 370,0904 | 125,4278 | 2,098393801 |
| Os sinais que alertam os trabalhadores sobre materiais ou condições perigosas são adequadamente visíveis e claramente entendidos. | 100 | 500 | 1 | 500 | 600 | 400,25 | 73066,92 | 270,3089 | 110,6682 | 2,044022815 |
| Os sinais colocados nas áreas de limpeza e manutenção são suficientes para advertir os trabalhadores de perigos especiais ou exclusivos. | 100 | 550 | 1 | 500 | 600 | 412,75 | 77016,92 | 277,5192 | 113,3368 | 2,054370986 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Todos os equipamentos importantes (vasos, tubos, válvulas, instrumentos, controles, etc.) estão marcados de forma clara e inequívoca. | 100 | 550 | 1 | 500 | 800 | 462,75 | 111983,6 | 334,6395 | 121,7883 | 2,08560567 |
| O programa de rotulagem inclui componentes (por exemplo, as válvulas pequenas) que são mencionadas nos procedimentos, mesmo se elas não possuem um número de equipamento atribuído. | 100 | 500 | 1 | 500 | 800 | 450,25 | 109700,3 | 331,2103 | 118,9207 | 2,075257499 |
| Os instrumentos e os controles da planta estão claramente marcados. | 100 | 550 | 1000 | 500 | 800 | 712,5 | 53958,33 | 232,2893 | 684,8661 | 2,83560567 |
| Os rótulos são precisos. | 100 | 550 | 1 | 500 | 800 | 462,75 | 111983,6 | 334,6395 | 121,7883 | 2,08560567 |
| Os rótulos estão adaptados ao estereótipo populacional. | 100 | 400 | 1 | 500 | 600 | 375,25 | 68916,92 | 262,5203 | 104,6635 | 2,019795312 |
| Os rótulos fornecem informações suficientes para identificar inequivocamente o equipamento. | 100 | 500 | 1 | 500 | 800 | 450,25 | 109700,3 | 331,2103 | 118,9207 | 2,075257499 |
| As etiquetas/rótulos correspondem aos procedimentos e aos desenhos. | 100 | 500 | 1000 | 500 | 900 | 725 | 69166,67 | 262,9956 | 688,7247 | 2,83804563 |
| A responsabilidade de manutenção e de atualização dos rótulos é claramente atribuída a uma pessoa. | 100 | 600 | 1000 | 550 | 900 | 762,5 | 48958,33 | 221,2653 | 738,2256 | 2,868189112 |
| Dimensão: Cultura de Segurança | | | | | | | | | | |
| Existem controles administrativos para atuar quando instrumentos, displays ou controles são deliberadamente desabilitados ou contornados (bypass) e verificar de que modo eles retornam ao serviço. | 75 | 500 | 1000 | 500 | 700 | 675 | 55833,33 | 236,2908 | 646,7844 | 2,810759512 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Os operadores fazem uso de forma competente de procedimentos durante distúrbios / condições de emergência. | 100 | 600 | 1000 | 550 | 1000 | 787,5 | 60625 | 246,2214 | 757,9289 | 2,879628485 |
| Dimensão: <i>Segurança baseada no comportamento</i> | | | | | | | | | | |
| A gerência fornece os recursos para corrigir rapidamente as causas dos comportamentos inseguros. | 80 | 600 | 1500 | 550 | 800 | 862,5 | 192291,7 | 438,5107 | 793,2751 | 2,899423796 |
| Dimensão: <i>Comunicação</i> | | | | | | | | | | |
| O sistema de comunicação interno (mural, boletins, etc) da empresa é adequado e ágil. | 100 | 550 | 1 | 550 | 800 | 475,25 | 113850,3 | 337,417 | 124,7251 | 2,095953841 |
| A comunicação interna formal e informal nos setores de operação e manutenção contribui para o desempenho do trabalho. | 100 | 550 | 1 | 550 | 700 | 450,25 | 94700,25 | 307,7341 | 120,6301 | 2,081455855 |
| Dimensão: <i>Conformismo</i> | | | | | | | | | | |
| O seu desempenho é prejudicado pela existência de muitas regras, regulamentos e procedimentos que dificultam as suas atividades. | 100 | 500 | 1 | 400 | 800 | 425,25 | 108883,6 | 329,9751 | 112,4683 | 2,051029996 |
| Dimensão: <i>Formalismo</i> | | | | | | | | | | |
| A gerência decide com autonomia sempre que as circunstâncias requerem agilidade. | 90 | 600 | 2500 | 700 | 1000 | 1200 | 780000 | 883,1761 | 1012,272 | 3,005297325 |

ANEXO E – EMPARELHAMENTO INTERMODAL - PL

| PRODUÇÃO DE LINHA (PL) _____ (Nº caracteres = 24) | Valor Atribuído | | | | | PARÂMETROS | | | | |
|---|-----------------|----|----|----|-----|------------|-----------|----------|----------|-------------|
| | ESPECIALISTAS | | | | | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | | | | | |
| I - Tarefas | | | | | | | | | | |
| Dimensão: Operações Remotas | | | | | | | | | | |
| Outras atividades distraem os trabalhadores nos postos remotos. | 10 | 19 | 38 | 22 | 40 | 29,75 | 116,25 | 10,78193 | 28,23287 | 1,450754967 |
| Dimensão: Treinamento | | | | | | | | | | |
| As descrições das tarefas estão correlacionadas com as exigências de treinamento. | 10 | 19 | 38 | 19 | 65 | 35,25 | 473,5833 | 21,76197 | 30,72918 | 1,487551039 |
| As gerências enviam as pessoas para treinamento como programado. | 9 | 38 | 1 | 18 | 65 | 30,5 | 757,6667 | 27,52575 | 14,52086 | 1,161992365 |
| Existe um meio pelo qual o pessoal deve demonstrar que tem entendido o treinamento. | 8 | 19 | 1 | 18 | 53 | 22,75 | 474,9167 | 21,79258 | 11,60314 | 1,064575494 |
| Existem normas para os instrutores. | 10 | 19 | 1 | 21 | 20 | 15,25 | 90,91667 | 9,535023 | 9,4515 | 0,975500723 |
| Quando necessário, é utilizado local específico para o treinamento. | 10 | 19 | 1 | 18 | 25 | 15,75 | 106,25 | 10,30776 | 9,615935 | 0,982991529 |
| Para manter o interesse, os treinamentos de reciclagem são variados. | 8 | 38 | 1 | 24 | 43 | 26,5 | 353,6667 | 18,80603 | 14,07232 | 1,148365823 |
| São mantidos registros dos treinamentos. | 8 | 19 | 10 | 18 | 20 | 16,75 | 20,91667 | 4,573474 | 16,17201 | 1,208764025 |
| O treinamento do operador e do trabalhador de manutenção inclui o treinamento para resposta adequada a emergências. | 9 | 38 | 57 | 20 | 260 | 93,75 | 12512,25 | 111,8582 | 57,93159 | 1,762915449 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Dimensão: Carga de Trabalho e Níveis de Equipe | | | | | | | | | | |
| O nível de equipe é adequado para todos os modos de operação (normal, emergência, etc). | 9 | 57 | 95 | 20 | 260 | 108 | 11206 | 105,8584 | 72,84512 | 1,862400451 |
| Dimensão: Manutenção | | | | | | | | | | |
| As tarefas críticas de manutenção estão identificadas. | 10 | 19 | 1 | 18 | 130 | 42 | 3510 | 59,24525 | 14,52086 | 1,161992365 |
| Durante as atividades de manutenção são utilizados autocontroles (self-tests). | 9 | 57 | 1 | 24 | 56 | 34,5 | 733,6667 | 27,08628 | 16,63675 | 1,221068531 |
| São realizadas verificações pós-manutenção para detectar erros. | 10 | 57 | 1 | 18 | 52 | 32 | 727,3333 | 26,96912 | 15,19804 | 1,181787676 |
| As ferramentas adequadas estão disponíveis e são utilizadas quando necessário. | 10 | 38 | 1 | 18 | 130 | 46,75 | 3308,917 | 57,52318 | 17,26831 | 1,237249864 |
| As ferramentas especiais são requeridas para realizar todas as tarefas de forma segura e efetiva. | 10 | 19 | 1 | 13 | 130 | 40,75 | 3596,25 | 59,96874 | 13,38629 | 1,126660076 |
| Dimensão: Práticas de Trabalho Seguro e Sistema de Autorização de Trabalho (SAT) | | | | | | | | | | |
| O SAT especifica as qualificações dos trabalhadores. | 10 | 19 | 1 | 21 | 37 | 19,5 | 217 | 14,73092 | 11,02284 | 1,042293655 |
| O SAT exige sumários/permissoes antes da realização do trabalho. | 9 | 19 | 1 | 18 | 20 | 14,5 | 81,66667 | 9,036961 | 9,09419 | 0,958764025 |
| Autorizações devem ser exibidas na área de trabalho. | 10 | 19 | 1 | 17 | 25 | 15,5 | 105 | 10,24695 | 9,479504 | 0,976785633 |
| Autorizações devem ser fornecidas para outros grupos de trabalho que possam ser afetados. | 10 | 19 | 1 | 18 | 30 | 17 | 143,3333 | 11,97219 | 10,06438 | 1,00278684 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| O SAT identifica as precauções e verifica a sua conclusão. | 10 | 19 | 1 | 18 | 25 | 15,75 | 106,25 | 10,30776 | 9,615935 | 0,982991529 |
| O SAT garante que o equipamento correto está sendo trabalhado. | 9 | 38 | 1 | 20 | 30 | 22,25 | 254,9167 | 15,96611 | 12,28807 | 1,089483712 |
| O SAT exige verificações cruzadas independentes. | 9 | 38 | 1 | 16 | 25 | 20 | 242 | 15,55635 | 11,10353 | 1,045460897 |
| O SAT identifica os riscos/perigos relevantes. | 9 | 38 | 1 | 18 | 130 | 46,75 | 3308,917 | 57,52318 | 17,26831 | 1,237249864 |
| O SAT requer a autorização da gerência e supervisão para tarefas específicas. | 10 | 19 | 1 | 18 | 25 | 15,75 | 106,25 | 10,30776 | 9,615935 | 0,982991529 |
| O SAT sempre é utilizado. | 10 | 19 | 1 | 18 | 18 | 14 | 75,33333 | 8,679478 | 8,857775 | 0,947324653 |
| Dimensão: Avaliação e Controle | | | | | | | | | | |
| A forma de supervisão e controle dos serviços é feita adequadamente. | 10 | 38 | 38 | 20 | 65 | 40,25 | 344,25 | 18,55398 | 37,01499 | 1,568377636 |
| Dimensão: Comunicações | | | | | | | | | | |
| Existe um dicionário de termos padrão da planta. | 10 | 19 | 1 | 16 | 20 | 14 | 78 | 8,831761 | 8,830309 | 0,945975895 |
| Os equipamentos de comunicação são adequados e facilmente acessíveis. | 10 | 19 | 95 | 24 | 195 | 83,25 | 6754,917 | 82,1883 | 53,91142 | 1,731680765 |
| II - Estrutura | | | | | | | | | | |
| Dimensão: Processo de Projeto de Equipamento | | | | | | | | | | |
| Os equipamentos são facilmente reconhecidos e encontrados. | 10 | 19 | 38 | 18 | 260 | 83,75 | 13890,92 | 117,8597 | 42,87417 | 1,632195763 |
| Os equipamentos são facilmente acessíveis. | 9 | 19 | 38 | 22 | 195 | 68,5 | 7181,667 | 84,74471 | 41,95161 | 1,622748622 |
| Os equipamentos estão disponíveis. | 10 | 19 | 57 | 18 | 195 | 72,25 | 7026,25 | 83,82273 | 44,15541 | 1,644983893 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|----|----|----|----|-----|-------|-----------|----------|----------|-------------|
| Dimensão: Instalações e Concepção de Postos de Trabalho | | | | | | | | | | |
| Os equipamentos que requerem regulação manual ou atuação (por exemplo, desligamento de emergência) são facilmente identificáveis e acessíveis. | 10 | 19 | 38 | 22 | 260 | 84,75 | 13719,58 | 117,1306 | 45,07994 | 1,653983307 |
| Dimensão: Concepção e uso da documentação | | | | | | | | | | |
| A documentação encontra-se em meio adequado para o usuário. | 10 | 19 | 38 | 20 | 130 | 51,75 | 2797,583 | 52,89219 | 37,01499 | 1,568377636 |
| A documentação é fácil de pesquisar, navegar e usar. | 10 | 19 | 38 | 20 | 130 | 51,75 | 2797,583 | 52,89219 | 37,01499 | 1,568377636 |
| A documentação está disponível quando e onde necessário. | 10 | 19 | 38 | 20 | 130 | 51,75 | 2797,583 | 52,89219 | 37,01499 | 1,568377636 |
| A documentação é corrente e precisa. | 9 | 38 | 57 | 18 | 325 | 109,5 | 20893,67 | 144,5464 | 59,66279 | 1,77570358 |
| Dimensão: Carga de Trabalho e Níveis de Equipe | | | | | | | | | | |
| Equipe adicional (por exemplo, de outras áreas ou externa) pode ser rapidamente chamada para ajudar durante emergências. | 10 | 19 | 95 | 18 | 195 | 81,75 | 7000,917 | 83,67148 | 50,17023 | 1,700446081 |
| Dimensão: Adequação da Estrutura | | | | | | | | | | |
| A estrutura formal (número de elementos organizacionais e de empregados) é adequada para as necessidades da organização. | 8 | 19 | 95 | 18 | 130 | 65,5 | 3149,667 | 56,12189 | 45,33392 | 1,656423266 |
| A quantidade de pessoal nos setores de operação e manutenção é suficiente. | 8 | 19 | 57 | 18 | 65 | 39,75 | 612,9167 | 24,75715 | 33,55085 | 1,52570358 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Há receptividade e flexibilidade para promover mudanças na estrutura informal do trabalho para atender as necessidades. | 10 | 38 | 38 | 26 | 260 | 90,5 | 12801 | 113,1415 | 55,89571 | 1,747378472 |
| Dimensão: <i>Clareza Organizacional</i> | | | | | | | | | | |
| O trabalho está bem organizado e as atribuições estão definidas claramente. | 10 | 19 | 38 | 19 | 130 | 51,5 | 2819 | 53,09426 | 36,54337 | 1,562808538 |
| Os objetivos dos setores de operação e manutenção, e do trabalho, são claros. | 10 | 19 | 38 | 18 | 65 | 35 | 484,6667 | 22,01515 | 30,31662 | 1,481680765 |
| III - Pessoas | | | | | | | | | | |
| Dimensão: <i>Questões acerca dos Turnos</i> | | | | | | | | | | |
| Há limites sobre o número total de horas trabalhadas consecutivamente, diária e semanalmente. | 10 | 19 | 95 | 18 | 20 | 38 | 1444,667 | 38,00877 | 28,39193 | 1,453194927 |
| O número de horas de trabalho do pessoal durante a partida, virada, ou períodos de alta produção é limitado, de forma que a segurança e o desempenho do trabalhador não sejam prejudicados. | 10 | 19 | 95 | 18 | 20 | 38 | 1444,667 | 38,00877 | 28,39193 | 1,453194927 |
| O ambiente de trabalho é concebido para minimizar o impacto da rotação de turno. | 10 | 19 | 95 | 19 | 26 | 39,75 | 1367,583 | 36,98085 | 30,72918 | 1,487551039 |
| Dimensão: <i>Gestão da Mudança (GDM)</i> | | | | | | | | | | |
| Os trabalhadores seguem o sistema GDM, mesmo para mudanças temporárias ou não documentadas. | 10 | 38 | 38 | 22 | 30 | 32 | 58,66667 | 7,659417 | 31,2448 | 1,494777782 |
| Os trabalhadores são treinados no processo de GDM. | 10 | 19 | 1 | 24 | 30 | 18,5 | 156,3333 | 12,50333 | 10,81488 | 1,034021524 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Dimensão: <i>Equidade</i> | | | | | | | | | | |
| As pessoas sentem liberdade e incentivo para assumir desafios na empresa. | 8 | 38 | 38 | 24 | 260 | 90 | 12888 | 113,5253 | 54,78832 | 1,738687946 |
| Dimensão: <i>Padrões de Desempenho</i> | | | | | | | | | | |
| O acompanhamento do desempenho e dos resultados individuais no trabalho é feito de forma adequada. | 9 | 38 | 1 | 18 | 65 | 30,5 | 757,6667 | 27,52575 | 14,52086 | 1,161992365 |
| Dimensão: <i>Clareza da Chefia</i> | | | | | | | | | | |
| O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | 9 | 19 | 1 | 18 | 45 | 20,75 | 329,5833 | 18,15443 | 11,13806 | 1,046809655 |
| Existe clareza na comunicação gerencial. | 10 | 38 | 57 | 18 | 46 | 39,75 | 270,9167 | 16,45955 | 36,59504 | 1,563422197 |
| IV - Tecnologia | | | | | | | | | | |
| Dimensão: <i>Interface Homem/Computador</i> | | | | | | | | | | |
| O número de telas de exibição é suficiente. | 10 | 19 | 38 | 18 | 20 | 23,75 | 90,91667 | 9,535023 | 22,57927 | 1,353709925 |
| Existem meios adequados para o aviso de alarme. | 9 | 19 | 38 | 18 | 20 | 23,75 | 90,91667 | 9,535023 | 22,57927 | 1,353709925 |
| Há recursos para lidar com enxurradas de alarmes. | 8 | 38 | 1 | 23 | 25 | 21,75 | 235,5833 | 15,34872 | 12,15802 | 1,08486286 |
| IV - Ambiente | | | | | | | | | | |
| Dimensão: <i>Refúgios</i> | | | | | | | | | | |
| Os refúgios estão claramente indicados. | 10 | 19 | 57 | 18 | 130 | 56 | 2763,333 | 52,56742 | 39,89891 | 1,600961079 |
| Existe espaço suficiente para fazer frente a atividades de emergência em curso assim como para acomodar todos aqueles que devam ser abrigados. | 10 | 38 | 57 | 19 | 195 | 77,25 | 6402,917 | 80,01823 | 53,22451 | 1,726111666 |
| Existe uma área designada e suprimentos para aqueles que necessitam de atenção médica. | 10 | 19 | 95 | 21 | 130 | 66,25 | 3056,917 | 55,28939 | 47,11508 | 1,673159963 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Existe suficiente EPI para o caso da evacuação ser necessária. | 10 | 19 | 38 | 18 | 260 | 83,75 | 13890,92 | 117,8597 | 42,87417 | 1,632195763 |
| As rotas de evacuação estão estabelecidas/sinalizadas. | 10 | 19 | 38 | 18 | 130 | 51,25 | 2840,917 | 53,30025 | 36,05274 | 1,556938264 |
| Os abrigos alternativos estão indicados. | 12 | 19 | 38 | 20 | 130 | 51,75 | 2797,583 | 52,89219 | 37,01499 | 1,568377636 |
| Os utilitários dos abrigos (energia; aquecimento, ventilação, e ar condicionado (<i>HVAC</i>); higienização) são suficientes para o número esperado de pessoas e a duração dos eventos. | 10 | 38 | 57 | 23 | 325 | 110,75 | 20594,92 | 143,5093 | 63,43332 | 1,802317412 |
| Existem meios adequados de comunicação. | 10 | 19 | 95 | 22 | 195 | 82,75 | 6834,917 | 82,67355 | 52,75136 | 1,722233625 |
| Dimensão: Rotulagem (marcação) / Etiquetagem | | | | | | | | | | |
| As vistas das etiquetas estão desobstruídas pelos elementos adjacentes. | 10 | 19 | 1 | 18 | 26 | 16 | 112,6667 | 10,61446 | 9,710685 | 0,987249864 |
| Os rótulos estão nitidamente instalados em superfícies regulares. | 10 | 19 | 1 | 18 | 25 | 15,75 | 106,25 | 10,30776 | 9,615935 | 0,982991529 |
| Os rótulos estão nos chassis dos principais equipamentos. | 10 | 19 | 1 | 13 | 19 | 13 | 72 | 8,485281 | 8,276803 | 0,917862639 |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o seu desgaste. | 10 | 19 | 1 | 17 | 20 | 14,25 | 79,58333 | 8,920949 | 8,965162 | 0,952558129 |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o acúmulo de gordura e sujeira. | 9 | 38 | 1 | 12 | 20 | 17,75 | 242,9167 | 15,58578 | 9,772343 | 0,98999871 |
| Os rótulos estão seguros para que sejam evitadas a remoção acidental ou a perda. | 10 | 19 | 1 | 19 | 20 | 14,75 | 84,25 | 9,17878 | 9,217949 | 0,964634299 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Os rótulos são facilmente legíveis nos locais normais de trabalho. | 10 | 19 | 1 | 19 | 25 | 16 | 108 | 10,3923 | 9,746794 | 0,988861803 |
| Os sinais que alertam os trabalhadores sobre materiais ou condições perigosas são adequadamente visíveis e claramente entendidos. | 10 | 38 | 38 | 18 | 30 | 31 | 89,33333 | 9,451631 | 29,71599 | 1,472990238 |
| Os sinais colocados nas áreas de limpeza e manutenção são suficientes para advertir os trabalhadores de perigos especiais ou exclusivos. | 10 | 38 | 1 | 20 | 20 | 19,75 | 228,25 | 15,10794 | 11,10353 | 1,045460897 |
| Todos os equipamentos importantes (vasos, tubos, válvulas, instrumentos, controles, etc.) estão marcados de forma clara e inequívoca. | 10 | 38 | 1 | 18 | 260 | 79,25 | 14748,92 | 121,4451 | 20,5356 | 1,312507362 |
| O programa de rotulagem inclui componentes (por exemplo, as válvulas pequenas) que são mencionadas nos procedimentos, mesmo se elas não possuem um número de equipamento atribuído. | 10 | 19 | 38 | 18 | 195 | 67,5 | 7309,667 | 85,49659 | 39,89891 | 1,600961079 |
| Os instrumentos e os controles da planta estão claramente marcados. | 10 | 19 | 38 | 18 | 20 | 23,75 | 90,91667 | 9,535023 | 22,57927 | 1,353709925 |
| Os rótulos são precisos. | 10 | 38 | 38 | 19 | 25 | 30 | 91,33333 | 9,556847 | 28,7783 | 1,459065201 |
| Os rótulos estão adaptados ao estereótipo populacional. | 9 | 38 | 1 | 19 | 20 | 19,5 | 228,3333 | 15,1107 | 10,96205 | 1,039891798 |
| Os rótulos fornecem informações suficientes para identificar inequivocamente o equipamento. | 10 | 38 | 1 | 18 | 195 | 63 | 7972,667 | 89,28979 | 19,11053 | 1,281272678 |
| As etiquetas/rótulos correspondem aos procedimentos e aos desenhos. | 10 | 38 | 38 | 19 | 195 | 72,5 | 6749,667 | 82,15635 | 48,09377 | 1,682088851 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| A responsabilidade de manutenção e de atualização dos rótulos é claramente atribuída a uma pessoa. | 10 | 19 | 38 | 21 | 30 | 27 | 76,66667 | 8,75595 | 25,96985 | 1,414469437 |
| Dimensão: <i>Cultura de Segurança</i> | | | | | | | | | | |
| Existem controles administrativos para atuar quando instrumentos, displays ou controles são deliberadamente desabilitados ou contornados (bypass) e verificar de que modo eles retornam ao serviço. | 10 | 19 | 1 | 18 | 25 | 15,75 | 106,25 | 10,30776 | 9,615935 | 0,982991529 |
| Os operadores fazem uso de forma competente de procedimentos durante distúrbios / condições de emergência. | 10 | 38 | 95 | 19 | 195 | 86,75 | 6250,917 | 79,06274 | 60,47472 | 1,781573854 |
| Dimensão: <i>Segurança baseada no comportamento</i> | | | | | | | | | | |
| A gerência fornece os recursos para corrigir rapidamente as causas dos comportamentos inseguros. | 10 | 38 | 38 | 20 | 30 | 31,5 | 73 | 8,544004 | 30,50912 | 1,484429611 |
| Dimensão: <i>Comunicação</i> | | | | | | | | | | |
| O sistema de comunicação interno (mural, boletins, etc) da empresa é adequado e ágil. | 10 | 38 | 1 | 20 | 25 | 21 | 235,3333 | 15,34058 | 11,74055 | 1,0696884 |
| A comunicação interna formal e informal nos setores de operação e manutenção contribui para o desempenho do trabalho. | 10 | 38 | 38 | 21 | 30 | 31,75 | 65,58333 | 8,098354 | 30,88353 | 1,489726936 |

| Nível Organizacional | E1 | E2 | E6 | E8 | E9 | Média | Variância | Desvio | Média G | Log Média G |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------------|---------------|----------------|--------------------|
| Dimensão: <i>Conformismo</i> | | | | | | | | | | |
| O seu desempenho é prejudicado pela existência de muitas regras, regulamentos e procedimentos que dificultam as suas atividades. | 10 | 19 | 1 | 10 | 195 | 56,25 | 8610,25 | 92,79143 | 13,87385 | 1,142197053 |
| Dimensão: <i>Formalismo</i> | | | | | | | | | | |
| A gerência decide com autonomia sempre que as circunstâncias requerem agilidade. | 9 | 38 | 95 | 24 | 260 | 104,25 | 11724,25 | 108,2786 | 68,89266 | 1,838172948 |

ANEXO F – CÁLCULO DO EXPOENTE (N)

| Elementos de Avaliação | TESTE FUNÇÃO DE POTÊNCIA | CÁLCULO EXP <i>n</i> | | |
|---|---|----------------------|-------|----------|
| | Coeficiente de Correlação (R ²) | P L | E N | <i>n</i> |
| Log Média Geom | | Log Média Geom | | |
| Nível Organizacional | | | | |
| I - Tarefas | | | | |
| Dimensão: Operações Remotas | | | | |
| Outras atividades distraem os trabalhadores nos postos remotos. | 0,227 | 1,451 | 2,785 | 0,521 |
| Dimensão: Treinamento | | | | |
| As descrições das tarefas estão correlacionadas com as exigências de treinamento. | 0,070 | 1,488 | 2,858 | 0,521 |
| As gerências enviam as pessoas para treinamento como programado. | 0,720 | 1,162 | 2,097 | 0,554 |
| Existe um meio pelo qual o pessoal deve demonstrar que tem entendido o treinamento. | 0,519 | 1,065 | 2,064 | 0,516 |
| Existem normas para os instrutores. | 0,993 | 0,976 | 2,084 | 0,468 |
| Quando necessário, é utilizado local específico para o treinamento. | 0,983 | 0,983 | 2,044 | 0,481 |
| Para manter o interesse, os treinamentos de reciclagem são variados. | 0,874 | 1,148 | 2,148 | 0,535 |

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| São mantidos registros dos treinamentos. | 0,108 | 1,209 | 2,736 | 0,442 |
| O treinamento do operador e do trabalhador de manutenção inclui o treinamento para resposta adequada a emergências. | 0,924 | 1,763 | 2,896 | 0,609 |
| Dimensão: Carga de Trabalho e Níveis de Equipe | | | | |
| O nível de equipe é adequado para todos os modos de operação (normal, emergência, etc). | 0,157 | 1,862 | 2,904 | 0,641 |
| Dimensão: Manutenção | | | | |
| As tarefas críticas de manutenção estão identificadas. | 0,927 | 1,162 | 2,102 | 0,553 |
| Durante as atividades de manutenção são utilizados autocontroles (self-tests). | 0,227 | 1,221 | 2,115 | 0,577 |
| São realizadas verificações pós-manutenção para detectar erros. | 0,810 | 1,182 | 2,112 | 0,560 |
| As ferramentas adequadas estão disponíveis e são utilizadas quando necessário. | 0,898 | 1,237 | 2,075 | 0,596 |
| As ferramentas especiais são requeridas para realizar todas as tarefas de forma segura e efetiva. | 0,998 | 1,127 | 2,051 | 0,549 |
| Dimensão: Práticas de Trabalho Seguro e Sistema de Autorização de Trabalho (SAT) | | | | |
| O SAT especifica as qualificações dos trabalhadores. | 0,343 | 1,042 | 2,064 | 0,505 |
| O SAT exige sumários/missões antes da realização do trabalho. | 0,750 | 0,959 | 2,061 | 0,465 |

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Autorizações devem ser exibidas na área de trabalho. | 0,942 | 0,977 | 2,035 | 0,480 |
| Autorizações devem ser fornecidas para outros grupos de trabalho que possam ser afetados. | 0,497 | 1,003 | 1,989 | 0,504 |
| O SAT identifica as precauções e verifica a sua conclusão. | 0,942 | 0,983 | 2,053 | 0,479 |
| O SAT garante que o equipamento correto está sendo trabalhado. | 0,693 | 1,089 | 2,064 | 0,528 |
| O SAT exige verificações cruzadas independentes. | 0,166 | 1,045 | 2,071 | 0,505 |
| O SAT identifica os riscos/perigos relevantes. | 0,879 | 1,237 | 2,081 | 0,595 |
| O SAT requer a autorização da gerência e supervisão para tarefas específicas. | 0,372 | 0,983 | 2,064 | 0,476 |
| O SAT sempre é utilizado. | 0,750 | 0,947 | 2,081 | 0,455 |
| Dimensão: Avaliação e Controle | | | | |
| A forma de supervisão e controle dos serviços é feita adequadamente. | 0,242 | 1,568 | 2,845 | 0,551 |
| Dimensão: Comunicações | | | | |
| Existe um dicionário de termos padrão da planta. | 0,794 | 0,946 | 2,037 | 0,465 |
| Os equipamentos de comunicação são adequados e facilmente acessíveis. | 0,097 | 1,732 | 2,906 | 0,596 |
| II - Estrutura | | | | |
| Dimensão: Processo de Projeto de Equipamento | | | | |
| Os equipamentos são facilmente reconhecidos e encontrados. | 0,027 | 1,632 | 2,838 | 0,575 |
| Os equipamentos são facilmente acessíveis. | 0,064 | 1,623 | 2,862 | 0,567 |

| | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Os equipamentos estão disponíveis. | 0,206 | 1,645 | 2,836 | 0,580 |
| Dimensão: Instalações e Concepção de Postos de Trabalho | | | | |
| Os equipamentos que requerem regulação manual ou atuação (por exemplo, desligamento de emergência) são facilmente identificáveis e acessíveis. | 0,053 | 1,654 | 2,904 | 0,570 |
| Dimensão: Concepção e uso da documentação | | | | |
| A documentação encontra-se em meio adequado para o usuário. | 0,103 | 1,568 | 2,904 | 0,540 |
| A documentação é fácil de pesquisar, navegar e usar. | 0,242 | 1,568 | 2,943 | 0,533 |
| A documentação está disponível quando e onde necessário. | 0,002 | 1,568 | 2,906 | 0,540 |
| A documentação é corrente e precisa. | 0,197 | 1,776 | 2,924 | 0,607 |
| Dimensão: Carga de Trabalho e Níveis de Equipe | | | | |
| Equipe adicional (por exemplo, de outras áreas ou externa) pode ser rapidamente chamada para ajudar durante emergências. | 0,288 | 1,700 | 2,964 | 0,574 |
| Dimensão: Adequação da Estrutura | | | | |
| A estrutura formal (número de elementos organizacionais e de empregados) é adequada para as necessidades da organização. | 0,752 | 1,656 | 2,933 | 0,565 |
| A quantidade de pessoal nos setores de operação e manutenção é suficiente. | 0,864 | 1,526 | 2,913 | 0,524 |
| Há receptividade e flexibilidade para promover mudanças na estrutura informal do trabalho para atender as necessidades. | 0,324 | 1,747 | 2,989 | 0,585 |
| Dimensão: Clareza Organizacional | | | | |
| O trabalho está bem organizado e as atribuições estão definidas claramente. | 0,000 | 1,563 | 2,951 | 0,530 |

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Os objetivos dos setores de operação e manutenção, e do trabalho, são claros. | 0,516 | 1,482 | 2,832 | 0,523 |
| III - Pessoas | | | | |
| Dimensão: Questões acerca dos Turnos | | | | |
| Há limites sobre o número total de horas trabalhadas consecutivamente, diária e semanalmente. | 0,999 | 1,453 | 2,894 | 0,502 |
| O número de horas de trabalho do pessoal durante a partida, virada, ou períodos de alta produção é limitado, de forma que a segurança e o desempenho do trabalhador não sejam prejudicados. | 0,999 | 1,453 | 2,894 | 0,502 |
| O ambiente de trabalho é concebido para minimizar o impacto da rotação de turno. | 0,998 | 1,488 | 2,894 | 0,514 |
| Dimensão: Gestão da Mudança (GDM) | | | | |
| Os trabalhadores seguem o sistema GDM, mesmo para mudanças temporárias ou não documentadas. | 0,273 | 1,495 | 2,834 | 0,528 |
| Os trabalhadores são treinados no processo de GDM. | 0,942 | 1,034 | 2,073 | 0,499 |
| Dimensão: Equidade | | | | |
| As pessoas sentem liberdade e incentivo para assumir desafios na empresa. | 0,353 | 1,739 | 2,880 | 0,604 |
| Dimensão: Padrões de Desempenho | | | | |
| O acompanhamento do desempenho e dos resultados individuais no trabalho é feito de forma adequada. | 0,962 | 1,162 | 2,108 | 0,551 |
| Dimensão: Clareza da Chefia | | | | |
| O gerente imediato dá retorno sobre a avaliação de desempenho dos colaboradores. | 0,001 | 1,047 | 2,054 | 0,510 |
| Existe clareza na comunicação gerencial. | 0,606 | 1,563 | 2,945 | 0,531 |

| IV - Tecnologia | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Dimensão: Interface Homem/Computador | | | | |
| O número de telas de exibição é suficiente. | 0,983 | 1,354 | 2,794 | 0,485 |
| Existem meios adequados para o aviso de alarme. | 0,733 | 1,354 | 2,825 | 0,479 |
| Há recursos para lidar com enxurradas de alarmes. | 0,501 | 1,085 | 2,112 | 0,514 |
| V - Ambiente | | | | |
| Dimensão: Refúgios | | | | |
| Os refúgios estão claramente indicados. | 0,679 | 1,601 | 2,849 | 0,562 |
| Existe espaço suficiente para fazer frente a atividades de emergência em curso assim como para acomodar todos aqueles que devam ser abrigados. | 0,005 | 1,726 | 2,959 | 0,583 |
| Existe uma área designada e suprimentos para aqueles que necessitam de atenção médica. | 0,324 | 1,673 | 2,949 | 0,567 |
| Existe suficiente EPI para o caso da evacuação ser necessária. | 0,409 | 1,632 | 2,849 | 0,573 |
| As rotas de evacuação estão estabelecidas/sinalizadas. | 0,503 | 1,557 | 2,849 | 0,546 |
| Os abrigos alternativos estão indicados. | 0,496 | 1,568 | 2,849 | 0,550 |
| Os utilitários dos abrigos (energia; aquecimento, ventilação, e ar condicionado (HVAC); higienização) são suficientes para o número esperado de pessoas e a duração dos eventos. | 0,004 | 1,802 | 3,005 | 0,600 |
| Existem meios adequados de comunicação. | 0,118 | 1,722 | 3,025 | 0,569 |
| Dimensão: Rotulagem (marcação) / Etiquetagem | | | | |
| As vistas das etiquetas estão desobstruídas pelos elementos adjacentes. | 0,910 | 0,987 | 2,105 | 0,469 |
| Os rótulos estão nitidamente instalados em superfícies regulares. | 0,999 | 0,983 | 2,086 | 0,471 |
| Os rótulos estão nos chassis dos principais equipamentos. | 0,481 | 0,918 | 2,051 | 0,448 |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o seu desgaste. | 0,571 | 0,953 | 2,096 | 0,454 |
| O posicionamento dos rótulos minimiza o acúmulo de gordura e sujeira. | 0,026 | 0,990 | 2,061 | 0,480 |

| | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Os rótulos estão seguros para que sejam evitadas a remoção acidental ou a perda. | 0,976 | 0,965 | 2,086 | 0,463 |
| Os rótulos são facilmente legíveis nos locais normais de trabalho. | 0,987 | 0,989 | 2,098 | 0,471 |
| Os sinais que alertam os trabalhadores sobre materiais ou condições perigosas são adequadamente visíveis e claramente entendidos. | 0,013 | 1,473 | 2,044 | 0,721 |
| Os sinais colocados nas áreas de limpeza e manutenção são suficientes para advertir os trabalhadores de perigos especiais ou exclusivos. | 0,000 | 1,045 | 2,054 | 0,509 |
| Todos os equipamentos importantes (vasos, tubos, válvulas, instrumentos, controles, etc.) estão marcados de forma clara e inequívoca. | 0,993 | 1,313 | 2,086 | 0,629 |
| O programa de rotulagem inclui componentes (por exemplo, as válvulas pequenas) que são mencionadas nos procedimentos, mesmo se elas não possuem um número de equipamento atribuído. | 1,000 | 1,601 | 2,075 | 0,771 |
| Os instrumentos e os controles da planta estão claramente marcados. | 0,752 | 1,354 | 2,836 | 0,477 |
| Os rótulos são precisos. | 0,003 | 1,459 | 2,086 | 0,700 |
| Os rótulos estão adaptados ao estereótipo populacional. | 0,709 | 1,040 | 2,020 | 0,515 |
| Os rótulos fornecem informações suficientes para identificar inequivocamente o equipamento. | 0,211 | 1,281 | 2,075 | 0,617 |
| As etiquetas/rótulos correspondem aos procedimentos e aos desenhos. | 0,240 | 1,682 | 2,838 | 0,593 |
| A responsabilidade de manutenção e de atualização dos rótulos é claramente atribuída a uma pessoa. | 0,928 | 1,414 | 2,868 | 0,493 |
| Dimensão: Cultura de Segurança | | | | |
| Existem controles administrativos para atuar quando instrumentos, displays ou controles são deliberadamente desabilitados ou contornados (bypass) e verificar de que modo eles retornam ao serviço. | 0,983 | 0,983 | 2,811 | 0,350 |
| Os operadores fazem uso de forma competente de procedimentos durante distúrbios / condições de emergência. | 0,733 | 1,782 | 2,880 | 0,619 |

| | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Dimensão: Segurança baseada no comportamento | | | | |
| A gerência fornece os recursos para corrigir rapidamente as causas dos comportamentos inseguros. | 0,297 | 1,484 | 2,899 | 0,512 |
| Dimensão: Comunicação | | | | |
| O sistema de comunicação interno (mural, boletins, etc) da empresa é adequado e ágil. | 0,062 | 1,070 | 2,096 | 0,510 |
| A comunicação interna formal e informal nos setores de operação e manutenção contribui para o desempenho do trabalho. | 0,001 | 1,490 | 2,081 | 0,716 |
| Dimensão: Conformismo | | | | |
| O seu desempenho é prejudicado pela existência de muitas regras, regulamentos e procedimentos que dificultam as suas atividades. | 0,961 | 1,142 | 2,051 | 0,557 |
| Dimensão: Formalismo | | | | |
| A gerência decide com autonomia sempre que as circunstâncias requerem agilidade. | 0,016 | 1,838 | 3,005 | 0,612 |