



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

Maíra Ventura de Oliveira

CONFIABILIDADE HUMANA APLICADA NO PROCESSO DE RETIRADA DE
EMERGÊNCIA EM UM TERMINAL PETROLÍFERO AQUAVIÁRIO

Rio de Janeiro
2012



UFRJ

Maíra Ventura de Oliveira

CONFIABILIDADE HUMANA APLICADA NO PROCESSO DE RETIRADA DE
EMERGÊNCIA EM UM TERMINAL PETROLÍFERO AQUAVIÁRIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof^o Dr. Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

Rio de Janeiro
2012

Oliveira, Maíra Ventura

Confiabilidade humana aplicada no processo de retirada de emergência em um terminal petrolífero aquaviário/ Maíra Ventura de Oliveira. - 2012.

f. il. cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2012.

Orientador: Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

1. Confiabilidade Humana. 2. Retirada de emergência. 3. Acidente. 4. Terminal petrolífero aquaviário. I. Santos, Isaac José Antônio Luquetti. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica e Escola de Química. III. Confiabilidade humana aplicada no processo de retirada de emergência em um terminal petrolífero aquaviário.



UFRJ

CONFIABILIDADE HUMANA APLICADA NO PROCESSO DE RETIRADA DE
EMERGÊNCIA EM UM TERMINAL PETROLÍFERO AQUAVIÁRIO

Maíra Ventura de Oliveira

Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Presidente, Profa. Maria Egle Cordeiro Setti, Dsc., UFRJ

Profa. Suzana Dantas Hecksher, Dsc, UFF

Prof. Claudio Henrique dos Santos Grecco, Dsc. IEN

Prof. Carlos Borges da Silva, Dsc. IEN

Rio de Janeiro
2012

Dedicatória

Dedico este trabalho a todos aqueles que acreditam em realização de sonhos. Em especial a minha família e amigos, que estiveram ao meu lado.

Agradecimentos

Aos meus pais, pelo apoio e carinho nas horas mais difíceis, e por nunca deixarem de acreditar no meu sucesso e incentivarem sempre minhas realizações!

As minhas irmãs, Luana e Regina, pelo apoio incondicional e às minhas avós pelo carinho.

Aos meus amigos do PEA e do PRH, em especial, Diogo, Carlos Arthur, José Ribamar, Camilla, Georgia, Laura, Larisse, Felipe e Sandra, pelos momentos de descontração nos intervalos das aulas, pelas conversas e conselhos, e pelo carinho.

Ao meu orientador, Isaac Luquetti, pelo apoio, incentivo e todo o ensinamento durante as aulas e o desenvolvimento desta dissertação.

Aos especialistas que colaboraram para que o desenvolvimento desta dissertação fosse possível.

Ao apoio financeiro da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP – e do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT por meio do Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MCT.

A coordenação do PRH 41, pela oportunidade, e por acreditarem na minha capacidade.

A professora visitante Maria Egle Setti, pelo apoio incondicional dado em todos os momentos em que solicitada.

Aos professores, coordenadores e secretárias do PEA, por toda atenção e ensinamento.

Ao PEA, pelo auxílio no Programa e a UFRJ como instituição de ensino.

Resumo

Oliveira, Maíra Ventura. Confiabilidade Humana aplicada em um processo de retirada de emergência em um terminal petrolífero aquaviário. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

A operação de terminais petrolíferos aquaviários é um importante elo na cadeia logística de abastecimento do petróleo. E os terminais petrolíferos aquaviários estão sujeitos a grandes acidentes em suas áreas tais como vazamento dos produtos provocando poluição ambiental, emissões atmosféricas, incêndios, explosões em tubulações e equipamentos. Além disso, ocorrem choques de navios tanques nos berços de atracação, incêndios de caminhões tanques e vagões tanque, ocorrendo por diversas causas, entre elas, falhas de aterramento elétrico, colisões, vazamentos, entre outros. A severidade do evento iniciador de uma emergência e, os fatores que afetam o desempenho humano, influenciam o sucesso do processo de retirada dos trabalhadores do local de trabalho. Para que a retirada de emergência dos trabalhadores alcance o seu objetivo principal, preservar a vida dos trabalhadores, os seguintes itens devem ser considerados: antecipação da necessidade de iniciar o processo de retirada, avaliação correta da melhor rota de fuga, fácil acesso à rota de fuga, deslocamento eficiente até o refúgio temporário. Situações de trabalho adequadamente projetadas, compatíveis com as necessidades, capacidades e limitações humanas, levando em consideração os fatores que afetam o desempenho humano, podem criar condições que otimizem o desempenho do trabalhador e minimizem os erros humanos. No presente estudo é proposta a identificação dos fatores que afetam o desempenho dos responsáveis pelo processo de retirada de emergência dos trabalhadores em um terminal aquaviário, utilizando uma abordagem centrada em um método de análise da confiabilidade humana. A não identificação desses fatores pode contribuir para o aumento da probabilidade de ocorrência de falhas humanas.

Palavras Chave: Confiabilidade Humana, Análise de Confiabilidade Humana, Processo de retirada de Emergência, Terminal Petrolífero Aquaviário, Acidente.

Abstract

Oliveira, Maíra Ventura. Confiabilidade Humana aplicada em um processo de retirada de emergência em um terminal petrolífero aquaviário. Rio de Janeiro, 2012. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

The operation of marine oil terminals is an important link in the supply chain logistics of petroleum. Accident is an undesired event that causes damage or injury to persons. The marine oil terminals are subject to major accidents in their areas such as leakage of the products causing environmental pollution, air emissions, fires, explosions in your pipes and equipment. Also, due to shocks from tankers in berths, fire truck tanks and tank wagons, occurring for various reasons, among them electrical grounding failures, collisions, spills, among others. The severity of the event initiator of an emergency, and the factors that affect human performance, influence the success of the process of removal of workers from the workplace. For the removal of emergency workers reach your main goal, that is, to preserve the lives of workers, the following items should be taken into account: anticipation of the need to initiate the removal process, accurate assessment of the best escape route, easy access the escape route, travel efficiently to the temporary refuge. Work situations properly designed, compatible with the needs, abilities and human limitations, taking into consideration the factors that affect human performance, can create conditions that optimize the performance of the worker and minimize human errors. In this study we propose a method to identify the factors that affect the performance of those responsible for the process of removal of emergency workers in a marine oil terminal, using an approach based on a method of analysis of human reliability. Failure to identify these factors may contribute to the increased likelihood of human error.

Keywords: Human Reliability, Human Reliability Analisys, Emergency Evacuation Planning, Marine Oil Terminals, Accident.

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 O TEMA.....	2
1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	3
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 Objetivo principal	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	5
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	6
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 ACIDENTES.....	7
2.2 ERRO HUMANO.....	14
2.3 FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO HUMANO (FADs).....	16
2.4 CONFIABILIDADE HUMANA E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA. 20	
2.4.1 Métodos de Análise de Confiabilidade Humana.....	21
2.4.2 Julgamento por especialistas na obtenção de probabilidade de erro humano 26	
2.4.3 Análise Hierárquica das Tarefas.....	28
2.5 PLANO DE EMERGÊNCIA.....	29
2.5.1 Plano de Retirada de Emergência.....	30
2.6 A FALHA HUMANA SEGUNDO A PERSPETIVA COGNITIVA.....	33
2.6.1 Falhas ativas e condições latentes.....	34
2.6.2 Modos de desempenho dos trabalhadores.....	37
2.6.3 A relação das ações humanas não seguras com os modos de desempenho.....	42
2.6.4 Modelo Simples de Cognição.	43
2.6.5 Modelo de Demanda Cognitiva.....	45
3 TERMINAIS PETROLÍFEROS AQUAVIÁRIOS.....	48
3.1 Acidentes em Terminais Petrolíferos Aquaviários.....	53
4 METODOLOGIA.....	57
4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO DE PESQUISA ADOTADO.....	57

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	57
5 RESULTADOS	60
5.1 Definição dos Critérios para Escolha de um Grupo Formado por Especialistas	60
5.2 Visitação ao Terminal Aquaviário da Ilha d'Água.....	61
5.3 Definição do Cenário de Emergência.....	64
5.7 SELEÇÃO DOS quatro (4) FADs MAIS RELEVANTES PARA CADA AÇÃO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA DAS TAREFAS.....	71
5.9 atribuição de pesos de importância para OS FADs MAIS RELEVANTES	76
5.10 Calculo da soma dos pesos de importância dOS FADs MAIS RELEVANTES	77
5.11 Calculo dOS pesos NORMALIZADOS dOS FADs PARA CADA AÇÃO.....	77
5.12 Identificação Das ações associadas Às funções cognitivas críticas.....	79
5.13 modelo de demanda cognitiva das ações com maior possibilidade de falha humana, associadas aos fads.	87
6CONCLUSÃO.....	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	100

Lista de Ilustrações

Figura 1. Representação gráfica das fases do processo de retirada de emergência (Fonte: SANTOS et al., 2008 adaptado de Dimattia, 2004).....	31
Figura 2. Ações não seguras (Reason, 1997).....	35
Figura 3. Modelo “queijo suíço” de causas de acidentes, proposto por Reason (Fonte: REASON, 2007 apud BARBOSA, 2009).....	36
Figura 4. Dinâmica de acidentes (Fonte: REASON, 2003 apud BARBOSA, 2009)...	36
Figura 5. Relação entre modos de comportamento consciente e automático (Fonte: REASON, 1990 apud EMBREY, 2000).....	39
Figura 6. Ilustração do Modelo Simples de Cognição (SmoC) (Fonte: Hollnagel & Cacciabue, 1991 apud FREITAS, 2012).....	44
Figura 7. Terminais autorizados pela Agência Nacional do Petróleo em operação no Brasil no ano de 2010 (Fonte: ANP, 2012).....	49
Figura 8. Esquema de um terminal com píer de atracação para navios (Fonte: http://pt.scribd.com/doc/52193437/411-portos-iii).....	52
Figura 9. Terminal da Ilha d’Água, Rio de Janeiro (Fonte: http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes/).....	52
Figura 10. Diferentes tipos de atracação em terminais em mar aberto, respectivamente: pontos fixos de atraque; torre fixa de atraque ou bóia de amarre (Fonte: http://pt.scribd.com/doc/52193437/411-portos-iii).....	53
Figura 11. Terminal oceânico não abrigado de Osório, SC, operado por monobóia (Fonte: http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes/).....	53
Figura 12. Número de acidentes registrados no mundo referente a operação de navios petroleiros (Fonte: http://www.itopf.com . Acesso em 27/09/2012).....	55
Figura 13. Informativo da empresa sobre instruções em caso de emergência e práticas de segurança (Fonte: empresa).....	63
Figura 14. Informativo da empresa com as rotas de fuga e pontos de encontro do Terminal Aquaviário da Ilha d’Água (Fonte: empresa).....	64
Figura 15. Diagrama em blocos com análise hierárquica das tarefas.....	70
Figura 16. Frequências dos FADs para cada ação da análise hierárquica da tarefa.	
74	
Figura 17. Modelo de tomada de decisões (Adaptado de Rasmussen, 1987).....	81
Figura 18. Modelo de tomada de decisões (Adaptado de Rasmussen, 1987).....	82

Lista de Quadros

Quadro 1. Comparativo entre acidentes de saúde ocupacional e acidentes maiores (Fonte: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL AND GAS PRODUCERS, 2008). 8	
Quadro 2. Principais fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (FONTE: SWAIN & GUTMANN, 1983 apud NASCIMENTO, 2010).....	18
Quadro 3. Modos de interação entre indivíduos e a tarefa (Fonte: REASON, 1990 apud EMBREY, 2000).....	39
Quadro 4. Matriz das atividades cognitivas críticas associadas às funções cognitivas (Fonte: Rouse, 1981; Barrier, 1994.	46
Quadro 5. Modos de falhas humanas segundo Hollnagel (2005).....	47
Quadro 6. Lista dos Terminais Aquaviário da empresa em operação no Brasil (Fonte: http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes/).....	51
Quadro 7. Numero de acidentes registrados no mundo referente a operação de navios petroleiros, no período de 1970 a 2011 (Fonte: http://www.itopf.com . Acesso em 27/09/2012).....	55
Quadro 8. Número de acidentes com navios petroleiros registrados no mundo referente às causas, no período de 1970 a 2011 (Fonte: http://www.itopf.com . Acesso em 27/09/2012).....	55
Quadro 9. Número de acidentes, por operação, com navios a serviço da FRONAPE (próprios ou afretados) na costa brasileira entre 1996 e 2002 (Fonte: Silva, 2004)..	56
Quadro 10. Pontuação das questões do primeiro questionário.....	66
Quadro 11. Escolha do cenário acidental pelos especialistas (Cenário 1 - Vazamento de combustível com explosão durante a estocagem; Cenário 2 - Vazamento de combustível com fogo durante a estocagem; Cenário 3 - Vazamento de combustível com fogo durante o transporte; Cenário 4 - Vazamento de combustível com explosão durante o transporte; Cenário 5 - Vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga do navio; Cenário 6 - Vazamento de combustível com explosão durante carga e descarga do navio).....	67
Quadro 12. Sequência das ações, realizadas pelo responsável pelo processo de retirada de emergência, consolidada e validada.....	69
Quadro 13. Lista de fatores que podem afetar o desempenho do responsável pelo processo de retirada de emergência.	71

Quadro 14. Apuração dos resultados do 3º questionário (Numeração dos FADs: 1. Condições de acesso as rotas de fuga; 2. Temperatura ambiente; 3. Ruído; 4. Sobrecarga de trabalho; 5. Condições de visualização das rotas de fuga; 6. Condições para tomada de decisões; 7. Comunicação entre os membros da equipe; 8. Complexidade da tarefa; 9. Treinamento; 10. Procedimentos; 11. Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação; 12. Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência; 13. Estado emocional; 14. Condição física...72

Quadro 15. Cálculo do percentual acumulado das causas dos problemas (FADs) segundo o Princípio de Pareto (Fonte: <http://erc.msh.org/quality/pstools/pspareto.cfm> acesso em 20/10/2012).....74

Quadro 16. Listagem dos especialistas colaboradores, apuração dos resultados do QUIPE (Adaptado de BELCHIOR, 1997; DOMECH, 2004) e cálculo do peso dos especialistas com destaque para os nove (9) que participarão desta fase de estudo.

76

Quadro 17. Identificação dos FADs mais relevantes para cada ação do responsável pelo processo de retirada de emergência.79

Quadro 18. Prováveis modos de falhas humanas do responsável pelo processo de retirada de emergência (Fonte: HOLLNAGEL, 2005).....80

Quadro 19. Matriz para identificação das ações com maior probabilidade de falha e medidas de controle.86

Quadro 20. Identificação das demandas cognitivas referentes às ações com maior probabilidade de falha (maior esforço cognitivo).....87

Lista de Siglas/ Abreviaturas

ACH	Análise da Confiabilidade Humana
APS	Análise Probabilística de Segurança
APR	Avaliação Probabilística de Risco
ATHEANA	A Technique for Human Error Analysis
BLEVE	Boiling Liquid Vapor Expanding
CCD	Condições Comuns de Desempenho
CREAM	Cognitive Reliability and Error Analysis Method
EFC	Evento de Fatores de Contexto
EFH	Evento de Falha Humana
FADs	Fatores que Afetam o Desempenho dos Trabalhadores
FMEA	Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
MEEs	Modos de Erros Externos
MEIs	Modos de Erros Internos
MPE	Mecanismo Psicológico de Erro
PEI	Plano de Emergência Individual
PP	Pier Principal
PRE	Plano de Resposta a Emergência
PS	Pier Secundário
PSA	Determinação Probabilística de Segurança
QIPE	Questionário de Identificação de Especialistas
SLIM-MAUD	Success Likelihood Index Method Multi Attribute Utility Decomposition
TABG	Terminal Aquaviário Baía de Guanabara
THERP	Typical Human Operator Failure Rates

1 INTRODUÇÃO

O ser humano está no centro do processo de trabalho, e a melhoria do seu desempenho impacta na segurança do processo, com a diminuição de ocorrência de falhas em todos os níveis da organização, principalmente para sistemas de alto risco.

O erro, cometido pelo homem, é uma possibilidade em todas as atividades em que atua, desde o projeto e fabricação de equipamentos, desenvolvimento de boas tecnologias e de novos métodos de trabalho, normas técnicas, programas de segurança etc. O desenvolvimento da ciência e de novas tecnologias traz a necessidade de novas interações entre o homem e seu processo de trabalho e essas novas interações devem seguir a premissa de que o processo de trabalho deve ser seguro, não se constituindo em ameaça à integridade do ser humano.

A maioria das falhas humanas é propiciada por uma situação de trabalho não planejada, não considerando as limitações e variabilidades do ser humano. Envolver diretamente os trabalhadores nestes esforços é a melhor maneira de obter melhorias no seu desempenho, com implicações significativas na melhoria da segurança, qualidade e produtividade em todas as indústrias de processo. A antecipação e o controle de impactos potencialmente adversos de ações humanas ou interações entre o ser humano e o sistema são partes integrais da segurança do processo, onde os fatores que influenciam no desempenho humano devem ser reconhecidos e administrados.

O controle dos riscos nas atividades industriais é um grande desafio. No contexto das atividades industriais, a indústria do petróleo possui um elevado potencial para ocorrência de consequências indesejáveis para a sociedade, tais como incêndios, explosões e impactos ambientais. A incidência e o aumento no número de acidentes, associados aos impactos significativos aos trabalhadores e ao meio ambiente, afetado por esses eventos, têm despertado um aumento de planejamento e investimentos em ações preventivas e corretivas, como por exemplo, os

Programas de Gerenciamento de Riscos e Planos de Resposta a Emergências, os quais visam prevenir e minimizar os riscos dessas atividades.

A eficácia de um Plano de Resposta a Emergência depende, essencialmente, da prévia identificação dos cenários, da determinação das áreas expostas às consequências desses eventos, do planejamento e treinamento de equipes de intervenção e apoio da disponibilidade de recursos materiais e humanos necessários a um efetivo combate. De igual forma, pode-se dizer que é de fundamental importância à existência de um Plano de Retirada de Emergência, para que, no caso de um evento acidental, os trabalhadores possam ser retirados do local da emergência, em segurança com suas vidas preservadas.

1.1 O TEMA

A falha é um fenômeno praticamente inevitável nos sistemas e produtos tecnológicos. Na teoria convencional, a confiabilidade de um sistema é definida como a probabilidade do sistema desempenhar funções predefinidas (sem falhas) em um tempo predeterminado sob condições pré-especificadas.

Durante uma situação de emergência, o aproveitamento do tempo disponível para a notificação de uma emergência é um dos principais focos da tomada de decisão. Nesta situação, é fundamental uma decisão correta para a preservação da vida dos trabalhadores e minimização dos efeitos da emergência, uma vez que as decisões nestas situações são tomadas em condições estressantes.

Desta forma o Plano de Retirada de Emergência, que envolve a retirada dos trabalhadores do local de trabalho em uma situação de emergência é uma importante ferramenta para o planejamento das ações na ocasião de um acidente. Este processo de retirada de emergência tem como objetivo a máxima preservação da segurança, e da vida, dos trabalhadores. Portanto diversas ações, como a definição e identificação das rotas de fuga, o ordenamento da retirada, a identificação dos pontos críticos das rotas de fuga, a seleção do ponto de encontro

devem ser planejados com a máxima prioridade no Plano de Retirada de Emergência. Neste cenário, a estimativa do tempo necessário para a retirada dos trabalhadores do local de risco é essencial.

Neste contexto, os fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores durante o processo de retirada de emergência é de extrema importância e deve ser considerado, para a otimização do processo de retirada de emergência.

De uma maneira geral, as atividades relacionadas ao petróleo e seus derivados assim como outras atividades industriais são passíveis de acidentes, com distintas potencialidades. Como importante elo na cadeia logística do petróleo, os terminais petrolíferos aquaviários, são passíveis de acidentes apresentando riscos em suas atividades. Estes terminais distribuem-se pelos 8.698 km da costa atlântica brasileira e são operados por meio de píeres, de monobóias ou de quadros de bóias, e ainda, por 4.500 km de rios e lagoas navegáveis.

Desta forma, no presente estudo é proposto o uso de um método de análise da confiabilidade humana aplicado no processo de retirada de emergência com o objetivo de identificar de fatores que afetam o desempenho humano, visando melhorias e adequações, no plano de emergência e conseqüentemente na análise de risco da instalação.

1.2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Toda organização cujas instalações produzem, transformam, manipulam, utilizam, descartam ou armazenam de uma maneira permanente ou transitória, uma ou várias substâncias classificadas como perigosas, deve definir como um dos objetivos de sua gestão, a redução de acidentes que ameaçam o ambiente, a segurança e a saúde dos trabalhadores e comunidades do entorno.

A partir da análise de dados históricos sobre acidentes industriais pode-se verificar, a partir do final da Segunda Guerra Mundial, uma intensificação da

ocorrência de eventos de grandes proporções nas indústrias de processo, tais como químicas, petroquímicas e petrolíferas. Este fenômeno está relacionado ao aumento da dimensão e capacidade de produção das plantas industriais, à elevação da complexidade dos processos industriais resultante do desenvolvimento tecnológico e ao fato do petróleo se converter no principal combustível do século XX (SOUZA & FREITAS, 2003).

A complexidade e a diversidade dos condicionantes da ocorrência de acidentes em plantas industriais têm desafiado as estratégias de entendimento das causas e atuação sobre os acidentes de trabalho. Ainda assim, predominam abordagens limitantes, particularmente associadas à perspectiva tradicional da engenharia de segurança do trabalho, fundadas na atuação sobre os componentes técnicos mais diretos, limitando-os aos “erros” cometidos pelos operadores, e na prevenção através de normatizações (LLORY, 1999 *apud* SOUZA & FREITAS, 2003).

No Brasil, o transporte de petróleo e derivados é realizado com a integração de meios de transporte e instalações (modais rodoviário, ferroviário, dutoviário e aquaviário). Em um país com dimensões continentais, onde o limite a leste é o oceano Atlântico, os terminais marítimos se tornam fundamentais na cadeia logística do petróleo, sendo o principal modal, pois interliga os campos de produção marítimos ao continente (SILVA, 2004).

Os terminais petrolíferos aquaviários estão sujeitos a diversos tipos de acidentes, que podem ocorrer por diversas causas, e suas consequências podem afetar ao meio ambiente, aos trabalhadores do local e também as comunidades ao entorno, com impactos de ordem econômica, ambiental e social.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo principal

O objetivo principal dessa dissertação é desenvolver e aplicar um método, baseado no julgamento de especialistas, que possa ser usado na identificação dos fatores que afetam o desempenho humano, contribuindo para melhoria do processo de retirada de emergência dos trabalhadores de terminais petrolíferos aquaviários, e incorporando os resultados no plano de emergência da instalação industrial.

1.3.2 Objetivos específicos

Os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Identificar e ranquear, para cada ação realizada durante processo de retirada de emergência, os quatro principais fatores que afetam o desempenho dos responsáveis pelo processo de retirada de emergência;
- Identificar, para cada ação realizada durante processo de retirada de emergência, o modo de desempenho do responsável pelo processo de retirada de emergência;
- Apresentar planos e ações que possam ser incorporados ao plano de emergência da instalação industrial.

1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Para cumprir os objetivos que o estudo propõe, os seguintes limites foram respeitados:

- A escolha do método de análise da confiabilidade humana, usado como referência neste estudo para desenvolvimento da estrutura metodológica, partiu do seguinte princípio: falta de um banco de dados específico de falhas humanas;
- A dissertação não se propõe a calcular a probabilidade de ocorrência de falhas humanas no cenário escolhido.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O estudo desenvolveu-se em seis capítulos. O primeiro capítulo consiste em descrever os aspectos introdutórios em relação ao problema foco do estudo, essencial para o entendimento da pesquisa como um todo e de sua importância.

No segundo capítulo é apresentada a fundamentação teórica com revisão da literatura que enfocam a área de estudo.

O terceiro capítulo apresenta informações sobre terminais petrolíferos aquaviários, sua importância na cadeia logística do petróleo, e ainda, sobre acidentes em terminais petrolíferos aquaviários e suas causas no mundo e no Brasil.

A metodologia proposta para alcançar os objetivos do estudo está explicitada no quarto capítulo, onde é apresentado o instrumento de obtenção dos dados e delimitação do método em busca da resposta às questões propostas.

No quinto capítulo apresenta-se a análise dos resultados obtidos a partir da metodologia utilizada no estudo.

No sexto e último capítulo do estudo são formuladas análises conclusivas da abordagem proposta e apresenta-se consideração sobre a questão problema e objetivos específicos do estudo. Proposições de novas abordagens para pesquisas no tema central deste estudo são sugeridas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ACIDENTES

Com o propósito de analisar a influência dos fatores humanos que podem influenciar no processo de retirada de emergência é importante o entendimento de alguns conceitos fundamentais relacionados ao possível cenário acidental, assim como, aqueles associados à confiabilidade humana.

Acidente é um evento, ou uma sequência de eventos, não desejado que pode resultar em danos físicos, lesões, mortes, impactos ao meio ambiente, prejuízos materiais e comprometimento da operação de um sistema e resultar em consequências que o caracterize como crítico ou catastrófico (SANTOS *et al.*, 2008).

Os acidentes de trabalho representam perdas para a sociedade em geral. Devido ao impacto que os acidentes nas atividades de transporte, armazenagem e produção industrial de substâncias como os derivados de petróleo podem acarretar à sociedade, buscam-se constantemente formas de reduzir sua ocorrência e a amplitude de suas dimensões (FREITAS *et al.*, 2000).

A compreensão dos acidentes de trabalho depende do entendimento de que as pressões individuais e organizacionais podem direcionar as pessoas a trabalhar sob condições inseguras. Para Rasmussen (1997), essas pressões fazem com que o trabalho deixe de ser exercido na “zona segura” e o direcionem à “zona insegura” e à “zona de perda de controle” e, conseqüentemente, aos acidentes. Para prevenir essa transposição de barreiras, é imprescindível que a habilidade de perceber as fronteiras entre as zonas seja aprimorada nos trabalhadores.

Desta forma, a percepção dos riscos torna-se relevante para diferenciar a passagem entre uma zona e outra e, portanto, a habilidade de perceber riscos pode ser importante na antecipação de eventos indesejados e na análise de riscos, uma

vez que os trabalhadores identificam os perigos com que convivem diariamente (Dwyer, 2002 *apud* Ballardin, 2006).

Acidentes industriais

Na literatura há classificações que diferenciam aqueles acidentes denominados maiores (do inglês 'major accidents') daqueles acidentes associados à segurança ocupacional. O Quadro 1 mostra algumas dessas diferenças (Barbosa, 2009).

ACIDENTES DE SEGURANÇA OCUPACIONAL	ACIDENTES MAIORES
Frequentes	Infrequentes
Pessoais	Processos
Previsíveis	Extremamente remotos - impensáveis
Possíveis de relatar	Técnicos/ envolvem processos químicos
Comportamentais	Sistemáticos
Mensuráveis	Difíceis de mensurar
Os resultados estão ligados às ações	A relação entre ação e resultado é complexa
Aprendizados rápidos	Aprendizados mais lentos

Quadro 1. Comparativo entre acidentes de saúde ocupacional e acidentes maiores (Fonte: INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL AND GAS PRODUCERS, 2008).

A abordagem tradicional da segurança industrial trata rotineiramente os acidentes ditos ocupacionais ou pessoais. Por envolverem as pessoas e seus comportamentos, em suas atividades diárias e ocorrerem de modo mais frequentes, com ocorrências pontuais, as análises podem ser sistematizadas. Já os acidentes maiores geralmente não permitem que seja feita uma relação direta entre as ações implantadas e os resultados obtidos, pois normalmente estão relacionados à segurança de processos químicos industriais.

A efetividade das iniciativas na redução dos acidentes ocupacionais pode ser medida devido à frequência com que este tipo de incidente ocorre. No caso de acidentes industriais maiores, devido às suas características, se torna impossível a abordagem tradicional de identificar um problema, implementar uma melhoria e medir a efetividade dessa melhoria (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS, 2008 *apud* Barbosa 2009).

Causas de acidentes

Evento iniciador é o evento responsável pela origem da ocorrência de cenários acidentais. É o primeiro evento na sequência de um acidente (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2008). No contexto da maioria dos estudos de avaliação de riscos, tais eventos podem constituir-se de falhas em equipamentos ou softwares, queda de utilidades, erro humano ou eventos externos (BARBOSA, 2009).

Cenários acidentais

A identificação dos cenários acidentais, de suas causas básicas, assim como a avaliação de probabilidades de suas ocorrências e da severidade dos danos a eles associados, possibilita um aprimoramento tangível para a segurança, qualidade e produtividade das instalações.

Os cenários acidentais referem-se a cada uma das várias possibilidades de evolução de um evento iniciador, ou seja, é “*a descrição completa da possível sequência de um acidente*” (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2008).

Um pequeno vazamento de líquido inflamável pode se limitar a uma poça, se imediatamente detectada, ou, pode vir a se transformar em um grande acidente, como um incêndio de grandes proporções, uma explosão ou grandes vazamentos de produtos químicos.

Acidentes ampliados ocorridos no mundo

Na década de 1990 mais de 30 (trinta) grandes acidentes em instalações petroquímicas feriram gravemente centenas de pessoas, contaminaram o meio ambiente e causaram prejuízos de mais de dois bilhões de dólares a propriedades.

Se forem computados os custos indiretos, como interrupção de negócios, custos de limpeza, custos jurídicos, multas, perdas de fatias no mercado, danos à imagem,

custos das paradas forçadas e produtos fora de especificação os valores são incalculáveis (LORENZO, 2001; BARBOSA 2009).

Segundo Barbosa (2009), desses acidentes considerados como ampliados devido às proporções de suas consequências, pois não apenas feriram gravemente centenas de pessoas como também contaminaram o meio ambiente e causaram prejuízos de milhões de dólares a propriedades, destacaram-se os seguintes:

- Oppau, na Alemanha, em setembro de 1921, com explosão de um silo esticando uma mistura de sulfato de amônia e nitrato de amônia, com a morte de 561 pessoas, ferimentos em 2000 pessoas e destruição de 700 residências;
- Texas City, nos Estados Unidos, em 1947, explosão em navio com nitrato de amônio, causando 552 mortes e 3000 feridos;
- Feysin, na França, em janeiro de 1966, com fogo em esferas de propano, que matou 18 pessoas, e feriu 81 pessoas. Destruiu 5 esferas de armazenamento de propano. Perdas de 68 milhões de dólares;
- Rio de Janeiro, Brasil, em setembro de 1972, ocorreu um BLEVE em estocagem de GLP, com 37 mortes e 53 feridos;
- Potchefstroom, na África do Sul, em 1973, com vazamento de amônia e 18 mortes e 65 intoxicados;
- Rio de Janeiro, no Brasil, em março de 1975, vazamento de 6000 toneladas de petróleo em navio;
- Flixborough, na Grã-Bretanha em 1976, quando houve ignição em nuvem de ciclohexano, com destruição das instalações, 28 mortos, centenas de feridos, danos em mais de 2000 casas e edifícios e perdas de US\$412 milhões;
- Seveso, na Itália, em julho de 1976, com escape de tetraclorobenzoparadioxina, que levou à evacuação de mais de 1000 pessoas, 135 casos de cloracne grave e importantes danos ambientais;
- São Sebastião, no Brasil, em janeiro de 1978, com vazamento de 6000 toneladas de petróleo de navio;
- Portstall, no Reino Unido, em março de 1978, com vazamento de 230.000 toneladas de petróleo de um navio encalhado e perdas de US\$ 85,2 milhões.

- Los Afaques, na Espanha, em julho de 1978, com explosão tipo BLEVE em um caminhão tanque com 45m³ de propileno e com 216 mortos e 200 feridos.
- Cubatão, no Brasil, em fevereiro de 1984, com vazamento seguido de incêndio em duto de gasolina, quando morreram, segundo fontes oficiais, 93 pessoas da comunidade;
- Cidade do México, em novembro de 1984, com explosão seqüencial de vários tanques de GLP em distribuidoras, com 650 mortos, 6400 feridos e 1000 desaparecidos. Perdas de US\$22,5 milhões;
- Bophal, na Índia, em dezembro de 1984, com escape de uma nuvem de 40 km² de metila, com 4000 mortos e 200.000 intoxicados.
- Chernobyl, na Rússia, em abril de 1986, com explosão de indústria nuclear, com emissão de Urânio e 135.000 pessoas evacuadas;
- Goiânia, no Brasil, em 1987, exposição a radiação ionizante, resultou em 4 mortos, 129 contaminados e geração de 13,4 toneladas de lixo contaminado com Césio-137;
- Piper-Alpha, no Mar do Norte, em julho de 1988, vazamento de gás em plataforma de petróleo, com 167 mortos e perdas de US\$3,4 bilhões;
- Quebec, no Canadá, em agosto de 1988, com incêndio em armazém, com 8000 peças com resíduo de bifenilapolicloradas, que culminou com a evacuação de 4000 pessoas em 17 dias;
- Alasca, nos Estados Unidos, em março de 1989, com vazamento de 40.000 toneladas de petróleo do navio Exxon Valdez que encalhou, causando mortandade de aves, com prejuízos à pesca, maricultura e turismo;
- Ufa, na Rússia, em junho de 1989, com VCE em duto de gás natural, com 654 mortes e 500 feridos;
- Catzacoala, em março de 1991, explosão em planta de processo e vazamento de cloro com perda de US\$ 150 milhões;
- Guadalajara, no México, em abril de 1991, com explosão em duto de gasolina, causando 300 mortes;
- Mill Bay, no Reino Unido, em fevereiro de 1996, com vazamento de 70.000 toneladas de petróleo de um navio, com 2.300 pássaros mortos;
- Araras, no Brasil, em 1998, explosão de caminhão tanque com gasolina e óleo diesel, provocando 54 mortes;

- Rio de Janeiro, Brasil, em julho de 2000, vazamento de 1.500.000 litros de óleo com danos ao meio ambiente;
- Araucária, no Brasil, em julho de 2000, vazamento de 4.000.000 litros de óleo com danos ao meio ambiente;
- Rio de Janeiro, Brasil, em março de 2001, explosão em plataforma de petróleo, com 11 vítimas fatais e prejuízos de US\$ 500 milhões;
- Galiza, Espanha, em novembro de 2002, fissura no casco do navio Prestige com vazamento de 77.000 toneladas de óleo combustível, com mortandade de aves, prejuízos a pesca, maricultura e turismo;
- Cidade do Texas, nos Estados Unidos, em março de 2005, quando houve vazamento de hidrocarbonetos leves seguido de explosão. Mais de 100 pessoas ficaram feridas e 15 pessoas morreram;
- Golfo do México, Estados Unidos, abril de 2010, falha técnica na tubulação do poço, causando explosão na plataforma petrolífera Deepwater Horizon com 11 vítimas fatais, vazamento de hidrocarboneto direto do poço;

Todos esses eventos tiveram em comum, como consequência de suas ocorrências, ou o alto número de fatalidades, ou danos ao meio ambiente, com contaminação da fauna, da flora, águas e ar, além de altos prejuízos materiais.

Elementos de um acidente

Os elementos que fazem parte dos acidentes são os perigos dos processos, as causas iniciais e as consequências, conforme segue (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 2008; BARBOSA, 2009):

Perigos dos processos:

- Inventários significativos de materiais inflamáveis, combustíveis, instáveis, corrosivos, asfixiantes, sensíveis a choques mecânicos, altamente reativos, tóxicos, gases inertes, poeiras combustíveis, materiais pirofóricos.
- Condições físicas: altas temperaturas, temperaturas criogênicas, altas pressões, vácuo, pressões variáveis, temperaturas variáveis, vibração, líquido

com fluxo turbulento, radiação ionizante, alta voltagem, armazenamento em grandes quantidades, movimentação de material, gases liquefeitos.

Causas iniciais

- Perdas de contenção: dutos, tanques, vasos, contêineres, mangotes flexíveis, juntas, indicadores.
- Avarias em equipamentos: bombas, compressores, agitadores, válvulas, instrumentos, sensores, falhas em controles, paradas espúrias, alívios.
- Perda de utilidades: eletricidade, nitrogênio, água, refrigeração, ar, calor, transferência de fluídos, vapor, ventilação.
- Erros humanos: operação, manutenção e projetos.
- Eventos externos: impacto de veículos, condições meteorológicas extremas, terremotos, impactos acidentais próximos, vandalismo, sabotagem.

Consequências

- Descargas ou lançamentos.
- Fogo: incêndio em poça, fogo em jato, bola de fogo.
- Explosões: explosões confinadas, explosão de nuvem de vapor não confinada, ruptura de vasos, BLEVE, explosão de poeira, detonações, detonações em fase de condensados.
- Impactos: tóxicos, corrosivos, térmicos, sobre pressão, perdas e outros efeitos na comunidade, na força de trabalho, no meio-ambiente, em bens materiais e na produção.

Uma das lições mais importantes sobre acidentes em instalações industriais de processo é que eles são, muitas vezes, resultado de uma ação humana incorreta. A consciência da importância dos fatores humanos e da confiabilidade humana tem aumentado significativamente nos últimos 10 a 15 anos, devido, principalmente, ao fato de que alguns acidentes graves (nuclear e não-nuclear) tiveram significantes contribuições de erro humano. Em uma escala mundial, a porcentagem de acidentes graves que foram identificados como sendo devidos a erro humano (ou seja, onde a

causa principal do evento é um erro humano) é estimada em 40-50% (IAEA TECDOC-1048, 1998).

Acidentes como o de Three Mile Island (TMI), Chernobyl e Piper Alpha aumentaram a preocupação com a ocorrência de erros humanos em sistemas complexos e, em especial, sobre a avaliação de confiabilidade humana. Os sistemas complexos podem colocar os trabalhadores em um ambiente perigoso e os resultados dos erros humanos podem ser catastróficos (SANTOS *et al.*, 2009).

2.2 ERRO HUMANO

O conceito de erro humano não deve ter conotação de culpa e punição, devendo ser tratado como uma consequência natural, que emerge devido à não continuidade entre a capacidade humana e a demanda do sistema (SANTOS *et al.*, 2011).

O erro humano é um dos contribuintes remanescentes significativos de risco que podem levar a perdas inaceitáveis devido a acidentes. Para evitar e minimizar riscos devido a erro humano, as avaliações são frequentemente realizadas para avaliar o potencial de erro humano (SANTOS *et al.*, 2009).

É, sem dúvida, o ser humano o maior contribuinte de um evento indesejado. Reason (1990) aponta o fator humano como o elo mais fraco em qualquer sistema de engenharia. Isto ocorre devido ao fato de que todos os sistemas de engenharia dependem, até certo ponto, da intervenção humana. A concepção de sistemas automatizados que possam lidar com uma grande variedade de situações, sem a intervenção do operador, tem sido uma preocupação constante, mas levarão um bom tempo para que sejam totalmente confiáveis.

Lorenzo (1990) define erro humano, se intencional ou não, como qualquer ação humana ou sua falta, que excede ou falha em atingir um limite de aceitabilidade, onde os limites do desempenho humano são definidos pelo sistema.

Outra definição de erro humano considera qualquer ação humana (ou falta da mesma ação) que exceda as tolerâncias definidas pelo sistema com o qual o ser humano interage (KIRWAN, 1994).

Vários tipos de erros humanos podem contribuir para o fracasso de uma ação. Segundo Swain & Guttman (1983), dois grandes grupos se destacam: erros de omissão e erros de comissão. Erros de omissão são relacionados com a não realização de uma das etapas de uma tarefa ou ação. Os erros de comissão estão relacionados com o desempenho incorreto de uma tarefa ou ação. Erros de comissão podem ocorrer não só em eventos graves (como Three Miles Island ou Chernobyl), mas também ocorrem em mais eventos diários, ditos rotineiros. Estes erros são do ponto de vista comportamental, e não erros no sentido de que uma pessoa não pode executar uma ação corretamente. Pessoas cometendo erros de comissão, geralmente executam a ação corretamente a partir de sua compreensão atual do sistema (SANTOS *et al.*, 2009).

Segundo Wickens (1992), os componentes do quadro conceitual de erro humano são: modelo de processamento de informação; modos de erro externo (MEEs); modos de erro interno (MEIs); mecanismos psicológicos de erro (MPE); fatores de desempenho humano (FADs) e fatores contextuais.

Os modos de erro externo (MEEs) são a manifestação externa do erro (por exemplo, omissão e comissão). Os modos de erro interno (MEIs) são a manifestação interna do erro (por exemplo, a detecção tardia). O mecanismo psicológico do erro (MPE) é o mecanismo interno do erro dentro de cada domínio cognitivo. FADs são os fatores que podem afetar o desempenho humano e aumentar a probabilidade de ocorrência de falhas humanas ou desempenho eficaz (EMBREY *et al.*, 1984).

O mesmo autor descreveu as seguintes funções e etapas do modelo humano de processamento da informação: recepção e processamento sensorial (percepção),

memórias (memória de longo prazo, memória de trabalho); avaliação da situação; planejamento da resposta e implementação da resposta.

Qualquer definição de falha humana deve considerar as ações e limites específicos envolvidos numa tarefa em particular, em um determinado contexto e ser considerada como um resultado natural e inevitável da variabilidade humana em interações com um processo, refletindo as influências de todos os fatores pertinentes no momento em que as ações são executadas (KIRWAN, 1994).

2.3 FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO HUMANO (FADs)

Fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (FADs) são fatores que podem contribuir para a ocorrência do erro humano proporcionando situações de erro provável (EMBREY, 2001).

Os fatores humanos correspondem a um grupo de informações relacionadas com as habilidades, limitações e outras características humanas que são relevantes para o projeto de um sistema (NUREG, 2002).

O esforço para melhorar a segurança da planta industrial está centrado na melhoria do desempenho humano, na minimização da ocorrência de erros em todos os níveis da organização e na validação da integridade das defesas, barreiras, controles ou salvaguardas, sobretudo para sistemas de alto risco. A falha humana, se intencional ou não intencional é definida como qualquer ação humana ou a sua falta, que excede ou falha em atingir um limite de aceitabilidade, onde os limites do desempenho humano são definidos pelo sistema (KIRWAN, 1994).

Para minimizar os erros humanos, é necessário considerar os fatores que afetam o desempenho humano (FADs). Os FADS podem ser externos, internos ou estressores (SWAIN & GUTTMANN, 1983).

Os FADS externos incluem todo o ambiente de trabalho, os equipamentos, os procedimentos escritos ou instruções verbais. Os FADs internos representam as características individuais das pessoas, suas habilidades, sua motivação e as expectativas. Os estressores são os psicológicos e fisiológicos que resultam do ambiente de trabalho, quando as exigências do sistema não estão em conformidade com a capacidade e as limitações do trabalhador.

Os principais fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores estão listados no Quadro 2.

FATORES EXTERNOS

Condições de localização / acesso aos locais das ações
Temperatura
Umidade
Qualidade do ar
Iluminação
Ruído
Vibração
Grau de limpeza em geral
Relação horas de trabalho / descanso
Disponibilidade e adequação de instrumentos e ferramentas especiais
Condições de acesso / manuseio dos controles dos equipamentos
Condições de visualização dos displays nos equipamentos
Diferenciação no formato / cor / localização para os controles / displays
Organização de plantões e o número de operadores por turno de trabalho
Necessidade de rapidez e precisão na execução de determinadas tarefas
Necessidade de interpretação para determinadas tarefas
Condições / “clima” para tomada de decisões
Repetitividade em determinadas tarefas
Grau de complexidade de determinadas tarefas
Realização de cálculos em algumas atividades
Comunicação entre os membros da equipe
Qualidade da interface homem-máquina.
Estado das ferramentas e instrumentos utilizados nas atividades
Existência de procedimentos / instruções de trabalho orais
Existência ou não de instruções escritas para realização de diagnóstico
Coerência nos métodos de trabalho
Erro de conteúdo e/ou de seqüência nos procedimentos escritos
Comodidade na execução das tarefas

FATORES INTERNOS

Tempo de experiência na função
Conhecimento na área de atuação
Familiaridade com ações de resposta a situações de emergência.
Estado emocional
Identificação com o grupo de trabalho
Condição física do operador

FATORES ESTRESSORES

Estresse em situações de emergência
Duração do estresse
Risco de exposição a perigos.
Subtaneidade (surpresa) das ocorrências.
Carga de trabalho
Monotonia no trabalho
Períodos longos de vigilância sem ocorrências.
Aparição ocasional de ruídos ou outros fatores que causem distração
Disparos acidentais e rotineiros de alarmes
Caso de fadiga

Quadro 2. Principais fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (FONTE: SWAIN & GUTMANN, 1983 *apud* NASCIMENTO, 2010).

A sobreposição das atividades gera consequências tais como: perda da informação, prejuízo da cooperação no seio da equipe, dificuldade na compreensão das informações, dentre outros (LUQUETTI, 2005).

A não combinação entre os FADs resulta num estresse que degrada o desempenho humano. Situações de trabalho adequadamente projetadas, compatíveis com as necessidades, capacidades e limitações humanas, levando em consideração os fatores que afetam o desempenho humano (FADs), podem criar condições que otimizem o desempenho do trabalhador e minimizem os erros humanos (SANTOS *et al.*, 2011).

Quando os FADs relevantes para uma determinada situação de trabalho são ótimos, o desempenho também será melhor, e a probabilidade de erro será minimizado.

Os aspectos que formam o contexto no qual o ser humano deve se adequar, processar as informações e dar as respostas que o meio espera podem ser agrupados em três sistemas, o Cognitivo, o Social e o Situacional. O sistema Cognitivo agrupa *“toda capacidade de processar informações, de reagir ao que percebemos no mundo e em nós mesmos.”* (BARBOSA, 2009).

A lista completa dos fatores que influenciam o desempenho dos trabalhadores pode ser usada como uma ferramenta de verificação, para identificar áreas problemáticas que darão origem a um aumento potencial de erro. FADs podem também ser utilizados no processo de investigação de um incidente ou acidente (EMBREY, 2001).

Para melhorar o desempenho humano, em função dos FADS, análises realizadas podem implicar em mudanças no projeto hardware/software; modificações de diretrizes corporativas, que afetam desde o desenvolvimento dos profissionais, a cultura de segurança; treinamentos; alterações na carga de trabalho por empregado. Os erros humanos potenciais associados a tarefas específicas devem ser identificados, para que as medidas preventivas possam ser implementadas. Além

disso, as estimativas de probabilidades de erro humano são necessárias como dados para estudo de custo/benefício de projetos, estabelecimento de diretrizes ou de procedimentos e também como dados para avaliações quantitativas de risco (LORENZO, 2001).

2.4 CONFIABILIDADE HUMANA E ANÁLISE DE CONFIABILIDADE HUMANA

A confiabilidade humana é tratada como um fator crítico de sucesso, pois é utilizada para minimizar o número de acidentes pessoais, impactos ambientais e o número de ocorrências que levam a perda de produção (MEISTER, 1990).

De acordo com Hollnagel (2005) o termo “confiabilidade humana” é geralmente definido como a probabilidade de que uma pessoa execute corretamente alguma atividade exigida pelo sistema durante um determinado período de tempo (se o tempo for um fator limitante) sem realizar outra atividade que possa degradar o sistema. Historicamente, a necessidade de desenvolver um conjunto de métodos para Análise da Confiabilidade Humana (ACH) foi a necessidade de descrever as prováveis ações humanas incorretas e seu impacto na Análise Probabilística da Segurança (PSA).

Análise de Confiabilidade Humana (ACH) é uma ferramenta utilizada para melhorar o desempenho humano e estimar a confiabilidade humana, ao fornecer informações tanto qualitativas, quanto quantitativas (SANTOS *et al.*, 2008).

As informações qualitativas identificam as ações críticas que um trabalhador deve realizar para desenvolver uma tarefa a contento, identificando ações errôneas (não desejadas) que podem degradar o sistema, identificando situações de erro provável e identificando quaisquer fatores que poderiam contribuir para os erros no desempenho humano.

Os dados quantitativos fornecidos pelas ACHs são estimativas numéricas da probabilidade de que uma tarefa será desenvolvida de maneira incorreta ou de que ações não desejadas serão realizadas (SANTOS *et al.*, 2008).

Alguns métodos de análise de confiabilidade humana são fortemente influenciados pelo enfoque de análise probabilística de segurança (APS) e dependem de dados quantitativos para a avaliação das ações humanas. Geralmente são quatro as fontes de onde esses dados são obtidos: estimados de especialistas, de simuladores, experimentos e experiência operacional (LUQUETTI *et al.*, 2005).

2.4.1 Métodos de Análise de Confiabilidade Humana

Os métodos de análise de confiabilidade humana objetivam o cálculo e a redução da probabilidade de ocorrência dos erros humanos e de suas consequências.

A probabilidade de ocorrência de erro humano (PEH) é a probabilidade de que aconteça um erro humano (falha humana) na realização de uma tarefa.

$$PEH = \frac{\text{Número de erros humanos cometidos}}{\text{Número de oportunidades}}$$

Os métodos de Análise de Confiabilidade Humana podem ser de primeira ou segunda geração.

Os métodos de primeira geração consideram que todas as etapas de uma tarefa são realizadas através de procedimentos definidos e que a realização de cada subtarefa é crucial para o sucesso total da tarefa. Os erros humanos considerados são de omissão.

Os métodos de segunda geração incorporam aspectos da cognição humana, ergonomia, psicologia. Seus objetivos são identificar as ações que requerem

atividades cognitivas importantes, determinando as condições e ações que podem constituir uma fonte de risco; incorporar conhecimentos relacionados com a interação usuário sistema; identificar e modelar os erros de comissão.

Alguns métodos de análise de confiabilidade humana são apresentados a seguir:

THERP (Technique for Human Error Rate Prediction)

Método de Análise Confiabilidade humana de Primeira geração que identifica erros do tipo omissão e utiliza banco de dados erros humanos (SWAIN & GUTTMANN, 1983).

Os procedimentos do método THERP são:

- Coleta de Informações: Visitar a planta, conhecer os sistemas, procedimentos e tarefas;
- Decomposição das tarefas em etapas (análise hierárquica das tarefas): Ações realizadas (equipamentos e sistemas), informações desempenho, identificar prováveis erros em cada etapa (omissão) considerando os fatores que afetam desempenho humano;
- Desenvolver árvore eventos ou árvore de falhas a partir dos erros listados;
- Determinar as probabilidades nominais de ocorrência dos erros omissão (banco de dados - descrição mais próxima);
- Estimar os efeitos dos FADs nas probabilidades nominais: Probabilidades Modificadas;
- Determinar os efeitos dos fatores de recuperação: A inclusão desses fatores aumenta a probabilidade de sucesso;
- Cálculo da Probabilidade Total.

SLIM-MAUD (Success Likelihood Index Method Multi Attribute Utility Decomposition)

Técnica centrada no julgamento por especialista (falta de um banco de dados específicos). Considera a probabilidade de ocorrência de erros humanos como uma

função dos fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (FADs). A não combinação desses fatores afeta o desempenho humano, acionando o mecanismo de erro humano (EMBREY *et al.*, 1984).

Os procedimentos do método SLIM-MAUD são:

- Escolha de um grupo de especialistas independentes;
- Desenvolver análise hierárquica das tarefas;
- Desenvolver questionários a serem respondidos pelos especialistas, em função da escolha dos FADs;
- Atribuir pesos a cada FAD escolhido;

ATHEANA (A Technique for Human Error Analysis)

Método de análise de confiabilidade humana de segunda geração, centrado na identificação dos erros humanos do tipo comissão. Tem uma abordagem mais realística da interação usuários sistema com a inclusão dos aspectos cognitivos. Reconhece a necessidade da multidisciplinaridade: engenharia, psicologia, ergonomia, projetistas, etc.

Importantes eventos de falhas humanas (não previstos no projeto e treinamento), especialmente erros de comissão, representam situações no qual o contexto dos eventos (FADs, condições da planta) leva o operador ao erro (NUREG/CR-6350) .

Alguns incidentes e acidentes mostram que as falhas humanas podem ocorrer mesmo que os usuários sigam corretamente todos os procedimentos. Alguns fatores contribuem para esta situação: determinados cenários não considerados durante o treinamento dos usuários; indisponibilidade e falhas múltiplas de equipamentos, não previstas no treinamento baseado em simuladores.

Procedimentos do método ATHEANA:

- Identificar e definir os eventos de falhas humanas: baseado nos requisitos funcionais do sistema associados com os eventos identificados nas árvores de eventos;
- Identificar potenciais ações não seguras que poderiam causar cada Evento Falha Humana (EFH): Sinais de inicialização foram desabilitados pela equipe manutenção;
- Para cada tipo de ação não segura, identificar as funções cognitivas que poderiam originar esta ação não segura: Falha no processamento de informação, avaliação da situação, planejamento da resposta, implementação da resposta;
- Processo inicial para identificar os FADs, que influenciaram na falha do processamento das informações. Para cada tipo de ação não segura e sua associada razão, identificar os potenciais fatores de contexto (Exemplo: falha de comunicação, falha organizacional) que levaram ao erro;
- Para cada tipo de ação não segura, estimar a probabilidade de ocorrência dos fatores de contexto que levaram ao erro (EFC) e a probabilidade de ocorrência das ações não seguras.

CREAM (Cognitive Reliability and Error Analysis Method)

Este método identifica as ações que requerem atividades cognitivas importantes, determinando as condições e ações que podem constituir uma fonte de risco através da análise das tarefas. As atividades cognitivas dominantes são especificadas para cada subtarefa. Baseado na frequência de ocorrência dessas atividades cognitivas, o modelo de demanda cognitiva de uma tarefa ou subtarefa é construído (HOLLNAGEL, 2006).

De uma maneira geral, o método CREAM é constituído de duas fases:

- Fase A: Método básico - construir a sequência do evento; avaliar as condições de desempenho humano; determinar os prováveis modos de controle.

- Fase B: Método estendido - construir o modelo das demandas cognitivas; identificar as prováveis falhas das funções cognitivas; determinar a probabilidade de ocorrência de falha das funções cognitivas.

Os modos de controle descrevem o nível de controle que os usuários têm em relação às condições de trabalho e possibilitam uma equivalência com a confiabilidade operacional. A confiabilidade operacional é menor para o modo de controle desordenado e conseqüentemente maior para o modo de controle estratégico. A probabilidade de falha do usuário é maior no modo de controle desordenado e menor no modo de controle estratégico. Os modos de controle são citados a seguir:

- Desordenado: Ações são escolhidas ao acaso com pouca reflexão envolvida.
- Oportunista: A escolha das ações é ineficiente, tempo disponível é limitado, o contexto não é entendido, estado não usual do sistema ou deteriorações nas condições de trabalho.
- Tácito: Usuários seguem procedimentos ou regras conhecidas, entretanto com planejamento limitado.
- Estratégico: As ações são escolhidas depois de análises cuidadosas, considerando as dependências entre as várias etapas das tarefas e as interações entre os usuários e os sistemas.

Os modos de controle são determinados por um conjunto de fatores chamados de Condições Comuns de Desempenho (CCD). Esses CCDs descrevem como o desempenho humano é afetado pelo contexto da operação. São considerados CCDs: adequação da organização, condições de trabalho, adequação das interfaces e sistemas de suporte, disponibilidade dos procedimentos, número de objetivos simultâneos, disponibilidade de tempo, ritmo circadiano (dia e noite), adequação do treinamento, experiência, cooperação da equipe, eficiência da comunicação.

Cada CCD é avaliado para um determinado cenário, em função da redução ou aumento da probabilidade de falha de uma ação.

- Pontuação expressa a quantidade de CCD que otimiza a confiabilidade de desempenho (Σ melhorias);
- Pontuação determina a quantidade de CCD que reduz a confiabilidade de desempenho (Σ redução);
- Σ melhorias e Σ redução determinam o modo de controle esperado e a probabilidade de erro humano esperado.

2.4.2 Julgamento por especialistas na obtenção de probabilidade de erro humano

Um especialista é um indivíduo com conhecimento especializado ou habilidade em algum domínio específico. A Avaliação por Especialistas pode ser vista como uma expressão do julgamento de um especialista em um assunto ou questão. Uma avaliação é geralmente considerada como uma impressão, avaliação pessoal, ou uma estimativa subjetiva de uma qualidade ou quantidade de interesse (WILMOT *et al.*, 2000).

Wilmot *et al.* (2000) ainda aponta que a principal razão, pela qual se recorre à Avaliação por Especialistas, é que não existem alternativas viáveis, ou seja, não existem métodos alternativos para a obtenção dos dados. Alternativas viáveis podem não estar disponíveis para a medição de certos tipos de dados. Por outro lado, os experimentos necessários para esse fim poderiam ser muito caros. Portanto, na maioria das vezes as avaliações por especialistas são necessárias porque não existem observações que poderiam ser feitas no lugar do julgamento.

Conforme pode ser observado nos documentos NUREG-1842 (2006) e NUREG-1792 (2005), das técnicas de ACH, em algum estágio de sua modelagem é utilizado o julgamento de especialistas quando não há banco de dados específicos para obtenção de probabilidades de erro humano. Em destaque podem ser citadas THERP, ASEP, SLIM e ATHEANA. Isso acontece, normalmente, por razão das

bases de dados existentes não contemplarem todas as informações requeridas para as ACH (NASCIMENTO, 2010).

Alternativas viáveis podem não estar disponíveis para a medição de certos tipos de dados. Portanto, na maioria das vezes as avaliações por especialistas são necessárias porque não existem observações que poderiam ser feitas no lugar do julgamento.

É prática normal usar vários especialistas para responder às mesmas perguntas, por duas razões: Em primeiro lugar, pode haver múltiplos pontos de vista ou abordagens para as questões em estudo. A seleção de um só especialista pode excluir outros pontos de vista e levar a uma distorção da incerteza que possa existir sobre um problema. Em segundo lugar, o uso de especialistas individuais, muitas vezes subestima a incerteza real (CLEMEN & WINKLER, 1999).

Embora não haja nenhuma regra definitiva para a determinação do número de especialistas a serem utilizados, a experiência sugere a utilização de três a doze especialistas (CLEMEN & WINKLER, 1999). Fatores que influenciam o número de especialistas incluem os recursos disponíveis, a diversidade ou a concordância dos pontos de vista defendidos pelos especialistas, e a abrangência de conhecimentos necessários.

De uma forma geral, Wilmot *et al.* (2000) observam que para um processo de avaliação por especialistas ser eficiente, é importante considerar os seguintes aspectos:

- Selecionar bons especialistas no domínio em questão e treiná-los nos aspectos normativos do assunto;
- A agregação das avaliações de vários especialistas tende a produzir resultados mais precisos do que usar o parecer de um único especialista;
- Métodos matemáticos de agregação são geralmente preferíveis aos métodos comportamentais para se chegar a um consenso;

- A qualidade das decisões dos especialistas pode ser substancialmente melhorada através de decomposição do problema em uma série de problemas mais elementares;
- Os especialistas que são entrevistados em seus ambientes de trabalho têm fácil acesso aos seus arquivos e outras fontes de informação pertinentes;
- Os especialistas estão sujeitos a tendências e excesso de confiança;
- Fontes de dependência entre os especialistas devem ser identificadas.

A avaliação por especialistas sempre desempenhou um grande papel na ciência e engenharia. Cada vez mais, a avaliação por especialista é reconhecida como um tipo de dado científico, e métodos são desenvolvidos para tratá-la como tal (WILMOT *et al.*, 2000).

2.4.3 Análise Hierárquica das Tarefas

A Análise Hierárquica das Tarefas é uma técnica usada para descrever como o trabalho é organizado. Envolve a identificação do objetivo geral da tarefa em toda estrutura hierárquica e suas respectivas ações, e as condições sob as quais devem ser realizadas para alcançar esta meta.

Desta forma, o planejamento de tarefas complexas pode ser representado como uma hierarquia de operações – diferentes ações que as pessoas devem fazer dentro de um sistema e o planejamento das condições que são necessárias para realizar estas operações (EMBREY, 2000).

Apesar da técnica ter sido desenvolvida em um contexto de controle de processo, tem sido usada em outras aplicações e subsídios ao trabalho, organização do trabalho e análise de erros humanos (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 1994).

De acordo com o CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (1994), a análise das tarefas é fundamental para a análise e redução do erro humano. As técnicas de análise da tarefa podem ser abordadas sob o enfoque das ações ou sob um enfoque cognitivo. O primeiro descreve os aspectos observáveis do comportamento do operador em diferentes níveis de detalhes, juntamente com algumas indicações da estrutura da tarefa. E a segunda abordagem foca nos processos mentais relacionados aos comportamentos observáveis.

As técnicas cognitivas de análise da tarefa são orientadas para os processos mentais que podem implicar em ações humanas não seguras. É importante para as análises que envolvem operações que requeiram funções de alto nível mental, como diagnóstico, tomadas de decisões e resoluções de problemas (EMBREY, 2000).

2.5 PLANO DE EMERGÊNCIA

De acordo com Serpa (1997), o gerenciamento de riscos em instalações ou atividades perigosas deve contemplar medidas, tanto para prevenir a ocorrência de acidentes maiores, o que requer a atuação sobre as frequências de ocorrência de falhas que possam acarretá-los, bem como sobre as possíveis consequências desses acidentes, caso os mesmos venham a ocorrer, minimizando, assim, os impactos causados às pessoas e ao meio ambiente.

O Plano de Emergência, ou Plano para Resposta a Emergência é parte integrante de Gerenciamento de Riscos, de modo que danos causados por acidentes possam ser minimizados ao máximo. Um pré-requisito para elaboração de um Plano de Resposta a Emergência adequado, para fazer frente aos possíveis danos causados por acidentes numa instalação industrial, é um detalhado estudo de análise de riscos, de modo que as tipologias acidentais, os recursos e as ações necessárias para minimizar estes impactos possam ser adequadamente dimensionados (MAIA, 2008).

Assim, o estudo de análise de riscos deve ser considerado como um pressuposto básico para a elaboração de um Plano de Resposta a Emergência, e desse estudo devem ser extraídas, entre outras as seguintes informações:

- Cenários acidentais;
- Consequências esperadas em cada uma das hipóteses acidentais considerada;
- Possíveis impactos e áreas afetadas.

Com essas informações, é possível planejar a elaboração do Plano para Resposta a Emergência, e dimensionar adequadamente as seguintes ações (MAIA, 2008):

- Isolamento;
- Sinalização;
- Definição de pontos de encontro e rotas de fuga;
- Dimensionamento e localização estratégica de equipamentos de combate e proteção individual;
- Definição de procedimentos de combate a vazamentos e incêndios.

Algumas dessas ações são essenciais para a elaboração do Plano de Retirada de Emergência.

2.5.1 Plano de Retirada de Emergência

Um dos itens principais de um plano de emergência é o plano de retirada de emergência (evacuação), que envolve a retirada total ou parcial dos trabalhadores do local de trabalho (SANTOS *et al.*, 2008).

Segundo Abrahams (1994), uma evacuação de emergência é o deslocamento de pessoas de um local perigoso, face ameaça ou ocorrência de um evento desastroso.

Este deslocamento tem como objetivo e prioridade máxima a preservação da segurança e implicitamente das vidas, dos trabalhadores.

O plano de retirada de emergência é constituído das seguintes etapas:

1. Identificação das saídas de emergência;
2. Definição das possíveis rotas de fuga;
3. Planeamento da retirada (ordem de saída, escolha do responsável pela retirada dos trabalhadores de um determinado setor de trabalho);
4. Identificação dos pontos críticos das possíveis rotas de fuga e
5. Seleção do local de concentração.

A representação gráfica das fases do processo de retirada de emergência é apresentada na Figura 1 (SANTOS *et al.*, 2008 adaptado de DIMATTIA, 2004).

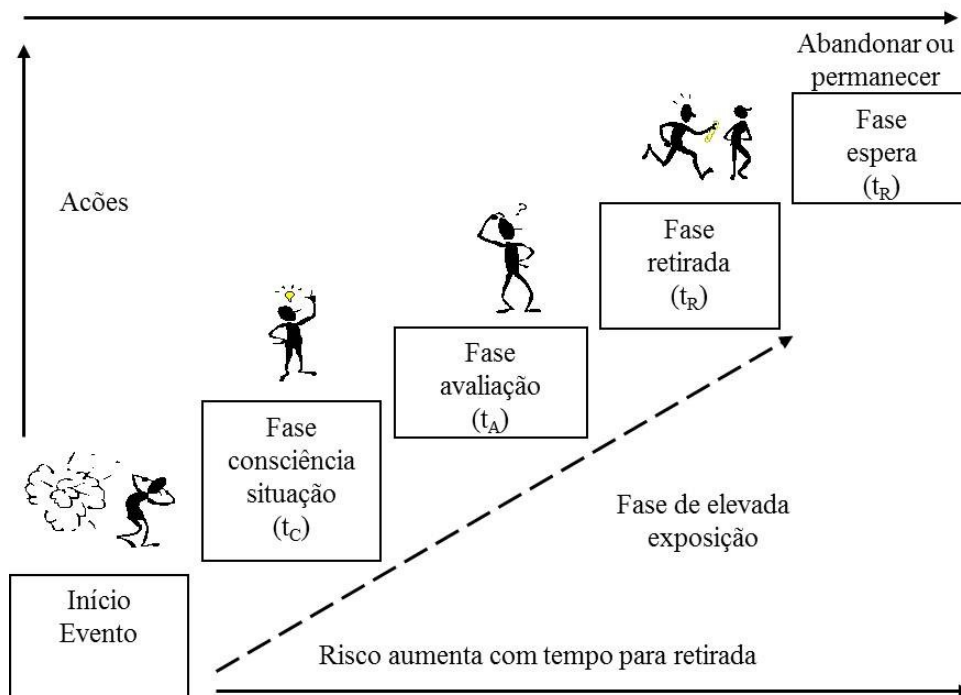


Figura 1. Representação gráfica das fases do processo de retirada de emergência (Fonte: SANTOS *et al.*, 2008 adaptado de DIMATTIA, 2004).

O planejamento da retirada de emergência é um processo iterativo que envolve identificar as melhores rotas de fuga e estimar o tempo necessário para evacuação da área em risco (LINDELL, 2007).

O alarme de evacuação indica aos trabalhadores que devem iniciar o processo de evacuação e se reunir no refúgio temporário. Os trabalhadores são obrigados a parar o trabalho, colocar o processo em condições de segurança, manter o local de trabalho seguro, sem obstruções, se deslocar para o refúgio seguro temporário, registrar seus nomes e permanecer no refugio temporário.

Os aspectos fundamentais para o sucesso do processo de evacuação são influenciados pela severidade do evento iniciador da emergência e pelos fatores que afetam o desempenho humano. As ações que definem uma evacuação de sucesso são: identificação precoce do início da retirada, avaliação correta das rotas de fuga, o acesso rápido a rota de fuga, deslocamento eficiente para refúgio temporário (SANTOS *et al.*, 2009).

Durante a situação de emergência, um dos focos de tomada de decisão está na maximização do tempo disponível para a notificação da emergência. Os responsáveis tendem a protelar a decisão de evacuação para o último momento, devido ao receio de provocar pânico generalizado, de gerar falso alarme e desencadear uma evacuação não necessária. Nesta situação as decisões são tomadas em condições de pressão temporal e estresse, sendo fundamental uma decisão correta para a preservação da vida dos trabalhadores e minimizar os efeitos da emergência.

Neste contexto, as seguintes decisões devem ser consideradas: nada a fazer, ficar no local de trabalho ou iniciar o processo de retirada. As decisões são baseadas no conhecimento pessoal prévio, no conhecimento formal prévio e no conhecimento do contexto atual. No conhecimento pessoal prévio prevalece o conhecimento acumulado ao longo dos anos, através das experiências anteriores e treinamentos. No conhecimento formal prévio prevalece o conhecimento contido em documentos e planos de emergência. O conhecimento do contexto atual se

caracteriza pelo conhecimento adquirido durante o tratamento da emergência, pelo dinamismo da situação, ou seja, pela própria evolução da emergência (SANTOS *et al.*, 2008).

Melhorias nos sistemas de segurança, nas condições de circulação dos trabalhadores, no layout do ambiente de trabalho e na disposição das rotas de fuga podem influenciar na redução do tempo no processo de retirada dos trabalhadores durante uma emergência. A presença de fogo, fumaça, gás, calor e radiação nuclear dificultam o processo de retirada de emergência e constituem um problema para a vida humana (SANTOS *et al.*, 2009).

2.6 A FALHA HUMANA SEGUNDO A PERSPETIVA COGNITIVA

Na busca por uma forma de descrever e compreender o insucesso das ações humanas, várias classes de modelos têm sido utilizadas. De acordo com Hollnagel (2005), os métodos de ACH incluem um dos seguintes modelos:

Comportamentais, ou fatores humanos: modelos que se concentram nos modos de erro. Os modos de erro são geralmente descritos em termos de omissões, instruções e ações alheias, bem como os métodos decorrentes da probabilidade de que uma manifestação específica irá ocorrer. Desde que, os modelos causais são, ou muito simples ou inexistentes, a base teórica para a previsão de desempenho de falhas é insuficiente. Modelos comportamentais, portanto, também são fracos para influenciar o contexto.

Modelos de processamento da informação: que se concentram em "mecanismos" internos para, por exemplo, tomada de decisão ou raciocínio. Os métodos visam explicar, através de modelos, o fluxo de causas e efeitos. Modelos causais são complexos, mas com limitada capacidade de previsão, e pouca preocupação com a quantificação. Normalmente referem-se à causa dos erros, bem como, com a consequência (por exemplo, deslizos, lapsos, enganos, violações), ou ao mau

funcionamento de uma hipotética função de processamento da informação. O contexto não é considerado explicitamente; no máximo em termos de contributo para o operador. Os modelos de processamento de informação são mais adequados para a análise retrospectiva do que para a análise prospectiva.

Modelos cognitivos que incidem sobre a relação entre os modos e as causas de erros, referindo-se ao ambiente sócio - técnico como um todo. Ao contrário dos modelos de processamento da informação, os modelos cognitivos são simples e o contexto é representado explicitamente. Cognição é a razão do desempenho eficiente - e por isso, muitas vezes, limitado – e o operador é considerado não só como um ator de respostas aos eventos, mas também como um ator que age em antecipação de situações futuras. Modelos cognitivos são adequados para análises prospectivas e retrospectivas. Existem, no entanto, poucos métodos de ACH que abordam de modo mais profundo esse tipo de modelo.

Ao realizar o seu trabalho, o ser humano interage com diferentes subsistemas, obtendo dados e informações de uns e fazendo o input de outras informações e dados, algumas vezes acrescidas da sua interpretação (baseada em conhecimento, experiência e atitude) de outros subsistemas, e isso influencia na confiabilidade de todo o sistema. Além disso, o ser humano pode ser considerado como um componente autônomo em séries com todos os subsistemas de tecnologia e informações que compõem o sistema (CHIODO *et al.*, 2004 *apud* BARBOSA, 2009).

2.6.1 Falhas ativas e condições latentes

De acordo com Reason (2000), os eventos adversos ocorrem, pois há uma combinação de falhas ativas com condições latentes. As falhas ativas têm um impacto direto e geralmente muito breve sobre a integridade das defesas. Segundo o mesmo autor, no modelo epidemiológico de acidentes, as ações humanas não seguras são classificadas como (Figura 2):

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

- Ações intencionais: Definidas como violações

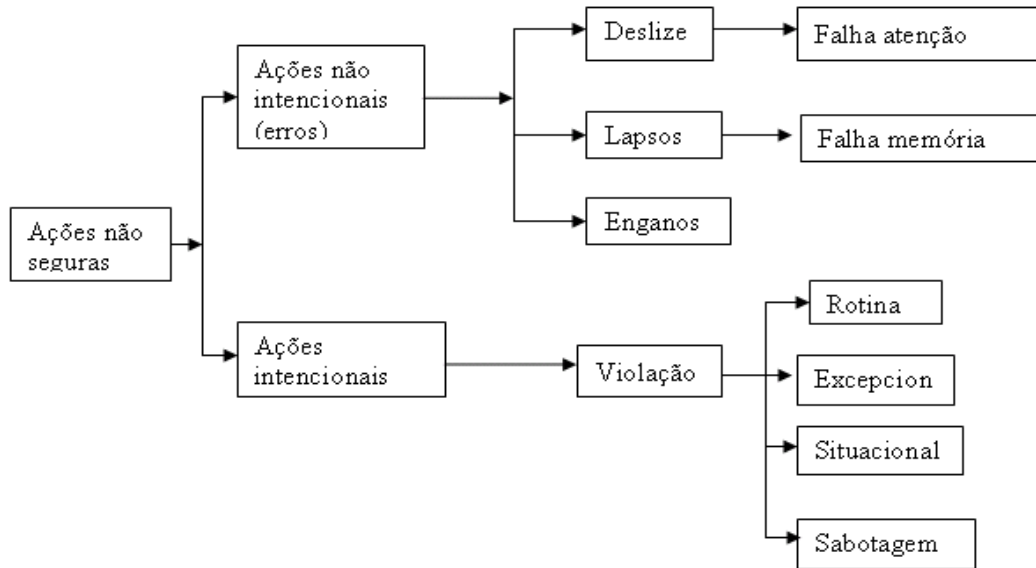


Figura 2. Ações não seguras (Reason, 1997)

As condições latentes podem não ser percebidas por muito tempo, até serem combinadas com falhas ativas para criar a oportunidade para o acidente. Um exemplo disso foi o acidente da refinaria de petróleo, na cidade do Texas, em março de 2005, onde havia instrumentos inadequados e outros com falhas de funcionamento, identificados anteriormente, que apenas quando combinados com as falhas ativas cometidas pelas pessoas que estavam em contato direto com o sistema, levaram a uma tragédia.

Esta idéia é ilustrada na Figura 3, através do modelo “queijo suíço” de causas de acidentes, proposta por Reason, que trata da oportunidade do acidente e a sua penetração através de várias ações de bloqueio existentes. As chances combinadas da ocorrência de um acidente são muito pequenas, como buracos em fatias paralelas de um queijo suíço, que devem ser alinhadas para um feixe de luz passar. Cada plano representaria uma fraqueza do sistema (condições latentes). Cada uma dessas fraquezas isoladamente não causa um evento indesejado, mas a coincidência desses eventos leva ao acidente (BARBOSA, 2009).

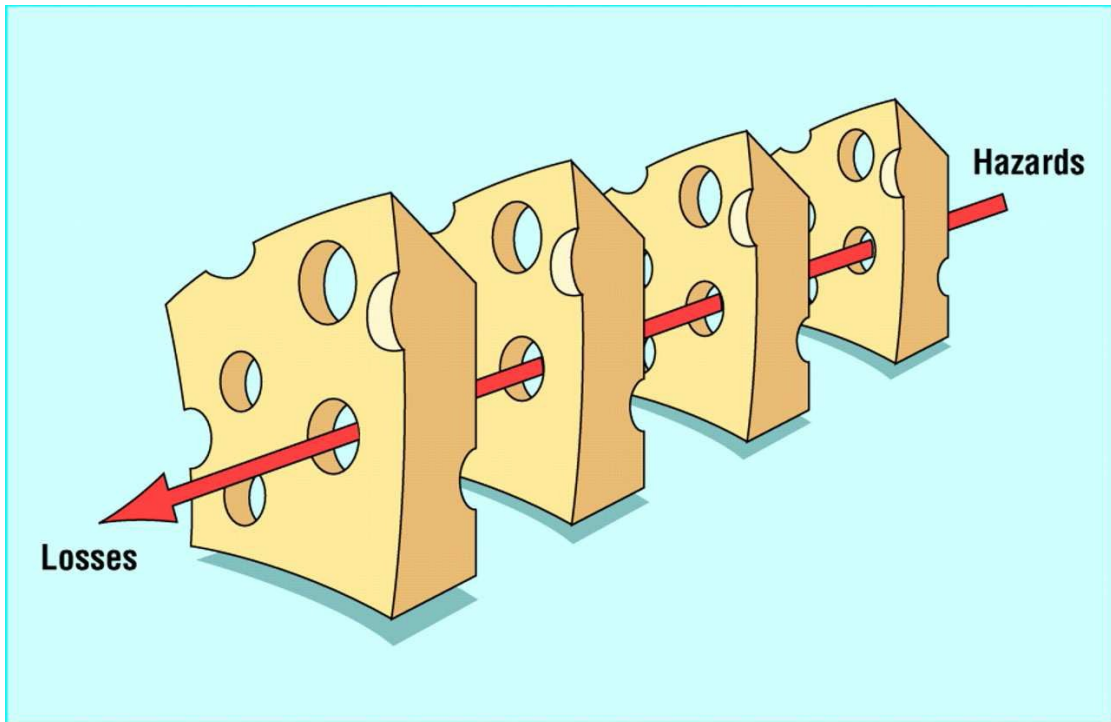


Figura 3. Modelo “queijo suíço” de causas de acidentes, proposto por Reason (Fonte: REASON, 2007 *apud* BARBOSA, 2009).

A Figura 4 apresenta uma trajetória da oportunidade do acidente penetrando através de um sistema com muitas camadas de defesa. O resultado é uma interação entre falhas latentes e uma variedade de eventos desencadeadores.

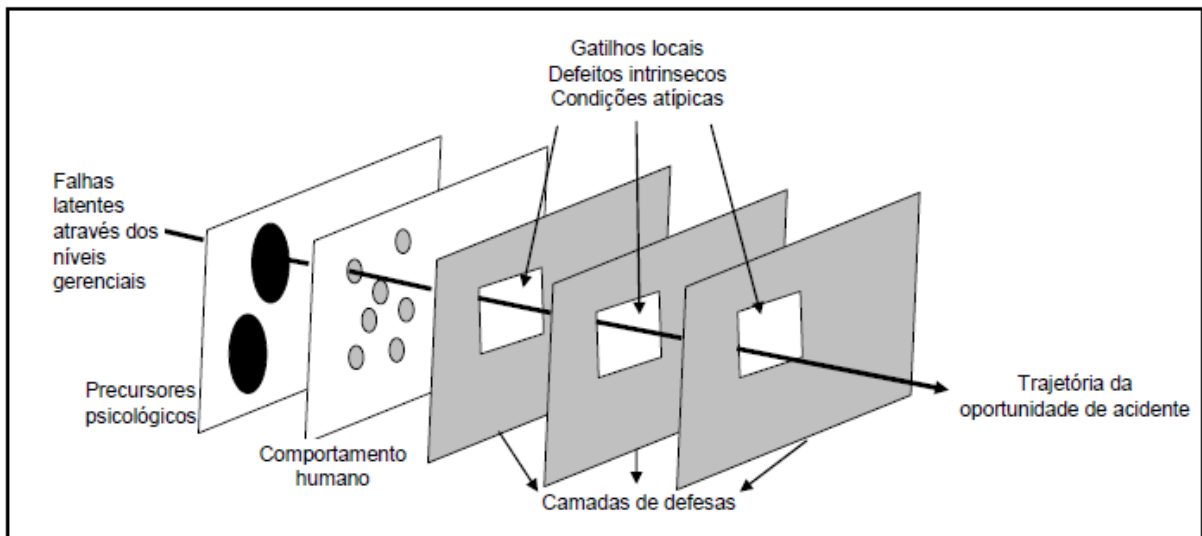


Figura 4. Dinâmica de acidentes (Fonte: REASON, 2003 *apud* BARBOSA, 2009).

As análises de grandes acidentes em indústrias químicas indicam que as causas de acidentes raramente são devidas a um único fator. A maioria deles é uma combinação de alguns eventos provocados juntos com condições pré-existentes, como erro de design, falhas de manutenção e deficiências de projeto e montagem. Entender este contexto pró - ativamente permite o gerenciamento dessas variáveis e a atuação preventiva (BARBOSA, 2009).

2.6.2 Modos de desempenho dos trabalhadores

Rasmussen (1987) desenvolveu um modelo para identificação do modo de desempenho dos trabalhadores envolvidos em tarefas industriais. Segundo Reason (2003), o modelo é primeiramente dirigido aos erros mais graves cometidos por aquelas pessoas que estão na supervisão ou controle de instalações industriais, particularmente durante em emergências em plantas de processos químicos.

Esta classificação conhecida como SRK (skill, rule, knowledge based), considera que as informações baseadas em habilidades, procedimentos e conhecimentos referem-se ao grau consciente de controle exercido pelo indivíduo sobre sua atuação. Prevê os tipos de erros susceptíveis de ocorrer em diferentes situações operacionais, ou em diferentes aspectos da mesma tarefa em que podem ocorrer diferentes tipos de processamento da informação sobre as demandas individuais (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 1994).

De acordo com REASON (2003, *apud* BARBOSA, 2009) no modo de conhecimento, o homem realiza uma missão de uma forma quase completamente consciente. Isso poderia ocorrer em uma situação onde um trabalhador em processo de treinamento realiza uma tarefa, ou quando um indivíduo experiente é confrontado com uma situação totalmente inédita. Em qualquer destes casos, o trabalhador teria de exercer considerável esforço mental para avaliar a situação, e sua resposta é susceptível de ser lenta. Além disso, após cada ação de controle, o trabalhador teria

de avaliar o seu efeito antes de tomar novas medidas, o que seria provavelmente muito mais lento do que a situação exigiria.

Na modalidade baseada em habilidade, o desempenho humano é governado por padrões internos de instruções pré-programadas representadas por estruturas análogas em um domínio de tempo-espço. Erros neste nível são relacionados com a variabilidade intrínseca coordenada entre força, espaço e tempo (REASON, 2003). Referem-se à boa execução de ações físicas nas quais não existe praticamente nenhum acompanhamento consciente.

As respostas baseadas em habilidade são geralmente iniciadas por algum evento específico, por exemplo, a exigência de operar uma válvula, que pode surgir de um alarme, um procedimento ou outro indivíduo. A operação de abertura de válvula, que é muito praticada, irá então ser executada em grande parte sem pensamento consciente (CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 1994 *apud* BARBOSA, 2009).

Outra categoria de processamento de informação envolve o uso de regras. Essas regras podem ter sido aprendidas como resultado da interação com as plantas de processo, através de treinamento formal, ou através do acompanhamento de trabalhadores experientes no processo (EMBREY, 2000; CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY, 1994 *apud* BARBOSA, 2009).

As características dos modos de interação entre o indivíduo e suas tarefas são apresentadas no Quadro 3.

MODO BASEADO EM CONHECIMENTO	MODO BASEADO EM HABILIDADES
Consciente	Automático
Usuário inexperiente ou ocasional	Usuário habilidoso ou regular
Ambiente estranho	Ambiente familiar
Lento	Rápido
Empenho	Sem empenho
Requer considerável retorno de resposta	Requer pouco retorno de resposta
Causas de erros: <ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga • Variabilidade manual • Falta de conhecimento de modos de uso 	Causas de erros: <ul style="list-style-type: none"> • Fortes hábitos • Frequentemente as regras pertinentes são utilizadas inadequadamente

<ul style="list-style-type: none"> Falta de consciência das consequências 	<ul style="list-style-type: none"> As mudanças situacionais não desencadeiam a necessidade de mudar hábitos
--	--

Quadro 3. Modos de interação entre indivíduos e a tarefa (Fonte: REASON, 1990 *apud* EMBREY, 2000).

No que se refere ao nível de consciência, o nível de controle baseado em regras é mais equilibrado e fica entre o modo baseado em conhecimento e o modo baseado em habilidade. O termo conhecimento é entendido como o que o operador tem em mente quando está preparando-se para considerar um problema e definir a solução para o processo, logo, tem um grande componente consciente, como pode ser visto na Figura 5.

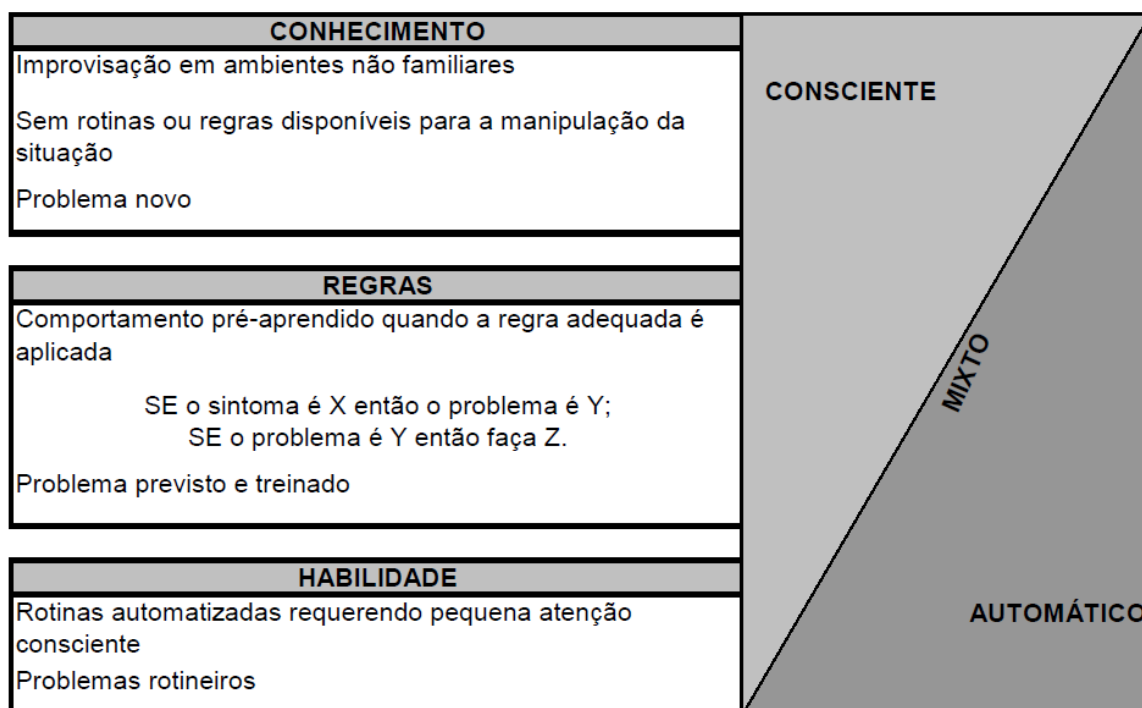


Figura 5. Relação entre modos de comportamento consciente e automático (Fonte: REASON, 1990 *apud* EMBREY, 2000).

Segundo Rasmussen (1987) os modos de desempenho dos operadores são baseados nas habilidades, nas regras e no conhecimento e os trabalhadores normalmente estão se movendo de um modo de desempenho para outro. Um resumo dos modos de desempenho é apresentado abaixo:

- Desempenho baseado na habilidade:** Neste nível são executadas ações rotineiras, tarefas práticas, ações realizadas com ocasionais verificações

conscientes. O comportamento é governado através de instruções pré-programadas, desenvolvidas através de treinamento ou da experiência adquirida. Os erros cometidos neste modo são ocasionados pela falta de atenção.

- **Desempenho baseado nas regras:** Neste nível são aplicadas regras escritas ou memorizadas, através da combinação dos sinais e sintomas dos problemas encontrados e do conhecimento armazenado. O pensamento consciente é utilizado para verificar se a solução é apropriada ou não. As ações requerem um grande nível de consciência, apesar de estarem inseridas na experiência normal dos operadores. Os erros cometidos neste modo são ocasionados pela má interpretação.
- **Desempenho Baseado no Conhecimento:** Quando não conseguimos achar uma solução já existente para um problema, recorremos ao esforço de pensar sobre possíveis soluções. Caso exista disponibilidade de tempo e condições apropriadas que satisfaçam o aprendizado, encontraremos excelentes soluções.

Segundo Reason (1994), as pessoas não estão preparadas para solucionar novos problemas em situações de emergência. Neste nível as ações requerem um grande nível de consciência. Os trabalhadores devem utilizar o conhecimento fundamental ao invés da experiência formal.

As ações corretas não estão claras. É uma situação não familiar. O operador não possui as habilidades e as regras necessárias. Ele deve usar seu conhecimento sobre o sistema, princípios científicos ou fundamentos teóricos. Os erros cometidos neste modo são ocasionados por um modelo mental equivocado.

O trabalhador no modo de desempenho baseado no conhecimento deve:

- Construir seu conhecimento fundamental através de princípios científicos e utilizar diagramas dos sistemas;

- Ter um bom método de solução de problemas;
- Duvidar das conclusões alheias;
- Trabalhar em grupo.

Durante a solução dos problemas, o objetivo é descobrir meios que possibilitem a mudança de uma situação baseada no conhecimento para uma situação baseada nas regras ou na habilidade. Deve-se enfatizar, que os três níveis de desempenho não são mutuamente exclusivos.

A seguir são citadas algumas sugestões que podem melhorar o desempenho do trabalhador, reduzindo a possibilidade de um erro acontecer:

Modo desempenho baseado nas habilidades

- Identificar as etapas críticas de uma tarefa;
- Aumentar a supervisão incluindo um operador para realizar a verificação paralela nas etapas críticas;
- Assim que o operador for interrompido, reler duas ou três etapas anteriores de um procedimento antes de prosseguir com a tarefa;
- Melhorar o planejamento, diminuindo as interrupções;
- Eliminar pressões desnecessárias realizadas pelo planejamento;
- Melhorar a experiência e a proficiência do operador com a tarefa.

Modo desempenho baseado nas regras

- Simplificar os procedimentos;
- Eliminar erros nos desenhos esquemáticos e manuais técnicos;
- Melhorar o conhecimento em relação aos procedimentos;
- Promover a prática das intenções verbalizadas.

Modo desempenho baseado no conhecimento

- Intensificar o uso de interfaces amigáveis com o operador;
- Enfatizar o uso de equipes, cooperação e comunicação entre os operadores;
- Utilizar o conhecimento adquirido sobre os sistemas;
- Questionar as decisões tomadas.

2.6.3 A relação das ações humanas não seguras com os modos de desempenho.

Relacionando conceitos das falhas humanas (deslizes – lapsos e enganos) aos modos de desempenho (classificação de SKR), deslizes (slips) podem ser descritos como sendo devido a uma desobediência às regras porque são cometidos por indivíduos altamente qualificados. Na prática são atividades características do modo baseado em habilidades (BARBOSA, 2009). Planejamento é satisfatório, mas ações desviam da intenção, de modo não intencional. As tarefas são familiares. São caracterizados pela falta de atenção. Por exemplo: omissão, ao esquecer etapa de uma tarefa. O treinamento não elimina esse tipo erro (deslizes). Os lapsos são caracterizados pelo esquecimento ou falha na memória.

Enganos (mistakes) são essencialmente limitados aos modos baseados em regras e conhecimentos. São erros de julgamento ou tomada de decisão. Realizar ações erradas, acreditando que estão certas. Comportamento é baseado em regras ou situações não familiares (novas). Treinamento elimina esse tipo de erro.

Nos enganos (mistakes) baseados em conhecimento, os fatores que são importantes surgem a partir de demandas sobre a capacidade de processamento de informação do indivíduo e a situação deve ser avaliada a partir de princípios já dominados pelo indivíduo. As pessoas que se encontram sob alto stress ou em situações não familiares não desempenham bem suas tarefas se não existirem regras, rotinas ou procedimentos para lidar com a situação.

Kotogiannis e Embrey (1990) e Reason (2003) descrevem um vasto leque de modos de falha sob estas condições. Por exemplo, a Síndrome “fora da visão, fora da mente” onde apenas as informações que são facilmente disponíveis serão utilizadas para avaliar a situação. O efeito “eu sei que estou certo” ocorre porque a pessoa que está resolvendo o problema tem um excesso de confiança na correção dos seus conhecimentos.

2.6.4 Modelo Simples de Cognição.

O propósito da análise e identificação dos potenciais modos de falhas humanas na realização das subtarefas críticas é de encontrar o caminho para a manifestação das ações errôneas, suas prováveis causas e o porquê desses erros ocorrerem. Para isso é necessário identificar a essência das funções cognitivas que estão engendradas na realização de subtarefas para determinar as ações internas do elemento humano assim como os fatores externos, ambientais e organizacionais, que exercem influência sobre aquelas funções (FREITAS, 2012).

O Modelo Simples de Cognição (SmoC) foi definido como uma tentativa para classificar os elementos essenciais de cognição humana e organiza-los numa forma de aplicação genérica. Este modelo, apesar de reduzido para representar todos os aspectos da cognição humana, representa um avanço para a identificação das principais funções cognitivas (HOLLNAGEL & CACCIABUE, 1991 *apud* FREITAS, 2012). A Figura 6 apresenta este modelo.

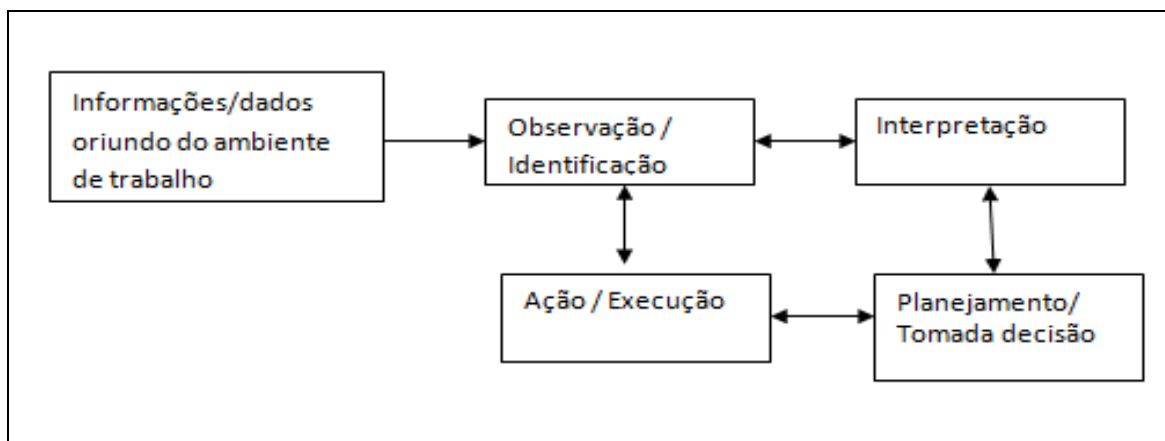


Figura 6. Ilustração do Modelo Simples de Cognição (SmoC) (Fonte: HOLLNAGEL & CACCIABUE, 1991 *apud* FREITAS, 2012).

As principais funções cognitivas são definidas como:

- Observação/ Identificação: Em função da mudança de um estado de normalidade para anormalidade, os trabalhadores desviam sua atenção e tentam observar e identificar o que causou esta mudança de estado.
- Interpretação: Considerando todas as informações armazenadas na memória de longo prazo (conhecimento adquirido ao longo da vida profissional, cursos de treinamento) e de curto prazo (informações do dia anterior, trocas de turnos, eventos anteriores recentes), os trabalhadores constroem internamente um modelo da situação de trabalho e tentam interpretar a situação.
- Planejamento/ tomada de decisão: Início de um processo de escolha entre as várias alternativas disponíveis, das possíveis ações que os trabalhadores podem executar. É escolhida uma, entre muitas alternativas para as ações a serem tomadas.
- Ação/ execução: Assim que o planejamento é estabelecido, o trabalhador implementa a resposta através da sua atuação. O trabalhador observa novamente a situação de trabalho para verificar se as ações realizadas

surtiram efeito, conforme o planejamento estabelecido, e re-planejar, caso seja necessário.

Segundo Hollnagel (2005), para melhor entendimento das funções cognitivas é necessário desenvolver um modelo das demandas cognitivas dos trabalhadores. O objetivo é mostrar que específicas demandas cognitivas estão associadas com determinadas subtarefas. Dessa maneira, é possível avaliar se uma tarefa ou subtarefa é provavelmente dependente de algumas funções cognitivas. Em caso afirmativo, as condições nas quais são exigidas essas funções cognitivas devem ser melhor analisadas, para determinar os prováveis modos de falhas humanas.

No seguimento desta busca pelo entendimento da cognição humana, Rouse (1981) e Barrier (1994) introduziram o conceito das atividades cognitivas críticas realizadas no desempenho das tarefas e as classificaram da seguinte forma: coordenar, comunicar, comparar, diagnosticar, avaliar, executar, identificar, manter, monitorar, observar, planejar, gravar, regular, revisar e verificar.

2.6.5 Modelo de Demanda Cognitiva

Segundo Hollnagel (2005) e Rasmussen (1989), a construção do modelo de demanda cognitiva das ações/ tarefas associadas possibilita associação com os possíveis FADs que afetam o desempenho humano.

O desenvolvimento de uma matriz das demanda das funções cognitivas em relação às atividades cognitivas críticas é de vital importância para associar as atividades cognitivas críticas com as quatro funções cognitivas: observação, interpretação, planejamento e execução. O Quadro 4 apresenta o modelo dessa matriz (ROUSE, 1981; BARRIER, 1994).

ATIVIDADES COGNITIVAS CRÍTICAS	FUNÇÕES COGNITIVAS			
	OBSERVAÇÃO	INTERPRETAÇÃO	PLANEJAMENTO	EXECUÇÃO
Coordenar			X	X
Comunicar				X
Comparar		X		
Diagnosticar		X	X	
Avaliar		X	X	
Executar				X
Identificar		X		
Manter/ Parar			X	X
Monitorar	X	X		
Observar	X			
Planejar			X	
Gravar		X		X
Regular	X			
Revisar	X			
Verificar	X	X		

Quadro 4. Matriz das atividades cognitivas críticas associadas às funções cognitivas (Fonte: ROUSE, 1981; BARRIER, 1994).

Para melhor entendimento da matriz apresentada podemos exemplificar que a coordenação envolve as funções cognitivas planejamento e execução. Uma tarefa que exige do operador o monitoramento das características de desempenho de um sistema exige uma demanda das funções cognitivas de observação e interpretação. O diagnóstico e a avaliação referem-se às funções cognitivas de interpretação e planejamento.

De acordo com Hollnagel (2005), é possível gerar uma lista identificando os prováveis modos de falhas humanas do responsável pela execução de uma tarefa associadas as funções cognitivas (Quadro 5).

FUNÇÕES COGNITIVAS	PROVÁVEIS MODOS DE FALHAS	
Erros de Observação	O1	Observação objeto errado (estímulo ou evento errado)
	O2	Identificação errada (parcial)
	O3	Observação não realizada (omissão)
Erros de Interpretação	I1	Falha diagnóstico (incompleto)
	I2	Não realizou decisão, decisão errada ou incompleta
	I3	Interpretação tardia (demorou)
Erros de Planejamento	P1	Erro prioridade, escolha objetivo errado
	P2	Planejamento incompleto, inadequado ou errado
Erros de Execução	E1	Desempenho errado (muita força, velocidade, direção)
	E2	No tempo errado (muito cedo ou muito tarde)
	E3	Ação no controle errado (próximo, similar, não relacionado)
	E4	Ação fora da sequencia
	E5	Ação omitida, não realizada

Quadro 5. Modos de falhas humanas segundo Hollnagel (2005).

3 TERMINAIS PETROLÍFEROS AQUAVIÁRIOS

A indústria do petróleo pode ser descrita por um grande processo complexo, composto de seis atividades, que vão “do poço ao posto”: exploração, desenvolvimento, produção, refino, transporte e distribuição (RANGEL & LIMA, 2009).

O transporte de petróleo e derivados no Brasil tem como função a importação e a exportação, o escoamento da produção dos campos petrolíferos e a distribuição dos produtos processados. Para viabilizar estas atividades, tem-se a integração de meios de transporte e instalações, compreendendo os modais rodoviário, ferroviário, dutoviário, aquaviário e os terminais (OLIVEIRA, 1993).

No Brasil, o transporte marítimo realizado pelos navios petroleiros constitui-se no principal modal, atuando tanto na navegação de longo curso como na navegação de cabotagem ao longo da região costeira do país. A interligação com a terra é feita através dos terminais marítimos, instalações portuárias adequadas às operações de transferência de carga dos navios para terra e vice-versa ou entre navios, sendo peças-chave nesta cadeia logística e, distribuídos ao longo de toda a costa brasileira (TRANSPETRO, 2011; SILVA, 2004).

Os terminais são os principais pontos de ligação do navio com a terra viabilizando a movimentação de petróleo, seus derivados e álcool etílico no país (ANP, 2012). Na Figura 7 estão ilustrados os terminais fluviais, lacustre, marítimos e terrestres autorizados pela ANP a operar no Brasil em 2010.

A principal empresa brasileira de petróleo opera por meio dos segmentos de Dutos e Terminais, Transporte Marítimo e Gás Natural. A atividade dessa empresa une as áreas de produção, refino e distribuição e se estende à importação e à exportação de petróleo e derivados, gás e etanol. A companhia conta hoje com 48 terminais. Os principais terminais aquaviários estão listados no Quadro 6.



Figura 7. Terminais autorizados pela Agência Nacional do Petróleo em operação no Brasil no ano de 2010 (Fonte: ANP, 2012).

TERMINAL	ESTADO	INFORMAÇÕES
Rio Grande	RS	Possui tancagem destinada a derivados e produtos especiais. Dele são transportados petróleo, tolueno e xileno. Realiza também transbordo de GLP e abastecimento de navios com bunker.
Niterói	RS	Terminal lacustre (aquaviário). Localizado na margem norte do Rio Gravataí, na cidade de Canoas, região metropolitana de Porto Alegre. O terminal carrega barcas tanque com bunker e transporte rodoviário de óleo leve de reciclo. Recebe também óleo combustível marítimo por caminhões tanque. Através do oleoduto Refap-Niterói o terminal recebe diesel marítimo e óleo leve de reciclo da refinaria Alberto Pasqualini.
Osório	RS	Terminal oceânico não abrigado constituído por 2 sistemas de monobóias instalados em mar aberto próximo a costa de Tramandaí. Essas monobóias são projetadas para amarração de navios nas operações de carga e descarga operações de petróleo e derivados (nafta, diesel, condensado petroquímico e gasolina). O terminal atende basicamente a refinaria Alberto Pasqualini e a petroquímica Brasken através do oleoduto Osório Canoas.
São Francisco do Sul	SC	Recebe o petróleo de navios que descarregam por monobóias. De lá o petróleo bruto é enviado por oleodutos submarinos até o terminal, que é o local de armazenagem e transferência do produto para a Refinaria do Paraná através do oleoduto Santa Catarina-Paraná.
Paranaguá	PR	O terminal opera interligado a Refinaria Presidente Getúlio Vargas. O escoamento dos derivados é realizado por modais rodoviário e ferroviário e pelo oleoduto Aracária-Paranaguá (bidirecional). Ele também fornece bunker para navios do Porto de Paranaguá
São Sebastião	SP	É o maior terminal operado pela Transpetro. Recebe petróleo por navio petroleiro e abastece 4 refinarias no estado de São Paulo através dos oleodutos São Sebastião-Guararema e Santos-São Sebastião. Os derivados entram e saem do terminal pelo oleoduto Guararema-Paulínea. Outra forma de vazão é o envio dos derivados por navios para outros portos nacionais ou para exportação.
Angra dos Reis	RJ	Atende as refinarias de Duque de Caxias (RJ) e Gabriel Passos (MG). O terminal é utilizado como entreposto de exportação e cabotagem para terminais de menor porte, e atende, também, a elaboração do bunker e a exportação de óleo combustível excedente na produção nacional. O bunker PE utilizado para suprir a demanda de abastecimento dos navios que operam no terminal e nos portos de Mangaratiba e Sepetiba.
Ilha d'água	RJ	O terminal aquaviário de Ilha d'água realiza operações de cabotagem, de importação e exportação de derivados de petróleo, facilitando o escoamento de diversos produtos de (e para) a refinaria de Duque de Caxias. Com ele são fornecidos bunkers para navios atracados no terminal, por oleodutos ou para navios fundeados na Baía de Guanabara, por meio de barcas.
Ilha Redonda	RJ	É interligado a refinaria Duque de Caxias (Reduc), à Petroflex e à Polibrasil por um gasoduto. O terminal pode realizar operações de cabotagem, de importação e de exportação de GLP, de butadieno e de propeno. Normalmente ocorre carga e descarga de navios de GLP e descarga de navios de butadieno e propeno.
Vitória	ES	Recebe derivados de Petróleo por navio-petroleiro e abastece as empresas distribuidoras. O terminal opera óleo combustível para as indústrias locais e abastece navios com diesel marítimo e com bunker utilizando barcas.
Norte Capixaba	ES	Recebe Petróleo dos campos terrestres do Norte do Espírito Santo e escoo o produto por navios atracados em monobóias.
Madre de Deus	BA	Principal ponto de escoamento da produção da refinaria de Mataripe, cujos derivados abastecem as regiões Norte e Nordeste.
Aracaju	SE	O terminal Aquaviário de Aracaju é responsável pelo armazenamento e embarque de petróleo produzido em Sergipe tanto nos campos terrestres de Carmópolis, Siriri e Riachuelo, quanto na plataforma continental. O terminal é utilizado eventualmente como entreposto para armazenar o óleo proveniente das bacias do Rio Grande do Norte, Ceará, Amazonas, Alagoas e Espírito Santo.
Maceió	AL	O Terminal Aquaviário de Maceió opera com caminhões-tanque para o transporte de diesel e de gasolina, diretamente as distribuidoras, além de petróleo e álcool. A movimentação dos produtos visa atender o estado de Alagoas, as cidades vizinhas, refinarias e países importadores de álcool.
Suape	PE	O Terminal Aquaviário de Suape é responsável pela operação de carga /descarga de navios-tanque. É realizado o armazenamento de derivados de petróleo e de álcool, assim como sua carga e descarga em caminhões tanque e vagões tanque. É realizada a transferência dos derivados para as distribuidoras e é efetuado o transbordo entre navios tanque e abastecimento a navios.
Cabedelo	PB	O Terminal Aquaviário de Cabedelo recebe derivados de petróleo por navios e álcool por caminhões-tanque e realiza sua distribuição.
Natal	RN	O Terminal Aquaviário de Natal escoo os derivados de petróleo recebidos por navios e caminhões-tanque para suprir as demandas energéticas do próprio estado e de áreas de abrangência.
Guamaré	RN	O Terminal Aquaviário de Guamaré serve, principalmente, como ponto de armazenamento e escoamento por cabotagem ou viagens de longo curso, para a produção de petróleo oriundo dos campos de terra do Rio Grande do Norte.
Mucuripe	CE	O Terminal Aquaviário de Mucuripe concentra a entrada e saída dos produtos da refinaria do Ceará. O óleo é processado no píer, e os derivados são enviados para as distribuidoras atendendo ao mercado local. Também é feito o abastecimento de embarcações com bunker no cais comercial do porto de Mucuripe.
Pecém	CE	É o primeiro terminal flexível de regaseificação de Gás Natural Liquefeito no Brasil.
São Luis	MA	O Terminal aquaviário de São Luís armazena derivados de petróleo e gás liquefeito de petróleo GLP. Os produtos derivados são transferidos para as distribuidoras instaladas no Porto de Itaqui.

		O terminal é utilizado como entreposto de exportação e cabotagem para terminais de menor porte.
Belém	PA	O terminal aquaviário de Belém abastece os estados do Pará e Amapá.
Coari		Fundamental no escoamento de petróleo e gás produzido pela petrobras na região de Urucu. Recebe o petróleo e o GLP da Petrobras UM-BSO, pelo oleoduto rio Solimões (Orsol I), armazena e entrega a navios para o abastecimento de petróleo da refinaria de Manaus (Reman) e suprimento do mercado de GLP no Pará, Rondônia, Maranhã e parte de Ceará e Pernambuco.
Santos	SP	Opera como regulador do estoque de produção de derivados. As atividades realizadas são: transferência e recebimento de produtos de navios, abastecimento de bunker dos navios atracados no Porto de Santos, recebimento e expedição de produtos para a refinaria Presidente Bernardes e para o terminal terrestre de Cubatão, envio de gás liquefeito para as companhias de GLP da região.
Regência	ES	O terminal é responsável pelo escoamento de toda produção de petróleo dos poços em terra e da plataforma continental do estado do Espírito Santo e de campos produtores do sul da Bahia.
Manaus	AM	É a porta de entrada e saída dos produtos movimentados e produzidos pela Petrobras na refinaria de Manaus. Movimenta em seus portos navios e barcaças com petróleo, GLP e derivados claros e escuros para a Reman e para as companhias distribuidoras. Movimenta, ainda, monômeros de estirenos para a empresa Videolar.

Quadro 6. Lista dos Terminais Aquaviário da empresa em operação no Brasil (Fonte: <http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes/>).

Os terminais petrolíferos podem agrupar-se em duas categorias:

- Terminais com píer de atracação
- Terminais em mar aberto

Os atraques de petroleiros estão condicionados por uma série de variáveis que requerem um tratamento especial das instalações, como, por exemplo, dimensões dos navios, condições de manobra, condições meteorológicas e oceanográficas e risco de poluição e acidentes. Em terminais com píer de atracação o atraque é feito em cais convencional, ou em molhes portuários. As instalações de carga e descarga são os braços de carga-descarga, bombas e tubulações. A Figura 8 e Figura 9 ilustram terminais com píer de atracação.

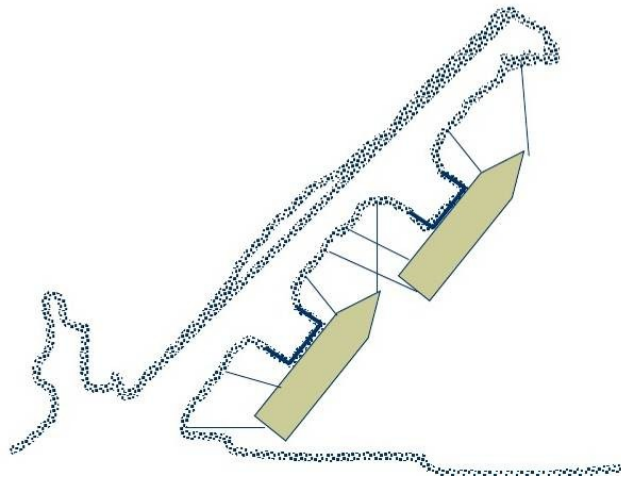


Figura 8. Esquema de um terminal com píer de atracação para navios (Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/52193437/411-portos-iii>).



Figura 9. Terminal da Ilha d'Água, Rio de Janeiro (Fonte: <http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes/>).

Em terminais em mar aberto as operações de atracação podem ser feitas com plataforma com pontos fixos de atraque; torre fixa de atraque ou bóia de amarre, e conta com as seguintes instalações: zona de atraque, condutores de união, serviços de terra. Os diferentes tipos de atracação em terminais estão ilustrados na Figura 10 e a Figura 11 ilustra um exemplo de terminal não abrigado em mar, operado por monobóia.

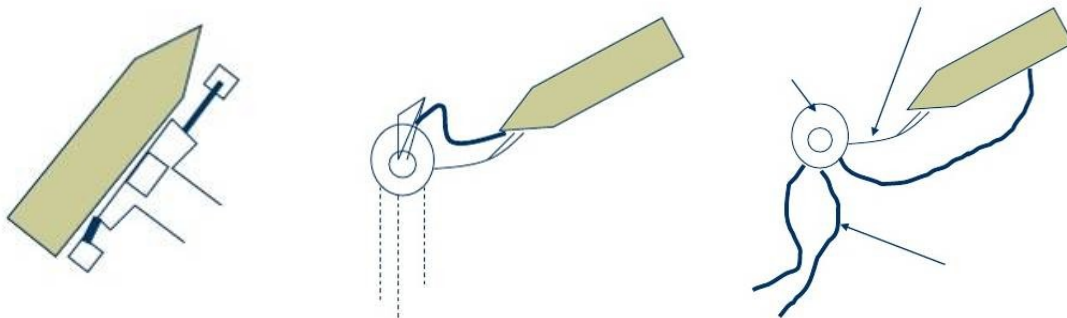


Figura 10. Diferentes tipos de atracação em terminais em mar aberto, respectivamente: pontos fixos de atraque; torre fixa de atraque ou bóia de amarre (Fonte: <http://pt.scribd.com/doc/52193437/411-portos-iii>)



Figura 11. Terminal oceânico não abrigado de Osório, SC, operado por monobóia (Fonte: <http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/principais-operacoes/>).

3.1 ACIDENTES EM TERMINAIS PETROLÍFEROS AQUAVIÁRIOS

Os terminais petrolíferos estão sujeitos a ocorrência de acidentes maiores nas suas áreas tais como vazamento dos produtos provocando poluição ambiental, emissões atmosféricas, incêndios e explosões nas suas tubulações e equipamentos (tubulações, tanques, vasos de pressão, etc.).

Além disso, choques de navios tanques em berços de atracação, incêndios de caminhões tanques e vagões tanques ocorrendo por diversas causas, entre elas, falha de aterramento elétrico, colisões, vazamentos, entre outros (MENDES, 2004).

Os acidentes ora relatados podem ser incluídos como sendo acidentes industriais ampliados, que de acordo com Freitas *et al.* (2000), são acidentes que ocorrem nas indústrias de processo contínuo, tais como nuclear, química, petroquímica, e que em casos de acidentes afetam não só os trabalhadores, como também a comunidade situada ao entorno.

De acordo com a FRONAPE (2002^a), existem vários tipos de acidentes que podem ocorrer em terminais:

- Incêndios e explosões: um dos acidentes mais preocupantes que podem ocorrer em um terminal uma vez que pode originar vazamentos catastróficos ocasionados pela quantidade derramada e pelo fato do produto poder inflamar;
- Carga ou descarga de navios em terminais: São os casos mais comuns de incidentes em áreas portuárias. Acidentes de maiores probabilidades, mas normalmente também os de menores consequências;
- Operações de abastecimento: Rompimento de mangotes, Vazamentos em uniões, Transbordamento - As consequência são reduzidas dado que as vazões de abastecimento são normalmente pequenas. Nestas condições, o nível de risco é reduzido;
- Colisão de navios com estruturas portuárias: Pelo fato de um navio estar manobrando em áreas restritas deve-se considerar a possibilidade de em função das condições de vento, corrente, erro de manobra ou avaria mecânica, pode chocar-se contra alguma estrutura portuária, abrindo um rombo no casco. Este tipo de acidente pode ser considerado frequente. Não é de esperar que o derrame exceda os 100 m³. Tipo de acidente que tende a ser eliminado com a gradual substituição da frota por embarcações de costado duplo.

O Quadro 7 e o Quadro 8 apresentam dados relativos aos acidentes decorrentes das operações de petroleiros no mundo e suas causas com base em dados de vazamento de óleo (ITOPF, 2012).

OPERAÇÕES	< 7 t	7 - 700 t	> 700 t	Total
Carga / Descarga	3156	388	41	3585
Abastecimento	563	33	1	597
Outras operações / desconhecidos	4122	818	83	1386

Quadro 7. Número de acidentes registrados no mundo referente a operação de navios petroleiros, no período de 1970 a 2011 (Fonte: <http://www.itopf.com>. Acesso em 27/09/2012).

ACIDENTES	< 7 t	7 - 700 t	> 700 t	Total
Colisão	182	344	134	660
Encalhe	299	269	148	716
Falha estrutural	577	100	15	692
Fogo / Explosão	173	47	69	289
Outros / Desconhecido	4991	1153	354	6498

Quadro 8. Número de acidentes com navios petroleiros registrados no mundo referente às causas, no período de 1970 a 2011 (Fonte: <http://www.itopf.com>. Acesso em 27/09/2012).

Estes dados deixam claro que a maioria (64%) dos vazamentos de navios-tanque no mundo resulta de operações de rotina como carga e descarga, que ocorre em portos ou terminais (Figura 12).

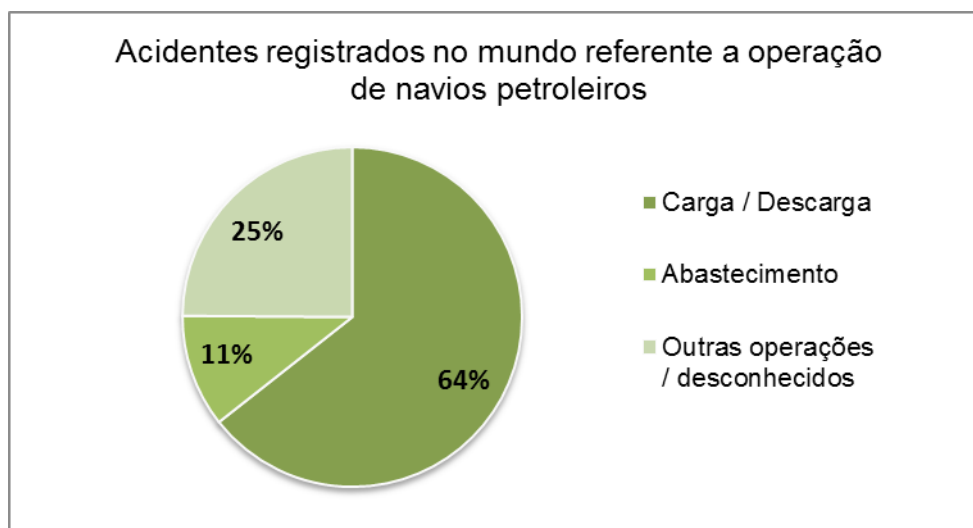


Figura 12. Número de acidentes registrados no mundo referente a operação de navios petroleiros (Fonte: <http://www.itopf.com>. Acesso em 27/09/2012).

No Brasil, de acordo com Silva (2004), baseado em dados da FRONAPE no período de 1996 a 2002, a maioria dos derrames resulta de operações rotineiras, tais como carga e descarga (Quadro 9), que normalmente ocorrem em portos ou terminais petrolíferos.

OPERAÇÕES	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total
Abastecimento	1	1	0	0	1	0	2	5
Atracação	0	0	1	0	1	0	0	2
Carga	6	3	6	1	5	3	2	26
Descarga	7	6	6	2	6	0	1	28
Deslastro	0	0	0	1	0	0	0	1
Drenagem	0	0	0	0	1	0	1	2
Em viagem	0	0	0	0	0	1	0	1
Fundeio	0	1	0	0	0	0	1	2
Lastro	0	0	1	0	0	0	0	1
Limpeza de linha	0	0	1	0	0	0	0	1
Recebimento	0	0	0	1	0	0	0	1
Reparo	0	1	0	0	0	0	0	1
Transbordo	0	0	0	1	0	0	0	1
Transferência	0	0	0	2	0	1	1	4
Total	14	12	15	8	14	5	8	76

Quadro 9. Número de acidentes, por operação, com navios a serviço da FRONAPE (próprios ou afretados) na costa brasileira entre 1996 e 2002 (Fonte: SILVA, 2004).

Frequentemente, os acidentes são causados por uma combinação de eventos acidentais, tipicamente por falhas de um ou mais componentes (equipamentos, humano, excesso de cargas, etc.) que devem funcionar corretamente para completar a tarefa de forma bem sucedida (SOARES & TEIXEIRA, 2001).

Segundo Oliveira (1993), as ocorrências de acidentes podem ser resultantes de mão-de-obra imprópria, manutenção inadequada e material de qualidade inferior.

Diversos estudos atribuem às falhas humanas ocorridas em algum ponto do processo a responsabilidade por 60 à 80% dos acidentes (INTERAGENCY COORDINATING COMMITTEE ON OIL POLLUTION RESEARCH, 1997 *apud* ROBERT & CRAWFORD, 2002; SOARES & TEIXEIRA, 2001). Os dados apresentados por Marroig (1997) responsabilizam as falhas humanas por 85% dos acidentes.

4 METODOLOGIA

4.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MODELO DE PESQUISA ADOTADO

A não existência de um banco de dados de falhas humanas durante o processo de retirada de emergência na instalação industrial possibilita o uso de uma abordagem centrada em um método de análise da confiabilidade humana utilizando a opinião dos especialistas. Este método é o SLIM-MAUD (Success Likelihood Index- Multiple Attribute Utility Decomposition).

Portanto, em processos onde é importante avaliar a confiabilidade humana, os fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores (FADs) são considerados de vital importância. Através de uma análise destes fatores nos diferentes ambientes de trabalho e considerando as opiniões de especialistas em segurança, projetistas, operadores, é possível determinar quais são aqueles que mais contribuem para o erro humano ou afetam o desempenho humano.

A escolha do Terminal Petrolífero Aquaviário como cenário industrial foi feita com base na sua importância na cadeia logística do petróleo, no fato de Terminais Petrolíferos Aquaviários estarem sujeitos a acidentes industriais maiores e na falta de estudos referente a esta instalação industrial.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A estrutura metodológica utilizada neste trabalho é constituída das seguintes etapas:

- Etapa 1: Escolha de um grupo formado por especialistas;

- Etapa 2: Visitação na instalação industrial escolhida. Entrevistas com o chefe do departamento de segurança, engenheiros de segurança, com as equipes que constituem as brigadas de incêndios, formando uma base de dados. Análise das plantas da instalação e do plano de emergência da instalação;
- Etapa 3: Os especialistas escolhidos definem o cenário de emergência a ser estudado;
- Etapa 4 : Os especialistas desenvolveram a análise hierárquica das tarefas para o cenário de emergência escolhido. Definição das ações a serem realizadas durante o processo de retirada de emergência;
- Etapa 5: Validação da análise hierárquica das tarefas;
- Etapa 6: Utilizando como referência o documento NUREG /CR-1278, foram escolhidos vinte e dois (22) fatores que podem afetar o desempenho humano. Posteriormente, baseado no cenário de emergência selecionado, um especialista em fatores humanos selecionou os principais quatorze (14) fatores entre os vinte e dois (22) escolhidos inicialmente;
- Etapa 7: Os especialistas escolhem os quatro (4) FADS mais relevantes entre os quatorze (14) selecionados na etapa 6;
 - Etapa 8: Através dos pesos atribuídos para as respostas do primeiro questionário, foram ranqueados os especialistas em função dos critérios definidos anteriormente.
- Etapa 9: Os especialistas, através de uma escala quantitativa de cinco intervalos, numerados, zero (0), vinte cinco (25), cinquenta (50) e cem (100), atribuem pesos de importância para cada um dos FADs, considerando sua relevância, para cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas (etapa 5). Para o FAD

que teria maior possibilidade de melhorar o desempenho humano é atribuído o peso cem (100).

- Etapa 10: A equação (1) é utilizada para calcular a soma dos pesos de importância de cada FAD, considerando cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas;

$$\phi_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} \quad (1)$$

Onde:

i = 1 até n (n FADs)

j = ações descritas na análise hierárquica das tarefas

W = Resposta do questionário

ϕ_j = Soma dos pesos dos FADs para cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas

- Etapa 11: A equação (2) é usada para calcular os pesos normalizados dos FADs para cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas;

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi_j \quad (2)$$

- Etapa 12: Identificar as ações a serem realizadas pelo responsável pelo processo de retirada de emergência, associadas com as funções cognitivas críticas;
- Etapa 13: Construir o modelo demanda cognitiva das ações com maior possibilidade de falha humana, associadas com os respectivos FADs.

5 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados as análises de dados e os resultados obtidos, de acordo com as etapas metodológicas.

5.1 DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE UM GRUPO FORMADO POR ESPECIALISTAS

Os seguintes critérios foram definidos:

Atuação em uma das seguintes áreas: Projetos industriais, segurança, operação de plantas industriais, fatores humanos/ergonomia, SMS (Segurança, meio ambiente e saúde);

1. Possíveis Profissões:

- Supervisor de Segurança de Plantas Industriais;
- Engenheiro/ Técnico de Segurança;
- Especialista em SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde);
- Operador de Plantas Industriais;
- Especialista em Fatores Humanos/ Ergonomia;
- Gerente/ Engenheiro de Projeto;
- Professor de curso de mestrado ou especialização em segurança.

2. Tempo de experiência na área de atuação: Pelo menos dois anos de experiência.

Inicialmente, baseado nos critérios apresentados anteriormente, foram selecionados vinte (20) especialistas.

5.2 VISITAÇÃO AO TERMINAL AQUAVIÁRIO DA ILHA D'ÁGUA

Foi realizada visitação no Terminal Aquaviário da Ilha d'Água, no dia 24 de novembro de 2011, mediante autorização da empresa.

O Terminal Aquaviário da Ilha d'Água se localiza na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, e faz parte de um complexo denominado Terminal Aquaviário Baía da Guanabara (TABG), formado pelo Terminal da Ilha d'Água, o Terminal da Ilha Comprida, Terminal da Ilha Redonda e um píer flexível de GNL.

As operações realizadas no Terminal da Ilha d'Água são carregamento e descarregamento de navios para o escoamento dos excedentes de petróleo da Bacia de Campos e recebimento de petróleo, derivados e de álcool amido e hidratado destinados à complementação das necessidades da refinaria, apoio a manobras de navios rebocadores próprios, e abastecimento de combustíveis para navios e barcaças do local. No Terminal há um local específico com tanques para armazenamento das substâncias citadas acima.

As operações de carga e descarga dos navios deste Terminal são realizadas nos dois píeres externos denominados Píer Principal (PP) e Píer Secundário (PS). A área do Terminal possui um píer, denominado Píer de Barcaça, onde navios e barcaças da Baía de Guanabara abastecem com combustível que é vendido pelo Terminal (bunker).

Os Terminais de das Ilhas Comprida e Redonda recebem GLP, por este motivo não foram foco do estudo.

O TABG possui para cada Terminal um Plano de Emergência Individual (PEI), de acordo com a Resolução CONAMA 398, e um Plano de Resposta a Emergência (PRE). O Plano de Evacuação de Emergência faz parte do PRE, e nele são descritas todas as ações que devem ser tomadas em uma situação de emergência.

No PEI são descritos a Estrutura Organizacional dos Responsáveis dos Terminais de óleo e duto, o Fluxo de Comunicação de Situação de Emergência, bem como todo o processo de evacuação e os responsáveis pela retirada dos trabalhadores, rotas de fuga e pontos de encontro.

As instruções em caso de emergência no Terminal Aquaviário da Ilha d'Água são:

- Ao ouvir o alarme de emergência, siga as instruções do representante da empresa que é treinado para definir a melhor rota a ser utilizada para chegar aos pontos de encontro;
- Se estiver dirigindo, estacione imediatamente no lado direito da pista, desligue o motor, deixe as chaves na ignição e saia a pé, seguindo a rota de fuga até o ponto de encontro;
- Se estiver trabalhando na Área Industrial, pare imediatamente, desligue as fontes de ignição e dirija-se para o lado de fora da Área, seguindo sempre a orientação do seu acompanhante;
- As ligações telefônicas devem ser interrompidas para deixar as linhas liberadas para emergência.

Casos de emergências são sinalizados com alarme sonoro. Alarme com toque contínuo de 60 segundos representa o início da emergência. O abandono da área é sinalizado com toque contínuo de 180 segundos. Dois toques contínuos de 15 segundos cada sinaliza o final da emergência. Uma vez por semana é realizada simulação com toque contínuo com duração de 15 segundos.

Em todo terminal existem telefones especiais para reportar qualquer emergência ou acidente que aconteça.

Todas as pessoas que entram no terminal recebem um informativo com instruções em caso de emergência, com procedimentos de segurança, e também assistem a um vídeo (briefing de segurança). No briefing há informações sobre as

rotas de fuga, pontos de encontros e também sobre alarmes de emergência e simulações (Figura 13 e Figura 14).

Boas Vindas

"Bem-vindo às nossas instalações! Para que você visite esta unidade com segurança, é necessário seguir as normas e os procedimentos internos de SMS. Leia o folheto com atenção e consulte um de nossos funcionários, caso seja necessário!"

Práticas de Segurança

As atividades da Transpetro exigem o máximo de atenção. A empresa conta com funcionários preparados, além de modernos sistemas de segurança e de prevenção de acidentes. Fique atento às práticas de segurança, tais como:

- Estacione nos locais permitidos, de preferência de ré.
- Nunca obstrua passagens, canteletas de drenagem, ruas e equipamentos de incêndio e emergência (hidrantes, extintores, chuveiros etc.).
- Ao sair do carro, desligue o motor e deixe a chave no contato.
- Algumas tarefas a serem realizadas na unidade necessitam de "Permissão para Trabalho" por escrito, solicitada e emitida por funcionário credenciado da Transpetro.
- Só é permitido fotografar e filmar com a autorização da supervisão de operação.
- Não é permitido o uso de aparelhos eletrônicos (MP3, celular, agenda eletrônica, filmadora, câmera e etc...) em áreas operacionais.

Instruções em Caso de Emergência

- Ao ouvir o alarme de emergência, siga as instruções do representante da Transpetro que é treinado para definir a melhor rota a ser utilizada para chegar aos pontos de encontro.
- Se estiver dirigindo, estacione imediatamente no lado direito da pista, desligue o motor, deixe as chaves na ignição e saia a pé, seguindo a rota de fuga até o ponto de encontro.
- Se estiver trabalhando na Área Industrial, pare imediatamente, desligue as fontes de ignição e dirija-se para fora da Área, seguindo sempre a orientação do seu acompanhante.
- As ligações telefônicas devem ser interrompidas para deixar as linhas liberadas para a emergência.

Alarma de emergência

- **Início da emergência**
Toque contínuo de 60 segundos.
- **Abandono de área**
Toque contínuo de 180 segundos.
- **Final da emergência**
Dois toques contínuos de 15 segundos cada.

Teste do alarme

Uma vez por semana.
O toque de teste é contínuo e dura 15 segundos.

Telefone de emergência

Em situações de emergência
Ligue 8800.

Terminal da Ilha d'Água

Briefing de Segurança

ROTA DE FUGA

Figura 13. Informativo da empresa sobre instruções em caso de emergência e práticas de segurança (Fonte: empresa).



Figura 14. Informativo da empresa com as rotas de fuga e pontos de encontro do Terminal Aquaviário da Ilha d'Água (Fonte: empresa).

Há uma equipe de brigadistas, formada por funcionários que são devidamente treinados exatamente para este fim. Caso o alarme sinalizando o início de emergência toque, os brigadistas se encontram em um ponto pré-determinado para se equiparem e realizarem o combate a emergência.

5.3 DEFINIÇÃO DO CENÁRIO DE EMERGÊNCIA

Foi elaborado um questionário para identificação do cenário de emergência e dos perfis específicos dos especialistas, utilizado em fase posterior da metodologia, encaminhado a vinte (20) especialistas (ANEXO A). Quinze (15) especialistas responderam as perguntas formuladas. As perguntas foram elaboradas, utilizando como referência o Questionário de Identificação do Perfil do Especialista (QIPE) (BELCHIOR, 1997; DOMECH, 2004).

A seguir são apresentadas as perguntas e possíveis respostas utilizadas para definição do perfil específico do especialista e do cenário de emergência do estudo:

1. Experiência profissional e atividades cargos que já exerceu ou exerce;
 - Supervisor de Segurança de Plantas Industriais;
 - Engenheiro/ Técnico de Segurança;
 - Especialista em SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde);
 - Operador de Plantas Industriais;
 - Especialista em Fatores Humanos/ Ergonomia;
 - Gerente/ Engenheiro de Projeto;
 - Professor de curso de mestrado ou especialização em segurança
 - Outras

2. Tempo de experiência profissional:
 - 0 a 2 anos;
 - 3 a 5 anos;
 - 6 a 10 anos;
 - 11 a 20 anos;
 - Mais do que 20 anos.

3. Participação em simulados de emergência:
 - Nenhum;
 - Entre 1 e 2;
 - Entre 3 e 7;
 - Maior do que 7.

4. Elaboração de Planos de Emergência:
 - Nenhum;
 - Entre 1 e 2;
 - Entre 3 e 7;
 - Maior do que 7.

5. Participação em situação real de retirada de emergência:

- Nenhum;
- Entre 1 e 2;
- Entre 3 e 7;
- Maior do que 7.

6. Realização de análise de incidente ou acidente em instalação industrial.

- Nenhum;
- Entre 1 e 2;
- Entre 3 e 7;
- Maior do que 7.

O Quadro 10 apresenta a pontuação dos itens apresentados acima, para cada um dos quinze (15) especialistas que responderam ao questionário.

EI / ITEM	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3	ITEM 4	ITEM 5	ITEM 6
Especialista 1	4,3	1	0	0,3	0	0,7
Especialista 2	1,6	0,9	1	0,7	0,7	0,7
Especialista 3	0,9	1	0,7	0,7	1	0,7
Especialista 4	0,9	0,8	0,7	0,3	1	1
Especialista 5	1,4	1	0,7	0,3	0	1
Especialista 6	1,5	1	0,7	0	0	0,3
Especialista 7	1,5	1	0,3	0	0	0,7
Especialista 8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,3	0
Especialista 9	0,9	0,8	1	0,3	0	0,3
Especialista 10	2,2	0,8	0	0	0	0
Especialista 11	1,1	0,9	0,3	0	0,3	0
Especialista 12	0,9	0,7	0,7	0,3	0	0
Especialista 13	0,9	0,6	0,7	0	0,3	0
Especialista 14	1,3	0,7	0,3	0	0	0
Especialista 15	0,9	0,7	0,3	0,3	0	0
TOTAL	21,1	12,8	8,1	3,9	3,6	5,4

Quadro 10. Pontuação das questões do primeiro questionário.

Para a seleção do cenário acidental os especialistas analisaram as seguintes opções:

- Cenário 1. Vazamento de combustível com explosão durante a estocagem;

- Cenário 2. Vazamento de combustível com fogo durante a estocagem;
- Cenário 3. Vazamento de combustível com fogo durante o transporte;
- Cenário 4. Vazamento de combustível com explosão durante o transporte;
- Cenário 5. Vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga do navio;
- Cenário 6. Vazamento de combustível com explosão durante carga e descarga do navio.

O quadro abaixo apresenta a consolidação das respostas dos especialistas para seleção do cenário de emergência (Quadro 11).

ESPECIALISTAS	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3	CENÁRIO 4	CENÁRIO 5	CENÁRIO 6
Especialista 1	X			X		X
Especialista 2		X	X		X	
Especialista 3			X			
Especialista 4					X	X
Especialista 5					X	X
Especialista 6		X			X	
Especialista 7		X	X		X	
Especialista 8		X			X	
Especialista 9	X	X	X	X	X	X
Especialista 10					X	
Especialista 11	X	X	X	X	X	X
Especialista 12					X	X
Especialista 13					X	X
Especialista 14						X
Especialista 15	X	X	X	X	X	X
TOTAL	4	7	6	4	12	9

Quadro 11. Escolha do cenário acidental pelos especialistas (Cenário 1 - Vazamento de combustível com explosão durante a estocagem; Cenário 2 - Vazamento de combustível com fogo durante a estocagem; Cenário 3 - Vazamento de combustível com fogo durante o transporte; Cenário 4 - Vazamento de combustível com explosão durante o transporte; Cenário 5 - Vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga do navio; Cenário 6 - Vazamento de combustível com explosão durante carga e descarga do navio).

De acordo com a opinião dos quinze (15) especialistas, o cenário cinco (5), vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga do navio, corresponde ao acidente mais usual que pode ocorrer em um terminal petrolífero aquaviário. Portanto, esse cenário é utilizado como referência no presente estudo.

5.4 ANÁLISE HIERÁRQUICA DAS TAREFAS PARA O CENÁRIO DE EMERGÊNCIA SELECIONADO.

Em um segundo questionário, foram apresentados aos quinze (15) especialistas, sugestões de ações realizadas pelo responsável pelo processo de retirada de emergência (ANEXO B). Foi solicitado que os especialistas verificassem a sequência das ações apresentadas no questionário, opinassem a respeito, e caso necessário, apresentassem a sequência adequada com base em sua experiência.

O segundo questionário foi encaminhado para os quinze (15) especialistas que responderam o primeiro questionário. Todos os quinze (15) especialistas responderam também o segundo questionário.

O resultado consolidado deste questionário define a análise hierárquica das tarefas de acordo com a sequência das ações realizadas pelo responsável pelo processo de retirada de emergência, no cenário acidental selecionado.

5.5 VALIDAÇÃO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA DAS TAREFAS

A sequência das ações realizadas pelo responsável pelo processo de retirada de emergência, no cenário acidental selecionado foi validada por dois especialistas: um especialista na área de segurança de terminais aquaviários e outro especialista em fatores humanos. O Quadro 12 apresenta a análise hierárquica das tarefas consolidada.

AÇÕES REALIZADAS DURANTE O PROCESSO DE RETIRADA DE EMERGÊNCIA
1. Detectar alarme
2. Identificar o tipo de alarme

3. Avaliar se a situação é de perigo
4. Parar com as atividades de trabalho
5. Contactar refinaria (suspensão do bombeamento)
6. Desligar equipamentos
7. Contactar brigada de incêndio
8. Avaliar as potenciais rotas de fuga
9. Guiar os trabalhadores pela rota de fuga até o refúgio
10. Confirmar se a escolha da rota de fuga foi acertada
11. Chegar no refúgio
12. Contagem dos trabalhadores
13. Aguardar o sinal de término da emergência
14. Retorno ao local de trabalho

Quadro 12. Sequência das ações, realizadas pelo responsável pelo processo de retirada de emergência, consolidada e validada.

Esta sequência das ações da análise hierárquica das tarefas é apresentada a seguir no diagrama em blocos (Figura 15).

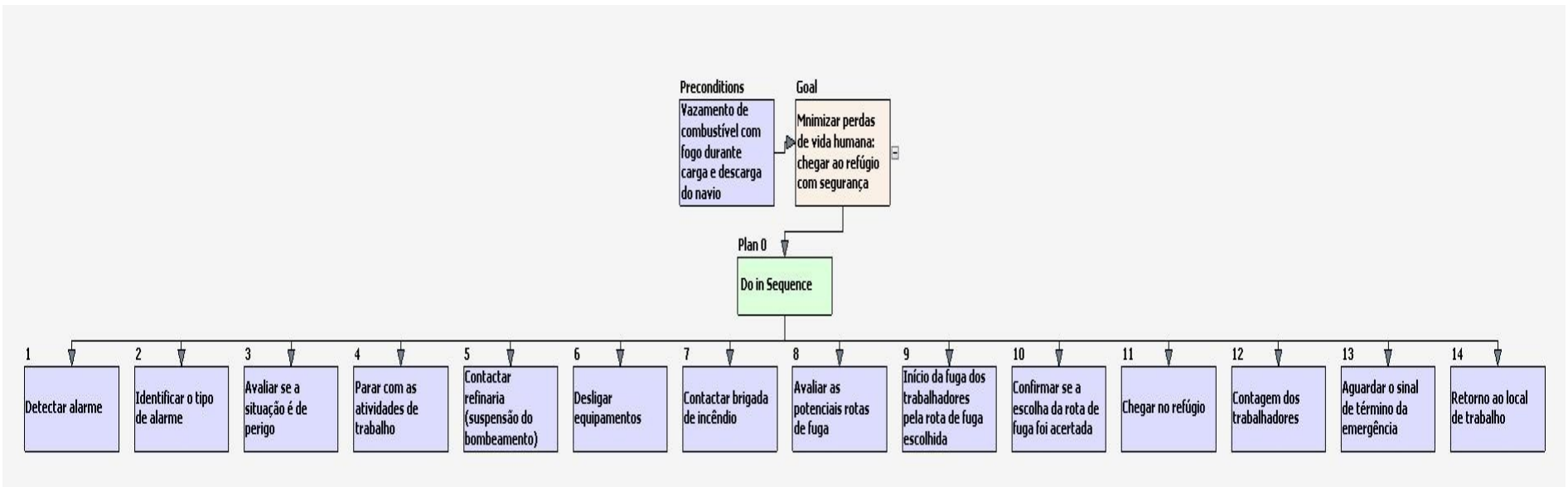


Figura 15. Diagrama em blocos com análise hierárquica das tarefas.

5.6 SELEÇÃO DOS FATORES QUE AFETAM O DESEMPENHO HUMANO

Utilizando como referência o documento NUREG /CR-1278, foram escolhidos vinte e dois (22) fatores que podem afetar o desempenho humano.

Posteriormente, baseado no cenário de emergência selecionado, um especialista em fatores humanos selecionou os principais quatorze (14) fatores, entre os vinte e dois (22) escolhidos, com base no cenário acidental em estudo (Quadro 13).

FATORES QUE PODEM AFETAR O DESEMPENHO HUMANO	
1	Condições de acesso as rotas de fuga
2	Temperatura ambiente
3	Ruído
4	Sobrecarga de trabalho
5	Condições de visualização das rotas de fuga
6	Condições para tomada de decisões
7	Comunicação entre os membros da equipe
8	Complexidade da tarefa
9	Treinamento
10	Procedimentos
11	Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação
12	Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência
13	Estado emocional
14	Condição física

Quadro 13. Lista de fatores que podem afetar o desempenho do responsável pelo processo de retirada de emergência.

5.7 SELEÇÃO DOS QUATRO (4) FADs MAIS RELEVANTES PARA CADA AÇÃO DA ANÁLISE HIERÁRQUICA DAS TAREFAS

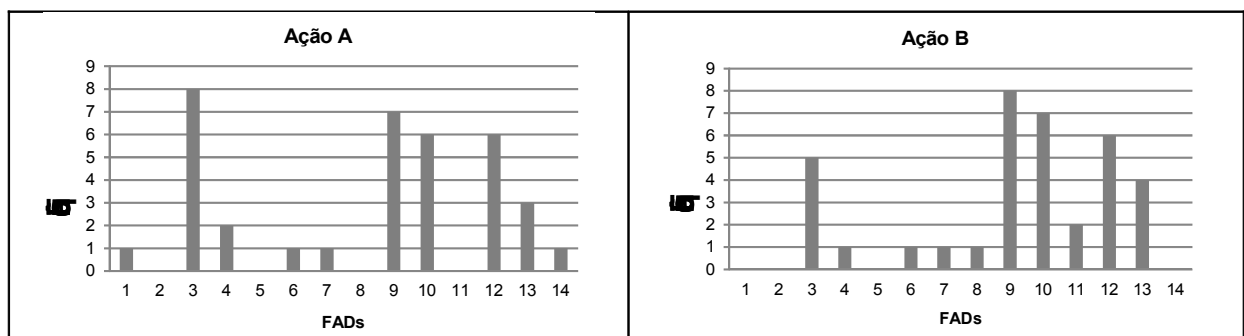
Em um terceiro questionário (ANEXO C), foram apresentadas a sequência das ações e a lista dos FADs que podem afetar o desempenho do responsável pelo processo de retirada de emergência. Foi solicitado aos especialistas que escolhessem, dentre os quatorze (14) FADs da lista, quatro (Princípio de Pareto), em ordem de relevância, para cada uma das ações realizadas no processo de retirada de emergência do cenário acidental selecionado.

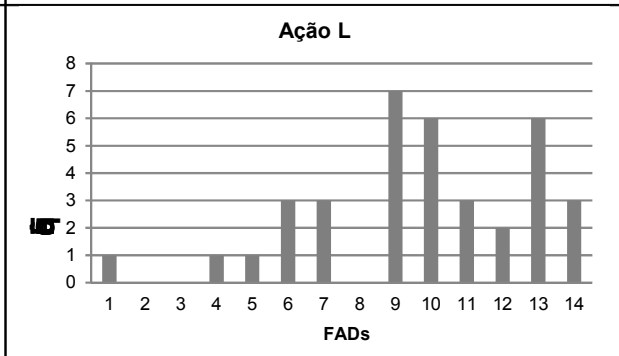
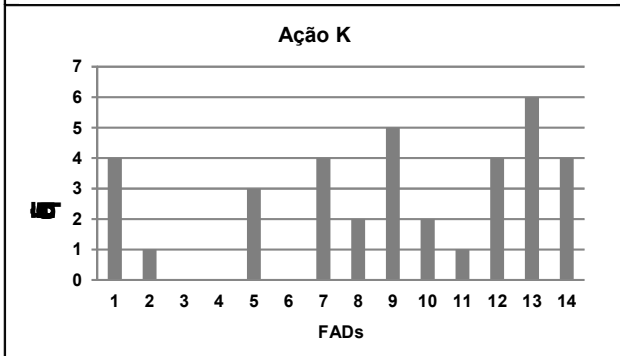
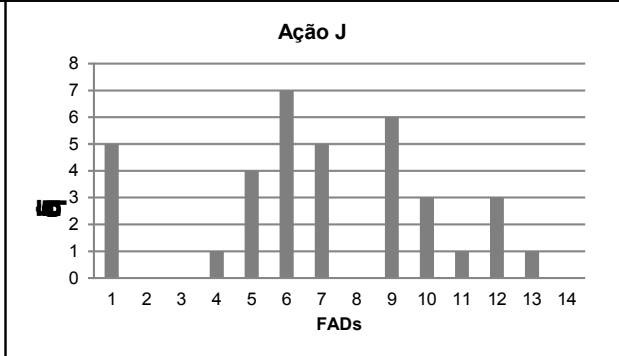
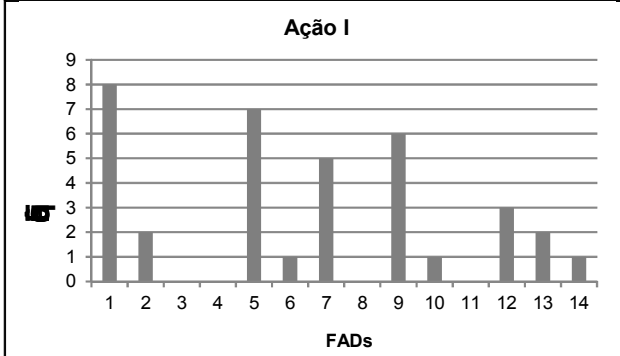
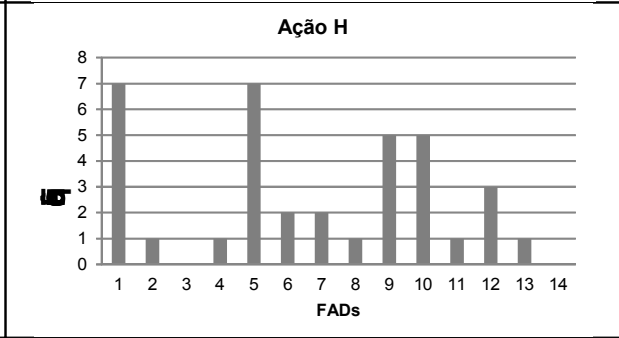
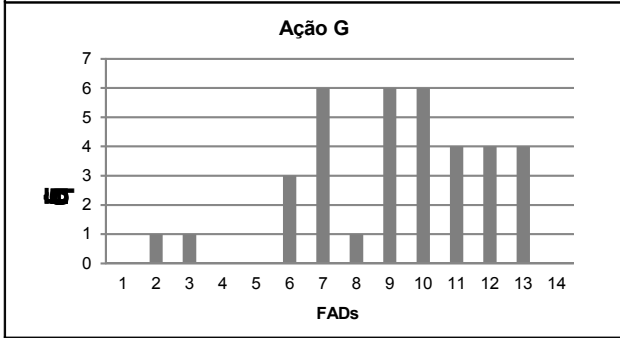
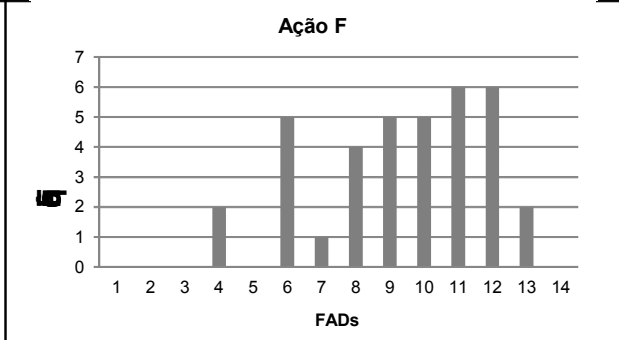
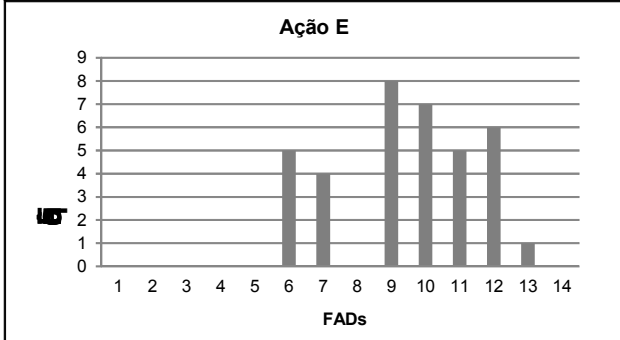
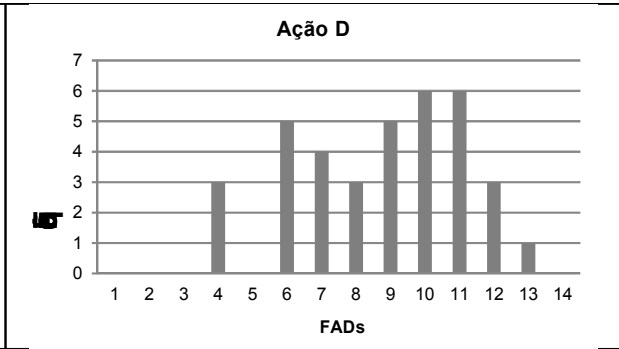
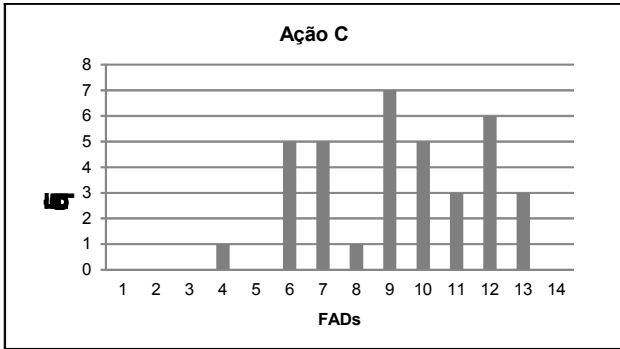
Nove (9) especialistas responderam ao questionário. No Quadro 14 é apresentado a apuração dos resultados no 3º questionário, com os quatro (4) FADs em ordem de relevância para cada ação.

APURAÇÃO DO TERCEIRO QUESTIONÁRIO (FADS EM ORDEM DE RELEVÂNCIA)									
Ação/ Especialista	E 1	E 4	E 6	E 7	E 8	E 10	E 11	E 13	E 15
AÇÃO A	3, 12, 10, 13	3, 7, 9, 10	3, 12, 9, 10	4, 3, 13, 9	3, 9, 12, 10	3, 9, 12, 6	9, 10, 12, 1	3, 4, 13, 14	3, 9, 10, 12
AÇÃO B	11, 10, 9, 13	10, 9, 12, 13	12, 9, 3, 10	4, 8, 10, 9	9, 12, 3, 13	9, 10, 12, 13	3, 9, 10, 12	3, 6, 11, 7	10, 9, 12, 3
AÇÃO C	12, 9, 10, 6	7, 11, 13, 12	10, 13, 12, 9	8, 6, 4, 11	6, 9, 12, 7	1, 12, 10, 13	9, 10, 7, 6	11, 7, 6, 9	10, 9, 7, 12
AÇÃO D	10, 9, 11, 6	10, 7, 6, 12	8, 11, 10, 4	4, 11, 6, 7	6, 7, 9, 13	11, 12, 6, 8	9, 10, 11, 4	10, 9, 7, 8	10, 9, 12, 11
AÇÃO E	6, 10, 11, 9	10, 9, 7, 6	9, 12, 13, 7	11, 6, 7, 12	12, 10, 9, 7	6, 12, 9, 10	12, 11, 10, 9	10, 9, 6, 11	10, 9, 12, 11
AÇÃO F	10, 11, 9, 13	10, 6, 13, 12	9, 11, 8, 10	4, 11, 6, 12	6, 10, 9, 12	6, 11, 12, 8	11, 8, 4, 12	8, 6, 7, 9	10, 9, 12, 11
AÇÃO G	10, 11, 13, 8	10, 9, 6, 7	9, 12, 13, 7	12, 7, 6, 13	12, 9, 10, 13	10, 9, 6, 12	2, 3, 11, 7	10, 9, 7, 11	10, 9, 7, 11
AÇÃO H	12, 5, 1, 6	5, 10, 1, 7	9, 2, 7, 13	1, 5, 12, 4	5, 1, 10, 9	1, 10, 5, 1	9, 1, 11, 12	6, 5, 8, 10	10, 9, 1, 5
AÇÃO I	5, 1, 9, 7	6, 9, 1, 2	9, 7, 1, 5	1, 5, 12, 13	14, 13, 12, 9	7, 5, 1, 2	1, 5, 12, 7	9, 7, 5, 1	10, 9, 5, 1
AÇÃO J	1, 6, 9, 12	10, 9, 6, 5	6, 5, 7, 4	6, 7, 9, 1	7, 6, 5, 13	9, 6, 7, 10	10, 9, 6, 1	12, 11, 9, 1	1, 5, 7, 12
AÇÃO K	13, 9, 7, 8	13, 14, 8, 7	1, 5, 13, 14	1, 9, 12, 10	14, 9, 2, 12	10, 14, 13, 7	1, 5, 9, 13	12, 11, 9, 13	1, 5, 12, 7
AÇÃO L	13, 9, 7, 11	10, 9, 13, 6	1, 5, 13, 14	9, 10, 13, 14	13, 14, 4, 9	9, 10, 7, 12	11, 6, 13, 10	10, 9, 12, 6	10, 9, 7, 11
AÇÃO M	13, 14, 7, 10	13, 14, 10, 9	12, 9, 10, 3	9, 10, 13, 14	13, 9, 10, 12	9, 10, 7, 13	3, 13, 9, 12	12, 11, 9, 7	10, 9, 3, 12
AÇÃO N	13, 14, 7, 8	1, 4, 3, 2	13, 14, 9, 7	9, 10, 13, 14	12, 11, 10, 14	9, 10, 7, 13	10, 11, 7, 6	12, 11, 9, 7	10, 9, 7, 12

Quadro 14. Apuração dos resultados do 3º questionário (Numeração dos FADs: 1. Condições de acesso as rotas de fuga; 2. Temperatura ambiente; 3. Ruído; 4. Sobrecarga de trabalho; 5. Condições de visualização das rotas de fuga; 6. Condições para tomada de decisões; 7. Comunicação entre os membros da equipe; 8. Complexidade da tarefa; 9. Treinamento; 10. Procedimentos; 11. Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação; 12. Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência; 13. Estado emocional; 14. Condição física.

Foi calculada a frequência acumulada dos FADs mais relevantes para cada ação, de acordo com a seleção dos especialistas, no questionário 3. Os cálculos são apresentados no ANEXO D. Abaixo, estão ilustradas, para cada ação da análise hierárquica das tarefas, as frequências dos FADs (Figura 16).





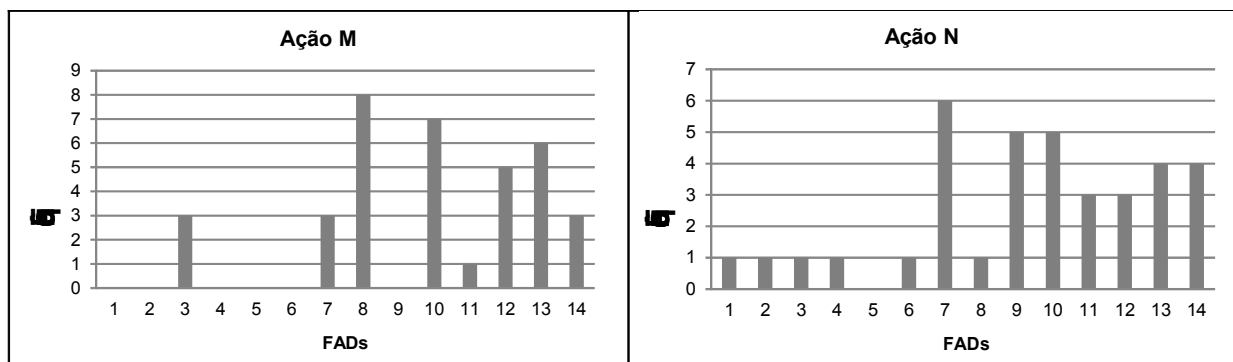


Figura 16. Frequências dos FADs para cada ação da análise hierárquica da tarefa.

O Princípio de Pareto afirma que apenas alguns “fatores vitais” são responsáveis pela maioria dos problemas. Este Princípio pode ser aplicado à melhora da qualidade na medida em que a grande maioria dos problemas (80%), são produzidos por alguma causa principal (20%). Se pudermos corrigir essas causas principais, nós teremos uma grande probabilidade de sucesso.

Como o número total da lista são quatorze (14) FADs, foram considerados quatro (4) fatores para verificar as causas principais (20%) segundo o Princípio de Pareto.

Para ranquear os quatro FADs do mais importante para o menos importante, para cada ação, foram calculados seus percentuais acumulados (o percentual acumulado é a soma do primeiro percentual com o segundo e assim por diante), de acordo com o Princípio de Pareto. Os cálculos estão exemplificados no Quadro 15 e as análises são apresentadas no ANEXO D.

Causas (FADs)	Percentual Total	Cálculo	Percentual acumulado
A	20%	0+20%= 20%	20%
B	18%	20%+18%=38%	38%
C	15%	38%+15%=53%	53%
D	11%	53%+11%=64%	64%
E	17%	64%+17%=	81%

Quadro 15. Cálculo do percentual acumulado das causas dos problemas (FADs) segundo o Princípio de Pareto (Fonte: <http://erc.msh.org/quality/pstools/pspareto.cfm> acesso em 20/10/2012).

Dos quinze especialistas que receberam o 3º questionário, nove (9) responderam. Os cálculos acima descritos, para cada ação, são apresentados no ANEXO D.

5.8 RANQUEAMENTO DOS ESPECIALISTAS

Através dos pesos atribuídos para as respostas do primeiro questionário, foram ranqueados os especialistas em função dos critérios definidos anteriormente.

Dos quinze especialistas que receberam o questionário, nove (9) responderam. As análises realizadas nas etapas a seguir consideraram esses nove (9) especialistas que participaram de todas as etapas do estudo. De acordo com Rosa *et al.* (1985) o grupo de especialistas deve ser composto por no mínimo quatro (4) representantes. Park & Lee (2007) utilizaram em seu estudo o número máximo de 10 especialistas. Portanto, o número de nove (9) especialistas utilizado no estudo está de acordo com a abordagem do método SLIM-MAUD.

Nesta etapa e nas posteriores da estrutura metodológica utilizada, a opinião dos especialistas não pode ser considerada com a mesma intensidade. Cada opinião vai ter um nível de importância. Os respectivos pesos de importância são definidos

como um subconjunto $\mu_g(k) \in [0,1]$. O peso relativo em relação aos outros

especialistas (média ponderada) é definido por:

$E = \{E_1, E_2, E_3, \dots, E_m\}$ o conjunto de especialistas, onde $m = 9$.

$$P_{Ei} = \frac{\sum (\text{scores de cada item para } i \text{ especialista})}{\sum_{m=1}^9 (\text{t qipe de cada especialista})}$$

Esta avaliação subjetiva da importância de cada especialista é uma forma de diferenciar o peso relativo de cada um deles. O QIPE utilizado é subjetivo e informal, o objetivo dele é tentar diferenciar quantitativamente itens subjetivos (BELCHIOR, 1997; DOMECH, 2004).

O Quadro 16 apresenta a lista dos nove (15) especialistas com a devida apuração dos resultados do QIPE, e o peso de cada um, com destaque (em cinza escuro) para os nove (9) que responderam a todos os três (3) questionários, e que foram considerados na análise dos dados do 3º questionário.

APURAÇÃO DOS RESULTADOS DO QIPE									
Ei / item	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	tqiPE	pEi	pEi *9
Especialista 1	4,3	1,0	0,0	0,3	0,0	0,7	6,3	0,11	1,0
Especialista 2	1,6	0,9	1,0	0,7	0,7	0,7	5,6	0,10	0,9
Especialista 3	0,9	1,0	0,7	0,7	1,0	0,7	5,0	0,09	0,8
Especialista 4	0,9	0,8	0,7	0,3	1,0	1,0	4,7	0,09	0,8
Especialista 5	1,4	1,0	0,7	0,3	0,0	1,0	4,4	0,08	0,7
Especialista 6	1,5	1,0	0,7	0,0	0,0	0,3	3,5	0,06	0,6
Especialista 7	1,5	1,0	0,3	0,0	0,0	0,7	3,5	0,06	0,6
Especialista 8	0,8	0,9	0,7	0,7	0,3	0,0	3,4	0,06	0,6
Especialista 9	0,9	0,8	1,0	0,3	0,0	0,3	3,3	0,06	0,5
Especialista 10	2,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,05	0,5
Especialista 11	1,1	0,9	0,3	0,0	0,3	0,0	2,6	0,05	0,4
Especialista 12	0,9	0,7	0,7	0,3	0,0	0,0	2,6	0,05	0,4
Especialista 13	0,9	0,6	0,7	0,0	0,3	0,0	2,5	0,05	0,4
Especialista 14	1,3	0,7	0,3	0,0	0,0	0,0	2,3	0,04	0,4
Especialista 15	0,9	0,7	0,3	0,3	0,0	0,0	2,2	0,04	0,4
TOTAL	21,1	12,8	8,1	3,9	3,6	5,4	54,9	1	10

Quadro 16. Listagem dos especialistas colaboradores, apuração dos resultados do QIPE (Adaptado de BELCHIOR, 1997; DOMECH, 2004) e cálculo do peso dos especialistas com destaque para os nove (9) que participarão desta fase de estudo.

5.9 ATRIBUIÇÃO DE PESOS DE IMPORTÂNCIA PARA OS FADs MAIS RELEVANTES

Dando continuidade as análises do terceiro questionário, através de uma escala quantitativa de cinco intervalos, numerados, zero (0), vinte cinco (25), cinquenta (50) e cem (100), são atribuídos pesos de importância para cada um dos FADs, considerando sua relevância, para cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas. Para o FAD que teria maior possibilidade de melhorar o desempenho humano é atribuído o peso cem (100).

5.10 CALCULO DA SOMA DOS PESOS DE IMPORTÂNCIA DOS FADs MAIS RELEVANTES

A equação (1) f utilizada para calcular a soma dos pesos de importância de cada FAD (selecionados na etapa anterior), considerando cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas;

$$\phi_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} \quad (1)$$

Onde:

i = 1 até n (n FADs)

j = ações descritas na análise hierárquica das tarefas

W = Resposta do questionário

ϕ_j = Soma dos pesos dos FADs para cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas

5.11 CALCULO DOS PESOS NORMALIZADOS DOS FADs PARA CADA AÇÃO

A equação (2) foi usada para calcular os pesos normalizados dos FADs para cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas:

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi_j \quad (2)$$

Foi calculada a soma dos pesos de importância de cada FAD, considerando cada ação descrita na análise hierárquica das tarefas de acordo com as fórmulas apresentadas. Foram considerados os pesos dos especialistas. Os cálculos estão no ANEXO E.

Desta forma foram identificados os FADs, em ordem de relevância, para cada ação (Quadro 17).

AÇÃO	DEFINIÇÃO	ORDEM DE RELEVANCIA	FADs
A	Detectar Alarme	1º	Ruído
		2º	Treinamento
		3º	Familiaridade com ações de resposta a emergência
		4º	Procedimentos
B	Identificar o tipo de alarme	1º	Treinamento
		2º	Procedimentos
		3º	Familiaridade com ações de resposta a emergência
		4º	Ruído
C	Avaliar se a situação é de perigo	1º	Treinamento
		2º	Familiaridade com ações de resposta as situações de
		3º	Procedimentos
		4º	Comunicação entre os membros da equipe
D	Parar com as atividades de trabalho	1º	Procedimentos
		2º	Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação
		3º	Treinamento
		4º	Condições para tomada de decisões
E	Contactar refinaria (suspender bombeamento)	1º	Procedimentos
		2º	Treinamento
		3º	Condições para tomada de decisões
		4º	Familiaridade com ações de resposta as situações de
F	Desligar equipamentos	1º	Procedimentos
		2º	Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação
		2º	Condições para tomada de decisões
		3º	Treinamento
G	Contactar brigada de incêndio	4º	Familiaridade com ações de resposta as situações de
		1º	Procedimentos
		2º	Treinamento
		3º	Familiaridade com ações de resposta as situações de
H	Avaliar as potenciais rotas de fuga	4º	Comunicação entre os membros da equipe
		1º	Condições de visualização de rotas de fuga
		2º	Condições de acesso as rotas de fuga
		3º	Treinamento
I	Guiar os trabalhadores pela rota de fuga até o refúgio	4º	Procedimentos
		1º	Condições de acesso as rotas de fuga
		2º	Condições de visualização de rotas de fuga
		3º	Treinamento
J	Confirmar se a escolha da rota de fuga foi acertada	4º	Comunicação entre os membros da equipe
		1º	Condições para tomada de decisões
		2º	Treinamento
		3º	Condições de acesso as rotas de fuga
K	Chegar no refúgio	4º	Comunicação entre os membros da equipe
		1º	Estado emocional
		2º	Treinamento
		3º	Condições de acesso as rotas de fuga
L	Contagem dos trabalhadores	4º	Condição física
		1º	Treinamento
		2º	Estado emocional
		3º	Procedimentos
M	Aguardar o sinal de término da emergência	4º	Comunicação entre os membros da equipe
		1º	Estado emocional
		2º	Treinamento
		3º	Procedimentos

		4º	Familiaridade com ações de resposta as situações de
N	Retorno ao local de trabalho	1º	Estado emocional
		2º	Procedimentos
		2º	Treinamento
		3º	Comunicação entre os membros da equipe
		3º	Condições físicas
		4º	Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação

Quadro 17. Identificação dos FADs mais relevantes para cada ação do responsável pelo processo de retirada de emergência.

5.12 IDENTIFICAÇÃO DAS AÇÕES ASSOCIADAS ÀS FUNÇÕES COGNITIVAS CRÍTICAS.

Um dos objetivos específicos desse trabalho consiste no melhor entendimento das funções cognitivas do responsável pelo processo de retirada de emergência. Nesta fase é desenvolvido um modelo das demandas cognitivas do responsável, com o objetivo de verificar quais específicas demandas cognitivas estão associadas com determinadas ações.

Dessa maneira, é possível avaliar se uma ação tem maior probabilidade de falha, quais os prováveis modos de desempenho humano e os respectivos modos de falhas. São considerados os fatores (FADs) identificados nas etapas anteriores. Assim, medidas poderão ser tomadas para otimizar o desempenho humano.

De acordo com Hollnagel (2005), foi gerada uma lista identificando os prováveis modos de falhas do responsável pelo processo de retirada de emergência (Quadro 18).

FALHA HUMANA	CODIFICAÇÃO	MODO DE FALHA HUMANA
Falhas de Ação	A1	Ação demorada/ rápida
	A2	Ação direção errada
	A3	Ação correta no dispositivo errado
	A4	Ação errada no dispositivo certo
	A5	Ação omitida
	A6	Ação incompleta
	A7	Ação errada no dispositivo errado
	A8	Ação na sequência errada
Falhas de Verificação	V1	Verificação omitida
	V2	Verificação incompleta
	V3	Verificação correta no dispositivo errado
	V4	Verificação errada no dispositivo correto
	V5	Verificação errada no dispositivo errado
Falhas de Recuperação	R1	Informação não obtida
	R2	Informação incorreta obtida
	R3	Informação incompleta obtida
	R4	Informação incorreta interpretada
Falhas de Comunicação	C1	Informação não comunicada
	C2	Informação errada comunicada
	C3	Informação incompleta comunicada
Falhas de Seleção	S1	Seleção omitida
	S2	Seleção errada
Falhas de Planejamento	P1	Planejamento incorreto devido a um diagnóstico
	P2	Diagnóstico correto, mas plano de ação errado

Quadro 18. Prováveis modos de falhas humanas do responsável pelo processo de retirada de emergência (Fonte: HOLLNAGEL, 2005).

Abaixo é apresentado o modelo de tomada de decisões, elaborado de acordo com Rasmussen (1987), que considera que os modos de desempenho dos operadores são baseados nas habilidades, nas regras e no conhecimento e os trabalhadores normalmente estão se movendo de um modo de desempenho para outro. (Figura 18).

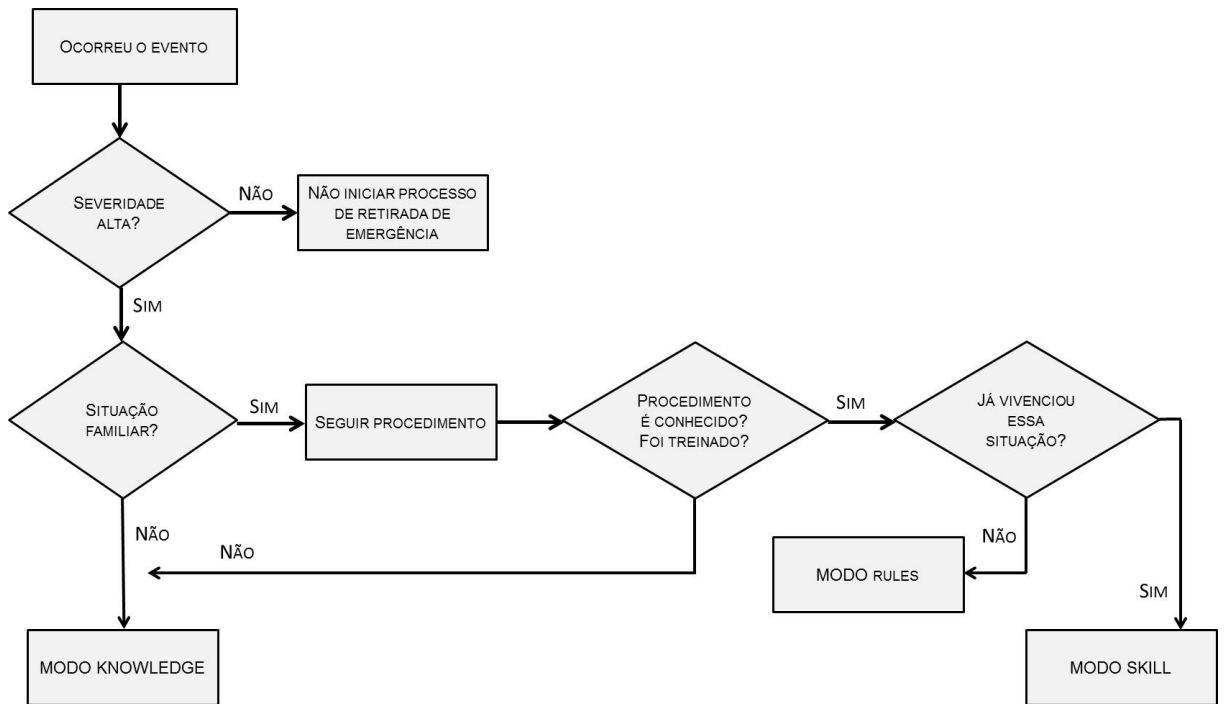


Figura 17. Modelo de tomada de decisões (Adaptado de RASMUSSEN, 1987)

Abaixo é apresentado o modelo onde as atividades cognitivas (Coordenar, Comunicar, Comparar, Diagnosticar, Avaliar, Executar, Identificar) referentes as ações da análise hierárquica das tarefas são associadas aos modos de desempenho de Rasmussen (Figura 17).

Como já apresentado no Capítulo 2, de acordo com Hollnagel (2005) e Rasmussen (1987), a construção do modelo de demanda cognitiva das ações/tarefas associadas possibilita associação com os possíveis FADs que afetam o desempenho humano.

É de vital importância a associação das funções cognitivas com as atividades cognitivas críticas para associar as atividades cognitivas críticas com as quatro funções cognitivas: observação, interpretação, planejamento e execução.

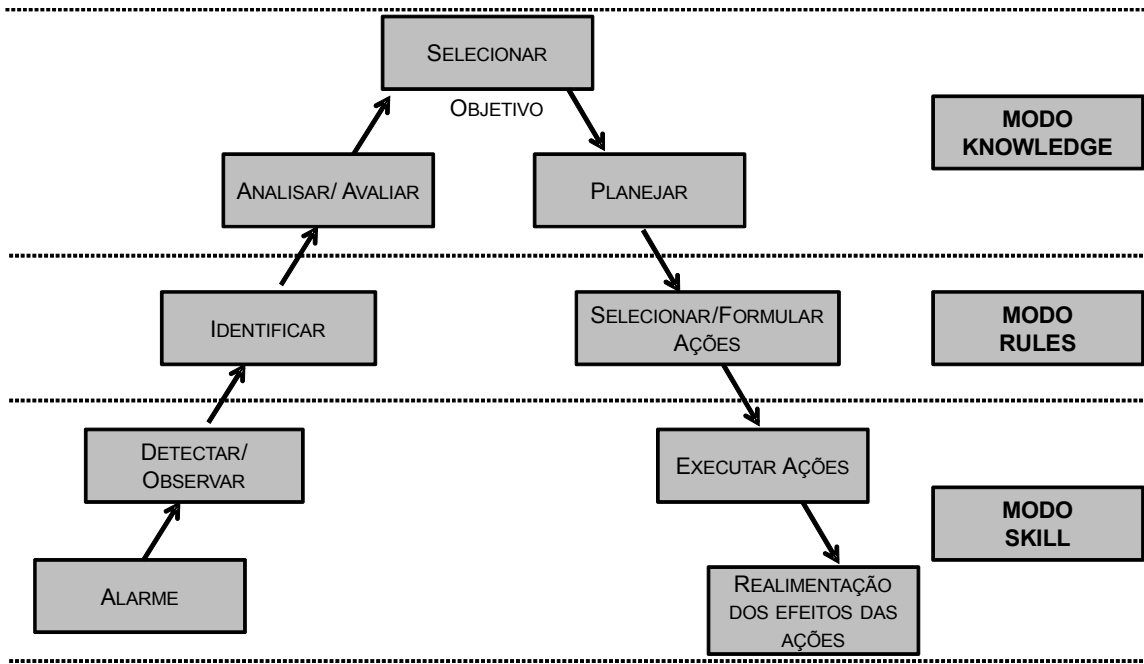


Figura 18. Modelo de tomada de decisões (Adaptado de Rasmussen, 1987).

Com o objetivo de verificar as ações com maior probabilidade falha (maior esforço cognitivo) foi elaborada uma matriz que considera as ações da análises hierárquica das tarefas, os responsáveis pelas ações, os modos de falha, os FADs, as atividades cognitivas, as funções cognitivas e os modos de desempenho. Desta forma é possível propor medidas de controle de risco para essas ações críticas. Essa matriz é apresentada abaixo (Quadro 19).

OBJETIVO TAREFA: Minimizar perdas de vida humana: chegar ao refúgio com segurança

Pré-condições:

Vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga do navio

ID	Descrição	Quem	Modo Falha	FADs	Atividades cognitivas	Funções cognitivas	Modo Desempenho	Ações maior probabilidade falha (Maior esforço cognitivo)	Medidas Controle Risco
Plan 0	Fazer em Sequência								
1	Detectar alarme	Responsável retirada emergência/ Operários	R1- Informação não obtida	1. Ruído 2. Treinamento 3. Familiaridade com ações de resposta a emergência 4. Procedimentos	Observar	Observação	Habilidades (Skill)		Diminuição de ruídos que possam interferir na interpretação correta do alarme (trocar equipamentos se necessário); Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento de serviços.
2	Identificar o tipo de alarme	Responsável retirada emergência	R1- Informação não obtida R4- Informação incorretamente interpretada	1. Treinamento 2. Procedimentos 3. Familiaridade com ações de resposta a emergência 4. Ruído	Identificar	Interpretação	Regras (Rules)		Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento de serviços; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Diminuição de ruídos que possam interferir na interpretação correta do alarme (trocar equipamentos se necessário).
3	Avaliar se a situação é de perigo	Responsável retirada emergência	P1 – Planejamento incorreto devido diagnóstico incompleto P2 – Diagnóstico correto mas plano de ação errado	1. Treinamento 2. Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência 3. Procedimentos 4. Comunicação entre os membros da equipe e Condições para tomada de decisões	Avaliar	Interpretação/ Planejamento	Conhecimento (Knowledge)	X	Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento de serviços; Planejamento do tempo de execução das tarefas em função da segurança; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho.
4	Parar com as atividades de trabalho	Responsável retirada emergência/Operários	P1 – Planejamento incorreto A1 – Ação demorada A5 – Ação	1. Procedimentos 2. Tempo de experiência e conhecimento na área de	Manter/ Parar	Planejamento/ Execução	Regras (Rules)		Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento de serviços; Procedimentos rotineiros de operação e manutenção de equipamentos; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho.

			omitida A6- ação incompleta	atuação 3. Treinamento 4. Condições para tomada de decisões				
5	Contactar refinaria (suspensão do bombeamento)	Responsável retirada emergência	C1 – informação não comunicada C2-informação incompleta comunicada	1. Procedimentos 2. Treinamento 3. Condições para tomada de decisões 4. Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência	Comunicar	Execução	Habilidades (Skill)	Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento de serviços; Procedimentos rotineiros de operação e manutenção de equipamentos; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado.
6	Desligar equipamentos	Responsável retirada emergência/Operários	A1 – Ação demorada A5 – Ação omitida A6- ação incompleta	1. Procedimentos 2. Treinamento 3. Condições para tomada de decisões 4. Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência	Executar	Execução	Habilidades (Skill)	Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento de serviços; Procedimentos rotineiros de operação e manutenção de equipamentos; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado.
7	Contactar brigada de incêndio	Responsável retirada emergência	C1 – informação não comunicada C2-informação incompleta comunicada	1. Procedimento 2. Treinamento 3. Familiaridade com ações de respostas as situações de emergência 4. Comunicação entre os membros da equipe	Comunicar	Execução	Habilidades (Skill)	Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado.
8	Avaliar as potenciais rotas de fuga	Responsável retirada emergência	P1 Planejamento incorreto devido um diagnóstico incompleto	1. Condições de visualização de rotas de fuga 2. Condições de acesso as rotas de fuga 3. Treinamento 4. Procedimentos	Avaliar	Interpretação/Planejamento	Conhecimento (Knowledge)	X Rotas de fuga com acessos bem demarcados, com cores diferenciadas das usuais da área industrial e iluminação adequada; Verificar possíveis obstruções nas rotas de fuga; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado.

9	Iniciar fuga dos trabalhadores pela rota de fuga escolhida	Responsável retirada emergência/ Operários	P2 – Diagnóstico correto mas plano de ação errado A1 – Ação demorada	1. Condições de acesso as rotas de fuga 2. Condições de visualização de rotas de fuga 3. Treinamento 4. Comunicação entre os membros da equipe	Coordenar	Planejamento/ Execução	Conhecimento (Knowledge)	X	Rotas de fuga com acessos bem demarcados, com cores diferenciadas das usuais da área industrial e iluminação adequada; Verificar possíveis obstruções nas rotas de fuga; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado.
10	Confirmar se a escolha da rota de fuga foi acertada	Responsável retirada emergência	V2-Verificação incompleta P2 – Diagnóstico correto mas plano de ação errado	1. Condições para tomadas de decisões 2. Treinamento 3. Condições de acesso as rotas de fuga 4. Comunicação entre os membros da equipe	Verificar	Observação/ Interpretação	Regras (Rules)		Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado.
11	Chegar no refúgio	Responsável retirada emergência/ Operários	P1 – Planejamento incorreto devido diagnóstico incompleto A2-Ação na direção errada	1. Estado emocional 2. Treinamento 3. Condições de acesso as rotas de fuga 4. Condição física	Coordenar	Planejamento/ Execução	Regras (Rules)		Palestras e cursos sobre assunto relacionado ao erro humano e a violação de normas de equipe; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Rotas de fuga com acessos bem demarcados, com cores diferenciadas das usuais da área industrial e iluminação adequada; Verificar possíveis obstruções nas rotas de fuga; Realização de exames médicos periódicos; Incentivos a boa alimentação e prática de atividades físicas.
12	Contagem dos trabalhadores	Responsável retirada emergência	V1-Verificação omitida V2-Verificação incompleta A1 – Ação rápida A6 – Ação incompleta	1. Treinamento 2. Estado emocional 3. Procedimentos 4. Comunicação entre os membros da equipe	Gravar	Interpretação/ Execução	Regras (Rules)		Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Palestras e cursos sobre assunto relacionado ao erro humano e a violação de normas de equipe; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento;
13	Aguardar o sinal de término da emergência	Responsável retirada emergência/ Operários	R2-Informação incorreta obtida R3- Informação incompleta obtida	1.Estado emocional 2. Treinamento 3. Procedimentos 4. Familiaridade	Monitorar	Observação/ Interpretação	Regras (Rules)		Palestras e cursos sobre assunto relacionado ao erro humano e a violação de normas de equipe; ; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Estabelecer instruções e procedimentos no planejamento

			R4 - Informação incorretamente interpretada	com ações de respostas a situações de emergência					
14	Retornar ao local de trabalho	Responsável retirada emergência/ Operários	P2 – Diagnóstico correto mas plano de ação errado A1 – Ação demorada A2- Ação direção errada A6 – Ação incompleta	1.Estado emocional 2. Procedimentos e Treinamento 3. Comunicação entre os membros da equipe e Condições físicas 4. Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	Coordenar	Planejamento/ Execução	Regras (Rules)		Palestras e cursos sobre assunto relacionado ao erro humano e a violação de normas de equipe; Práticas rotineiras de treinamento e capacitação de pessoal; Simulados de situações de emergência; Treinamento de líderes de equipe e supervisores/ monitores na correta mobilização da força de trabalho; Contratação de pessoal selecionado pela experiência, capacitado e habilitado; Rotas de fuga com acessos bem demarcados, com cores diferenciadas das usuais da área industrial e iluminação adequada; Verificar possíveis obstruções nas rotas de fuga; Realização de exames médicos periódicos; Incentivos a boa alimentação e prática de atividades físicas.

Quadro 19. Matriz para identificação das ações com maior probabilidade de falha e medidas de controle.

5.13 MODELO DE DEMANDA COGNITIVA DAS AÇÕES COM MAIOR POSSIBILIDADE DE FALHA HUMANA, ASSOCIADAS AOS FADs.

Na matriz apresentada anteriormente foram identificadas as ações com maior probabilidade de falha (maior esforço cognitivo). A seguir é apresentado o modelo de demanda cognitiva para estas ações, com a identificação de suas funções cognitivas, e associação com seus FADs e Modos de Falhas Humanas (Quadro 20).

ID	Descrição	Quem	Observação	Interpretação	Planejamento	Execução	FADs	Modos de falhas humanas
3	Avaliar se a situação é de perigo	Responsável retirada emergência		X	X		1. Treinamento 2. Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência 3. Procedimentos 4. Comunicação entre os membros da equipe e Condições para tomada de decisões	P1. Planejamento incorreto devido diagnóstico incompleto P2. Diagnóstico correto mas plano de ação errado
8	Avaliar as potenciais rotas de fuga	Responsável retirada emergência		X	X		1. Condições de visualização de rotas de fuga 2. Condições de acesso as rotas de fuga 3. Treinamento 4. Procedimentos	P1. Planejamento incorreto devido um diagnóstico incompleto
9	Iniciar fuga dos trabalhadores pela rota de fuga escolhida	Responsável retirada emergência/ Operários			X	X	1. Condições de acesso as rotas de fuga 2. Condições de visualização de rotas de fuga 3. Treinamento 4. Comunicação entre os membros da equipe	P2. Diagnóstico correto mas plano de ação errado A1. Ação demorada

Quadro 20. Identificação das demandas cognitivas referentes às ações com maior probabilidade de falha (maior esforço cognitivo).

As ações com maior probabilidade de falha (ações 3, 8 e 9) envolvem as funções cognitivas interpretação, planejamento e execução para o processamento das informações por parte do responsável pelo processo de retirada de emergência. Sendo que as ações 3 e 8 (avaliar se a situação é de perigo e avaliar as potenciais rotas de fuga, respectivamente), envolvem as mesmas funções cognitivas (interpretação e planejamento) e a ação 9 (iniciar fuga dos trabalhadores pela rota de fuga escolhida), envolve as funções cognitivas planejamento e execução.

Verificou-se que os seguintes fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores estão relacionados às funções cognitivas das ações com maior probabilidade de falha:

- Condições de acesso as rotas de fuga;
- Condições de visualização de rotas de fuga;
- Condições para tomada de decisões;
- Comunicação entre os membros da equipe;
- Treinamento;
- Procedimentos;
- Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste estudo foi centrado em um método de confiabilidade humana, baseado no julgamento de especialistas, que possibilitou a identificação dos fatores que afetam o desempenho humano ou contribuem para o erro humano, no processo de retirada de emergência no cenário acidental vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga de navio em um terminal petrolífero aquaviário.

A identificação desses fatores (FADs) possibilita que sejam realizadas melhorias nos sistemas de segurança, nas condições de circulação dos trabalhadores, no layout do ambiente de trabalho, nos treinamentos e procedimentos e na disposição das rotas de fuga que podem influenciar na redução do tempo no processo de retirada dos trabalhadores durante uma emergência. Conseqüentemente essas melhorias e adequações do processo, podem ser incorporados em planos de emergência e na análise de risco deste tipo de instalação industrial.

As utilização de técnicas cognitivas de análise da tarefa são importantes em operações que requeiram funções de alto nível mental, como diagnóstico, tomadas de decisões e resoluções de problemas, que podem implicar em ações humanas não seguras. Identificar as funções cognitivas das ações com maior probabilidade de falha e seus respectivos fatores que afetam o desempenho humano permite uma maior atenção a estes fatores, para otimização do processo de retirada de emergência.

A seguir são apresentados planos e ações para os fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores relacionados às funções cognitivas das ações com maior probabilidade de falha:

Planos e ações:

Condições de acesso às rotas de fuga

- Os acessos às rotas de fuga devem ser bem demarcados, com cores diferenciadas das usuais na área industrial e iluminação adequada;
- Os acessos não devem ser obstruídos;
- Deve haver planejamento do responsável pelo processo de retirada de emergência para acessar às rotas de fuga em situação de emergência;
- O responsável pelo processo de retirada de emergência deve receber treinamentos adequados;
- Deve haver programa preventivo e simulações de acordo com o cenário acidental;
- Planejamento do tempo de execução do processo de retirada de emergência em função da segurança.

Condições de visualização de rotas de fuga

- A demarcação das rotas de fuga deve ser feita com cores diferenciadas das usuais na área industrial;
- As rotas de fuga se em locais fechado devem ter iluminação adequada;
- Os acessos às rotas de fuga e o caminho a ser percorrido não deve ser obstruído.

Condições para tomada de decisões

- O profissional selecionado para ser o responsável pela retirada de emergência dos trabalhadores deve ser baseada pela experiência, e deverá ser capacitado e habilitado para desempenhar as tarefas específicas à função;
- Devem ser realizadas práticas rotineiras de treinamento e capacitação com treinamento adequado e simulações;
- O responsável pelo processo de retirada de emergência deverá ser comprometimento com a tarefa a ser executada com os padrões de segurança.

Comunicação entre os membros da equipe

- Devem ser realizadas palestras e cursos sobre assunto relacionado ao erro humano e a violação de normas de equipe;

Treinamento

- Devem ser realizadas palestras e cursos;
- Devem ser realizados treinamentos dos responsáveis pelo processo de retirada de emergência, líderes de equipe, supervisores e monitores para correta mobilização da força de trabalho;
- Devem ser realizadas rotineiramente simulações para todos os trabalhadores e para o responsável pelo processo de retirada de emergência.

Procedimentos

- Planejamento do tempo de execução das tarefas em função da segurança;
- Devem ser realizadas práticas rotineiras de treinamento e capacitação com treinamento adequado e simulações;
- O responsável pelo processo de retirada de emergência deverá saber reconhecer os diferentes alarmes sonoros e interpretá-los. er comprometimento com a tarefa a ser executada com os padrões de segurança.
- O responsável pelo processo de retirada de emergência e toda equipe deverá saber reconhecer os diferentes alarmes sonoros e interpretá-los.
- Os trabalhadores do local e o responsável pelo processo de retirada de emergência devem ter pleno conhecimento dos padrões de segurança.

Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência

- Para seleção do responsável pelo processo de retirada de emergência deverá contar sua experiência em emergências e processos de retirada de emergência, experiências anteriores e conhecimentos de normas e procedimentos referentes ao assunto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHAMMS, J. **Fire escape in difficult circumstances**. 1994.

ANP – Agência Nacional do Petróleo. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>. Acesso em 20 de setembro de 2011.

BALLARDIN, L., GUIMARÃES, L.B.M., WELTER, A.F., ABECH, M.P. & VALCARENH, C.T. **A Percepção de Risco no Carregamento de Derivados de Petróleo**. 14º Brasileiro de Ergonomia/ 4º Fórum Brasileiro de Ergonomia/ 2º ABERGO jovem/ II Congresso Brasileiro de Iniciação em Ergonomia. 2006.

BARBOSA, D.P. **A influência do fator humano nos cenários acidentais de uma refinaria de petróleo**. Dissertação apresentada ao curso de mestrado de sistemas de gestão da Universidade Federal Fluminense. 2009.

BELCHIOR, A. D. **Um modelo Fuzzy para Avaliação da Qualidade de Software**. Tese de D.Sc., COPPE /UFRJ, Rio de Janeiro, R.J., Brasil, 1997.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Guidelines for preventing human error in process safety**. New York: AICHE. 1994.

CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY. **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**. 3. rd. ed. New York: AICHE, 2008.

CHIODO, E.; GAGLIARDI, F; PAGANO. M. **Human reliability analyses by random hazard rate approach**. *Compel: the international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering*. Nápoles. V. 23. N. 1, p. 65-78, 2004.

CLEMEN, R. T; WINKLER, R. L. **Combing probability distribution from experts in risk analysis**. *Risk Analysis*, 19(2), 187–203. 1999.

DOMECH, J. M. **Aplicação da Lógica Fuzzy na Avaliação da Confiabilidade Humana nos Ensaios Não Destrutivos por ultra-som.** Tese apresentada ao Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais (COPPE/UFRJ) Rio de Janeiro. XI. 173 p. 2004.

DWYER, T. A produção social do erro - **O caso dos acidentes ampliados.** Fiocruz: Rio de Janeiro. 2000.

EMBREY, D. E., HUMPHREYS, P. C., ROSA, E. A., KIRWAN, B., e REA, K. **SLIM-MAUD: an Approach to Assessing Human Error Probabilities Using Structured Expert Judgment.** Report No. NUREG/CR-3518 (BNL-NUREG-51716), Department of Nuclear Energy, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY. 1984.

EMBREY, D. **Performance Influencing Factors (PIFs).** Human Reliability Associates Ltda. 2000.

FREITAS, M. **Contribuição da confiabilidade humana na segurança do trabalho: O processo de recuperação de um cais.** Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental da scola Politécnica da UFRJ. 2012

FREITAS, C.M.; PORTO, M.F. & HUET, J.M. **Acidentes Ambientais Ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção.** Rio de Janeiro: Fiocruz. 2000.

FRONAPE. **Plano de emergência para derrames de hidrocarbonetos.** PETROBRAS-FRONAPE, Inspetoria Geral, Rio de Janeiro, RJ. 2002a.

GONÇALVES, F.M. **A confiabilidade humana em unidades de processamento de refinarias de petróleo.** 189 f. Dissertação de Mestrado em engenharia de produção – Coordenação dos programas de pós-graduação de engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1996.

HOLLNAGEL, E. **Cognitive Reliability and Error Analysis Method (CREAM)**. Oxford: Elsevier, 1998.

HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.; LEVESON, N. **Resilience engineering: concepts and precepts**. 2005. Disponível em: <<http://www.ida.liu.se/~eriho/ResilienceEngineering/Index.htm>>. Acesso em: 8 de maio de 2011.

HOLLNAGEL, E. **CREAM – Cognitive Reliability and Error Analysis Method**. Disponível em: <http://www.ida.liu.se/~eriho/> Acesso em: 20 de abril de 2012. 2006.
HOLLNAGEL & CACCIABUE, 1991

IAEA TECDOC-1048. **Collection and classification of human reliability data for use in probabilistic safety assessments**. Final report of a co-ordinated Research Programme. International Atomic Energy Agency IAEA. Vienna, Austria. 1998.

INTERAGENCY CO-ORDINATING COMMITTEE ON OIL POLLUTION RESEARCH, 1997.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **OGP managing major incident risks workshop. Londres major incident risks workshop**. Londres, (Report, n. 403). Disponível em: <http://www.ogp.org.uk/pubs/403.pdf>>. Acesso em: 27 de julho de 2011. 2008.

ITOPF – International Tanker Owners Pollution Federation Limited. Disponível em <<http://www.itopf.com/information-services/data-and-statistics/statistics/#causes>> Acesso em: 27 de setembro 2012.

KIRWAN, B. **A Guide to Practical Human Reliability Assessment**. London: Taylor and Francis. 1994.

LINDELL, M.K., PRATER, C. & PERRY, R.W. **Introduction to Emergency Management**. Wiley. 2007.

LORENZO, D. K. **A Guide to Reducing Human Errors, Improving Human Performance in the Chemical Industry**. The Chemical Manufacturers' Association, Inc., Washington, DC, 1990.

LORENZO, D. K. **Um guia do gerente para redução de erros humanos: melhorando o desempenho humano nos processos industriais**. Washington, DC: EQE, International INC. 2001.

LLORY, M. **Acidentes Industriais: O custo do silêncio**. Multimais Editorial. Rio de Janeiro. 1999.

LUQUETTI, I. J. A, CARVALHO, P. V. R e GRECCO, C. H. **Human Reliability Analysis of Control Room Operators**. In: Proceedings of the Rio Pipeline International Conference, Rio Janeiro, Brazil. 2005

MAIA, F.A. **Planos para resposta à emergência na indústria de petróleo e gas: Uma sistemática para diagnóstico**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense como requisito para obtenção do grau de mestre em sistemas de gestão. Área de Concentração: Sistemas de Segurança. Rio de Janeiro, RJ. 2008.

MANNAN, S. **Lee's loss prevention in the process industries**. 3rd. ed. New York: Elsevier. 3v. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/book/9780750675550>>. Acesso em: 20 de novembro de 2011. 2005.

MARROIG, N.L. 1997. "Medidas adotadas pela FRONAPE visando à prevenção da poluição". 1º Seminário sobre Meio Ambiente Marinho. Rio de Janeiro, RJ.

MEISTER, D. **Human Factors in Reliability**. New York, Mc Graw Hill. 1990.

MENDES, G.D.L. **Análise do Processo de Melhoria Contínua no Sistema de Gestão de Segurança: Estudo de Caso em um Terminal Petrolífero.** Dissertação apresentada a Pós Graduação Stricto Sensu em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense para obtenção do grau de mestre em Sistema de Gestão. 2004.

MIL-STD 1629^a. U.S. Department of Defense Military Standard MIL 1629A. Procedures for Performing Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. 1980.

NASCIMENTO, C.S. **Aplicação da metodologia FUZZY na quantificação da probabilidade de erro humano em instalações nucleares.** Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – reatores. 2010.

NUREG 0711, revision 1. **Human Factors Engineering Program Review Model.** US Nuclear Regulatory Commission, 2002.

NUREG-1842, Rev. 1. **Evaluation of human reliability analysis methods against good practices.** U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2006.

NUREG-1792, Rev. 1. **Good practices for implementing human reliability analysis.** U. S. Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2005.

OLIVEIRA, J.P. **Análise do gerenciamento de riscos ambientais do transporte marítimo de petróleo e derivados no Estado do Rio de Janeiro.** Tese de Mestrado apresentado a COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. 1993.

PRINCÍPIO DE PARETO. <http://erc.msh.org/quality/pstools/pspareto.cfm> acesso em 20 de outubro de 2012.

RASMUSSEN, J. **The definition of a human error and a taxonomy for technical system design.** In Rasmussen, J. Duncan, K. & Leplat, J. (Eds), *New Technology and Human Error* (pp. 23-30). New York, NY: John Wiley & Sons. 1987.

RASMUSSEN, J. **Risk management in a dynamic society: a modeling problem.** *Safety Science* 27 (2 e 3), p.183-213. 1997.

RANGEL, M.R. & LIMA, G.B.A. **Processo de controle de emergência: uma aplicação em terminal terrestre de distribuição de petróleo e derivados.** V Congresso Nacional de Excelência em Gestão. *Gestão do Conhecimento para a Sustentabilidade.* Niteroi, RJ. 2009.

REASON, J.T. **Human error.** Cambridge University Press. New York. 1990.

REASON, J.T. **Human error: models and management.** *British Medical Journal*, Vol. 320, pp. 768-70. 2000.

REASON, J.T. **Human error.** (18th print). **Cambridge.** Cambridge University Press. 2007.

REASON, P. **Three approaches to participative inquiry.** In Denzin, N.K. and Lincoln, Y.S. (Eds), *Handbook of Qualitative Research*, Sage, Thousand Oaks, CA. 1994.

ROBERT, J. & CRAWFORD, D. **Exploring the relationship between industry and government in relation to marine oil spill prevention, preparedness and response capabilities.** In: *New Zealand Petroleum Conference Proceedings.* pp 1-7, Auckland, Nova Zelândia. 2002.

ROUSE, W.B. **Experimental studies and mathematical models of human problem solving performance in fault diagnosis tasks.** In *Human Detection and*

Diagnosis of System Failures, J. Rasmussen and W,B, Rouse. Eds New York: Plenum, 1981.

SANTOS, I.J.A.L., CARVALHO, P.V.R., GRECCO, C.H.S. **Metodologia para Identificação dos Fatores que Afetam o Desempenho dos Responsáveis pela Retirada dos Trabalhadores de Instalações Industriais, em Situações de Emergência.** In: XV Simpósio de Engenharia de Produção, 2008, Bauru / São Paulo. XV Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru : UNESP / Bauru. v. 1. 2008.

SANTOS, I.J.A.L., CARVALHO, P.V.R., GRECCO, C.H.S. **Incorporating Emergency Evacuation Planning, Through Human Reliability Analysis, in the Risk Management of Industrial Installation.** In: Rio Pipeline 2009 - Brazilian Petroleum, gas and Biofuels Congress, 2009, Rio Janeiro. Rio Pipeline 2009 - Brazilian Petroleum, gas and Biofuels Institute. Rio Janeiro: IBP, 2009. v. 1. 2009.

SANTOS, I. J. A. L.; OLIVEIRA, M. M. P.; OLIVEIRA, M. V. **Uso da ferramenta FMEA (análise dos modos de falhas e seus efeitos) na identificação dos fatores que afetam o desempenho humano, durante o processo de retirada de emergência.** In: IX Simpósio Internacional de Confiabilidade. Fortaleza. Anais do IX Simpósio Internacional de |Confiabilidade Humana. São Paulo: Reliasoft do Brasil. V1. . 2011.

SERPA, R. R. **Planos de Emergência.** Apostila do Curso “Introdução à Análise de Riscos”, Vol. 2, CETESB, São Paulo, 1997.

SILVA, P.R. **Transporte Marítimo de Petróleo e Derivados na Costa Brasileira: Estrutura e Implicações Ambientais.** Tese submetida ao Programa de Mestrado de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, RJ. XII, 148 p. 2004.

SOARES, C.G.; TEIXEIRA, A.P. **Risk assessment in maritime transportation.** Reliability Engineering and System Safety, n 74, pp 299-309. 2001.

SOUZA, C. A.V. S. & FREITAS, C.M. **Análise de causas de acidentes e ocorrências anormais, relacionados ao trabalho, em uma refinaria de petróleo.** Rio de Janeiro. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19 (5): 1293-1303. 2003.

SWAIN, A.D. & GUTTMANN, H.E. **Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications.** Sandia National Laboratories. 1983.

TRANSPETRO.

http://www.transpetro.com.br/TranspetroSite/appmanager/transpPortal/transpInternet?_nfpb=true&_windowLabel=barraMenu_3&_nffvid=%2FTranspetroSite%2Fportlets%2FbarraMenu%2FbarraMenu.faces&_pageLabel=pagina_base. Acesso em: 20 de fevereiro de 2011.

TRANSPETRO.

<http://www.transpetro.com.br/TranspetroSite/appmanager/transpPortal/transpInternet?_nfpb=true&_windowLabel=barraMenu_3&_nffvid=%2FTranspetroSite%2Fportlets%2FbarraMenu%2FbarraMenu.faces&_pageLabel=pagina_base>

Acesso 20 de setembro de 2012.

GONÇALVES, F.M. **A confiabilidade humana em unidades de processo de refinarias de petróleo.** 189f. Dissertação apresentada ao Programa de Engenharia de Produção da COPPE/ UFRJ. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 1996.

WICKENS, C. **Engineering Psychology and Human Performance.** HarperCollins Publishers Inc. 1992.

WILMOT, R. D; GALSON, D. A; HORA, S. C. **Expert Judgements in Performance Assessments.** Report of an SKI/SSI Seminar, UK. 2000.

ANEXOS

ANEXO A

Questionário

INSTRUÇÃO

Este questionário faz parte da primeira fase de uma pesquisa cujo objetivo é identificar os fatores que afetam o desempenho dos trabalhadores envolvidos no processo de retirada de emergência em uma instalação industrial, utilizando um método de análise da confiabilidade humana. O método enfatiza a importância das opiniões de especialistas na identificação dos fatores humanos, organizacionais e técnicos que podem contribuir para o aumento da probabilidade de ocorrência de falhas humanas.

Esta primeira fase consiste em um levantamento preliminar de informações sobre os especialistas. Posteriormente, a segunda fase envolverá uma coleta mais abrangente de dados, com outros questionários.

Você encontrará perguntas relacionadas com sua atividade, experiência e conhecimento sobre segurança e cenários de emergência. Você deverá marcar sua resposta a cada uma das proposições.

Não existem respostas certas ou erradas e só interessa sua opinião sincera. Esteja certo de que respondeu a todas às proposições, não deixando nenhuma em branco.

Muito obrigado pela colaboração.

1. Marque sua experiência ou atividades (cargos) que já exerceu ou exerce:

- | | | |
|--|----|---|
| <input type="checkbox"/> Professor de curso de mestrado ou especialização em segurança | ou | <input type="checkbox"/> Especialista em Fatores Humanos/ Ergonomia |
| <input type="checkbox"/> Engenheiro/ Técnico de Segurança | | <input type="checkbox"/> Especialista em SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde) |
| <input type="checkbox"/> Gerente/ Engenheiro de Projeto | | <input type="checkbox"/> Supervisor de Segurança de Plantas Industriais |
| <input type="checkbox"/> Operador de Plantas Industriais | | <input type="checkbox"/> Outras _____ |

2. Marque seu tempo de experiência:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 0 a 2 anos | <input type="checkbox"/> 11 a 20 anos |
| <input type="checkbox"/> 3 a 5 anos | <input type="checkbox"/> Mais do que 20 anos |
| <input type="checkbox"/> 6 a 10 anos | |

3. Já participou de simulados de retirada de emergência?

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Nenhum | <input type="checkbox"/> Entre 3 e 7 |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 e 2 | <input type="checkbox"/> Maior do que 7 |

4. Já elaborou Planos de Emergência?

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Nenhum | <input type="checkbox"/> Entre 3 e 7 |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 e 2 | <input type="checkbox"/> Maior do que 7 |

5. Já participou de uma situação real de retirada de emergência?

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Nenhum | <input type="checkbox"/> Entre 3 e 7 |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 e 2 | <input type="checkbox"/> Maior do que 7 |

6. Já analisou algum incidente ou acidente em instalação industrial?

- | | |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Nenhum | <input type="checkbox"/> Entre 3 e 7 |
| <input type="checkbox"/> Entre 1 e 2 | <input type="checkbox"/> Maior do que 7 |

7. Os terminais aquaviários petrolíferos são instalações portuárias adequadas às operações de transferência de carga dos navios para terra e vice-versa ou entre navios, e tem como função principal, receber, armazenar e distribuir petróleo e derivados, sendo, portanto, importantes agentes na cadeia logística do transporte de óleo. Dos campos de produção, o petróleo é transportado, por oleodutos e ou por navios, para os terminais, e de lá até as refinarias. Após o refino, os derivados são novamente escoados por dutos aos terminais aquaviários, ou terrestres, para ser entregues, por dutos e também por navios, às companhias distribuidoras, chegando aos mercados nacional e internacional.

Na sua opinião, quais são os cenários de acidentes mais usuais que podem ocorrer em um terminal aquaviário petrolífero e implicaria em um processo de retirada de emergência? Marque um ou mais ou cite outros.

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Vazamento de combustível com explosão durante a estocagem | <input type="checkbox"/> Vazamento de combustível com fogo durante a estocagem |
| <input type="checkbox"/> Vazamento de combustível com fogo durante o transporte | <input type="checkbox"/> Vazamento de combustível com explosão durante o transporte |
| <input type="checkbox"/> Vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga do navio | <input type="checkbox"/> Vazamento de combustível com explosão durante carga e descarga do navio |
| <input type="checkbox"/> Outros _____ | |

Definição dos Escores do QIPE

1) *Escore-total do item: 5,2* *Escore-final do item: _____*

Experiência/ atividades	Pontuação
Supervisor de Segurança de Plantas Industriais:	1
Engenheiro/ Técnico de Segurança:	0,9
Especialista em SMS (Segurança, Meio Ambiente e Saúde):	0,8
Operador de Plantas Industriais:	0,7
Especialista em Fatores Humanos/ Ergonomia:	0,6
Gerente/ Engenheiro de Projeto:	0,5
Professor de curso de mestrado ou especialização em segurança:	0,4
Outras:	0,3

2) *Escore-total do item: 4* *Escore-final do item: _____*

0 a 2 anos:	0,6
3 a 5 anos:	0,7
6 a 10 anos:	0,8
11 a 20 anos:	0,9
Mais do que 20 anos:	1

3) *Escore-total do item: 2* *Escore-final do item: _____*

Nenhum:	0
Entre 1 e 2:	0,3
Entre 3 e 7:	0,7
Maior do que 7:	1

4) *Escore-total do item: 2* *Escore-final do item: _____*

Nenhum:	0
Entre 1 e 2:	0,3
Entre 3 e 7:	0,7
Maior do que 7:	1

5) *Escore-total do item: 2* *Escore-final do item: _____*

Nenhum:	0
Entre 1 e 2:	0,3
Entre 3 e 7:	0,7
Maior do que 7:	1

6) *Escore-total do item: 2* *Escore-final do item: _____*

Nenhum:	0
Entre 1 e 2:	0,3
Entre 3 e 7:	0,7
Maior do que 7:	1

7) Cenários acidentais selecionados:

Vazamento de combustível com explosão durante a estocagem	
Vazamento de combustível com fogo durante a estocagem	
Vazamento de combustível com fogo durante o transporte	
Vazamento de combustível com explosão durante o transporte	
Vazamento de combustível com fogo durante carga e descarga do navio	
Vazamento de combustível com explosão durante carga e descarga do navio	
Outros	

ANEXO B

Questionário 2

INSTRUÇÃO

Este questionário faz parte da segunda fase da pesquisa de identificação dos fatores que afetam o desempenho dos responsáveis envolvidos no processo de retirada de emergência em um terminal petrolífero aquaviário, utilizando um método de análise da confiabilidade humana.

Nesta fase, peço a colaboração para que verifiquem se a sequência das ações, realizadas pelos responsáveis pelo processo de retirada de emergência, estão adequadas.

Sugestões poderão ser feitas, caso tenha alguma ação a acrescentar, ou a tirar.

Muito obrigada pela colaboração.

AÇÕES DE RETIRADA DE EMERGÊNCIA

FASES	AÇÃO
1	DETECTAR ALARME
2	IDENTIFICAR O TIPO DE ALARME
3	AVALIAR SE A SITUAÇÃO É DE PERIGO
4	PARAR COM AS ATIVIDADES DE TRABALHO
5	DESLIGAR EQUIPAMENTOS
6	CONTACTAR REFINARIA (SUSPENSÃO DO BOMBEAMENTO)
7	CONTACTAR BRIGADA DE INCÊNDIO
8	AVALIAR AS POTENCIAIS ROTAS DE FUGA
9	GUIAR OS TRABALHADORES PELA ROTA DE FUGA ATÉ O REFÚGIO
10	CONFIRMAR SE A ESCOLHA DO ROTA DE FUGA FOI ACERTADA
11	CHEGAR NO REFÚGIO
12	CONTAGEM DOS TRABALHADORES
13	AGUARDAR O SINAL DE TÉRMINO DA EMERGÊNCIA
14	RETORNO AO LOCAL DE TRABALHO

ANEXO C

Questionário 3

INSTRUÇÃO

Este questionário faz parte da terceira fase de uma pesquisa de identificação dos fatores que afetam o desempenho dos envolvidos no processo de retirada de emergência em um cenário acidental de vazamento de combustível com fogo, durante carga e descarga do navio, em um terminal petrolífero Aquaviário. A pesquisa utilizará um método de análise da confiabilidade humana.

Nesta fase, peço a seguinte colaboração:

Para cada ação realizada durante o processo de retirada de emergência escolher quatro (4) fatores, utilizando a identificação numérica apresentada na tabela 1. Coloque-os em ordem do mais relevante para o menos relevante.

Exemplo:

FASES	AÇÃO	FATORES (Para cada ação escolher quatro fatores, utilizando a identificação numérica apresentada na tabela 1. Coloque-os em ordem do mais relevante para o menos relevante)			
		1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o
A	DETECTAR ALARME	3	9	10	12

Muito obrigada pela colaboração.

Lista de fatores que podem afetar o desempenho humano durante o processo de retirada de emergência.

TABELA 1

Fatores que Podem Afetar o Desempenho Humano	
1	Condições de acesso as rotas de fuga
2	Temperatura ambiente
3	Ruído
4	Sobrecarga de trabalho
5	Condições de visualização das rotas de fuga
6	Condições para tomada de decisões
7	Comunicação entre os membros da equipe
8	Complexidade da tarefa
9	Treinamento
10	Procedimentos
11	Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação
12	Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência
13	Estado emocional
14	Condição física

QUESTIONÁRIO

FASES	AÇÃO	FATORES			
		(Para cada ação escolher os fatores, utilizando a identificação apresentada na tabela anterior. Coloque-os em ordem do mais relevante para o menos relevante)			
		1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o
A	DETECTAR ALARME				
B	IDENTIFICAR O TIPO DE ALARME				
C	AVALIAR SE A SITUAÇÃO É DE PERIGO				
D	PARAR COM AS ATIVIDADES DE TRABALHO				
E	CONTACTAR REFINARIA (SUSPENSÃO DO BOMBEAMENTO)				
F	DESLIGAR EQUIPAMENTOS				
G	CONTACTAR BRIGADA DE INCÊNDIO				
H	AVALIAR AS POTENCIAIS ROTAS DE FUGA				
I	GUIAR OS TRABALHADORES PELA ROTA DE FUGA ATÉ O REFÚGIO				
J	CONFIRMAR SE A ESCOLHA DA ROTA DE FUGA FOI ACERTADA				
K	CHEGAR NO REFÚGIO				
L	CONTAGEM DOS TRABALHADORES				
M	ÁGUARDAR O SINAL DE TÉRMINO DA EMERGÊNCIA				
N	RETORNO AO LOCAL DE TRABALHO				

ANEXO D - Análise dos dados

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação A:

AÇÃO A	FATORES														TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1			1							1		1	1		4
Especialista 4			1				1		1	1					4
Especialista 6			1						1	1		1			4
Especialista 7			1	1					1				1		4
Especialista 8			1						1	1		1			4
Especialista 10			1			1			1			1			4
Especialista 11	1								1	1		1			4
Especialista 13			1	1									1	1	4
Especialista 15			1						1	1		1			4
Total	1		8	2		1	1		7	6		6	3	1	36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Frequência
1	1
3	8
4	2
6	1
7	1
9	7
10	6
12	6
13	3
14	1

Ocorrência: 10 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%
3	8	22,22	22,22
9	7	19,44	41,67
10	6	16,67	58,33
12	6	16,67	75,00
13	3	8,33	83,33
4	2	5,56	88,89
1	1	2,78	91,67
6	1	2,78	94,44
7	1	2,78	97,22
14	1	2,78	100,00
		100,00	

Até 80%
Até 80%
Até 80%

$$36 = 4(\text{fatores}) * 9(\text{especialistas})$$

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação B:

AÇÃO B	FATORES														TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1									1	1	1		1		4
Especialista 4									1	1		1	1		4
Especialista 6			1						1	1		1			4
Especialista 7				1				1	1	1					4
Especialista 8			1						1			1	1		4
Especialista 10									1	1		1	1		4
Especialista 11			1						1	1		1			4
Especialista 13			1			1	1				1				4
Especialista 15			1						1	1		1			4
Total			5	1		1	1	1	8	7	2	6	4		36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Freq acum
3	5
4	1
6	1
7	1
8	1
9	8
10	7
11	2
12	6
13	4

Ocorrência: 10 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%	
9	8	22,22	22,22	Até 80%
10	7	19,44	41,66	Até 80%
12	6	16,67	58,33	Até 80%
3	5	13,89	72,22	Até 80%
13	4	11,11	83,33	
11	2	5,56	88,89	
4	1	2,78	91,66	
6	1	2,78	94,44	
7	1	2,78	97,22	
8	1	2,78	100,00	
		100,00		

36 = 4(fatores)*9(especialistas)

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação C:

AÇÃO C	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1						1			1	1		1			4
Especialista 4							1				1	1	1		4
Especialista 6									1	1		1	1		4
Especialista 7				1		1		1			1				4
Especialista 8						1	1		1			1			4
Especialista 10									1	1		1	1		4
Especialista 11						1	1		1	1					4
Especialista 13						1	1		1		1				4
Especialista 15							1		1	1		1			4
TOTAL				1		5	5	1	7	5	3	6	3		36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante		100
2° mais relevante		75
3° mais relevante		50
4° mais relevante		25
Outros		0

Fatores	Freq acum
4	1
6	5
7	5
8	1
9	7
10	5
11	3
12	6
13	3

9 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%	
9	7	19,44	19,44	Até 80%
12	6	16,67	36,11	Até 80%
6	5	13,89	50,00	Até 80%
7	5	13,89	63,88	Até 80%
10	5	13,89	77,77	Até 80%
11	3	8,33	86,11	
13	3	8,33	94,44	
4	1	2,78	97,22	
8	1	2,78	100,00	
		100,00		

36 = 4(fatores)*9(especialistas)

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação D:

AÇÃO D	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1						1			1	1	1				4
Especialista 4						1	1			1		1			4
Especialista 6				1				1		1	1				4
Especialista 7				1		1	1				1				4
Especialista 8						1	1		1				1		4
Especialista 10						1		1			1	1			4
Especialista 11				1					1	1	1				4
Especialista 13							1	1	1	1					4
Especialista 15									1	1	1	1			4
TOTAL				3		5	4	3	5	6	6	3	1		36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante		100
2° mais relevante		75
3° mais relevante		50
4° mais relevante		25
Outros		0

Fatores	Freq
4	3
6	5
7	4
8	3
9	5
10	6
11	6
12	3
13	1

9 fatores

Fatores	Freq	Freq o	Freq ac
10	6	16,67	16,67
11	6	16,67	33,34
6	5	13,89	47,23
9	5	13,89	61,11
7	4	11,11	72,23
4	3	8,33	80,56
8	3	8,33	88,89
12	3	8,33	97,23
13	1	2,78	100,00

100,00
 $36 = 4(\text{fatores}) * 9(\text{especialistas})$

Até
 Até
 Até
 Até
 Até

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação E:

AÇÃO E	FATORES														Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Especialista 1						1			1	1	1					4
Especialista 4						1	1		1	1						4
Especialista 6							1		1			1	1			4
Especialista 7						1	1				1	1				4
Especialista 8							1		1	1		1				4
Especialista 10									1	1		1				3
Especialista 11						1			1	1	1	1				5
Especialista 13						1			1	1	1					4
Especialista 15									1	1	1	1				4
TOTAL						5	4		8	7	5	6	1			36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Freq
6	5
7	4
9	8
10	7
11	5
12	6
13	1

7 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%
9	8	22,22	22,22
10	7	19,44	41,66
12	6	16,67	58,33
6	5	13,89	72,22
11	5	13,89	86,11
7	4	11,11	97,22
13	1	2,78	100,00

Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%

100,00

$$36 = 4(\text{fatores}) * 9(\text{especialistas})$$

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação F:

AÇÃO F	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1									1	1	1		1		4
Especialista 4						1				1		1	1		4
Especialista 6							1	1	1	1	1				4
Especialista 7				1		1				1	1	1			4
Especialista 8						1			1	1		1			4
Especialista 10						1		1			1	1			4
Especialista 11				1				1			1	1			4
Especialista 13						1	1	1	1						4
Especialista 15									1	1	1	1			4
TOTAL				2		5	1	4	5	5	6	6	2		36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Freq acum
4	2
6	5
7	1
8	4
9	5
10	5
11	6
12	6
13	2

9 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%	
11	6	16,67	16,67	Até 80%
12	6	16,67	33,34	Até 80%
6	5	13,89	47,23	Até 80%
9	5	13,89	61,11	Até 80%
10	5	13,89	75,00	Até 80%
8	4	11,11	86,11	
4	2	5,56	91,67	
13	2	5,56	97,23	
7	1	2,78	100,00	

100,00

$$36 = 4(\text{fatores}) * 9(\text{especialistas})$$

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação G:

AÇÃO G	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1							1		1	1		1			4
Especialista 4						1	1		1	1					4
Especialista 6							1		1			1	1		4
Especialista 7						1	1					1	1		4
Especialista 8									1	1		1	1		4
Especialista 10						1			1	1		1			4
Especialista 11		1	1				1				1				4
Especialista 13							1		1	1	1				4
Especialista 15							1		1	1	1				4
TOTAL		1	1			3	6	1	6	6	4	4	4		36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante		100
2° mais relevante		75
3° mais relevante		50
4° mais relevante		25
Outros		0

Fatores	Freq acum
2	1
3	1
6	3
7	6
8	1
9	6
10	6
11	4
12	4
13	4

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%
7	6	16,67	16,67
9	6	16,67	33,34
10	6	16,67	50,00
11	4	11,11	61,11
12	4	11,11	72,23
13	4	11,11	83,34
6	3	8,33	91,67
2	1	2,78	94,45
3	1	2,78	97,23
8	1	2,78	100,00

10 fatores

100,00
36 = 4(fatores)*9(especialistas)

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação H:

AÇÃO H	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1	1				1	1						1			4

Especialista 4	1				1		1			1					4
Especialista 6		1					1		1				1		4
Especialista 7	1			1	1							1			4
Especialista 8	1				1				1	1					4
Especialista 10	1				1				1	1					4
Especialista 11	1								1		1	1			4
Especialista 13					1	1		1		1					4
Especialista 15	1				1				1	1					4
TOTAL	7	1		1	7	2	2	1	5	5	1	3	1		36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante		100
2° mais relevante		75
3° mais relevante		50
4° mais relevante		25
Outros		0

Fatores	Freq acum
1	7
2	1
4	1
5	7
6	2
7	2
8	1
9	5
10	5
11	1
12	3
13	1

Fatores	Freq	Freq o	Freq ac
1	7	19,44	19,44
5	7	19,44	38,88
9	5	13,89	52,77
10	5	13,89	66,66
12	3	8,33	75,00
6	2	5,56	80,55
7	2	5,56	86,11
2	1	2,78	88,88
4	1	2,78	91,66
8	1	2,78	94,44
11	1	2,78	97,22
13	1	2,78	100,00

Até
Até
Até
Até
Até

100,00

12 fatores

$36 = 4(\text{fatores}) * 9(\text{especialistas})$

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação I:

AÇÃO I	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1	1				1		1		1						4

Especialista 4	1	1				1			1						4
Especialista 6	1				1		1		1						4
Especialista 7	1				1							1	1		4
Especialista 8									1			1	1	1	4
Especialista 10	1	1			1		1								4
Especialista 11	1				1		1					1			4
Especialista 13	1				1		1		1						4
Especialista 15	1				1				1	1					4
TOTAL	8	2			7	1	5		6	1		3	2	1	36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Freq acum
1	8
2	2
5	7
6	1
7	5
9	6
10	1
12	3
13	2
14	1

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%
1	8	22,22	22,22
5	7	19,44	41,66
9	6	16,67	58,33
7	5	13,89	72,22
12	3	8,33	80,55
2	2	5,56	86,11
13	2	5,56	91,66
6	1	2,78	94,44
10	1	2,78	97,22
14	1	2,78	100,00

Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%

100,00

$$36 = 4(\text{fatores}) * 9(\text{especialistas})$$

10 fatores

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação J:

AÇÃO J	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1	1					1			1			1			4
Especialista 4					1	1			1	1					4
Especialista 6				1	1	1	1								4

Especialista 7	1					1	1		1						4
Especialista 8				1		1	1						1		4
Especialista 10						1	1		1	1					4
Especialista 11	1					1			1	1					4
Especialista 13	1								1		1	1			4
Especialista 15	1				1		1						1		4
TOTAL	5			1	4	7	5		6	3	1	3	1		36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1°	mais relevante	100
2°	mais relevante	75
3°	mais relevante	50
4°	mais relevante	25
	Outros	0

Fatores	Freq
1	5
4	1
5	4
6	7
7	5
9	6
10	3
11	1
12	3
13	1

10 fatores

Fatores	Freq	Freq o	Freq ac
6	7	19,44	19,44
9	6	16,67	36,11
1	5	13,89	50,00
7	5	13,89	63,88
5	4	11,11	75,00
10	3	8,33	83,33
12	3	8,33	91,66
4	1	2,78	94,44
11	1	2,78	97,22
13	1	2,78	100,00

100,00

36 = 4(fatores)*9(especialistas)

Até

Até

Até

Até

Até

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação K:

AÇÃO K	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1							1	1	1				1		4
Especialista 4							1	1					1	1	4
Especialista 6	1				1								1	1	4
Especialista 7	1								1	1		1			4

Especialista 8		1							1			1		1	4
Especialista 10							1			1			1	1	4
Especialista 11	1				1				1				1		4
Especialista 13									1		1	1	1		4
Especialista 15	1				1		1					1			4
TOTAL	4	1			3		4	2	5	2	1	4	6	4	36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Freq
1	4
2	1
5	3
7	4
8	2
9	5
10	2
11	1
12	4
13	6
14	4

11 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%
13	6	16,67	16,67
9	5	13,89	30,56
1	4	11,11	41,67
7	4	11,11	52,78
12	4	11,11	63,89
14	4	11,11	75,00
5	3	8,33	83,34
8	2	5,56	88,89
10	2	5,56	94,45
2	1	2,78	97,23
11	1	2,78	100,00

100,00

36 = 4(fatores)*9(especialistas)

Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação L:

AÇÃO L	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1							1		1		1		1		4
Especialista 4						1			1	1			1		4
Especialista 6	1				1								1	1	4
Especialista 7								1	1				1	1	4

Especialista 8				1					1				1	1	4
Especialista 10						1		1	1		1				4
Especialista 11					1				1	1		1			4
Especialista 13					1			1	1		1				4
Especialista 15						1		1	1	1					4
TOTAL	1			1	1	3	3		7	6	3	2	6	3	36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante		100
2° mais relevante		75
3° mais relevante		50
4° mais relevante		25
Outros		0

Fatores	Freq
1	1
4	1
5	1
6	3
7	3
9	7
10	6
11	3
12	2
13	6
14	3

11 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%
9	7	19,44	19,44
10	6	16,67	36,11
13	6	16,67	52,77
6	3	8,33	61,11
7	3	8,33	69,44
11	3	8,33	77,77
14	3	8,33	86,11
12	2	5,56	91,66
1	1	2,78	94,44
4	1	2,78	97,22
5	1	2,78	100,00

Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%

100,00

36 = 4(fatores)*9(especialistas)

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação M:

AÇÃO M	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1							1			1			1	1	4
Especialista 4									1	1			1	1	4
Especialista 6			1						1	1		1			4
Especialista 7									1	1			1	1	4

Especialista 8									1	1		1	1		4
Especialista 10							1		1	1			1		4
Especialista 11			1						1			1	1		4
Especialista 13							1		1		1	1			4
Especialista 15			1						1	1		1			4
Total			3				3		8	7	1	5	6	3	36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Freq acum
3	3
7	3
9	8
10	7
11	1
12	5
13	6
14	3

8 fatores

Fatores	Freq	Freq o	Freq ac
9	8	22,22	22,22
10	7	19,44	41,66
13	6	16,67	58,33
12	5	13,89	72,22
3	3	8,33	80,55
7	3	8,33	88,89
14	3	8,33	97,22
11	1	2,78	100,00

100,00

36 = 4(fatores)*9(especialistas)

Até 80%
Até 80%
Até 80%
Até 80%

Consolidação das respostas do 3º Questionário – Ação N:

AÇÃO N	FATORES														Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Especialista 1							1	1					1	1	4
Especialista 4	1	1	1	1											4
Especialista 6							1		1				1	1	4

Especialista 7									1	1			1	1	4
Especialista 8										1	1	1	1	1	4
Especialista 10							1		1	1			1		4
Especialista 11						1	1			1	1				4
Especialista 13							1		1		1	1			4
Especialista 15							1		1	1			1		4
TOTAL	1	1	1	1		1	6	1	5	5	3	3	4	4	36

Escala de relevância para os FADs de acordo com a opinião dos especialistas, Cálculos da Frequência e Frequência Acumulada e aplicação do Princípio de Pareto:

ESCALA		
1° mais relevante	100	
2° mais relevante	75	
3° mais relevante	50	
4° mais relevante	25	
Outros	0	

Fatores	Freq
1	1
2	1
3	1
4	1
6	1
7	6
8	1
9	5
10	5
11	3
12	3
13	4
14	4

11 fatores

Fatores	Freq acum	Freq o %	Freq ac%	
7	6	16,67	16,67	Até 80%
9	5	13,89	30,56	Até 80%
10	5	13,89	44,45	Até 80%
13	4	11,11	55,56	Até 80%
14	4	11,11	66,67	Até 80%
11	3	8,33	75,00	Até 80%
12	3	8,33	83,34	
1	1	2,78	86,11	
2	1	2,78	88,89	
3	1	2,78	91,67	
4	1	2,78	94,45	
6	1	2,78	97,23	
8	1	2,78	100,00	
		100,00		

$$36 = 4(\text{fatores}) * 9(\text{especialistas})$$

ANEXO E:

		FATORES MAIS RELEVANTES												
		3 - ruído	peso * valor escala (f 3)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	12 - Familiaridade com ações de resposta a situações de emergência	peso * valor escala (f 12)	soma fatores	soma pesos			
AÇÃO A	Detectar alarme	Especialistas	peso esp											
		Especialista 1	1,0	100	103,28	0	0	50	51,64	75	77,46			
		Especialista 4	0,8	100	77,05	50	38,52	25	19,26	0	0,00			
		Especialista 6	0,6	100	57,38	50	28,69	25	14,34	75	43,03			
		Especialista 7	0,6	75	43,03	25	14,34	0	0,00	0	0,00			
		Especialista 8	0,6	100	55,74	75	41,80	25	13,93	50	27,87			
		Especialista 10	0,5	100	49,18	75	36,89	0	0,00	25	12,30			
		Especialista 11	0,4	0	0,00	100	42,62	75	31,97	50	21,31			
		Especialista 13	0,4	100	40,98	0	0,00	0	0,00	0	0,00			
		Especialista 15	0,4	100	36,07	75	27,05	50	18,03	25	9,02	soma fatores	soma pesos	
					775	462,70	450	229,92	250	149,18	300	190,98	1775	1032,79
					0,44	0,45	0,25	0,22	0,14	0,14	0,17	0,18		

$\phi_j = \sum_{i=1}^7 W_{ij}$

$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1º	(3) Ruído	0,45
2º	(9) Treinamento	0,22
3º	(12) Familiaridade com ações de resposta a emergência	0,18
4º	(10) Procedimentos	0,14

Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES							peso * valor escala (f 12)		
		3 - ruído	peso * valor escala (f 3)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	12 - Familiaridade com ações de resposta a situações de emergência			
Especialista 1	1,0	0	0	50	51,64	75	77,46	0	0		
Especialista 4	0,8	0	0	75	57,79	100	77,05	50	38,52		
Especialista 6	0,6	50	28,69	75	43,03	25	14,34	100	57,38		
Especialista 7	0,6	0	0	25	14,34	50	28,69	0	0,00		
Especialista 8	0,6	50	27,87	100	55,74	0	0,00	75	41,80		
Especialista 10	0,5	0	0	100	49,18	75	36,89	50	24,59		
Especialista 11	0,4	100	42,62	75	31,97	50	21,31	25	10,66		
Especialista 13	0,4	100	40,98	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
Especialista 15	0,4	25	9,02	75	27,05	100	36,07	50	18,03		
		325	149,18	575	330,74	475	291,80	350	190,98	soma fat	soma pesos
$\eta_{ij} = W_{ij}/\phi$		0,19	0,15	0,33	0,34	0,28	0,30	0,20	0,20		

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1°	(9) Treinamento	0,34
2°	(10) Procedimentos	0,3
3°	(12) Familiaridade com ações de resposta a emergência	0,2
4°	(3) Ruído	0,15

		FATORES MAIS RELEVANTES														
		Especialistas	peso esp	6 - Condições para tomada de decisões	peso * valor escala (f 6)	7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	12 - Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência	peso * valor escala (f 12)			
AÇÃO C	Avaliar se a situação é de perigo	Especialista 1	1,0	25	25,82	0	0	75	77,46	50	51,64	100	103,28			
		Especialista 4	0,8	0	0,00	100	77,05	0	0,00	0	0,00	50	38,52			
		Especialista 6	0,6	0	0,00	0	0,00	25	14,34	100	57,38	50	28,69			
		Especialista 7	0,6	75	43,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00			
		Especialista 8	0,6	100	55,74	25	13,93	75	41,80	0	0,00	50	27,87			
		Especialista 10	0,5	0	0,00	0	0,00	100	49,18	50	24,59	75	36,89			
		Especialista 11	0,4	25	10,66	50	21,31	100	42,62	75	31,97	0	0,00			
		Especialista 13	0,4	50	20,49	75	30,74	25	10,25	0	0,00	0	0,00			
		Especialista 15	0,4	0	0,00	25	9,02	75	27,05	100	36,07	25	9,02	soma fat	soma pesos	
					275	155,74	275	152,05	475	262,70	375	201,64	350	244,26	1750	1016,39
					0,16	0,15	0,16	0,15	0,27	0,26	0,21	0,20	0,20	0,24		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1º	(9) Treinamento	0,26
2º	(12) Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência	0,24
3º	(10) Procedimentos	0,2
4º	(7) Comunicação entre os membros da equipe	0,15
4º	(6) Condições para tomada de decisões	0,15

		Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES													
				6 - Condições para tomada de decisões	peso * valor escala (f 6)	7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	11 - Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	peso * valor escala (f 11)	soma fat	soma pesos		
$\phi_j = \sum_{i=1}^7 W_{ij}$	ACÃO D com as atividades de trabalho	Especialista 1	1,0	25	25,82	0	0	75	77,46	100	103,28	50	51,64				
		Especialista 4	0,8	50	38,52	75	57,79	0	0,00	100	77,05	0	0,00				
		Especialista 6	0,6	0	0,00	0	0,00	0	0,00	50	28,69	75	43,03				
		Especialista 7	0,6	50	28,69	25	14,34	0	0,00	0	0,00	75	43,03				
		Especialista 8	0,6	100	55,74	75	41,80	50	27,87	0	0,00	0	0,00				
		Especialista 10	0,5	50	24,59	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	49,18				
		Especialista 11	0,4	0	0,00	0	0,00	100	42,62	75	31,97	50	21,31				
		Especialista 13	0,4	0	0,00	50	20,49	75	30,74	100	40,98	0	0,00				
		Especialista 15	0,4	0	0,00	0	0,00	75	27,05	100	36,07	25	9,02				
						275	173,36	225	134,43	375	205,74	525	318,03	375	217,21	1775	1048,77
						0,15	0,17	0,13	0,13	0,21	0,20	0,30	0,30	0,21	0,21		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO * VALOR ESCALA
1º	(10) Procedimentos	0,3
2º	(11) Tempo de experiência e conhecimento na área de	0,21
3º	(9) Treinamento	0,2
4º	(6) Condições para tomada de decisões	0,17
5º	(7) Comunicação entre os membros da equipe	0,13

		Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES						peso * valor escala (f 12)
				6 - Condições para tomada de decisões	peso * valor escala (f 6)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	

AÇÃO E	Finalia (susponder)	Especialista 1	1,0	100	103,28	25	25,82	75	77,46	0	0		
		Especialista 4	0,8	25	19,26	75	57,79	100	77,05	0	0		
		Especialista 6	0,6	0	0,00	100	57,38	0	0,00	75	43,03		
		Especialista 7	0,6	75	43,03	0	0,00	0	0,00	25	14,34		
		Especialista 8	0,6	0	0,00	50	27,87	75	41,80	100	55,74		
		Especialista 10	0,5	0	0,00	50	24,59	25	12,30	75	36,89		
		Especialista 11	0,4	100	42,62	25	10,66	50	21,31	100	42,62		
		Especialista 13	0,4	50	20,49	75	30,74	100	40,98	0	0,00		
		Especialista 15	0,4	0	0,00	75	27,05	100	36,07	50	18,03	soma fat	soma pesos
				350	228,69	475	261,89	525	306,97	425	210,66	1775	1008,20
				0,20	0,23	0,27	0,26	0,30	0,30	0,24	0,21		

$$w_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1º	(10) Procedimentos	0,3
2º	(9) Treinamento	0,26
3º	(6) Condições para tomada de decisões	0,23
4º	(12) Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência	0,21

AÇÃO F	Desligar equipamentos	Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES								peso * valor escala (f)	peso * valor escala (f)		
				6 - Condições para tomada de decisões	peso * valor escala (f 6)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f)	11 - Tempo de experiência e conhecimento na área	peso * valor escala (f)			12 - Familiaridade com ações de resposta a situações de	
		1	1,0	0	0	50	51,64	100	103,28	75	77,46	0	0		
		4	0,8	75	57,79	0	0,00	100	77,05	0	0,00	25	19,26		
		6	0,6	0	0,00	100	57,38	25	14,34	75	43,03	0	0,00		
		7	0,6	50	28,69	0	0,00	0	0,00	75	43,03	25	14,34		
		8	0,6	100	55,74	50	27,87	75	41,80	0	0,00	25	13,93		
		10	0,5	100	49,18	0	0,00	0	0,00	75	36,89	50	24,59		
		11	0,4	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	42,62	25	10,66		
		13	0,4	75	30,74	25	10,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00		
		15	0,4	0	0,00	75	27,05	100	36,07	25	9,02	50	18,03	soma fat	soma pesos
				400	222,13	300	174,18	400	272,54	425	252,05	200	100,82	1725	1021,72
				0,23	0,22	0,17	0,17	0,23	0,27	0,25	0,25	0,12	0,10		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO * VALOR ESCALA
1º	Procedimentos	0,27
2º	Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	0,25
3º	Condições para tomada de decisões	0,22
4º	Treinamento	0,17
5º	Familiaridade com ações de resposta as situações de	0,1

Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES
---------------	----------	-------------------------

AÇÃO G	Contactar brigada de incêndio	$\phi_j = \sum_{i=1}^7 W_{ij}$		7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	11 - Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	peso * valor escala (f 11)	12 - Familiaridade com ações de resposta a situações de emergência	peso * valor escala (f 12)				
				Especialista 1	1,0	0	0	0	0	100	103,28	75	77,46	0	0		
				Especialista 4	0,8	25	19,26	75	57,79	100	77,05	0	0,00	0	0		
				Especialista 6	0,6	25	14,34	100	57,38	0	0,00	0	0,00	75	43,03		
				Especialista 7	0,6	75	43,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	100	57,38		
				Especialista 8	0,6	0	0,00	75	41,80	50	27,87	0	0,00	100	55,74		
				Especialista 10	0,5	0	0,00	75	36,89	100	49,18	0	0,00	25	12,30		
				Especialista 11	0,4	25	10,66	0	0,00	0	0,00	50	21,31	0	0,00		
				Especialista 13	0,4	50	20,49	75	30,74	100	40,98	25	10,25	0	0,00		
				Especialista 15	0,4	50	18,03	75	27,05	100	36,07	25	9,02	0	0,00	soma fat	soma pesos
		250	125,82	475	251,64	550	334,43	175	118,03	300	168,44	1750	998,36				
		0,14	0,13	0,27	0,25	0,31	0,33	0,10	0,12	0,17	0,17						

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO * VALOR ESCALA
1º	(10) Procedimentos	0,33
2º	(9) Treinamento	0,25
3º	(12) Familiaridade com ações de resposta as situações de	0,17
4º	(7) Comunicação entre os membros da equipe	0,13
5º	(11) Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	0,12

	Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES	
--	---------------	----------	-------------------------	--

		1 - Condições de acesso as rotas de fuga	peso * valor escala (f 1)	5 - Condições de visualização de rotas de fuga	peso * valor escala (f 5)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10 - Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	12 - Familiaridade com ações de resposta a situações de emergência	peso * valor escala (f 12)				
AÇÃO H	Avaliar as potenciais rotas de fuga	Especialista 1	1,0	50	51,64	75	77,46	0	0	100	103,28				
	Especialista 4	0,8	75	57,79	100	77,05	0	50	38,52	0	0,00				
	Especialista 6	0,6	0	0,00	0	0,00	100	57,38	0	0,00	0	0,00			
	Especialista 7	0,6	100	57,38	75	43,03	0	0,00	0	50	28,69				
	Especialista 8	0,6	75	41,80	100	55,74	25	13,93	50	27,87	0	0,00			
	Especialista 10	0,5	25	12,30	50	24,59	100	49,18	75	36,89	0	0,00			
	Especialista 11	0,4	75	31,97	0	0,00	100	42,62	0	0,00	25	10,66			
	Especialista 13	0,4	0	0,00	75	30,74	0	0,00	25	10,25	0	0,00			
	Especialista 15	0,4	50	18,03	25	9,02	75	27,05	100	36,07	0	0,00	soma fat	soma pesos	
					450	270,90	500	317,62	400	190,16	300	149,59	175	142,62	1825
				0,25	0,25	0,27	0,30	0,22	0,18	0,16	0,14	0,10	0,13		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO * VALOR ESCALA
1º	Condições de visualização de rotas de fuga	0,3
2º	Condições de acesso as rotas de fuga	0,25
3º	Treinamento	0,18
4º	Procedimentos	0,14
5º	Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência	0,13

Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES										

AÇÃO I	Guiar os trabalhadores pela rota de fuga		1 - Condições de acesso as rotas de fuga	peso * valor escala (f 1)	5 - Condições de visualização de rotas de fuga	peso * valor escala (f 5)	7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)			
												soma fat	soma pesos
		Especialista 1	1,0	75	77,46	100	103,28	25	25,82	50	51,639		
		Especialista 4	0,8	50	38,52	0	0,00	0	0,00	75	57,787		
		Especialista 6	0,6	50	28,69	25	14,34	75	43,03	100	57,377		
		Especialista 7	0,6	100	57,38	75	43,03	0	0,00	0	0,000		
		Especialista 8	0,6	0	0,00	0	0,00	0	0,00	25	13,934		
		Especialista 10	0,5	50	24,59	75	36,89	100	49,18	0	0,000		
		Especialista 11	0,4	100	42,62	75	31,97	25	10,66	0	0,000		
		Especialista 13	0,4	25	10,25	50	20,49	75	30,74	100	40,984		
		Especialista 15	0,4	25	9,02	50	18,03	0	0,00	75	27,049		
				475	288,52	450	268,03	300	159,43	425	248,770	1650	964,754
				0,29	0,30	0,27	0,28	0,18	0,17	0,26	0,26		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1º	Condições de acesso as rotas de fuga	0,3
2º	Condições de visualização de rotas de fuga	0,28
3º	Treinamento	0,26
4º	Comunicação entre os membros da equipe	0,17

AÇÃO J	Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES									soma	soma pesos		
			1 - Condições de acesso as rotas de fuga	peso * valor escala (f 1)	5 - Condições de visualização de rotas de fuga	peso * valor escala (f 5)	6 - Condições para tomada de decisões	peso * valor escala (f 6)	7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento			peso * valor escala (f 9)	
$\phi = \frac{M}{N}$ Confirmar se a escolha da rota de fuga foi acertada	Especialista 1	1,0	100	103,28	0	0	75	77,46	0	0	50	51,64			
	Especialista 4	0,8	0	0,00	25	19,26	50	38,52	0	0	75	57,79			
	Especialista 6	0,6	0	0,00	75	43,03	100	57,38	50	28,69	0	0,00			
	Especialista 7	0,6	25	14,34	0	0,00	100	57,38	75	43,03	50	28,69			
	Especialista 8	0,6	0	0,00	50	27,87	75	41,80	100	55,74	0	0,00			
	Especialista 10	0,5	0	0,00	0	0,00	75	36,89	50	24,59	100	49,18			
	Especialista 11	0,4	25	10,66	0	0,00	50	21,31	0	0,00	75	31,97			
	Especialista 13	0,4	25	10,25	0	0,00	0	0,00	0	0,00	50	20,49			
	Especialista 15	0,4	100	36,07	75	27,05	0	0,00	50	18,03	0	0,00			
				275	174,59	225	117,21	525	330,74	325	170,08	400	239,75	1750	1032,38
				0,16	0,17	0,13	0,11	0,30	0,32	0,19	0,16	0,23	0,23		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO * VALOR ESCALA
1º	(6) Condições para tomada de decisões	0,32
2º	(9) Treinamento	0,23
3º	(1) Condições de acesso as rotas de fuga	0,17
4º	(7) Comunicação entre os membros da equipe	0,16
5º	(5) Condições de visualização de rotas de fuga	0,11

AÇÃO K	Chegar no refúgio	Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES										soma fat	soma pesos		
				1 - Condições de acesso as rotas de fuga	peso * valor escala (f 1)	7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	12 - Familiaridade com ações de resposta a situações de	peso * valor escala (f 12)	13 - Estado emocional	peso * valor escala (f 13)			14 - Condição física	peso * valor escala (f 14)
φ	=	Especialista 1	1,0	0	0	50	51,64	75	77,46	0	0	100	103,28	0	0		
		Especialista 4	0,8	0	0	25	19,26	0	0,00	0	0	100	77,05	75	57,79		
		Especialista 6	0,6	100	57,38	0	0,00	0	0,00	0	0	50	28,69	25	14,34		
		Especialista 7	0,6	100	57,38	0	0,00	75	43,03	50	28,69	0	0,00	0	0,00		
		Especialista 8	0,6	0	0,00	0	0,00	75	41,80	25	13,93	0	0,00	100	55,74		
		Especialista 10	0,5	0	0,00	25	12,30	0	0,00	0	0,00	50	24,59	75	36,89		
		Especialista 11	0,4	100	42,62	0	0,00	50	21,31	0	0,00	25	10,66	0	0,00		
		Especialista 13	0,4	0	0,00	0	0,00	50	20,49	100	40,98	25	10,25	0	0,00		
		Especialista 15	0,4	100	36,07	25	9,02	0	0,00	50	18,03	0	0,00	0	0,00		
						400	193,44	125	92,21	325	204,10	225	101,64	350	254,51	275	164,75
				0,24	0,19	0,07	0,09	0,19	0,20	0,13	0,10	0,21	0,25	0,16	0,16		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1º	(13) Estado emocional	0,25
2º	(9) Treinamento	0,2
3º	(1) Condições de acesso as rotas de fuga	0,19
4º	(14) Condição física	0,16
5º	(12) Familiaridade com ações de resposta as situações de	0,1
6º	(7) Comunicação entre os membros da equipe	0,09

AÇÃO L	Contagem dos trabalhadores	Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES										soma fat	soma pesos		
				6 - Condições para tomada de decisões	peso * valor escala (f 6)	7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10- Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	11 -Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	peso * valor escala (f 11)			13 - Estado emocional	peso * valor escala (f 13)
		1	1,0	0	0	50	51,64	75	77,46	0	0	25	25,82	100	103,28		
		4	0,8	25	19,26	0	0,00	75	57,79	100	77,05	0	0,00	50	38,52		
		6	0,6	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	50	28,69		
		7	0,6	0	0,00	0	0,00	100	57,38	75	43,03	0	0,00	50	28,69		
		8	0,6	0	0,00	0	0,00	25	13,93	0	0,00	0	0,00	100	55,74		
		10	0,5	0	0,00	50	24,59	100	49,18	75	36,89	0	0,00	0	0,00		
		11	0,4	75	31,97	0	0,00	0	0,00	25	10,66	100	42,62	50	21,31		
		13	0,4	25	10,25	0	0,00	75	30,74	100	40,98	0	0,00	0	0,00		
		15	0,4	0	0,00	50	18,03	75	27,05	100	36,07	25	9,02	0	0,00		
				125	61,48	150	94,26	525	313,52	475	244,67	150	77,46	400	276,23	1825	1067,62
			$\eta_{ij} = \frac{W_{ij}}{\phi}$	0,07	0,06	0,08	0,09	0,29	0,29	0,26	0,23	0,08	0,07	0,22	0,26		

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1º	(9) Treinamento	0,29
2º	(13) Estado emocional	0,26
3º	(10) Procedimentos	0,23
4º	(7) Comunicação entre os membros da equipe	0,09
5º	(11) Tempo de experiência e conhecimento na área de	0,07
6º	(6) Condições para tomada de decisões	0,06

AÇÃO	Aguardar	Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES									
				9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10- Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	12 - Familiaridade com ações de resposta a situações de emergência	peso * valor escala (f 12)	13 - Estado emocional	peso * valor escala (f 13)		

M	o sinal de término de emergência	Especialista 1	1,0	0	0	25	25,82	0	0	100	103,28		
		Especialista 4	0,8	25	19,26	50	38,52	0	0	100	77,05		
		Especialista 6	0,6	75	43,03	50	28,69	100	57,38	0	0,00		
		Especialista 7	0,6	100	57,38	75	43,03	0	0,00	50	28,69		
		Especialista 8	0,6	75	41,80	50	27,87	25	13,93	100	55,74		
		Especialista 10	0,5	100	49,18	75	36,89	0	0,00	25	12,30		
		Especialista 11	0,4	50	21,31	0	0,00	25	10,66	75	31,97		
		Especialista 13	0,4	50	20,49	0	0,00	100	40,98	0	0,00		
		Especialista 15	0,4	75	27,05	100	36,07	25	9,02	0	0,00	soma fat	soma pesos
		$\phi_j = \sum_{i=1}^7 W_{ij}$			550	279,51	425	236,89	275	131,97	450	309,02	1700
			0,32	0,29	0,25	0,25	0,16	0,14	0,26	0,32			

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1º	(13) Estado emocional	0,32
2º	(9) Treinamento	0,29
3º	(10) Procedimentos	0,25
4º	(12) Familiaridade com ações de resposta as situações de emergência	0,14

AÇÃO	Retorno ao	Especialistas	peso esp	FATORES MAIS RELEVANTES									
				7 - Comunicação entre os membros da equipe	peso * valor escala (f 7)	9 - Treinamento	peso * valor escala (f 9)	10- Procedimentos	peso * valor escala (f 10)	11 -Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	peso * valor escala (f 11)	13 -Estado emocional	peso * valor escala (f 13)

N	local de trabalho	Especialista 1	1,0	50	51,64	0	0	0	0	0	0	100	103,28	75	77,5			
		Especialista 4	0,8	0	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0,00	0	0,0			
		Especialista 6	0,6	25	14,34	50	28,69	0	0	0	0	100	57,38	75	43,0			
		Especialista 7	0,6	0	0,00	100	57,38	75	43,03	0	0	50	28,69	25	14,3			
		Especialista 8	0,6	0	0,00	0	0,00	50	27,87	75	41,80	0	0,00	25	13,9			
		Especialista 10	0,5	50	24,59	100	49,18	75	36,89	0	0,00	25	12,30	0	0,0			
		Especialista 11	0,4	50	21,31	0	0,00	100	42,62	75	31,97	0	0,00	0	0,0			
		Especialista 14	0,4	25	10,25	50	20,49	0	0,00	75	30,74	0	0,00	0	0,0			
		Especialista 15	0,4	50	18,03	75	27,05	100	36,07	0	0,00	0	0,00	0	0,0	soma fat	soma pesos	
					250	140,16	375	182,79	400	186,48	225	104,51	275	201,64	200	148,8	1725	964,34
					0,14	0,15	0,22	0,19	0,23	0,19	0,13	0,11	0,16	0,21	0,12	0,15		

$$\eta_{ij} = W_{ij} / \phi$$

ORDEM	FATORES MAIS RELEVANTES	PESO *VALOR ESCALA
1°	(13) Estado emocional	0,21
2°	(10) Procedimentos	0,19
2°	(9) Treinamento	0,19
3°	(7) Comunicação entre os membros da equipe	0,15
3°	(14) Condições físicas	0,15
4°	(11) Tempo de experiência e conhecimento na área de atuação	0,11

