



**COPPE/UFRJ**

ESTUDO DE UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DA EXPERIÊNCIA  
OPERACIONAL COMO FERRAMENTA DE SUPORTE NO PLANO DE  
TREINAMENTO DE USINAS NUCLEARES

Renato Alves da Fonseca

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

Orientadores: Antonio Carlos Marques Alvim

Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Rio de Janeiro  
Maio de 2009

ESTUDO DE UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DA EXPERIÊNCIA  
OPERACIONAL COMO FERRAMENTA DE SUPORTE NO PLANO DE  
TREINAMENTO DE USINAS NUCLEARES

Renato Alves da Fonseca

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

Aprovada por:

---

Prof. Antonio Carlos Marques Alvim, Ph.D.

---

Prof. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, D.Sc.

---

Prof. Roberto Schirru, D.Sc.

---

Prof. Jose Antonio Carlos Canedo Medeiros, D.Sc.

---

Prof. Luiz Alfredo Vidal de Carvalho, D.Sc.

---

Dr. Sergio de Queiroz Bogado Leite, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MAIO DE 2009

Fonseca, Renato Alves

Estudo de uma Proposta para a Inserção da Experiência Operacional como Ferramenta de Suporte no Plano de Treinamento de Usinas Nucleares / Renato Alves da Fonseca. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

XII, 121 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Antonio Carlos Marques Alvim

Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Nuclear, 2009.

Referencias Bibliográficas: p. 115-121.

1. Experiência Operacional. 2. Causas Raízes. 3. Plano de Treinamento. I. Alvim, Antonio Carlos Marques. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Nuclear. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Programa de Engenharia Nuclear da COPPE que possibilitou minha atualização na área da engenharia.

Aos meus orientadores que permitiram, auxiliaram e confiaram no desenvolvimento de uma tese de doutorado, dentro da área nuclear, com bases puramente qualitativas.

Aos profissionais da Eletronuclear: Edmundo Selvatici, Jorge Francisco Marques; Jorge Luiz Lima de Rezende, José Manuel Diaz Francisco e Sergio Affonso Campello, pela ajuda, pelo tempo que disponibilizaram para responder minhas dúvidas e assistir as apresentações relativas ao trabalho.

Aos responsáveis pela minha área de atuação na Comissão Nacional de Energia Nuclear que elaboraram o planejamento de minhas atividades, para que fosse possível a conclusão do doutorado.

Aos colegas da área de avaliação de segurança da Comissão Nacional de Energia Nuclear que sempre colaboraram pessoal e profissionalmente. Essa ação permitiu que o trabalho de doutorado chegasse ao seu fim.

Ao pessoal do Instituto de Engenharia Nuclear, da Divisão de Instrumentação e Confiabilidade Humana, pelo tempo cedido nas conversações que muito auxiliaram no encadeamento do trabalho.

Aos meus familiares que procuraram sempre colaborar e equacionar as questões momentâneas, de modo que meu tempo para o desenvolvimento do trabalho fosse sempre preservado.

Aos meus pais que me aceitaram neste planeta.

Ao Criador do Céu e da Terra e seus auxiliares que homologaram minha vontade de dar seguimento ao doutorado.

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

ESTUDO DE UMA PROPOSTA PARA A INSERÇÃO DA EXPERIÊNCIA  
OPERACIONAL COMO FERRAMENTA DE SUPORTE NO PLANO DE  
TREINAMENTO DE USINAS NUCLEARES

Renato Alves da Fonseca

Maio/2009

Orientadores: Antonio Carlos Marques Alvim

Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Programa: Engenharia Nuclear

Os principais objetivos deste trabalho são: (1) identificar através da experiência operacional da Usina Nuclear de Angra 1, as vulnerabilidades operacionais da mesma que influenciam o treinamento de seu pessoal e (2) propor uma modelagem para o plano do programa de treinamento, que trate destas vulnerabilidades. Na análise foi utilizado o documento da Usina de Angra1 intitulado Ocorrência de Relato Obrigatório, que relata os eventos ocorridos na central. Através deste documento e da opinião de especialistas da área nuclear sobre as prováveis causas raízes dos eventos relatados, foi construído o cenário da Análise da Experiência Operacional Interna de Angra 1.

A modelagem utiliza o método SAT (*Systematic Approach Training*), tem como diretriz a Análise da Experiência Operacional da Usina de Angra 1 e incorpora técnicas de análise de eventos e confiabilidade humana de segunda geração da área nuclear.

O desenvolvimento deste trabalho permite concluir que: (1) a Análise da Experiência Operacional Interna fornece uma visão realística das vulnerabilidades presentes na planta, em todas as áreas (técnicas e organizacionais), que devem ser tratadas no plano do programa de treinamento e (2) a modelagem, com base na visão realística da planta, é dinâmica, não linear e atualizada em relação aos eventos ocorridos na planta, suas causas e consequências.

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

STUDY OF A PROPOSAL FOR THE INSERTION OF OPERATIONAL EXPERIENCE  
AS A TOOL FOR SUPPORT THE TRAINING PLAN FOR NUCLEAR POWER  
PLANTS

Renato Alves da Fonseca

May/2009

Advisors: Antonio Carlos Marques Alvim

Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo

Department: Nuclear Engineering

The main objectives of this work are: (1) to determine, through the operational experience analysis of Angra 1 Nuclear Power Plant, the plant operational vulnerabilities that affect its staff training and (2) to propose a modeling to plan a training program to address these vulnerabilities. This analysis utilizes the Angra 1 document entitled (Ocorrência de Relato Obrigatório), which reports the plant event occurrences. Through this document, as well as the opinion of specialists on the most probably root causes of the reported events, the backdrop of the operational experience analysis of internal events was built.

The modeling using the SAT method and has as a guideline the Internal Operational Experience Analysis. Moreover, this modeling encompasses techniques of event and second generation human reliability analysis, both specific of the nuclear area.

The development of this work shows that: (1) the Internal Operational Experience Analysis provides a realistic view of the vulnerabilities present in the plant in all areas (technical and organizational), which must be addressed in the plan of the training program and (2) the modeling, based on realistic vision of the plant, is dynamic, not linear, and is always up to date on events in the plant, its causes and consequences.

## ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1 APRESENTAÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1.Motivação	1
1.2.Contextualização do Problema	2
1.3.Revisão Bibliográfica	3
1.4.Objetivo	8
1.5.Contribuições	9
1.6.Relevância	9
1.7.Inovação	9
1.8.Estruturação do Trabalho	10
<b>CAPÍTULO 2 A USINA ESCOLHIDA</b>	<b>12</b>
2.1 Escolha da Usina Nuclear Angra 1	12
2.2 Estrutura da Área de Treinamento	13
2.3 Profissionais Treinados	13
2.4 Treinamento e Retreinamento	14
2.5 Treinamentos Específicos	17
2.6 Auditoria, Avaliação e Auto-Avaliação no Treinamento	17
2.7 Outros Treinamentos	17
2.8 Local do Treinamento	18
2.9 Características do Treinamento	18
2.10 Conclusão	19
<b>CAPÍTULO 3 CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES</b>	<b>20</b>
3.1 Procedimentos	20
3.2 Tarefas e Atividades	24
3.3 Sistema Sócio-Técnico	25
3.4 Decomposição das Tarefas	26
3.5 Conclusão	27
<b>CAPÍTULO 4 ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA OPERACIONAL INTERNA</b>	<b>28</b>
4.1 Documentos	28
4.2 Trato Hierárquico Organizacional dos Documentos	29
4.3 Análise da Experiência Operacional interna	30
4.4 Pontos Relevantes	43
4.5 Conclusão	43

<b>CAPÍTULO 5 APRIMORAMENTO DO DESEMPENHO HUMANO</b>	45
5.1 Desenvolvimento do SADH	45
5.2 Técnicas Utilizadas no Desenvolvimento do SADH	45
5.3 Ações Complementares	51
5.4 Conclusão	54
<b>CAPÍTULO 6 MÉTODO SISTEMÁTICO DE TREINAMENTO</b>	55
6.1 Desenvolvimento do SAT	55
6.2 Fase de Análise	58
6.3 Demais Fases do SAT	64
6.4 Documentação	68
6.5 Conclusão	70
<b>CAPÍTULO 7 ANÁLISE DE UM EVENTO REAL</b>	71
7.1 Considerações sobre a Técnica ATHEANA	71
7.2 Evento Real	79
7.3 Conclusão	82
<b>CAPÍTULO 8 ESTUDO DE UMA PROPOSTA PARA O PLANO DE TREINAMENTO</b>	84
8.1 Estudo Proposto para o Plano de Treinamento	84
8.2 Comentários	92
8.3 Conclusão	92
<b>CAPÍTULO 9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	101
<b>REFERÊNCIAS</b>	115



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1	Procedimentos através regras determinísticas	22
Figura 3.2	Procedimento <i>background</i>	22
Figura 3.3	Modelo simplificado do sistema sócio-técnico	26
Figura 5.1	Diagrama de eventos e fatores causais	48
Figura 5.2	Gráfico de fatores causais	49
Figura 5.3	Modelo das seis etapas da análise de mudanças	50
Figura 5.4	Diagrama da árvore de causas e efeitos	52
Figura 6.1	Modelagem do SAT Aplicado a uma usina nuclear	57
Figura 6.2	Modelagem das competências/estrutura	61
Figura 6.3	Modelagem da combinação do ACT com o ATT	63
Figura 6.4	Modelagem dos passos da fase de projeto	65
Figura 6.5	Modelagem das relações projeto/ desenvolvimento	67
Figura 6.6	Modelagem da fase implementação	68
Figura 6.7	Modelagem da fase avaliação	69
Figura 8.1	Modelagem proposta	86
Figura 8.2	Aproximação tarefa/atividade	87
Figura 8.3	Modelagem proposta com banco de dados	90

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1	Características dos profissionais da UNA1	13
Tabela 2.2	Profissionais da UNA1 e Características do Treinamento	14
Tabela 3.1	Procedimentos de emergência da UNA1	20
Tabela 3.2	Número de palavras nos procedimentos Categoria 0	23
Tabela 4.1	Quantidade de ORO emitido por ano	30
Tabela 4.2	Considerações sobre os especialistas escolhidos	34
Tabela 4.3	Planilha para julgamento das causas raízes	35
Tabela 4.4	Planilha preenchida por um dos especialistas	35
Tabela 4.5	Número total de causas raízes por classificação por especialista por número de causas raízes	36
Tabela 4.6	Causas raízes ordenadas por grau de importância por especialista	37
Tabela 4.7	Análise de importância das causas raízes segundo os especialistas	37
Tabela 4.8	Classificação dos Erros Humanos com base nos Eventos	38
Tabela 4.9	Classificação dos Erros Humanos com base nas Causas Raízes	39
Tabela 4.10	Análise das causas raízes do NUREG-6753	40
Tabela 4.11	Resumo das causas raízes do NUREG-6753	41
Tabela 4.12	Comparação das Tabelas 4.7 e 4.11	42
Tabela 4.13	Comparação das Tabelas 4.7 e 4.11 sem a Causa Raiz Manutenção/Técnica	42
Tabela 7.1	Características do cenário na avaliação da situação	71
Tabela 7.2	Características do cenário no planejamento da resposta	71
Tabela 7.3	Mecanismos de erro, tipos de erro, fatores delimitadores do desempenho com base nas características do cenário na avaliação da situação	72
Tabela 7.4	Mecanismos de erro, tipos de erro, fatores delimitadores do desempenho com base nas características do cenário no planejamento da resposta	73
Tabela 7.5	Características do parâmetro na detecção da situação	73
Tabela 7.6	Características do parâmetro na avaliação da situação	73
Tabela 7.7	Características do parâmetro no planejamento da resposta	74

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 7.8	Mecanismos de erro, tipos de erro, fatores delimitadores do desempenho com base nas características do cenário na detecção da situação	74
Tabela 7.9	Mecanismos de erro, tipos de erro, fatores delimitadores do desempenho com base nas características do cenário na avaliação da situação	75
Tabela 7.10	Mecanismos de erro, tipos de erro, fatores delimitadores do desempenho com base nas características do cenário no planejamento da resposta	76
Tabela 9.1	Tradicional/Desenvolvimento Organizacional	104

## LISTA DE SIGLAS

ACAD	Academy for Nuclear Training
ACT	Análise das Competências do Trabalho
AEOI	Análise da Experiência Operacional Interna
ASSET	Assessment of Safety Significant Event Team
ATHEANA	A Technique for Human Event Analysis
ATT	Análise de Tarefas e Trabalho
ATT/ACT	Análise de Tarefas e Trabalho/Análise de Competências no Trabalho
CCD	Condições Comuns de Desempenho
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CREAM	Cognitive Reliability and Error Analysis Method
DITR.O	Divisão de Treinamento
DOE	Department of Energy
FDDH	Fatores Delimitadores do Desempenho Humano
HPES	Human Performance Enhancement System
HPIP	Human Performance Investigation Research Process – Versão do HPES da NRC
IAEA	International Atomic Energy Agency
INPO	Institute of Nuclear Power Operations National
MERMOS	Méthode d'Évaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté
MORT	Management Oversight and Risk Tree
MOU	Manual de Operação da Usina
NRC	Nuclear Regulatory Commission
ORO	Ocorrência de Relato Obrigatório
OSART	Operational Safety Review Teams
RES	Relatório de Eventos Significantes
RFAS	Relatório Final de Análise de Segurança
RPS	Reavaliação Periódica de Segurança
SADH	Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano
SAT	Systematic Approach Training
SU.O	Superintendência da UNA1
THERP	Technique for Human Reliability Analysis
UN	Usinas Nucleares
UNA1	Usina Nuclear de Angra 1
WANO	World Association of Nuclear Operators

# CAPÍTULO 1 APRESENTAÇÃO

Na apresentação deste trabalho, os seguintes pontos são tratados: motivação, contextualização, revisão bibliográfica, objetivo, contribuição, relevância, inovação e estruturação.

## 1.1 Motivação

O treinamento pode ser desenvolvido dentro de características que vão da informalidade à formalidade extrema, com diversas didáticas e, quase sempre, as questões puramente técnicas são bem resolvidas ou, pelo menos, bem tratadas. Em contrapartida, as questões não tão técnicas, mais organizacionais, fruto das experiências vivenciadas no dia a dia pelos “homens da linha de frente” (operadores, técnicos de manutenção,...), que afetam as questões técnicas e humanas, ficam em uma espécie de limbo, como se não fossem pertinentes ao treinamento. As questões não tão técnicas, fruto da experiência operacional, expõem a fragilidade das organizações, principalmente nos aspectos ligados ao relacionamento, informação e segurança.

Na área nuclear, as questões não tão técnicas, são consideradas relevantes. O contexto nuclear valoriza a experiência operacional e seus desdobramentos técnicos e/ou organizacionais, integrando-os às abordagens utilizadas no plano<sup>1</sup> de treinamento.

Neste trabalho é tratada a relação existente entre a experiência operacional e o plano de treinamento do setor nuclear, através de métodos ou técnicas consagradas nas áreas de treinamento e análise de eventos. É estabelecida, também, uma ligação com a Análise da Confiabilidade Humana de Segunda Geração, que trata dentro de uma visão ampla o contexto da planta, os mecanismos de erro e os cenários não previstos, o que não ocorre, com a Análise da Confiabilidade Humana de Primeira Geração.

Assim, a motivação mais relevante na realização deste trabalho é:

- A possibilidade de tratar a relação existente entre a experiência operacional e o treinamento, em conjunto com a Análise da Confiabilidade Humana de Segunda Geração. Além disso, considerar os trabalhos desenvolvidos nas áreas de treinamento e eventos pelos profissionais da Usina Nuclear de Angra 1 (UNA1).

---

<sup>1</sup> A palavra plano é utilizada para ressaltar a estruturação que envolve os programas de treinamento. No desenvolvimento do trabalho, utiliza-se a palavra treinamento ou a expressão “programa de treinamento”. Ambas as situações, continuam tendo uma estruturação com base no plano de treinamento.

## 1.2 Contextualização do Problema

Acidentes industriais surgiram a partir do processo de industrialização devido ao advento da Revolução Industrial. Em função do extraordinário desenvolvimento tecnológico que se seguiu à 2ª Guerra Mundial, do aumento da demanda por novos materiais e da introdução de matrizes energéticas, como a energia nuclear, houve um aumento das dimensões das plantas de processo e, por consequência, da quantidade da energia utilizada pelas plantas e fornecida pelas usinas [1].

As Usinas Nucleares (UN) são instalações capazes de gerar energia elétrica sem emissão de CO<sub>2</sub>. Essa não emissão faz com que as UN tenham atualmente destaque no cenário mundial energético, apesar de a sociedade preocupar-se com os possíveis acidentes.

As UN, por sua vez, estão enquadradas dentro da terminologia Organizações de Alto Risco (*High Risk Organizations*), que têm como perigo potencial a grande concentração de energia num pequeno espaço [1] [2]. Essas organizações lidam com tecnologias perigosas, isto é, trabalham com materiais perigosos e/ou podem produzir acidentes catastróficos, com possibilidade de causar danos que ultrapassam o sítio onde se localiza a planta [1] [2].

Acidentes industriais estão relacionados com a segurança, que por sua vez, está ligada à qualificação e ao treinamento dos profissionais que lidam com as plantas [3]. Nas UN, o treinamento dos profissionais que lidam com a planta é fator importante e decisivo, por fortalecer a segurança e a confiabilidade operacional da planta [3].

As modernas UN exigem do pessoal ligado à estrutura da planta (operação, manutenção, instrumentação, engenharia,...) conhecimentos, habilidades e talentos diferentes das plantas tradicionais na realização de tarefas ou ações específicas [3]. As exigências aumentam a responsabilidade do pessoal da planta devido aos critérios avançados do projeto da planta e pelas especificidades das tarefas, que são resultantes, da moderna tecnologia da interface homem/sistema [3].

Existem dois conceitos que podem ser aplicados à área nuclear no desenvolvimento do plano de treinamento:

- O conceito de treinamento do ponto de vista educacional (desenvolvimento), que é um processo aplicado de modo sistemático e organizado, no qual, as pessoas desenvolvem conhecimentos, atitudes e habilidades em função de objetivos definidos pela UN [4].
- O conceito de treinamento do ponto de vista administrativo, que é um processo de transmissão de conhecimentos específicos relativos às tarefas prescritas pela organização, que compõem o trabalho. Esse conceito envolve: as atitudes frente à estrutura das tarefas prescritas e do ambiente,

bem como, o desenvolvimento de habilidades a fim de atender a essas tarefas, sejam elas simples ou complexas [4].

A UNA1 tem consciência da contextualização apresentada, tanto que seus objetivos de treinamento visam atender às recomendações dos órgãos nucleares internacionais que avaliam seu programa de treinamento. As recomendações são as boas práticas que devem ser adotadas no plano de treinamento, para aperfeiçoá-lo dentro dos aspectos aqui contextualizados.

### **1.3 Revisão Bibliográfica**

Na UNA1 o Método Sistemático de Treinamento ou *Systematic Approach Training* (SAT) [5] está em implantação. Na área de análise de eventos, a UNA1, com base no método *Human Performance Enhancement System* (HPES) [6], implantou o Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano (SADH) [7].

O método SAT está descrito no *Technical Reports Series Number 380* [5]. O SAT é utilizado pelos países membros da *International Atomic Energy Agency* (IAEA), como exemplo, os Estados Unidos, país com maior quantidade de usinas nucleares do mundo utiliza o SAT [8].

Os organismos nucleares recomendam, pesquisam e geram relatórios técnicos sobre a utilização do SAT [5] [8]. Além da IAEA, o SAT é recomendado por outros organismos nucleares, entre os principais [8]: *Academy for Nuclear Training* (ACAD) ligada ao *Institute of Nuclear Power Operations* (INPO), *Nuclear Regulatory Commission* (NRC), *Department of Energy* (DOE), *World Association of Nuclear Operators* (WANO) e *Operational Safety Review Teams* (OSART).

A UNA1 está implantando o SAT por recomendação da IAEA nas seguintes áreas: Química, Manutenção e Engenharia de Sistemas [9]. O SAT será aplicado, mais adiante, na Operação [9].

O SAT permite que a Supervisão da Usina acompanhe e avalie o treinamento e o treinando e identifique as tarefas chaves e suas competências [5] [8]. Seu desenvolvimento tem por base a experiência operacional interna e externa e, provê contribuições contínuas para o aumento da segurança, melhoria nos procedimentos e na estrutura organizacional [5] [8].

O SAT é desenvolvido pelo setor nuclear (pode ser aplicado em outros setores), atende à operação e demais áreas de uma UN, além disso, permite o desenvolvimento e acompanhamento do plano de treinamento [5] [8].

- Desenvolvimento: a aplicação do SAT assegura que o programa de treinamento não será excessivamente extenso para as necessidades do trabalho, com altos custos e perda da motivação do treinando [8].

- Acompanhamento: a experiência mostra que o SAT, por sua estrutura, é o método disponível indicado para executar uma auditoria no programa de treinamento. A auditoria permite verificar se o programa existente ou em elaboração obedece aos critérios do SAT e atende às boas práticas propostas pelos organismos nucleares e as exigências regulatórias [8].

Por não haver outro método tão bem estruturado indicado pelos organismos nucleares, por ter sido recomendado pela IAEA e pelo INPO à UNA1 e por tratar a experiência operacional, o SAT é utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

O SADH [7] utilizado neste trabalho foi adequado à UNA1 pelos técnicos da Eletronuclear (ETN) em 2001 e tem por base o método HPES [6], que é usado em grande parte da indústria nuclear e foi desenvolvida pelo INPO. O HPES é eficaz na determinação da causa raiz de eventos, quando a ação humana inadequada é um fator evidente no evento e possibilita descobrir as causas raízes dessas ações inadequadas de modo que possam ser prescritas ações corretivas [10].

O HPES incorpora ferramentas como: análise de tarefas, de mudanças, de barreiras, de causa e efeito e diagramas de eventos e de fatores causais, além disso, é versátil e várias versões foram desenvolvidas para atender às necessidades e especificidades das organizações [11] [12] [13]. As versões principais são: HPIP, *Human Performance Investigation Process* (NRC); K-HPES, *Korean Electric Power Research Institute* (Coreia); J-HPES, *Central Research Institute of Electric Power Industry* (Japão). A Suécia, Finlândia e Inglaterra, também utilizam versões do HPES.

Apesar de estar direcionada à ação humana inadequada, o HPES pode ser aplicado nas questões ligadas aos equipamentos e projeto e identifica deficiências no treinamento e no conhecimento, quando os mesmos são fatores que contribuem para o evento [11] [13]. Na identificação das causas raízes, o HPES é conciso e de fácil entendimento, sendo assim, é eficiente no aperfeiçoamento das ações corretivas pela organização, tem ação antecipatória, pode identificar e corrigir situações ou condições, onde há probabilidade de que o erro humano ocorra, evitando um evento [11] [12].

Além do HPES, métodos como a *Assessment of Safety Significant Event Team* (ASSET) ou a *Management Oversight and Risk Tree* (MORT), podem ser utilizados na determinação das causas raízes de eventos. O ASSET foi desenvolvido pela IAEA [11] [14]. O MORT foi desenvolvido nos anos 70 por William Johnson [11].

O ASSET utiliza uma definição de causa raiz própria e uma terminologia específica, se comparada com outros métodos, necessita também, de uma profunda avaliação do impacto da administração sobre as deficiências organizacionais reveladas na análise e, para realizar essa avaliação, necessita de analistas experientes [11] [14]. O ASSET tem seu foco na administração e na alta política da



planta, então, para ampliar a avaliação de um evento, em níveis menores, necessita do auxílio de outros métodos, além disso, não trata de forma adequada, as questões ligadas aos equipamentos, treinamento e conhecimento [11].

A aplicação do MORT é considerada complexa e dispendiosa, sua análise é direcionada para identificar deficiências no controle da relação do trabalho com o processo de desenvolvimento do trabalho e nas barreiras que devem proteger essa relação [11]. O MORT tem um processo inverso, burocrático, não é utilizado no campo, a análise deve começar pelo relatório do evento e, se necessário, por um diagrama que utiliza uma lógica hierárquica e compartilha de alguns dos critérios da análise de árvore de falha [11] [15]. O MORT não enfatiza as falhas em equipamentos, não trata as condições ambientais (contexto) e só pode ser utilizado sob licença [11].

A versatilidade do HPES, combinada com sua capacidade de tratar questões relativas aos equipamentos, projeto, treinamento e conhecimento, torna esse método o mais adequado para analisar as causas raízes de eventos. O HPES trata, também, das questões organizacionais em diversos níveis (gerenciamento, supervisão, técnico,...), que influem no evento e, atende também, à Análise da Confiabilidade Humana de Segunda Geração, devido à sua ação antecipatória (pré-acidental) na análise das ações humanas. O HPES não necessita do apoio de outros métodos e, em suas diversas análises, apresenta um cenário mais dinâmico e menos linear do evento. Portanto, o SADH, versão nacional do HPES, é utilizado neste trabalho, em detrimento de outros métodos, como ASSET e MORT.

É relevante, neste ponto, apresentar os significados das palavras método, técnica e metodologia, que são amplamente empregadas nos relatórios desenvolvidos pelos organismos nucleares, por autores e estudiosos da análise da confiabilidade humana e neste trabalho.

Foram encontrados vários significados para as palavras, todos com certo grau de semelhança. Os significados adotados neste trabalho são:

- Método: é um processo ou técnica de ensino ou é um caminho pelo qual se atinge um objetivo [16]; ou, é um conjunto de etapas, ordenadamente dispostas, a serem vencidas na investigação da verdade, no estudo de uma ciência ou para alcançar um determinado fim [17].
- Técnica: é a maneira, jeito ou habilidade de fazer algo [16]; ou, é o modo de fazer de forma mais hábil, mais segura, mais perfeita algum tipo de atividade arte ou ofício [17].
- Metodologia: é a arte de dirigir o espírito na investigação da verdade ou é o estudo dos métodos [16]; ou, é a explicação minuciosa, detalhada, rigorosa e exata de toda ação desenvolvida no método do trabalho de pesquisa [18].

Entre o significado de método e técnica, salienta-se que o método é a estratégia da ação e a técnica, é a tática da ação [17]. Exemplo: Para calçar um sapato é necessário: calçar a meia e depois o sapato. Essa ordenação das ações constitui o método. Contudo, dentro da ordenação anterior, é possível chegar ao resultado desejado com menor uso de tempo e energia, ou com maior perfeição, se for empregada uma técnica adequada.

O SAT é um método, pois apresenta uma ordenação ou estratégia de ações que possibilitam elaborar o plano de treinamento. Pela mesma razão, o SADH, HPES, ASSET e MORT, considerados metodologias, devem ser considerados métodos. O *Méthode d'Évaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté* (MERMOS) e o *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM), são métodos.

O THERP, *Technique for Human Reliability Analysis*, é uma técnica, pois apresenta com base em passos ordenados, a maneira mais otimizada, rápida e aperfeiçoada de se calcular a probabilidade de erro humano, dentro dos critérios da técnica THERP [19].

A ATHEANA, *A Technique for Human Event Analysis*, na sua análise qualitativa, deve ser tratada como uma técnica, pois apresenta ordenadamente as ações que desencadeiam essa análise, de maneira hábil e segura [20]. Quanto à análise quantitativa, por enquanto, pode ser considerada uma metodologia, pois requer pesquisa no seu desenvolvimento.

No desenvolvimento deste trabalho é utilizada a ATHEANA, uma técnica de Análise da Confiabilidade Humana de Segunda Geração, que tem por origem um estudo realizado pelo Departamento de Análise e Avaliação de Dados Operacionais da NRC, em 1995 [21]. O Departamento analisou graves acidentes ocorridos e constatou que algumas ações dos operadores não incluídas nos procedimentos, que comprometiam a estrutura operacional da planta e agravavam o acidente, não eram tratadas devidamente [21].

A ATHEANA avalia o contexto, os mecanismos de erros, as ações inseguras, os fatores delimitadores do desempenho humano (FDDH) e os modelos mentais dos operadores, trata também, os precursores, os desvios e comportamento dos parâmetros do processo e realiza uma análise retrospectiva e prospectiva do evento [20]. A análise retrospectiva é usada para compreender o evento e analisar as causas raízes do mesmo. A análise prospectiva identifica os eventos de erro humano, as ações inseguras e auxilia na percepção das causas latentes presentes no erro humano.

A ATHEANA verifica as vulnerabilidades não percebidas na relação do operador com a automação (pode ser utilizada em salas de controle convencionais ou com automação avançada) e as existentes no plano de treinamento [20]. Trata as informações específicas da instalação e as experiências advindas da análise de eventos e, por esse motivo, exige um sólido conhecimento da operação e da experiência operacional da planta [20]. A ATHEANA realiza uma análise profunda na ação do contexto sobre o operador (exemplo: contexto de indução ao erro), apresenta tabelas que relacionam os erros a suas causas, pode ser aplicada na operação e nas demais atividades de uma UN.

Além da ATHEANA, métodos como *Méthode d'Évaluation de la Réalisation des Missions Opérateur pour la Sûreté* (MERMOS) e *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM) são utilizados. O MERMOS é utilizado pela *Electricité de France* [22] [23] e, no seu desenvolvimento, Susan Cooper do projeto ATHEANA, foi chamada como consultora. O CREAM foi elaborado por Erik Hollnagel, professor da Universidade de *Linköping* [24].

O MERMOS é utilizado nos reatores franceses tipo N4, tem como objetivo básico atender às carências de salas de controle com automação avançada (o N4 inclui a automação dos procedimentos de emergência) e foi desenvolvido com o auxílio do simulador do reator [22] [23].

O MERMOS, como a ATHEANA, exige um conhecimento profundo da operação e da experiência operacional da planta. O MERMOS foca o conceito de Missão de Fatores Humanos ainda não bem difundido e sem literatura expressiva dentro da Análise da Confiabilidade Humana de Segunda Geração e, foca também, as Funções de Segurança, pois o seu desenvolvimento visa o reator tipo N4 que incorpora a automação dos procedimentos de emergência [22] [23] [25].

O CREAM é uma técnica trabalhosa, requer uma análise meticulosa das tarefas e de seus processos cognitivos e psicológicos [24]. O CREAM desenvolveu os conceitos de genótipo<sup>2</sup> (causa) e fenótipo<sup>3</sup> (efeito) [24] [26]. Na análise prospectiva do evento, realiza a predição do desempenho humano através das causas, efeitos

---

<sup>2</sup> Os genótipos (causas) são relacionados com: o Ser Humano - tratam as demandas cognitivas - observação, interpretação, planejamento e execução; a Tecnologia - funções ligadas aos sistemas, procedimentos e interfaces; e a Organização - funções ligadas ao contexto sócio-técnico, comunicação, organização e treinamento [24].

<sup>3</sup> Os fenótipos (efeitos) são relacionados com os Modos de Erro em quatro grupos de ação: Tempo Errado - modo de erro de uma ação não efetivada no momento ou na duração correta; Tipo Errado - modo de erro de uma ação que inclui características físicas de força, distância, velocidade e direção; Objeto Errado - modo de erro de uma ação realizada através de um objeto errado, que foi utilizado por estar próximo ou por similaridade ou por engano; e Posição Errada - modo de erro de uma ação realizada fora de uma ordem sequencial [24].

(principalmente) e das Condições Comuns de Desempenho, que são escolhidas entre os FDDH [24] [26]<sup>4</sup>.

O CREAM é mais direcionado no nível das situações ou das condições de trabalho, do que no nível das ações individuais, que são o foco primário do treinamento. Em sua análise qualitativa trata as causas, por conseguinte, realiza uma análise retrospectiva do evento, porém essa análise é genérica, não é focada na área nuclear.

A ATHEANA ampliou os conceitos da Análise da Confiabilidade Humana. Suas tabelas auxiliam o trabalho de análise, seus termos e expressões são jargões tradicionais dentro da confiabilidade humana. A ATHEANA é focada na área nuclear e, pode ser utilizada, em Usinas com automação convencional. A ATHEANA e o SADH têm em comum a ação antecipatória ao evento, a análise retrospectiva e a análise das causas raízes. A ATHEANA e o SAT têm em comum a experiência operacional e a pesquisa das vulnerabilidades existentes no plano de treinamento. Por tudo isso, a ATHEANA é a que mais atende aos objetivos deste trabalho, perante outros métodos, como o MERMOS e o CREAM.

#### **1.4 Objetivo**

O objetivo deste trabalho é verificar as vulnerabilidades existentes na UNA1, através da Análise da Experiência Operacional Interna (AEOI), e avaliar as influências dessas vulnerabilidades no plano de treinamento. Outro objetivo é analisar a aplicabilidade do SAT em conjunto com o SADH e a ATHEANA no estudo de uma proposta para o plano de treinamento que tem a AEOI como ferramenta de suporte. Os dois objetivos são desenvolvidos com base na UNA1, mas os resultados obtidos poderão ser aplicados a qualquer Usina Nuclear.

A importância desses objetivos é validada pela ATHEANA, que destaca: a necessidade de verificar as vulnerabilidades existentes no plano de treinamento; os cenários que se desviam da expectativa dos operadores e técnicos da planta, com base em seus treinamentos e nas suas experiências operacionais; os FDDH que podem estar ligados ao treinamento; às condições induzidas pelo contexto que podem envolver uma condição da planta não analisada, que está além do treinamento normal dos profissionais ligados à estrutura da planta.

---

<sup>4</sup> Os FDDH podem ser: adequação da organização; condições de trabalho; adequação da interface homem/sistema; disponibilidade de procedimentos; número de objetivos a serem alcançados simultaneamente; tempo disponível para o atendimento das metas; ritmo circadiano; adequação do treinamento e eficiência na colaboração da equipe envolvida [24].

### **1.5 Contribuições**

- Contexto da UNA1: ter colaborado no desenvolvimento do estudo de uma proposta para o seu plano de treinamento, com base na AEOI, que atende aos organismos nucleares (WANO, INPO,...), às boas práticas de treinamento e, como decorrência, ao órgão regulador.
- Contexto Nuclear: ter o estudo de uma proposta para um plano de treinamento desenvolvido com a utilização de dados realistas de uma UN, dentro das boas práticas, com a utilização de métodos ou técnicas mais recentes, que pode ser utilizado em outras UN.
- Contexto Social: ter o plano de treinamento focado nas questões técnicas, organizacionais e contextuais de uma UN brasileira. Saber que este modelo de treinamento foi desenvolvido na Universidade Federal do Rio de Janeiro, com a colaboração dos profissionais da UNA1.
- Contexto Ambiental: ter um modelo que contribui na melhoria do plano de treinamento e segurança de uma UN e, naturalmente, preserva o meio ambiente de possíveis danos.

### **1.6 Relevância**

- Desenvolver uma AEOI com dados reais e recentes de uma UN.
- Utilizar a opinião qualitativa de especialistas na determinação das causas raízes com base na AEOI.
- Estudar uma proposta para o plano de treinamento de uma UN em um cenário realístico que envolve a implantação do método SAT e a aplicação do método SADH na análise de eventos.
- Incorporar a ATHEANA ao estudo da proposta de treinamento dentro de um cenário realístico.
- Aplicar as boas práticas dos métodos e técnicas citadas conforme as recomendações dos organismos nucleares.

### **1.7 Inovação**

- Utilizar a Análise da Experiência Operacional Interna como ferramenta de suporte no aperfeiçoamento e no estudo de uma proposta para o plano de treinamento da UNA1 ou de qualquer outra UN.
- Romper com a visão do treinamento linear (técnico, sistemático,...) e adotar uma visão dinâmica, onde a sensibilidade e a reflexão sobre os fatores

complexos emergentes da AEOI serão analisadas, tratadas e inseridas no plano de treinamento.

Este trabalho tem um aspecto relevante, que é a análise qualitativa das causas raízes dos eventos da UNA1, com base na opinião de especialistas da área, que incluiu os analistas da própria Usina. Essa análise qualitativa é fator decisivo no desenvolvimento da AEOI.

## **1.8 Estruturação do Trabalho**

- **Capítulo 2 A Usina Escolhida**

Apresenta a Usina Nuclear selecionada para estudo de caso no desenvolvimento deste trabalho. A escolha recaiu sobre a Usina Nuclear de Angra 1. Esse capítulo mostra e analisa os motivos que determinaram tal escolha.

- **Capítulo 3 Considerações Importantes**

Trata objetivamente pontos relevantes ao entendimento do trabalho. Esses pontos são: a utilização e aplicação de procedimentos, a diferença entre os conceitos de tarefa e atividade, a visão do modelo sócio-técnico e os cuidados relativos à utilização do Princípio da Decomposição de tarefas.

- **Capítulo 4 Análise da Experiência Operacional Interna**

Analisa as Causas Raízes dos principais eventos ocorridos na Usina Nuclear de Angra 1, no período de 2001 a 2006. A análise é realizada com base no documento Ocorrência de Relato Obrigatório e permite estruturar a Análise da Experiência Operacional Interna da Usina Nuclear de Angra 1 no período considerado. Além disso, este capítulo compara a Análise da Experiência Operacional Interna da Usina Nuclear de Angra 1 com um estudo efetuado pela *Nuclear Regulatory Commission*, sobre as usinas nucleares americanas.

- **Capítulo 5 Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano**

Analisa o método Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano, que foi desenvolvido pelos profissionais da Usina Nuclear de Angra1, em 2001, a partir do método *Human Performance Enhancement System*. O Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano agrega valor ao desenvolvimento da Análise da Experiência Operacional Interna da Usina Nuclear de Angra 1.

- **Capítulo 6 Método Sistemático de Treinamento**

Analisa o Método Sistemático de Treinamento ou *Systematic Approach Training* que está em implantação na Usina Nuclear de Angra1, por

recomendação da *International Atomic Energy Agency*. Este capítulo mostra a integração da Análise da Experiência Operacional Interna, que apresenta a realidade operacional da Usina Nuclear de Angra1, ao *Systematic Approach Training*.

- **Capítulo 7 Análise de um Evento Real**

Apresenta um estudo de caso de uma Ocorrência de Relato Obrigatório, da Usina Nuclear de Angra1, com o título: Perda de Inventário do Sistema de Refrigeração do Reator por Abertura das Válvulas de Alívio do Sistema de Remoção de Calor Residual. O estudo dessa Ocorrência de Relato Obrigatório mostra aspectos organizacionais que estão por trás das causas do evento. Este capítulo faz considerações complementares, sobre a técnica ATHEANA.

- **Capítulo 8 Estudo de uma Proposta para o Plano de Treinamento**

Apresenta o estudo de uma proposta para o plano de treinamento da Usina Nuclear de Angra1, que pode ser utilizado por outra Usina Nuclear. Esse estudo tem como ferramenta de suporte a utilização da Análise da Experiência Operacional Interna.

Trata também, com maior profundidade, as conclusões apresentadas em cada capítulo, que espelham a realidade operacional de uma Usina Nuclear, através do estudo proposto. O estudo valoriza a experiência operacional, considerada neste trabalho, uma ferramenta de suporte do plano de treinamento. As conclusões não são específicas para a UNA1, são abrangentes a outras Usinas Nucleares.

- **Capítulo 9 Conclusões e Recomendações**

Apresenta as conclusões finais e as recomendações deste trabalho. Esse capítulo é relevante na implantação do estudo proposto, que insere a Análise da Experiência Operacional Interna como uma ferramenta efetiva na elaboração do plano de treinamento de uma Usina Nuclear. A experiência operacional está integrada aos programas de treinamento desenvolvidos pela Divisão de Treinamento da Eletronuclear, o mesmo deve acontecer com qualquer Usina Nuclear, sendo que, neste trabalho, a experiência operacional é a ferramenta de suporte na gestão do treinamento. Este capítulo apresenta algumas propostas para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2 A USINA ESCOLHIDA

Neste capítulo é apresentada a Usina Nuclear de Angra 1 escolhida para estudo de caso no desenvolvimento deste trabalho. A UNA1 está localizada no Estado do Rio de Janeiro, no município de Angra dos Reis, na localidade de Itaorna, BR-101 Sul, Rodovia Governador Mário Covas, km 517 (Rio-Santos). A UNA1 é uma das unidades que compõe a Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto, onde, também está localizada a Usina Nuclear de Angra 2 e, quando estiver concluída, também estará a Usina Nuclear de Angra 3. A potência nominal da UNA1 é 657 MWe. O início da sua operação comercial ocorreu em 01/01/1985. Em média, nos dois últimos anos, a UNA1 atendeu a 11% do consumo de eletricidade do Estado do Rio de Janeiro. A Eletrobrás Termonuclear S/A, Eletronuclear, criada em 1997, é a operadora da UNA1.

### 2.1 Escolha da Usina Nuclear de Angra 1

A UNA1 foi escolhida para estudo de caso devido a não possuir no Brasil um simulador de escopo total (*full-scope simulator*)<sup>5</sup>. Esses simuladores reproduzem fielmente a sala de controle. Não possui também, um simulador que tenha um grau de similaridade quanto ao tipo de reator. Sendo assim, a UNA1 em seu treinamento, é mais dependente de sua experiência operacional, a fim de minorar a falta do simulador.

A UNA1 vai receber dois novos Geradores de Vapor – GV<sup>6</sup>, o que eliminará a necessidade da inspeção em 100% dos tubos dos geradores, em cada parada, passando a adotar uma inspeção por amostragem, tal como é realizado em Angra 2 [28]. A substituição dos GV proporcionará o aumento da oferta de energia térmica de aproximadamente 6,3%, para tal, deverá também ser implantada uma melhoria técnica da turbina [28].

Paralelamente à troca dos GV, haverá uma modernização no projeto dos elementos combustíveis nucleares que permitirá uma economia sensível nos custos de geração da UNA1 [28]. Este avanço tecnológico proporcionará uma significativa economia de urânio de até 12%, redução do número de elementos combustíveis novos a serem adquiridos em cada reabastecimento e aumento das margens de segurança [28]. Com o combustível avançado, o reabastecimento da UNA1, será

---

<sup>5</sup> O treinamento em simulador para a equipe da Usina de Angra 1 é efetuado no exterior (Estados Unidos, Eslovênia e Espanha) [2].

<sup>6</sup> O fornecimento dos novos GV foi contratado à empresa europeia AREVA. Os GV foram fabricados no Brasil, pela Nuclebrás Equipamentos Pesados S.A., subcontratada pela AREVA [28]. Os GV já foram entregues a UNA1.



estendido de 12 meses (hoje) para 18 meses [28].

Acrescenta-se, que além da falta do simulador, os avanços tecnológicos em execução, contribuíram para a escolha da UNA1, como estudo de caso. Essa ação beneficia a UNA1 com o estudo de uma proposta mais avançada para o treinamento e com o uso das boas práticas solicitadas pelos organismos nucleares internacionais.

## 2.2 Estrutura da Área de Treinamento da Usina Nuclear de Angra 1

A Divisão de Treinamento (DITR.O) é uma Unidade Organizacional da ETN. A DITR.O está estruturalmente vinculada à Gerência de Treinamento e Segurança Nuclear e à Superintendência de Coordenação da Operação que, por sua vez está ligada à Diretoria de Operação e Comercialização [9]. Foi criada em 1997 e sofreu uma revisão na sua estrutura organizacional em 2003 [9]. As instalações onde fica localizada a DITR.O, situam-se no Rio de Janeiro, no município de Paraty, na localidade de Mambucaba, BR-101 Sul – Rodovia Governador Mário Covas.

A DITR.O tem as seguintes missões principais [9]: desenvolver e implantar o plano de treinamento que atenda todas as necessidades das diversas áreas da ETN; manter o Programa de Requalificação em Simulador para operadores atualizado em relação às normas nacionais e internacionais que orientam o treinamento nessa área, incluindo a criação de cenários relativos à experiência operacional interna e externa; elaborar, programar e executar as atividades de treinamento relativas à capacitação dos empregados em geral, nas áreas de segurança industrial, plano de emergência, proteção radiológica, cultura de segurança, proteção física, proteção contra incêndio, normas, procedimentos, etc [9].

## 2.3 Profissionais Treinados

Os profissionais da UNA1 têm características específicas (Tabela 2.1) [9].

Tabela 2.1 Características dos Profissionais da Usina Nuclear de Angra 1

Profissionais	Categorias	Características
Supervisores de Turno e Operadores	Operador de Reator e Operador Sênior de Reator.	Licenciados. Manipulam como parte de suas atividades funcionais, os controles do reator nuclear na Sala de Controle.
Operadores de Campo	Painéis Auxiliares; Circulante; Turbina; Auxiliares; Área Externa; Tratamento d' Água; Estação Pré-Tratamento d' Água; Operador da Casa de Bombas.	Não-Licenciados. Operam os sistemas da usina fora da sala de controle e são dirigidos pelos operadores licenciados.
Profissionais de Manutenção	Engenheiros e Técnicos	Responsáveis por executar as tarefas de manutenção dos sistemas que estruturam a usina.

<b>Profissionais</b>	<b>Categorias</b>	<b>Características</b>
Profissionais da Engenharia de Sistemas	Engenheiros e Técnicos	Responsáveis por efetuar a monitoração, orientar, supervisionar, preparar as paradas e implantar as melhorias necessárias para manter em elevado nível a confiabilidade e o desempenho da usina.
Profissionais de Química	Engenheiros, Químicos e Técnicos	Responsáveis por coletar amostras, preparar os reagentes, efetuar as análises químicas, monitorar a qualidade das águas e dos produtos químicos utilizados nos circuitos de refrigeração, calcular e preparar as dosagens dos produtos químicos a serem utilizados e monitorar os produtos de fissão, de ativação e de corrosão dos diversos circuitos, com vista a uma operação segura da usina.
Profissionais de Proteção Radiológica	Engenheiros, Químicos, Físicos e Técnicos	Responsáveis por efetuar a proteção radiológica dos operadores e demais técnicos da usina, por monitorar a atividade nuclear dos sistemas que utilizam produtos radioativos, com vista a uma operação segura da usina.
Gerentes	Pessoas que têm responsabilidade de decisão sobre outras pessoas em termos de operação e manutenção dos sistemas da usina.	

## 2.4 Treinamento e Retreinamento

Os profissionais recebem treinamento adequado às características de suas tarefas (Tabela 2.2) [9].

Tabela 2.2 Profissionais da UNA1 e Características do Treinamento

<b>Profissionais</b>	<b>Treinamento</b>
Operadores e Supervisores de Turno Licenciados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É desenvolvido pela Divisão de Treinamento, com seus instrutores, materiais e salas de aula. O treinamento em simulador é efetuado no exterior.</li> <li>• São desenvolvidos cursos específicos, entre os quais são citados os seguintes: Curso Preparatório para Engenharia Nuclear (CPEN); Curso de Teoria de Reator (CTR); Curso de Formação de Operador Licenciável (CFOL); Estudo de Procedimentos de Emergência (EPE), etc;</li> <li>• O programa de retreinamento é aplicado através de módulos, contendo aulas programadas com instrutor, podendo ainda constar de estudo orientado ou filmes. Desenvolve uma sistemática de avaliação e controle dos relatórios de eventos ocorridos em Angra-1 e eventos externos.</li> <li>• Antes de cada operação de recarregamento do núcleo do reator é aplicado treinamento sobre os sistemas envolvidos.</li> <li>• Exame bianual de requalificação do pessoal licenciado.</li> </ul>
Operadores de Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É desenvolvido pela Divisão de Treinamento, com seus instrutores, materiais e salas de aula.</li> <li>• São desenvolvidos cursos específicos, entre os quais são citados os seguintes: Curso Preparatório para Operador de Área Externa (CPAE); Curso Preparatório para Operador de Auxiliares (CPOA); Curso Preparatório para Operador de Turbina (CPOT); Curso Preparatório para Operador de Painéis Auxiliares da Sala de Controle (CPOP); Curso Preparatório para Operador de Casa de Bombas, etc;</li> <li>• O planejamento do programa de retreinamento é desenvolvido a cada 4</li> </ul>

Profissionais	Treinamento
	anos. No planejamento, os treinandos são distribuídos em 5 turnos. Cada turno abrange as áreas externas, de auxiliares, de turbina e de circulantes. O programa de retreinamento é aplicado através de módulos, contendo aulas programadas com instrutor.
Operadores de Campo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada área recebe um treinamento específico, através do programa de treinamento e Retreinamento de Operadores Não-Licenciados.</li> <li>• Os tópicos de treinamento são reunidos em módulos de aplicação de forma a atender ao programa de treinamento e retreinamento. Os assuntos abordados nos módulos se repetem anualmente, bianualmente, trianualmente ou a cada 4 ou 5 anos, conforme estabelecido no programa.</li> <li>• Para cada módulo uma programação de curso é desenvolvida, com duração aproximada de 30 dias e, ao final de cada módulo há uma avaliação. Os treinandos que não puderem efetuar os treinamentos no período programado, ou forem reprovados nas avaliações, devem eliminar suas pendências dentro do prazo máximo de 30 dias.</li> </ul>
Profissionais de Manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É desenvolvido pela Divisão de Treinamento, com seus instrutores, materiais e salas de aula e idas, com prática de campo.</li> <li>• O SENAI participou e pode vir a participar do treinamento, com seus instrutores e instrutores eventuais, contratados através o SENAI.</li> </ul>
Profissionais da Engenharia de Sistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É desenvolvido pela Divisão de Treinamento, com seus instrutores, materiais e salas de aula.</li> <li>• A COPPE/UFRJ e o SENAI participaram e podem vir a participar do treinamento, com seus instrutores, que possuem grande conhecimento em áreas específicas.</li> </ul>
Profissionais de Química	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É desenvolvido pela Divisão de Treinamento, com seus instrutores, materiais e salas de aula.</li> </ul>
Profissionais de Proteção Radiológica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É desenvolvido pela Divisão de Treinamento, com seus instrutores, materiais e salas de aula.</li> </ul>
Gerentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• É desenvolvido pela Divisão de Treinamento, com seus instrutores, materiais e salas de aula.</li> <li>• A COPPE/UFRJ, o SENAI e a Fundação Getúlio Vargas participaram e podem vir a participar do treinamento, com seus instrutores, que possuem grande conhecimento em áreas específicas.</li> </ul>
Empregados em Geral	<p>Devem receber os seguintes treinamentos, válidos até 31 de dezembro do ano seguinte à sua realização:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>TEG:</b> Treinamento de Empregados em Geral, aplicável a todo novo empregado, designado para prestar serviço nas áreas Protegida, Vital Não Restrita e Vital Restrita.</li> <li>• <b>TI:</b> Treinamento Inicial aplicável a todo novo empregado de empresa contratada designado para prestar serviço nas áreas Protegida, Vital Não Restrita e Vital Restrita.</li> <li>• <b>Doutrinação:</b> Treinamento aplicável, em caráter eventual, a todo empregado da Eletronuclear e das empresas contratadas designado para exercer atividade técnica ou administrativa nas áreas Protegida e Vital Não Restrita.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>REG Categoria I:</b> Retreinamento de Empregados em Geral é aplicável a todo empregado administrativo, auxiliar e técnico, da Eletronuclear e das empresas contratadas, que já tenham participado do TEG ou TI, anteriormente, e que executam tarefas nas áreas Protegida e Vital Não Restrita.</li> <li>• <b>REG Categoria II – 1º Grupo:</b> Treinamento aplicável a todo profissional de nível superior, operador, supervisor ou encarregado, da Eletronuclear e das empresas contratadas, que já tenham participado do TEG ou TI anteriormente, e com acesso às áreas Protegida, Vital Não Restrita e Vital Restrita. Este treinamento é aplicado em 2 dias consecutivos.</li> </ul>

Profissionais	Treinamento
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>REG Categoria II – 2º Grupo:</b> Treinamento aplicável a todo profissional de nível técnico ou auxiliar, da Eletronuclear e das empresas contratadas, que já tenham participado do TEG ou TI anteriormente, com acesso às áreas Protegida, Vital Não Restrita e Vital Restrita.</li> </ul>

#### 2.4.1 Materiais Utilizados no Treinamento e Retreinamento

No treinamento, são utilizados os seguintes materiais: apostilas, procedimentos, manuais de operação, experiência operacional, quadros, retro-projetores, multimídia, slides, filmes e tabelas [9]. O treinamento também se utiliza de práticas no campo [9].

#### 2.4.2 Normas e Procedimentos Utilizados – Treinamento e Retreinamento

Dentre as várias normas, procedimentos e relatórios de órgãos nucleares que são utilizados nos programas de treinamento da UNA1 [9], sendo os principais:

Guias da National Academy for Nuclear Training; Normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear; Procedimentos do Manual de Operação da Usina; Relatório Final de Análise de Segurança; Relatórios da International Atomic Energy Agency; Relatórios da U.S. Nuclear Regulatory Commission.

#### 2.4.3 Instrutores Utilizados – Treinamento e Retreinamento

Os instrutores são especialistas qualificados nos diversos campos da Engenharia Nuclear, têm longa experiência na operação da UNA1 e foram licenciados como Operadores Seniores de Reator [9].

Os instrutores participam de cursos de atualização e acompanham as modificações de projeto nos vários sistemas da UNA1. Anualmente despendem um período de aproximadamente duas semanas, nas instalações da UNA1 para compartilharem seus conhecimentos com as práticas realizadas pelos operadores [9].

Os instrutores realizam, anualmente, no Curso de Retreinamento de Empregados em Geral, um Curso de Capacitação de Instrutores, desenvolvido pelo SENAI. Nessa capacitação, os instrutores realizam estágios de quinze dias nas áreas da Operação. Após a aquisição do Simulador Gráfico Interativo (simulador que apresenta os principais parâmetros de operação da Usina, que podem ser alterados, representando cenários que podem ser enfrentados pela operação), os instrutores passaram a despendem um período de três meses no treinamento do uso desse simulador [9].

Além dos instrutores, o programa de treinamento da UNA1 utiliza instrutores externos, de instituições de renome, como: Universidade Federal do Rio de Janeiro

(COPPE/PEN), Fundação Getúlio Vargas (FGV), Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial ( SENAC) [9].

## **2.5 Treinamentos Específicos**

### **2.5.1 Experiência Operacional**

Neste treinamento são tratadas:

- Experiência Operacional Interna: informações técnicas relevantes relacionadas à operação da UNA1.
- Experiência Operacional Externa<sup>7</sup>: informações oriundas de outros países e de organismos internacionais. Ambas as experiências são transmitidas aos operadores, engenheiros e técnicos da UNA1 [9].

### **2.5.2 Desempenho Humano**

Neste treinamento, o pessoal da ETN e contratados são preparados para desenvolver habilidades de trabalhos em equipe e de liderança através de cursos específicos, com instrutores da ETN [9]. O SENAI e o SENAC participaram e podem vir a participar do treinamento do desempenho humano, com seus instrutores.

## **2.6 Auditoria, Avaliação e Auto-Avaliação no Treinamento**

A verificação dos requisitos obrigatórios do plano de treinamento é feita pelo atendimento às Normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e da auditoria da Garantia da Qualidade da UNA1 [9]. São realizadas avaliações internacionais, com base em critérios definidos nos guias de avaliação que norteiam estas missões, que cobrem todas as funções atribuídas à área de treinamento. As avaliações são realizadas pela WANO e pela OSART [9]. A UNA1 realiza uma auto-avaliação em seu plano de treinamento, visando à melhoria do mesmo [9].

## **2.7 Outros Treinamentos**

Além dos treinamentos programados na DITR.O, há outras ações realizadas nas instalações da planta UNA1, que também caracterizam treinamento:

- Divulgação dos eventos ocorridos (experiência operacional) à supervisão (supervisores, encarregados, engenheiros, químicos, etc) e aos demais

---

<sup>7</sup> A Experiência Operacional Externa se refere às informações oriundas de outros países e de organismos internacionais, tais como: International Atomic Energy Agency; World Association of Nuclear Operators; Institute of Nuclear Power Operators [9].

profissionais (operadores, técnicos de manutenção, etc) da UNA1, nos vários segmentos: operação, sistemas, química, manutenção, etc.

- Realização de palestras para atender questões que precisam ser revistas, como: requisitos das especificações técnicas, comportamentos relativos à passagem de turno, cuidados ao realizar montagens na Usina, etc.
- Reuniões com as diversas áreas organizacionais que trabalham em regime de turno, nos marcos operacionais da UNA1: partida e parada da Usina, etc.
- Realização de seminários periódicos para tratar de questões relativas ao desempenho operacional e humano dos profissionais que operam e estruturam a UNA1.

## **2.8 Local do Treinamento**

O Centro de Treinamento, que atende a UNA1, tem instalações amplas e arejadas. Durante o treinamento de dezesseis horas de que participei (Curso Básico de Operador de Usinas Nucleares), recebi o material de treinamento devidamente organizado; a sala de treinamento era dotada de ambiente e tecnologia adequada e o instrutor apresentou o tema do treinamento dentro de uma didática que, contribuiu para eu assimilar rapidamente as questões técnicas tratadas. Outras considerações<sup>8</sup> sobre o treinamento de que participei (como visitante), serão realizadas no decorrer deste trabalho, nos aspectos: instrutor e didática. Os treinamentos que têm por local a planta UNA1 são realizados em ambiente próprio, com tecnologia adequada e com instrutores devidamente capacitados.

## **2.9 Características do Treinamento**

A complexidade característica dos programas de treinamento da área nuclear pode ser exemplificada através do procedimento de treinamento e qualificação PT-OL, Programa de Treinamento e Retreinamento Pessoal Licenciado [29]. Entende-se por Pessoal Licenciado o Operador de Reator ou Operador Sênior de Reator que possui uma licença específica obrigatória concedida pela CNEN.

A obtenção da Licença de Operação implica que o operador, enquanto atuar, terá de cumprir o Programa Bienal de Requalificação dos Operadores Licenciados, composto de 10 módulos, do Módulo A ao Módulo J. Cada módulo tem a duração de três dias, durante os quais se analisam, estudam e discutem: os sistemas, os

---

<sup>8</sup> A finalidade deste trabalho não é exercer um critério de julgamento sobre o programa de treinamento existente e sim, apresentar o estudo de uma proposta de treinamento atualizado, que poderá implicar em mudanças na estrutura do programa de treinamento atual.

procedimentos, a comunicação, a experiência operacional, etc [29]. Ao fim de cada módulo, o operador é avaliado.

Além de cumprir o Programa Bienal de Requalificação, os operadores com base na norma CNEN-NN-1.01 [30] terão que:

- Apresentar condições físicas e de saúde geral e mental.
- Ser aprovados em exame de qualificação aplicado pela CNEN, ou sob sua supervisão direta, para determinar se o candidato está apto a operar o reator; no caso do operador sênior, a operar o reator e dirigir as atividades autorizadas de operadores licenciados, de maneira segura e competente.

Dentro da complexidade destaca-se no PT-OL:

Para Licença de Operador de Reator, o empregado, além de atender aos requisitos anteriores, necessita passar por uma série de outros módulos de treinamento, que tratam da Física Nuclear até ao conhecimento profundo de todos os Sistemas da Usina [29]. Um dos módulos, o Curso de Formação de Operador Licenciável, é composto por 99 módulos secundários (sistemas, equipamentos, circuitos, etc), que se dividem em pequenos módulos [29].

A complexidade dos programas de treinamento não se restringe só a operação, se estende às demais áreas da usina, como exemplo, a manutenção, devido a isto, a ETN quer construir em Mambucaba, um Centro de Treinamento voltado à área de Manutenção [9]. Para atender ao disposto no programa de garantia da qualidade do Capítulo 17 do Relatório Final de Análise de Segurança, deverá ser estabelecido um programa formal de qualificação de pessoal envolvido com atividades de engenharia e suporte técnico [9].

Incluída na complexidade, está a carga cognitiva que envolve todos os programas de treinamento na UNA1, devido ao grande número de procedimentos utilizados. Esse assunto é tratado objetivamente no Capítulo 3 deste trabalho.

## **2.10 Conclusão**

Este capítulo mostrou o porquê da escolha da UNA1 como estudo de caso, forneceu uma visão rápida e objetiva da estrutura do treinamento e da complexidade presente no programa de treinamento da UNA1 e comentou o plano de expansão da DIRT.O para melhor qualificar o pessoal da usina nas diversas áreas e funções.

Destaca-se uma das missões da DITR.O: desenvolver a criação de cenários relativos à experiência operacional interna da UNA1 [9]. A missão é um propósito que a organização quer cumprir, sendo assim, a AEOI está inclusa nos objetivos organizacionais da ETN e, por conseguinte, da UNA1.

## CAPÍTULO 3 CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES

Neste capítulo são esclarecidos pontos importantes para a compreensão deste trabalho, para que haja um entendimento claro dos princípios integrados ao estudo de uma proposta para o plano de treinamento, apresentada mais adiante.

### 3.1 Procedimentos

No treinamento dos Operadores Licenciados e Não-Licenciados, dos Técnicos da Engenharia de Sistemas, Manutenção, Química e outros, é utilizado o Manual de Operação da Usina (MOU). O MOU é um conjunto de procedimentos estruturados em volumes específicos, que atende a todos os setores da UNA1 (Administração, Operação, Manutenção,...). O MOU reúne cerca de 2.200 procedimentos.

#### 3.1.1 Procedimentos de Emergência

O nível de estruturação dos procedimentos é exemplificado através da análise objetiva dos Procedimentos de Emergência *Background* (Tabela 3.1) [31].

Tabela 3.1 Procedimentos de Emergência da UNA1

<b>Procedimentos de Emergência Básicos PO-E</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>São usados a partir da ocorrência de eventos básicos de projeto, divididos em quatro categorias: Categoria 0 - PO-E 0 - Desarme do Reator ou Injeção de Segurança Categoria 1 - PO-E 1 - Perda de Refrigerante do Reator ou do Secundário Categoria 2 - PO-E 2 - Isolamento do Gerador de Vapor Falho Categoria 3 - PO-E 3 - Ruptura em Tubo Gerador de Vapor</li></ul>
<b>Procedimentos de Emergência Suplementares PO-ES</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>São originados dos procedimentos de emergência básicos e fornecem alternativas de recuperação para eventos de mesma categoria.</li></ul>
<b>Categoria 0 - Desarme do Reator ou Injeção de Segurança</b>
PO-ES 0.0 - Rediagnóstico PO-ES 0.1 - Resposta ao Desarme do Reator PO-ES 0.2 - Resfriamento em Circulação Natural PO-ES 0.3 - Resfriamento em Circulação Natural com Bolha de Vapor no Vaso do Reator c/SMIR PO-ES 0.4 - Resfriamento em Circulação Natural com Bolha de Vapor no Vaso do Reator s/SMIR
<b>Categoria 1 - Perda de Refrigerante do Reator ou do Secundário</b>
PO-ES 1.1 - Término de Injeção de Segurança PO-ES 1.2 - Resfriamento e Despressurização Após um LOCA PO-ES 1.3 - Transferência para Recirculação pela Perna Fria PO-ES 1.4 - Transferência para Recirculação pela Perna Quente
<b>Categoria 2 - Isolamento do Gerador de Vapor Falho</b>
Não Há
<b>Categoria 3 - Ruptura em Tubo Gerador de Vapor</b>
PO-ES 3.1 - Resfriamento após RTGV Usando Fluxo Reverso PO-ES 3.2 - Resfriamento após RTGV Usando Sistema de Purga dos GV PO-ES 3.3 - Resfriamento após RTGV Usando Sistema de Desvio de Vapor



<b>Procedimentos de Emergência Eventuais PO-ECA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>São adicionais aos procedimentos de emergência básicos e suplementares, cobrem eventos singulares ou de baixa probabilidade de ocorrência.</li> </ul>
<b>Categoria 0 - Desarme do Reator ou Injeção de Segurança</b>
PO-ECA 0.0 - Blackout PO-ECA 0.1 - Recuperação do Blackout sem IS PO-ECA 0.2 - Recuperação do Blackout com IS
<b>Categoria 1 - Perda de Refrigerante do Reator ou do Secundário</b>
PO-ECA 1.1 - Perda da Recirculação do Sistema de Refrigeração de Emergência do Núcleo PO-ECA 1.2 - LOCA Fora da Contenção
<b>Categoria 2 - Isolamento do Gerador de Vapor Falho</b>
PO-ECA 2.1 - Despressurização Descontrolada de Ambos os Geradores de Vapor
<b>Categoria 3 - Ruptura em Tubo Gerador de Vapor</b>
PO-ECA 3.1 - RTGV com Perda de Refrigerante do reator Recuperação Sub-resfriada PO-ECA 3.2 - RTGV com Perda de Refrigerante do reator Recuperação Saturada PO-ECA 3.3 - RTGV sem Controle da Pressão do Pressurizador
<b>Funções Críticas de Segurança</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sendo satisfeitas estas funções, a usina estará segura; se elas não forem satisfeitas, os operadores vão interromper as ações em andamento e implantar as ações baseadas nos procedimentos de Restauração das Funções Críticas de Segurança. Este conceito é baseado no critério de “defesa em profundidade<sup>9</sup>”.</li> </ul>
<b>Procedimentos Árvores de Estado F</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>São estruturas individuais de cada Função Crítica de Segurança: Subcriticalidade, Refrigeração do Núcleo, Fonte Fria, Integridade do Sistema de Refrigeração; Integridade da Contenção e Inventário do Refrigerante.</li> </ul>
F-0.1 Subcriticalidade F-0.2 Resfriamento do Núcleo F-0.3 Fonte Fria F-0.4 Integridade F-0.5 Contenção F-0.6 Inventário
<b>Procedimentos Restauradores de Função RF</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>São usados para retornar a usina a uma condição segura, independentemente da sequência de eventos, através da satisfação de suas Funções Críticas de Segurança. São 18 procedimentos.</li> </ul>

Os Procedimentos de Emergência são em número de 49. Os procedimentos são apresentados de dois modos:

(1) através de regras simples, diretas e determinísticas (tipo: SE, ENTÃO, CASO CONTRÁRIO, OU, E), que mostram o caminho da sequência principal das tarefas, com as ações pertinentes (Figura 3.1) [32].

(2) através de uma característica cognitiva que complementa as regras simples, diretas e determinísticas, *Background* [31]. O *Background* analisa os parâmetros de processo e seus limites, os benefícios e consequências das ações realizadas e fornecem informações decorrentes da aplicação das regras determinísticas (Figura 3.2) [31].

<sup>9</sup> Medidas adotadas para proteger as barreiras estáticas contra a liberação de radiação. As barreiras são: a cerâmica do combustível, o revestimento do combustível, o vaso de pressão do reator, o vaso de contenção de aço, o edifício de concreto reforçado e a pressão subatmosférica e sistema de filtragem.

<p>1 <b>Confirme o Desarme do Reator:</b> Faça o seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>. Lâmpadas indicativas de barras no fundo - ACESAS.</li> <li>. Disjuntores principais e bypasses de desarme do reator - ABERTOS.</li> <li>. Fluxo de neutrons - DECRESCENDO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Desarme manualmente o reator através da chave no painel do reator ou painel de segurança.</li> <li>b. SE o reator não desarmar ENTÃO desenergize as barras 1B1A e 1B2A. Reenergize-as em seguida.</li> <li>c. SE o reator não desarmar ENTÃO passe para o RF-S 1, RESPOSTA A GERAÇÃO DE POTÊNCIA NUCLEAR/ATWS, item 1.</li> </ul>
---	---

Figura 3.1 Procedimento através regras determinísticas

**ITEM 1: Confirme o desarme do reator.**

A finalidade deste item é orientar o operador a confirmar que o reator desarmou.

O desarme do reator deve ser confirmado para assegurar que o calor adicionado ao SRR é o calor de decaimento e o calor gerado pelo funcionamento da(s) BRR(s). Os sistemas de segurança que protegem a Usina durante acidentes, são projetados assumindo-se que após o desarme do reator existem somente as fontes de calor citadas.

Angra 1 possui os seguintes meios para desarmar o reator da sala de controle:

- Uma chave de desarme no painel do reator (MCB-C).
- Uma chave de desarme no painel de segurança (MCB-E).
- Chaves para desenergizar as barras 1B1A e 1B2A, que suprem os grupos moto geradores das barras de controle (MG sets). Estas chaves ficam no painel de distribuição elétrica. Esta ação para desarme do reator foi baseada no DW-98-008. Refira-se a questão 5-11 do Pontos de Discussão deste “background”.

O operador deve usá-los conforme estabelecido na RNO deste item. Se estes métodos não forem efetivos em desarmar o reator só então o operador deverá fazer a transição para RF-S 1, RESPOSTA A GERAÇÃO DE POTÊNCIA/ATWS.

Rev. 16/01/06

Figura 3.2 Procedimento *Background*

Os procedimentos se interligam. Um evento pode ter desdobramentos, então, os operadores terão de utilizar vários procedimentos, para dominar o evento e retornar a Usina ao seu estado normal. Os operadores utilizam regras simples determinísticas, mas para bem executá-las, o conhecimento profundo do *Background* [31] é necessário. Para se ter uma idéia da carga cognitiva sobre o operador, ver na Tabela 3.2, o número de palavras que estão presentes no *Background* dos Procedimentos de Emergência, apenas na Categoria 0 [31].

O exemplo apresentou uma análise simplificada dos Procedimentos de Emergência e suas interligações cognitivas complexas com os operadores. Na UNA1, todas as funções enfrentam certo grau de complexidade ao lidar com a quantidade de procedimentos e o volume cognitivo pertinente aos mesmos. Exemplos: Número de procedimentos de Manutenção Mecânica e Elétrica, da ordem de 350; Procedimentos

de Inspeção e Testes Periódicos, da ordem de 750; Procedimentos de Instrumentação e Controle, da ordem de 215.

Tabela 3.2 Número de Palavras nos Procedimentos Categoria 0

<b>Procedimentos de Emergência Categoria 0</b>					
<b>Básicos</b>	<b>Número Palavras</b>	<b>Suplementares</b>	<b>Número Palavras</b>	<b>Eventuais</b>	<b>Número Palavras</b>
PO-E0	10.863	PO-ES 0.0	953	PO-ECA 0.0	6.173
		PO-ES 0.1	4.499	PO-ECA 0.1	3.010
		PO-ES 0.2	7.528	PO-ECA 0.2	2.206
		PO-ES 0.3	4.167		
		PO-ES 0.4	6.758		
<b>Total</b>	<b>10.863</b>		<b>23.905</b>		<b>11.389</b>
<b>Total de palavras</b>					<b>46.157</b>

### 3.1.2 Considerações na Utilização dos Procedimentos

Várias são as visões sobre a utilização dos procedimentos. Exemplos:

- Procedimentos são recomendações escritas que visam reduzir os acidentes nos locais de trabalho; são continuamente atualizados para se adaptar aos novos equipamentos e às mudanças na condição de trabalho; incorporam as novas descobertas baseadas na análise de eventos ocorridos no passado; podem incorporar também novas normas e leis. Assim, há uma tendência que os procedimentos se tornem cada vez mais detalhados e restritivos [33]:
- Se o procedimento for seguido à risca, reduzindo a autonomia dos trabalhadores, há possibilidade de diminuir o erro humano [34].
- Na ótica cognitiva, procedimentos reduzem o nível de complexidade, permitindo que atividades sejam realizadas em nível de regras SE, ENTÃO, diminuindo a probabilidade de ocorrência de erro humano [35].

O exame de alguns eventos ocorridos na UNA1, porém, permite constatar que a utilização de procedimentos não é um fator determinante na inibição dos erros humanos. Há casos em que o procedimento é um precursor (pré-iniciador) do erro humano. A análise do documento Ocorrência de Relato Obrigatório (ORO) fornece alguns exemplos, extraídos do documento, que comprovam a afirmação anterior:

- Falta de um procedimento de manutenção, devidamente detalhado, incluindo as experiências de trabalhos anteriores, para o caso de aplicação específica de Relés;
- Conflito e falta de procedimentos devidamente detalhados;
- Falta de instruções quanto à calibrações ou sensibilidade das calibrações corretas;

- O procedimento não foi adaptado para contemplar a situação operacional deficiente das válvulas. O procedimento deveria alertar ao operador sobre a possibilidade das válvulas falharem abertas;
- Revisão dos procedimentos de inspeção que recomendam a avaliação de equipamentos que sejam alvos de vazamentos.

Os exemplos mostram que: focar nos procedimentos o detalhamento e as restrições [33], seguir à risca e diminuir a autonomia dos trabalhadores [34] e reduzir o nível da complexidade através de regras SE, ENTÃO [35], não implica na diminuição da possibilidade do erro humano, visto que, os procedimentos, também são falíveis.

Outras considerações complementares:

- Os procedimentos são modelados com base em situações ideais e podem ficar inadequados em função do estado da planta [1];
- Os procedimentos não levam em conta a diversidade organizacional [1];
- Não há garantias que procedimentos adequados serão plenamente empregados no momento oportuno [1];
- Pode ocorrer que eventos em sistemas complexos, como a UNA1, não sejam previstos inteiramente nos procedimentos [20].
- O procedimento pode ser considerado uma interface entre o trabalhador e o trabalho prescrito, que pode ser utilizada em situação normal ou de emergência e, é útil, no processo de treinamento [33].

### **3.2 Tarefas e Atividades**

Os processos cognitivos podem ser classificados em três categorias:

- Algorítmico: possui uma estrutura bem definida do problema, um equacionamento passo a passo [36];
- Heurístico: acontece explicitamente nas tentativas de solucionar uma classe de problemas para os quais não se tem um método geral de solução [36];
- Misto: há elementos sob controle, cabendo uma conduta algoritmizada e, outros elementos, fora desta faixa, cabendo uma conduta heurística [36].

Os procedimentos podem ser classificados no processo cognitivo algorítmico, pois têm uma estrutura bem definida, apresentada passo a passo.

Estudos profundos sobre situações de trabalho, mostraram que a atividade humana no trabalho não se restringe às aplicações estritas de procedimentos [1]. O ser humano não pode ser reduzido a um mero executor de um conjunto de tarefas prescritas [1].

Entende-se por tarefa prescrita a tarefa determinada pela organização que pode ser chamada de trabalho prescrito [37] [38]. No taylorismo<sup>10</sup>, um dos pressupostos básicos era que a prescrição da tarefa ou trabalho prescrito é realizada externamente ao executor da tarefa, ou seja, existe a separação entre a concepção (desenvolvida pela organização) e a execução da tarefa (que deve ser realizada pelo trabalhador, conforme determinado pela organização) [38].

Os estudos sobre o trabalho evoluíram e foi observado que, em qualquer desempenho do trabalho, o trabalho prescrito (tarefa) não era igual ao trabalho real (atividade) [36] [39]. Além disso, a execução de um trabalho apresenta variabilidades, por essa razão, o processo cognitivo misto, junção do algorítmico com o heurístico, deve ser usada [36] [39]. Esses estudos levaram Leplat [36] [40] a estabelecer a diferença entre tarefa e atividade e, antes de Leplat, levaram Wisner [36] [41] a estabelecer a noção de trabalho prescrito e trabalho real, assinalando assim, a origem organizacional da diferença entre tarefa e atividade [36].

Quanto à atividade, ela tem duas partes: o comportamento, que é a parte observável e manifesta da atividade, e o processo intelectual ou mental, que é a parte inobservável e interna da atividade [37].

Na moderna concepção da execução de uma tarefa, o trabalhador que a realiza, não é um mero executor de uma ordenação previamente determinada pela organização no procedimento. O trabalhador que executa o procedimento segue o mesmo, mas seu processo mental (inobservável) pode inferir e/ou interferir nas regras ou passos pré-estabelecidos. Nessa situação, o trabalhador executa a tarefa segundo sua mobilização observável e inobservável e, assim, gera a atividade.

Esta transição tarefa/atividade, que é real, não deve ser vista simplesmente como danosa. A transição pode ser tratada pela organização, minimizando ou eliminando seus efeitos indesejáveis sobre o trabalhador e a tarefa [37]. Para tanto, a organização deve dar atenção ao treinamento técnico, desenvolvimento das competências (conhecimento, habilidades e atitude) e comportamento, a fim de melhorar as condições do trabalho e do trabalhador [37].

### **3.3 Sistema Sócio-Técnico**

A UNA1 é uma organização. A organização pode ser abordada como um sistema sócio-técnico estruturado sobre dois subsistemas: técnico e social. A abordagem sócio-técnica concebe a organização como a combinação da tecnologia

---

<sup>10</sup> Modelo de administração desenvolvido por Frederick Winslow Taylor (1856 – 1915), conhecido como Pai da Administração Científica.

(exigências da tarefa/atividade, ambiente, equipamentos) com o social (um sistema de relações entre aqueles que realizam a tarefa) [42] [43]. Os subsistemas técnico e social se acham em uma interação mútua e recíproca e cada um determina o outro, até certo ponto [42]. A Figura 3.3 adaptada de Chiavenato [42] representa o modelo sócio-técnico.

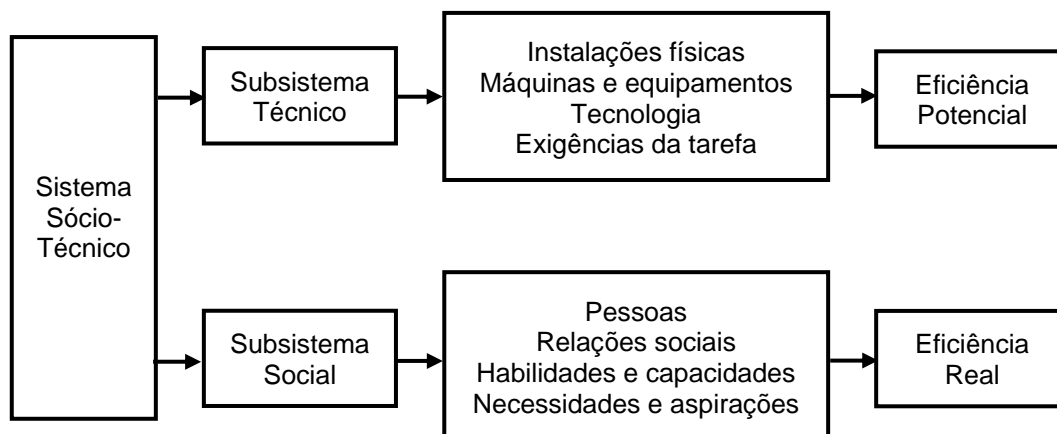


Figura 3.3 Modelo Simplificado do Sistema Sócio-Técnico

O modelo mostra no subsistema técnico a eficiência potencial, que a organização prescreve com base em suas metas e objetivos e está ligada a tarefa ou trabalho prescrito [42]. O subsistema social mostra a eficiência real, resultado da ação interativa das pessoas com o subsistema sócio-técnico, que influencia o trabalho prescrito, podendo transformar o mesmo em atividade [42].

A abordagem sócio-técnica corrobora o que foi dito sobre o uso estrito de procedimentos e sobre a transição tarefa/atividade. Essas questões devem ser incluídas no desenvolvimento do plano de treinamento, pois o treinamento deve tratar o sistema sócio-técnico da UNA1.

### 3.4 Decomposição das Tarefas

O SADH utiliza a Análise de Tarefas e recomenda avaliar a necessidade e aplicabilidade de se desmembrar a tarefa principal em tarefas parciais ou subtarefas [7]. Esta recomendação cabível e importante faz com que o estudo desenvolvido neste trabalho se afaste do Princípio da Decomposição.

O Princípio da Decomposição é uma influência da administração científica do trabalho, onde as tarefas são decompostas em subtarefas, e o desempenho do trabalhador é reduzido ao estímulo-resposta, acertar ou errar, sucesso ou erro, quando da execução da tarefa. Dentro da análise da confiabilidade humana, o THERP [19], técnica de primeira geração, utiliza o Princípio da Decomposição, o que restringe

sua aplicabilidade, em contrapartida, a ATHEANA [20], técnica de segunda geração, quebra o Princípio da Decomposição, não aceita a ação humana como um simples processo binário, acertar ou errar, sucesso ou erro.

### **3.5 Conclusão**

Este capítulo chamou a atenção para a utilização dos procedimentos, que podem ser falíveis; apresentou uma análise objetiva da diferença entre tarefa e atividade, confirmando que a utilização de procedimentos por parte do trabalhador, não implica que o mesmo execute o trabalho dentro das perspectivas organizacionais; mostrou a visão do modelo sócio-técnico; e alertou sobre o Princípio da Decomposição de tarefas em subtarefas, que reduz o trabalhador a uma condição erro ou acerto, que não é adequada, pois entre o estímulo e a resposta, há um comportamento inerente à complexidade humana. As considerações anteriores influenciam o Capítulo 8, estudo de uma proposta para o plano de treinamento da UNA1, que tem como ferramenta de suporte a AEOL. Esse estudo poderá ser aplicado em qualquer outra UN.

As considerações realizadas até o presente capítulo, abordam a UNA1, usina escolhida para o estudo de caso neste trabalho; porém, os estudos realizados pela NRC, tratados no Capítulo 4, que valida este trabalho, mostram que as UN americanas apresentam questões similares.

## **CAPÍTULO 4 ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA OPERACIONAL INTERNA**

Neste capítulo são analisadas as causas raízes dos principais eventos ocorridos na UNA1 no período de 2001 a 2006. Causa raiz é a causa fundamental de um determinado evento que, se eliminada, evitará a ocorrência ou repetição do evento [44]. A análise tem por base a Ocorrência de Relato Obrigatório (ORO), com origem no Relatório de Evento Significante (RES). A análise das Causas Raízes permite estruturar a Análise da Experiência Operacional Interna (AEOI) da UNA1 no período considerado.

A expressão AEOI é utilizada neste trabalho para denominar o que comumente se chama de Experiência Operacional. A palavra Análise foi acrescentada para caracterizar um estudo que está sendo realizado com base na experiência operacional de uma planta. A palavra Interna é empregada para caracterizar que o estudo é desenvolvido sobre a experiência operacional de uma planta específica, no caso, a UNA1.

### **4.1 Documentos**

#### **4.1.1 Relatório Preliminar de Eventos**

Todo funcionário da ETN, lotado ou não na UNA1, ou a seu serviço, que observar qualquer condição, situação ou evento que lhe pareça anormal tem a responsabilidade de relatá-la de imediato ao Supervisor de Turno [44]. Se a avaliação preliminar do Supervisor considerar o relato pertinente e relevante, deve ser utilizado o formulário Relatório Preliminar de Eventos (RPE) para efetuar o relato. Esse formulário está disponível na Sala de Controle [44].

#### **4.1.2 Relatório de Evento Significante**

O RPE, após análise, pode ser classificado como um RES. O RES descreve um evento ocorrido na Usina que, após uma análise preliminar, é classificado como um evento significativo (um evento indesejável, não esperado, não programado) [44] [45]. Neste trabalho, o evento significativo é chamado evento.

#### **4.1.3 Ocorrência de Relato Obrigatório**

O ORO é uma classificação específica do RES. O ORO deve ser submetido à CNEN num prazo máximo de 30 dias [45]. O ORO é o relato de um evento que se enquadra nas seguintes categorias:

- 1ª Categoria: O evento pertence a uma das Classes, do Item 6.2, da Norma CNEN-NN-1.14 [46];



- 2ª Categoria: O evento não pertence a uma das Classes, do Item 6.2, da Norma CNEN-NN-1.14, porém é considerado pela Superintendência da UNA1 (SU.O) como relevante para a segurança, item 6.1.2, da Norma CNEN-NN-1.14 [46].

#### **4.2 Trato Hierárquico Organizacional dos Documentos**

O RPE, após preenchimento, deve ser levado ao Supervisor de Turno para o devido registro e análise preliminar e só poderá ser cancelado na reunião gerencial diária [44]. Os RPE cancelados são arquivados na SU.O junto com os válidos [44]. Após a análise do Supervisor, o RPE é analisado pelo Gerente de Operação, que apresenta o mesmo ao Superintendente, em uma reunião gerencial, quando o evento tem a classificação preliminar corroborada, ou não [44] [45].

A primeira classificação do evento relatado no RPE pode gerar um RES, RES/ORO, RE ou RDO [44] [45]. Os Relatórios Especiais (RE), como o ORO, é uma classificação específica do RES. Os RE são exigidos pelo RFAS, na parte de Especificações Técnicas, Capítulo 16, e devem ser relatados à CNEN dentro de prazos fixados [44] [47]. Os Relatórios de Desvios Operacionais (RDO) descrevem os eventos que, após análise preliminar, são classificados como desvios operacionais [44] [45]. Este trabalho analisa o ORO, base da AEOI, que auxilia no estudo de uma proposta para o plano de treinamento da UNA1.

As responsabilidades organizacionais são descritas a seguir [44]:

O Supervisor tem a responsabilidade de avaliar as informações relatadas no RPE, completá-las, fazer uma classificação inicial do evento, registrar e cadastrar o RPE e enviá-lo ao Gerente de Operação. O Supervisor avalia toda informação que lhe seja relatada, portanto tem um papel importante no processo da experiência operacional interna e, por conseguinte, na AEOI.

É de responsabilidade do Gerente da UNA1, analisar o RPE com base nas informações e na classificação inicial feita pelo Supervisor e, após análise, apresentar esse RPE o mais rápido possível, na reunião diária, ao Superintendente da UNA1.

É de responsabilidade do Superintendente [44]:

- Nas reuniões diárias com o Gerente, analisar o RPE e aprovar sua classificação (RES, RES/ORO, RE ou RDO), bem como, determinar a área técnica que será responsável pela confecção do relatório conclusivo do evento;
- Garantir a emissão dos documentos dentro dos prazos requeridos pelas normas do Órgão Regulador ou estabelecidos na reunião gerencial;

- Em conjunto com a Gerência de Treinamento, prover os treinamentos e as condições de especialização necessárias e adequadas aos profissionais envolvidos no programa de EOI.

### 4.3 Análise da Experiência Operacional Interna

A análise foi realizada com base nos ORO da UNA1. Foram analisados 53 ORO, período 2001 a 2006 (Tabela 4.1). Na análise dos ORO foram verificadas as causas raízes dos principais eventos ocorridos na UNA1.

Tabela 4.1 Quantidade de ORO Emitidos por Ano

Quantidade de ORO por ANO	
2001	10
2002	12
2003	6
2004	5
2005	15
2006	5
<b>Total</b>	<b>53</b>

#### 4.3.1 Classificação das Causas Raízes

As causas raízes dos eventos relatados nos ORO são assim classificadas neste trabalho: Organizacional, Procedimento, Projeto; Manutenção/Técnica, Humana e Treinamento.

##### Causa Raiz Organizacional

A causa fundamental do evento envolve direta ou indiretamente a organização (chefia, supervisão, gerência, etc) da usina, que através de ações ou inações, de qualquer ordem, contribuiu ou foi determinante na ocorrência do evento. Exemplos<sup>11</sup>:

- Considerou-se que os incidentes semelhantes<sup>12</sup> ocorreram por uma falha organizacional, provavelmente esses incidentes, não foram devidamente tratados nas reuniões, seminários ou programas de treinamento, a fim de evitar a sua repetição;

<sup>11</sup> Todos os exemplos, daqui por diante, foram retirados dos ORO.

<sup>12</sup> Eventos que se repetem dentro de características operacionais semelhantes.

- Os desenhos utilizados não estavam revisados e nítidos, gerando uma situação de risco desnecessária. A organização deveria ter providenciado a revisão dos desenhos;
- A reunião realizada antes que a jornada de trabalho se iniciasse foi suspensa durante a parada, tal fato, foi gerado, devido a uma ação organizacional.

### **Causa Raiz Procedimento**

A causa fundamental do evento envolve o procedimento (linguagem inadequada, omissão de passos, ordenação incorreta dos passos, etc) que contribuiu ou foi determinante na ocorrência do evento. Exemplos:

- O procedimento necessita de uma revisão para adequá-lo;
- Faltam passos no procedimento, é necessário inseri-los;
- O procedimento não apresenta uma linguagem adequada;
- O procedimento precisa ser atualizado, ocorreram mudanças no processo;
- O procedimento conflita com outros procedimentos.

### **Causa Raiz Projeto**

A causa fundamental do evento envolve o projeto da planta (estrutura do prédio, sistemas, equipamentos, componentes e interfaces) que contribuiu ou foi determinante para a ocorrência do evento. Exemplos:

- Um cabo elétrico atende a equipamentos invertidos devido a um erro no projeto da instalação elétrica;
- Não há acesso a uma parte do equipamento, pois uma parede foi construída no final da obra, atendendo a um detalhamento do projeto;
- Uma válvula especificada no projeto não atende a uma demanda, em situações de acidente.

### **Causa Raiz Manutenção/Técnica**

A causa fundamental do evento envolve a manutenção ao analisar, ou não reparar, ou reparar fora dos padrões, sistemas, equipamentos ou componentes (inclusive áreas específicas como instrumentação e controle). Além disso, pode envolver desajustes técnicos que não foram percebidos ou controlados pela Usina, que contribuíram ou foram determinantes na ocorrência do evento. Exemplos:

- Um desajuste técnico no bloco de contatos auxiliares, que estava com mau contato interno, fez com que a bobina de fechamento da válvula, não fosse energizada;
- Um desajuste técnico não esclarecido está sendo pesquisado;
- Devido a um não reparo uma válvula apresentava vazamento;
- Devido a um desajuste técnico, houve um distúrbio em uma subestação, com propagação em outras subestações;
- A manutenção falhou em não analisar o vazamento de ácido bórico pela válvula sobre o amortecedor.

### **Causa Raiz Humana**

A causa fundamental do evento envolve um erro humano que contribuiu ou foi determinante na ocorrência do evento. O erro humano pode ser aqui definido como uma divergência entre o desempenho real da ação humana e o desempenho que a ação humana deveria ter tido para não ocasionar o erro [19]. Exemplos:

- Falha do Químico de Turno e da Supervisão de Turno que tiveram conduta inadequada na verificação dos parâmetros;
- Falha da equipe de operação que não acompanhou a retirada dos fusíveis, não havendo a observância do critério de dupla verificação;
- Falha do técnico de instrumentação e controle na interpretação do resultado do teste;
- Falha do técnico de instrumentação e controle que não se comunicou com o supervisor de turno;
- Falha do técnico de manutenção no processo de montagem de um equipamento da planta.

### **Causa Raiz Treinamento**

A causa fundamental do evento envolve o treinamento<sup>13</sup> que contribuiu ou foi determinante para ocorrência do evento. Algumas vulnerabilidades do treinamento: cenários não identificados; não percepção do evento; avaliação incorreta da situação; respostas inadequadas aos transientes; procedimentos mal utilizados. Exemplos:

- Os operadores não se sentem preparados (devidamente treinados) para agir diante de um evento;

---

<sup>13</sup> A causa fundamental do evento que envolve o treinamento e por consequência a política de treinamento pode ser tratada, com base em Reason [48], como uma questão Organizacional. Neste trabalho o treinamento é tratado em separado, por ser um ator principal no desenvolvimento do mesmo.

- Retreinamento para uma determinada situação não foi avaliada dentro da sua importância pela operação;
- A área de treinamento precisa verificar a causa da não identificação do trem de proteção pela operação e aplicar um retreinamento;
- O homem da manutenção precisa ser treinado, pois não sabe que procedimento usar quando um dado equipamento falha;
- A área de treinamento precisa conscientizar os terceirizados sobre a proteção e os cuidados com os equipamentos da Usina;
- A área de treinamento precisa aplicar um módulo especial de treinamento ou retreinamento aos operadores licenciados sobre as formas adequadas de monitorar e responder a transientes ocorridos na planta.

#### **4.3.2 Considerações**

As causas raízes e suas classificações podem ser ligadas aos conceitos de falhas latentes e ativas que são abordados objetivamente para mostrar a importância dos mesmos na AEOI [49].

As causas raízes, Organizacional, Procedimento e Treinamento, podem estar atreladas às falhas latentes, que são falhas intrínsecas às organizações, falhas que contribuem de forma significativa para que as falhas ativas ocorram [49]. Suas consequências danosas podem ficar adormecidas (ocultas), por longos períodos, e só são evidentes, quando combinadas com outros fatores [49]. Exemplo: um erro humano devido a um alarme indevidamente desligado (situação não avisada ao operador) pela instrumentação e controle; um procedimento que quando utilizado apresenta passos inadequados, erro que deveria ter sido corrigido e não foi; uma condição específica da planta, nunca ocorrida, não tratada no treinamento, que se apresenta pela primeira vez.

A causa raiz Manutenção/Técnica e Projeto podem estar em algumas circunstâncias, ligadas a situações adormecidas, latentes. Exemplo: um técnico da manutenção ao desconectar o neutro do trem A (nunca mexido), não sabe que o neutro é comum ao trem B e, assim, os dois trens são desconectados; o projeto de construção civil foi alterado, limitando o acesso a uma área da usina, um evento ocorre e não há como acessar a área, devido à alteração realizada.

A causa raiz Humana caracteriza uma falha ativa. Falhas ativas são falhas que têm um efeito imediatamente adverso e estão geralmente associadas com as ações realizadas pelo pessoal linha de frente [49]. Exemplo: o operador aciona um sistema indevidamente; o técnico de manutenção não presta atenção, e esquece uma válvula fechada.

### 4.3.3 Análise das Causas Raízes

A análise das causas raízes dos eventos ocorridos na UNA1 foi realizada através dos ORO, que relatam em detalhes o evento ocorrido no que diz respeito: às Condições da Usina Antes do Evento, Seqüência de Fatos e Ações Tomadas, Modo de Descoberta do Evento, Investigação do Evento, Conclusões e Recomendações. Relata também, quando o evento ocorreu, os analistas envolvidos na análise do ORO e os responsáveis pelas aprovações devidas da análise realizada.

O ORO traz anexo o diagrama de Análise de Causa e Efeito e determinados ORO, anexam a análise realizada com a ferramenta SADH [7]. A análise dos ORO para determinar as causas raízes dos eventos ocorridos foi realizada por quatro especialistas, profissionais da área nuclear, conforme a Tabela 4.2.

Os profissionais da UNA1 formam uma única opinião de consenso (mais de um analista está envolvido no preparo do ORO), sendo assim, são consideradas as opiniões de quatro especialistas neste trabalho (Tabela 4.2). A quantidade de quatro especialistas atende ao primeiro passo do protocolo Delphi<sup>14</sup> [50], que diz: Selecionar um grupo com mais de três especialistas.

Tabela 4.2 Considerações sobre os Especialistas Escolhidos

Instituição	Nome	Área de Atuação	Considerações
UNA1	Equipe de profissionais que analisa os eventos e efetua o relato na UNA1.	Profissionais da UNA1.	Opinião Consensual
IEN1	Paulo Victor Rodrigues de Carvalho	Divisão de Instrumentação e Confiabilidade Humana	Opinião Individual
IEN2	Isaac Jose A. Luquetti dos Santos	Divisão de Instrumentação e Confiabilidade Humana	Opinião Individual
PEN	Renato Alves da Fonseca	Análise de Segurança e Confiabilidade Humana	Opinião Individual
IEN - Instituto de Engenharia Nuclear; PEN - Programa de Engenharia Nuclear			

Os ORO, já devidamente analisados e relatados pela UNA1, com as causas raízes apontadas, foram entregues ao especialista do PEN (autor do trabalho), que analisou os ORO e determinou para cada ORO, uma ou mais causas raízes para os eventos relatados, segundo sua opinião. O especialista do PEN seguiu a classificação das causas raízes, item 4.3.1, realizou um julgamento imparcial, não se atendo, em nenhum momento, à opinião de consenso da UNA1.

Após a análise e julgamento do especialista do PEN, os ORO foram entregues aos especialistas do IEN, que realizaram seus julgamentos de forma totalmente

<sup>14</sup> Este protocolo permite obter consenso de grupo a respeito de um determinado fenômeno. O grupo é composto por juízes, ou seja, profissionais efetivamente engajados na área onde está se desenvolvendo o estudo [43].

independente, considerando os critérios do item 4.3.1. O documento (planilha) utilizado, para compilar as causas raízes de cada ORO pelos especialistas, está exemplificado na Tabela 4.3. A Tabela 4.4 mostra parte da planilha preenchida por um dos especialistas.

Os julgamentos realizados pela UNA1, PEN e IEN não foram discutidos, ou seja, não houve reuniões entre quaisquer dos especialistas para confrontar ou determinar consenso nas opiniões.

Tabela 4.3 Planilha para Julgamento das Causas Raízes de cada ORO

Opinião do Especialista – “1”						
ORO	Causas Raiz					
	Organizacional	Procedimento	Projeto	Manutenção Técnica	Humana	Treinamento
“2”	“3”	“3”	“3”	“3”	“3”	“3”
2001						
a						
2006						
<b>Total</b>	<b>“4”</b>	<b>“4”</b>	<b>“4”</b>	<b>“4”</b>	<b>“4”</b>	<b>“4”</b>
<b>Total Geral</b>						<b>“5”</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• “1” Colocado o Nome do Especialista;</li> <li>• “2” Colocado o Número de Cada ORO Analisado, 2001 a 2006;</li> <li>• “3” Assinalada com “X” pelos especialistas a causa ou as causas raízes consideradas presentes no evento do ORO analisado;</li> <li>• “4” Número total de causas raízes por classificação (somatório das linhas de cada coluna);</li> <li>• “5” Número total de causas raízes encontradas no geral (somatório dos totais de cada coluna).</li> </ul>						

Tabela 4.4 Planilha Preenchida por um dos Especialistas

Julgamento do Especialista – IEN 1							
ORO	Identificação das Causas Raízes						
	Organização	Procedimento	Projeto	Manutenção	Humana		Treinamento
					Operação	Outras	
01.2001		x		x			
02.2001	x	x					x
03.2001	x						x
05.2001							
06.2001	x						x
07.2001	x			x			
08.2001	x		x	x			x
09.2001	x	x		x			x
11.2001	x	x					x
12.2001	x	x					
01.2002	x	x					
02.2002	x	x	x	x			
03.2002	x	x					
04.2002	x					x	
05.2002	x	x					x
06.2002	x	x	x				
07.2002	x		x				
08.2002	x	x	x				
09.2002	x						
10.2002	x	x					
11.2002	x					x	x
12.2002	x					x	x
01.2003		x		x			x

Julgamento do Especialista – IEN 1							
ORO	Identificação das Causas Raízes						
	Organização	Procedimento	Projeto	Manutenção	Humana		Treinamento
					Operação	Outras	
04.2003	x	x		x			x
05.2003	x	x	x				
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
04.2006			x	x			
05.2006			x	x			
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>14</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>24</b>
<b>Total Geral</b>							<b>135</b>

Essa linha de ação foi adotada para evitar inferências ou interferências nos resultados apresentados por cada especialista. O resumo das opiniões dos especialistas classificadas por número de causas raízes dos ORO, está na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 Total de Causas Raízes por Especialista por Número de Causas Raízes

Especialistas	Número de Causas Raízes						Total Geral
	Org.	Proced.	Proj.	Man/Tec.	Hum.	Trein.	
<b>UNA1</b>	<b>X</b>	10	7	28	25	<b>X</b>	70
<b>IEN1</b>	35	31	14	23	8	24	135
<b>IEN2</b>	35	12	5	13	2	14	81
<b>PEN</b>	33	16	6	25	15	12	107
<b>Total</b>	103	69	32	89	50	50	393

Org: Organizacional; Proced: Procedimento; Proj:Projeto; Man/Tec: Manutenção/Técnica; Hum: Humana; Trein: Treinamento.

O resultado da UNA1 é apresentado sem a causa raiz Organizacional e Treinamento. Os especialistas da UNA1 não consideram estas duas causas raízes na análise de eventos. Essa questão não foi um impeditivo na continuação do trabalho de análise das causas raízes, pois os resultados foram tratados por mérito de grau de importância, segundo o número de causas raízes encontradas por cada especialista, em sua análise. Exemplo: Com base no especialista IEN1, Tabela 4.5, o grau de importância das causas raízes, após análise dos ORO, foi:

Grau de importância: Número de causas raízes encontradas nos 53 ORO:

- 1º 35 causas raízes Organizacional;
- 2º 31 causas raízes Procedimento;
- 3º 24 causas raízes Treinamento;
- 4º 23 causas raízes Manutenção/Técnica;
- 5º 14 causas raízes Projeto;
- 6º 8 causas raízes Humana.

O mesmo critério foi aplicado a cada especialista.



A Tabela 4.6 apresenta as causas raízes ordenadas por grau de importância e por especialista. A partir da Tabela 4.6, é feita uma análise de importância, apresentada na Tabela 4.7, considerando o grau atribuído por cada especialista às causas raízes.

Tabela 4.6 Causas Raízes Ordenadas por Grau de Importância por Especialista

<b>Grau de Importância</b>	<b>Especialista Angra 1</b>	<b>Especialista IEN1</b>	<b>Especialista IEN2</b>	<b>Especialista PEN</b>
1 <sup>o</sup>	Manutenção Técnica (28 causas raízes)	Organizacional (35 causas raízes)	Organizacional (35 causas raízes)	Organizacional (33 causas raízes)
2 <sup>o</sup>	Humana (25 causas raízes)	Procedimento (31 causas raízes)	Treinamento (14 causas raízes)	Manutenção Técnica (25 causas raízes)
3 <sup>o</sup>	Procedimento (10 causas raízes)	Treinamento (24 causas raízes)	Manutenção Técnica (13 causas raízes)	Procedimento (16 causas raízes)
4 <sup>o</sup>	Projeto (7 causas raízes)	Manutenção Técnica (23 causas raízes)	Procedimento (12 causas raízes)	Humana (15 causas raízes)
5 <sup>o</sup>		Projeto (14 causas raízes)	Projeto (5 causas raízes)	Treinamento (12 causas raízes)
6 <sup>o</sup>		Humana (8 causas raízes)	Humana (2 causas raízes)	Projeto (6 causas raízes)

A Tabela 4.7 apresenta:

- A causa raiz Organizacional (1<sup>o</sup> + 1<sup>o</sup> + 1<sup>o</sup>) é a mais importante, por aparecer três vezes com o Grau de Importância 1<sup>o</sup> (com base na Tabela 4.6);
- A causa raiz Manutenção/Técnica (1<sup>o</sup> + 2<sup>o</sup> + 3<sup>o</sup> + 4<sup>o</sup>) é mais importante que a causa raiz Procedimento (2<sup>o</sup> + 3<sup>o</sup> + 3<sup>o</sup> + 4<sup>o</sup>), por ter um Grau de Importância 1<sup>o</sup> (com base na Tabela 4.6);
- A causa raiz Procedimento (2<sup>o</sup> + 3<sup>o</sup> + 3<sup>o</sup> + 4<sup>o</sup>) é mais importante que a causa raiz Treinamento (2<sup>o</sup> + 3<sup>o</sup> + 5<sup>o</sup>), por ter um Grau de Importância 2<sup>o</sup>, dois Grau de Importância 3<sup>o</sup> e um Grau de Importância 4<sup>o</sup> (com base na Tabela 4.6);
- As demais causas raízes são hierarquizadas sob o mesmo critério.

Tabela 4.7 Análise de Importância das Causas Raízes Segundo os Especialistas

<b>Grau de Importância</b>	<b>Análise de Importância das Causas Raízes</b>
1 <sup>o</sup> + 1 <sup>o</sup> + 1 <sup>o</sup>	Organizacional
1 <sup>o</sup> + 2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup>	Manutenção/Técnica
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup>	Procedimento
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup>	Treinamento
2 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup>	Humana
4 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup>	Projeto

A ordem das causas raízes, segundo o grau de importância, coincide com a ordem decrescente do total de causas raízes da Tabela 4.5 [Organizacional (103), Manutenção/Técnica (89), Procedimento (69), Humana (50), Treinamento (50) e Projeto (32)]. Há um empate entre a causa raiz Humana e Treinamento.

#### 4.3.3.1 Validando Resultados

Os resultados da Tabela 4.7 são comparados, para efeito de validação, com o NUREG-6753, que analisa 188 eventos, em 37 usinas americanas e apresenta uma tabela com 270 erros humanos, devidamente classificados, presentes nos 188 eventos analisados [51]. A Tabela 4.8 apresenta a tabela do NUREG-6753, sem aplicar aos erros humanos o critério de classificação das causas raízes [51]. Considerações sobre a Tabela 4.8:

- Nos erros humanos relativos ao projeto, três não são considerados neste trabalho, pois não apresentam similaridade com os erros verificados nos eventos da UNA1, não são tratados nos comentários e nas recomendações dos ORO. São eles: Teste de alteração de projeto (9 erros), Revisão e avaliação inadequada da engenharia (19 erros) e Indicações ineficientes das anormalidades (3 erros). A quantidade de erros humanos analisados passa ser 239 [270 - (9 + 19 + 3)];
- Excluindo os três erros humanos relativos ao projeto, a Tabela 4.8 sofre uma classificação das causas raízes, com base no item 4.3.1 (Tabela 4.9).

Tabela 4.8 Classificação dos Erros Humanos com base nos Eventos [51]

<b>Classificação dos Erros Humanos</b>	<b>Número de Erros</b>
<b>Erros relativos à Operação</b>	
Alocação de recursos de pessoal para Comando e Controle	18
Treinamento e conhecimento inadequado	23
Inação/ação do operador	16
Comunicação	15
<b>Projeto</b>	
Deficiência no Projeto	24
*Teste de alteração de projeto	9
*Revisão e avaliação inadequada da engenharia	19
*Indicações ineficientes das anormalidades	3
Estrutura do gerenciamento	15
<b>Manutenção/Técnica</b>	
Deficiência na preparação do pacote de trabalho da manutenção que inclui o desempenho da Garantia da Qualidade	16
Práticas de manutenção ou manutenção inadequadas. Inclui aspectos da falta de manutenção, falta de limpeza, descuido e aspectos de prevenção indevidamente realizados.	31
Conhecimento técnico inadequado	5
Teste pós-manutenção inadequado ou insuficiente para determinar corretamente a operacionalidade do equipamento	6

Tabela 4.8 Classificação dos Erros Humanos com base nos Eventos [51]

<b>Classificação dos Erros Humanos</b>	<b>Número de Erros</b>
<b>Procedimentos</b>	
Procedimentos e desenvolvimento dos procedimentos	26
<b>Programa de Ação Corretiva e Aprendizagem (Licenciado)</b>	
Falha ao responder alerta de ocorrências indesejáveis	8
Falha ao cumprir práticas da planta	4
Falha ao identificar condições fora do normal	9
Falha ao corrigir deficiências conhecidas	12
<b>Gerenciamento e Supervisão</b>	
Supervisão inadequada	9
Conhecimento inadequado dos sistemas e operações da planta	1
Estrutura organizacional	1
<b>Total Geral</b>	<b>270</b>

Considerações sobre a Tabela 4.9:

- (1) Entende-se que a Alocação de recursos de pessoal é um aspecto ligado à administração da planta, que é responsável pela alocação de funcionários. A causa raiz desse erro é Organizacional;
- (2) Entende-se que a deficiência na preparação do pacote de trabalho da manutenção que inclui a garantia da qualidade, são questões que envolvem a administração da planta, exemplo: Gerência de Manutenção. A causa raiz desse erro é Organizacional;
- (3) Entende-se que as falhas do Programa de Ação Corretiva e Aprendizagem são erros que envolvem a administração da planta, que é responsável pelo desenvolvimento de qualquer programa ou planejamento. A NRC atribui esses erros ao licenciado, ou seja, à organização UN que tem licença para funcionamento. A causa raiz desse erro é Organizacional;
- (4) Os erros humanos relativos ao Gerenciamento e Supervisão são questões organizacionais. A causa raiz desses erros é Organizacional.

Tabela 4.9 Classificação dos Erros Humanos com base nas Causas Raízes

<b>Classificação dos Erros Humanos</b>	<b>Erros</b>	<b>Causas Raízes</b>
<b>Erros relativos à Operação</b>		
Alocação de recursos de pessoal para Comando e Controle (1)	18	Organizacional
Treinamento e conhecimento inadequado	23	Treinamento
Inação/ação do operador	16	Humana
Comunicação	15	Humana
<b>Projeto</b>		
Deficiência no Projeto	24	Projeto
Estrutura do gerenciamento	15	Organizacional
<b>Manutenção/Técnica</b>		
Deficiência na preparação do pacote de trabalho da manutenção que inclui o desempenho da Garantia da Qualidade (2)	16	Organizacional
Práticas de manutenção ou manutenção inadequadas. Inclui aspectos da falta de manutenção, falta de limpeza, descuido e aspectos de prevenção indevidamente realizados.	31	Manutenção/...

Tabela 4.9 Classificação dos Erros Humanos com base nas Causas Raízes

Conhecimento técnico inadequado	5	Treinamento
Teste pós-manutenção inadequado ou insuficiente para determinar corretamente a operacionalidade do equipamento	6	Manutenção/...
<b>Procedimentos</b>		
Procedimentos e desenvolvimento dos procedimentos	26	Procedimento
<b>Programa de Ação Corretiva e Aprendizagem (3)</b>		
Falha responder alerta de ocorrências indesejáveis	8	Organizacional
Falha ao cumprir práticas da planta	4	Organizacional
Falha ao identificar condições fora do normal	9	Organizacional
Falha ao corrigir deficiências conhecidas	12	Organizacional
<b>Gerenciamento e Supervisão (4)</b>		
Supervisão inadequada	9	Organizacional
Conhecimento inadequado dos sistemas e operações da planta	1	Organizacional
Estrutura organizacional	1	Organizacional
<b>Total Geral</b>	<b>239</b>	

O resultado dos erros humanos apontados no NUREG-6753 [51], classificados quanto à causa raiz na Tabela 4.9, é apresentado na Tabela 4.10.

Considerações sobre a Tabela 4.10:

- Por ocasião, da apresentação deste trabalho na UNA1, em 05/08/2008, a administração da UNA1 informou que o fator comunicação (não tratado no treinamento da DIRT.O) está ligado à administração da planta e, que seu aperfeiçoamento, é realizado em palestras, reuniões e seminários na UNA1;
- O erro humano Comunicação (15 erros), na Tabela 4.9, é atribuído à Operação. Os técnicos de Fatores Humanos da CNEN (colaboração específica apenas nesse caso) e os especialistas do IEN e PEN (analistas dos ORO) concluíram que o fator Comunicação, é um erro ligado ao treinamento e não à operação. Sendo assim, neste trabalho, o aperfeiçoamento do fator comunicação é visto como parte integrante do plano de treinamento;

Tabela 4.10 Análise das Causas Raízes do NUREG-6753

<b>Causas Raízes</b>	<b>Número de Erros Humanos ligados aos Critérios de Causas Raízes</b>
Organizacional	93
Manutenção/Técnica	37
Humana	31
Procedimento	26
Projeto	24
Treinamento	28

- A comunicação foi retirada da causa raiz Humana (subtraiu-se 15, número de erros comunicação) e inserida na causa raiz Treinamento (somou-se 15). A Tabela 4.11 é a Tabela 4.10 modificada pela subtração e soma.

Tabela 4.11 Resumo das Causas Raízes do NUREG-6753

<b>Causas Raízes</b>	<b>Número de Erros Humanos ligados aos Critérios de Causas Raízes</b>
Organizacional	93
Treinamento	43
Manutenção/Técnica	37
Procedimento	26
Projeto	24
Humana	16

As Tabelas 4.7 e 4.11 são colocadas lado a lado na Tabela 4.12, para verificar a coerência entre os resultados encontrados pelos especialistas e pelos estudos efetuados pela NRC, nas usinas americanas. Conclusões com base na Tabela 4.12:

- A causa raiz Organizacional, na análise dos especialistas e da NRC, tem a mesma importância e, pode estar ligada, a ações ou inações da organização com efeitos danosos e adormecidos por longos períodos. Essa questão aponta para as falhas latentes e seus possíveis danos [49]. Além disso, reforça o contexto da organização agindo sobre o homem [20];
- A causa raiz Manutenção/Técnica, segundo a análise dos especialistas, ocupa a segunda posição de importância. Isto se deve ao fato de que os especialistas da UNA1, em uma visão ainda mecanicista, focam na análise de causas raízes, a parte técnica e/ou a parte humana (ver os resultados da análise dos especialistas da UNA1 na primeira linha da Tabela 4.4), no critério simples falha ou sucesso;  
Se os especialistas da UNA1 ampliarem sua visão e considerarem a causa raiz Organizacional e Treinamento, o resultado será outro. Na análise da NRC a causa raiz Manutenção/Técnica ocupa a terceira posição.  
Essa causa raiz pode escamotear problemas por longos períodos. Exemplo: um componente que devia estar reparado no estoque da manutenção, não foi reparado, tal situação só será descoberta quando o componente for solicitado. Tal questão caracteriza uma falha latente [49];
- As causas raízes Treinamento e Procedimento apresentam uma forte ligação, pois o treinamento na área nuclear se apóia intensamente na análise e estudo dos procedimentos. Essas duas causas raízes juntas, sem

a causa raiz Manutenção/Técnica, têm o mesmo grau de importância, conforme na Tabela 4.13, tanto para os especialistas como para a NRC. A percepção dos problemas ligados a essas causas raízes pode se dar apenas por ocasião do evento, novamente as falhas latentes [49];

- A causa raiz Projeto tem menor relevância, o que é correto, pois as UN passam por um processo de licenciamento. No licenciamento o projeto da UN é exaustivamente analisado, para que o licenciado possa obter sua licença. Mesmo assim, é possível que essa Causa Raiz esconda problemas por longo período, o que caracteriza uma falha latente [49];
- A causa raiz Humana, na análise dos especialistas e da NRC não é relevante. Os erros humanos não são preponderantes nas causas raízes da UNA1. Essa causa raiz trata os erros humanos explícitos, os erros dos homens linha de frente, as falhas ativas [49].

Tabela 4.12 Comparação das Tabelas 4.7 e 4.11

Tabela 4.7 Análise de importância das Causas Raízes Segundo os Especialistas		Tabela 4.11 Resumo das Causas Raízes do NUREG-6753 [51]	
Grau de Importância	Causas Raízes	Causas Raízes	Número de Erros Humanos
1 <sup>o</sup> + 1 <sup>o</sup> + 1 <sup>o</sup>	Organizacional	Organizacional	93
1 <sup>o</sup> + 2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup>	Manutenção/Técnica	Treinamento	43
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup>	Procedimento	Manutenção/Técnica	37
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup>	Treinamento	Procedimento	26
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup>	Humana	Projeto	24
4 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup>	Projeto	Humana	16

Tabela 4.13 Comparação das Tabelas 4.7 e 4.11 sem a Causa Raiz Manutenção/Técnica

Tabela 4.7 Análise de importância das Causas Raízes Segundo os Especialistas		Tabela 4.11 Resumo das Causas Raízes do NUREG-6753 [51]	
Graus de Importância	Causas Raízes	Causas Raízes	Número de Erros Humanos
1 <sup>o</sup> + 1 <sup>o</sup> + 1 <sup>o</sup>	Organizacional	Organizacional	93
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup> + 4 <sup>o</sup>	Procedimento + (juntas) Treinamento	Treinamento	43
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup>		Procedimento	26
2 <sup>o</sup> + 3 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup>	Humana	Projeto	24
4 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup> + 5 <sup>o</sup> + 6 <sup>o</sup>	Projeto	Humana	16

A atenção anteriormente dada às falhas latentes e ativas [49], também é um aspecto tratado no NUREG-6753 [51], que divide os erros humanos, levando em conta

as falhas latentes e ativas. Nos 270 erros humanos, o NUREG-6753 coloca que 220 são latentes e 50 são ativos. Este trabalho e o NUREG-6753, ao tratarem essas falhas, destacam a importância da AEOI, que permite detectar tal situação, que deve ser considerada no plano de treinamento.

#### **4.4 Pontos Relevantes**

A análise das causas raízes da UNA1, que estrutura a AEOI, mostra outros aspectos interessantes e relevantes:

- A causa raiz Organizacional é predominante, envolve áreas técnicas, operacionais, de suprimentos e de contratação de terceiros. A AEOI da UNA1 mostra que as questões organizacionais estão distribuídas pelas diversas áreas que estruturam a Usina. Idêntica situação está presente no NUREG-6753 [51];
- A causa raiz Procedimento envolve os procedimentos das diversas áreas da UNA1: manutenção, inspeção, testes, operação e administração;
- A causa raiz treinamento envolve o treinamento das diversas funções existentes na UNA1: operadores, pessoal da manutenção, instrumentação e controle, engenharia, químicos e terceirizados;
- Os pontos tratados no Capítulo 3: procedimentos, tarefa/atividade e sistema sócio-técnico estão presentes na AEOI:
  - Os procedimentos estão presentes nas causas raízes, em alguns eventos, os procedimentos são precursores do mesmo;
  - A questão tarefa/atividade se intensifica com as falhas latentes, pois em situações existentes, porém ocultas, que repentinamente se apresentam, a heurística do pessoal da planta se acentua e transforma a tarefa prescrita em atividade;
  - A importância do sistema sócio-técnico na UNA1, pois parte dos problemas técnicos analisados estão ligados ou são dependentes das ações sociais que envolvem a organização, as equipe de trabalho e individualmente o trabalhador.

#### **4.5 Relevância do NUREG-6753**

O NUREG-6753, dentro de um amplo universo de eventos reais analisados detalhadamente, validou o trabalho de análise das causas raízes da UNA1, que foi realizado com base na AEOI. O processo de validação mostrou a similaridade entre o contexto das UN americanas e o contexto da UNA1. Então o NUREG-6753, devido a sua relevância neste trabalho, além de ser utilizado como um documento de validação

dos resultados da UNA1, também, será utilizado como base para o desenvolvimento do estudo da proposta do plano de treinamento, com inserção da AEOI, assunto do Capítulo 8.

#### **4.5 Conclusão**

Este capítulo mostra a atenção que deve ser dada a AEOI em plantas complexas como a UNA1. A AEOI desenvolvida pelos especialistas foi demorada, por ser meticulosa, tanto pelos especialistas da UNA1 como pelos outros especialistas, que tiveram de se familiarizar com a forma de relato do ORO, para depois aplicarem as suas experiências individuais à análise e determinação das causas raízes. Não é um trabalho fácil com analistas dispostos a realizá-lo, mas plenamente viável, tanto que foi realizado neste trabalho.

Os problemas enfrentados pela UNA1 estão presentes nas várias áreas das usinas americanas [51] e através da AEOI, estruturada sobre as causa raízes, verifica-se que os problemas não são localizados, ao contrário, são diversificados.

O cenário deste capítulo aponta: o estudo de uma proposta para o plano de treinamento não deve ter como foco principal somente a operação. A diversidade e complexidade dos problemas indicam que a atenção que é dada ao operador e ao seu desenvolvimento técnico, deve ser extensiva aos demais funcionários da UNA1, em suas áreas de atuação. É também fato que as questões organizacionais devem ser tratadas pela administração das UN e incluídas de forma definitiva nos módulos que formam o programa de treinamento [52] [53].

A AEOI trata realisticamente as necessidades do treinamento sendo um guia na execução do plano de treinamento [53]. A AEOI deve ser vista, pelas UN, como uma boa prática, visto que, pelas principais organizações como a NRC, INPO, WANO, IAEA, já o é.

O NUREG-6753 devido a sua abrangência e a similaridade de seus resultados com os resultados da UNA1, será utilizado no desenvolvimento do estudo da proposta do plano de treinamento, com inserção da AEOI.



## CAPÍTULO 5 SISTEMA APRIMORAMENTO DO DESEMPENHO HUMANO

Neste capítulo é analisado o método Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano (SADH) que foi desenvolvido a partir do método *Human Performance Enhancement System* (HPES) [7]. O desenvolvimento foi realizado pelos profissionais da ETN, em 2001, com base no HPES e nos procedimentos da UNA1: PA-GE-05, Relatórios de Operação da Usina [45]; PA-GE-50, Implementação de Experiência Operacional [44]; PA-GE-55, Investigação e Análise Suplementar de Eventos [54]. O SADH é utilizado na investigação e análise de eventos, na determinação de suas causas, incluindo a identificação das causas raízes do evento.

### 5.1 Desenvolvimento do SADH

A investigação e análise do evento têm as seguintes fases [7]:

- Descrição do evento ocorrido: O quê? Onde? Com Quem? Quando? Essas perguntas realizam a análise retrospectiva do evento, dentro das boas práticas [20] [53].
- Levantamento e análise dos dados do evento ocorrido para determinar: Como? Por quê? Essas perguntas realizam a análise retrospectiva do evento, dentro das boas práticas [20] [53].
- Determinação das Causas Diretas<sup>15</sup> e Contribuintes<sup>16</sup> e, dentre elas, as causas raízes do evento.
- Recomendação de Ações Corretivas<sup>17</sup>.
- Divulgação da Experiência Operacional Interna.
- Execução da Análise de Efetividade<sup>18</sup> da investigação e das ações adotadas.

### 5.2 Técnicas Utilizadas no Desenvolvimento do SADH

#### 5.2.1 Análise de Tarefas

Essa análise tem por objetivo familiarizar os investigadores do evento com a ou as tarefas/atividades associadas ao evento. Essa análise adota as seguintes ações [7]:

---

<sup>15</sup> São ações, omissões ou condições mais evidentes que diretamente resultaram no evento e para as quais são necessárias providências imediatas.

<sup>16</sup> São ações ou condições que, embora não diretamente responsáveis pela ocorrência do evento, contribuíram para que o evento ocorresse e/ou tornaram suas conseqüências mais severas.

<sup>17</sup> São ações tomadas para corrigir um problema, ou causa identificada, de modo a prevenir a reincidência de uma condição ou tendência adversa.

<sup>18</sup> Verificar se o processo investigativo foi bem conduzido e se as ações tomadas com base nesse processo previnem a reincidência de um evento ou uma condição ou tendência adversa.

- Avaliar criteriosamente a necessidade e aplicabilidade de se desmembrar a tarefa principal, em subtarefas.
- Em relação às tarefas: identificar e relacionar os procedimentos envolvidos; relacionar o pessoal afeito à execução de cada tarefa; identificar e avaliar as ações mais importantes para não desmembrar desnecessariamente as tarefas, em subtarefas; identificar e relacionar os sistemas, equipamentos, componentes e ferramentas envolvidas.
- Avaliar a necessidade de visitar o local onde ocorreu o evento, dentro dos seguintes critérios: as condições do cenário no qual o evento ocorreu pode ser mantido por um tempo, de modo que, a visita ao local ocorra sem comprometer a segurança e/ou levar a usina a uma Condição Limite de Operação; executar uma ou mais tarefas semelhantes às tarefas envolvidas no evento (se houver necessidade), a fim de verificar as dificuldades inerentes às mesmas; analisar a conduta dos profissionais mais experientes (se houver necessidade), ao desempenharem as tarefas semelhantes às tarefas do evento; fotografar a área onde ocorreu o evento.
- Preparar as questões que serão apresentadas ao pessoal envolvido no evento.

### **5.2.2 Coleta de Informações/Dados e Entrevistas**

No levantamento de informações, de dados e na realização de entrevistas, são necessários os seguintes cuidados [7]:

- O levantamento pode ser realizado durante o decorrer do evento, quando esse é logo percebido, desde que tal ação não comprometa a segurança da usina. O levantamento tem por base a documentação, na UNA1, são aproximadamente 20 documentos. Essa complexidade é inerente às UN.
- A descrição dos fatos relativos ao evento deve ser resumida. Os dados e as informações devem ter conteúdos técnicos diretos e objetivos.
- Verificar a necessidade de: efetuar testes de laboratório (exemplo: ensaios destrutivos ou não-destrutivos); verificar o *layout* da área de trabalho ou do local onde está operando o sistema, equipamento ou componente.
- Verificar se há informações da experiência operacional interna e externa sobre eventos semelhantes.
- Analisar, se necessário, os registros do fabricante ou fornecedor dos sistemas, equipamentos ou componentes envolvidos no evento.

- Verificar a necessidade da realização de entrevistas e ter as seguintes precauções [7]: as perguntas e questões devem ser previamente elaboradas, a fim de serem objetivas e esclarecedoras; as entrevistas devem ser individuais e realizadas com o pessoal mais familiarizado com a tarefa e, depois, com as testemunhas do ocorrido; só se deve prescindir das entrevistas quando o tempo for pouco ou quando o número de pessoas a serem entrevistadas for grande.
- A entrevista deve ser realizada em ambiente neutro, isolado e baseada em fatos, sem suposições. Nas entrevistas, o entrevistado deve estar relaxado e deve estar ciente dos seguintes aspectos [7]: do tempo da entrevista, da necessidade da entrevista, da razão da sua escolha, que seu nome não vai ser declarado e do tratamento que receberão as informações prestadas.

### **5.2.3 Diagrama de Evento e Fatores Causais**

É um diagrama de blocos inicialmente esboçado com base nas informações, dados e entrevistas. A aplicação do diagrama tem as seguintes vantagens [7]:

- Apresenta o evento dentro de uma ordenação cronológica;
- O investigador obtém um sumário claro do evento; serve como guia no decorrer do processo investigativo; as barreiras<sup>19</sup> envolvidas no evento são associadas às ações inseguras;
- Simplifica a organização e elaboração dos relatórios investigativos; apresenta um diagrama ilustrativo do desenrolar do evento de fácil entendimento;
- Fornece elementos básicos na determinação das ações corretivas; auxilia na análise de causa e efeito.

A Figura 5.1 apresenta um exemplo dos diagramas de evento e fatores causais.

### **5.2.4 Análise de Causa e Efeito**

Essa análise tem por princípio [7]:

- Os eventos são resultantes das condições da UN (projeto, equipamentos e pessoal);
- Os eventos ocorrem em função de uma ou mais causas determinadas; entre a causa e o efeito, há sempre uma relação determinada, esse efeito

---

<sup>19</sup> São dispositivos empregados para aumentar a segurança da Usina, como exemplo, a contenção que envolve o Reator e seus principais sistemas, impedindo que no caso de um acidente, a radioatividade vaze para o ambiente fora Usina [7].

pode se transformar em um evento; as causas diretas, dentre elas, as causas raízes, podem ser identificadas através da análise dessa relação. Na análise da relação causa e efeito, seguir os seguintes passos [7]:

- Identificar as ocorrências e os efeitos ou eventos decorrentes;
- Analisar a relação ocorrências versus eventos, com o objetivo de identificar as causas embutidas nessa relação; perguntar (dentro da análise de causa e efeito) para cada condição identificada no Diagrama de Evento e Fatores Causais, por que essa condição aconteceu. Esse questionamento deve ser feito exaustivamente até que [7]:
  - Uma determinada causa identificada implique em ações corretivas;
  - A explicação da ocorrência de um evento tenha se esgotado;
  - A ação corretiva seja proibitiva do ponto de vista econômico;
  - A causa identificada para o evento seja considerada fora do controle da UN (exemplo: erro na fabricação do equipamento);
  - O continuar da análise não traga mais nenhum benefício adicional.

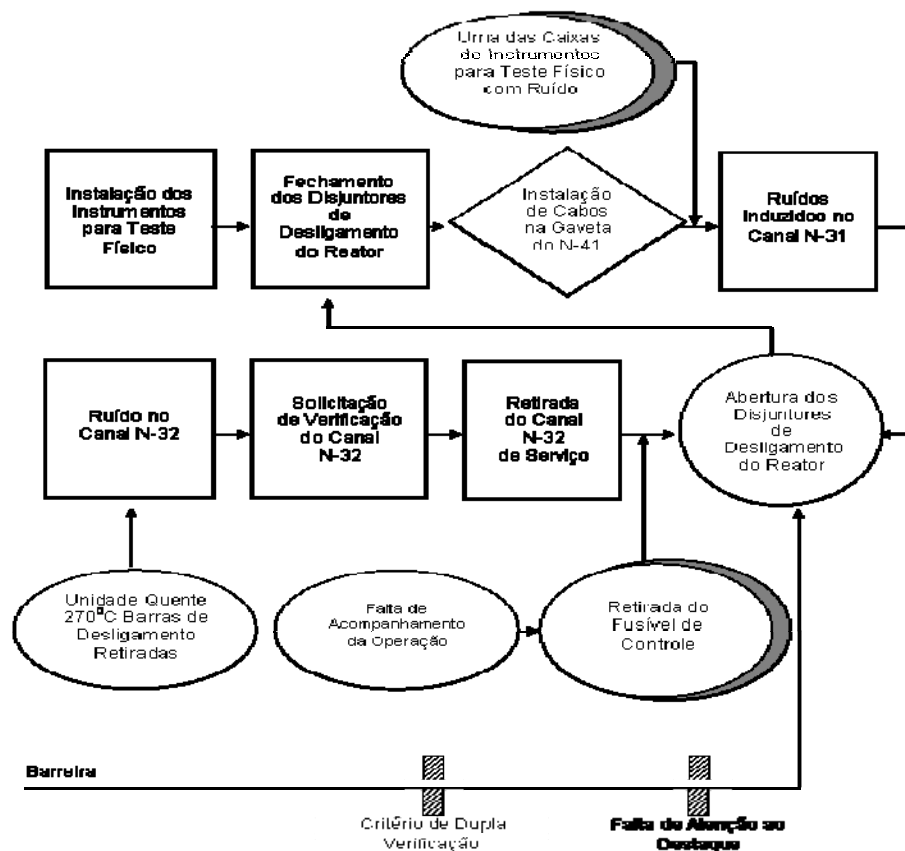


Figura 5.1 Diagrama de Eventos e Fatores Causais

### 5.2.5 Análise de Fatores Causais e de Fatores Comportamentais

Essa análise permite o estudo minucioso e detalhado dos fatores causais e comportamentais que influenciam no resultado da tarefa/atividade e, dá sustentação a Análise de Tarefas, a Análise de Barreiras e a Análise de Mudanças [7]. Essa análise trata aspectos de natureza subjetiva, por isso, demanda tempo na sua realização e a decisão de aplicá-la considera [7]:

- A natureza do evento, se o evento é recorrente e/ou se há uma determinação gerencial específica.
- Pode-se acrescentar, se há um erro humano e/ou se há uma falha organizacional.

Os fatores causais e comportamentais são [7]:

Comunicação Verbal (CV); Comunicação por Escrito (CE); Interface Homem/Máquina ou Condição do Equipamento (HM); Condições Ambientais (CA); Cronograma de Trabalho (CT); Práticas de Trabalho (PT); Organização/Planejamento do Trabalho (OP); Métodos de Supervisão (MS); Treinamento/Qualificação (TQ); Gerenciamento de Modificações (GM); Gerenciamento de Recursos (GR); Métodos Gerenciais (MG); e Fatores Comportamentais (FC). Nessa análise pode ser realizado um diagnóstico de tendência, como é feito no gráfico da Figura 5.2.

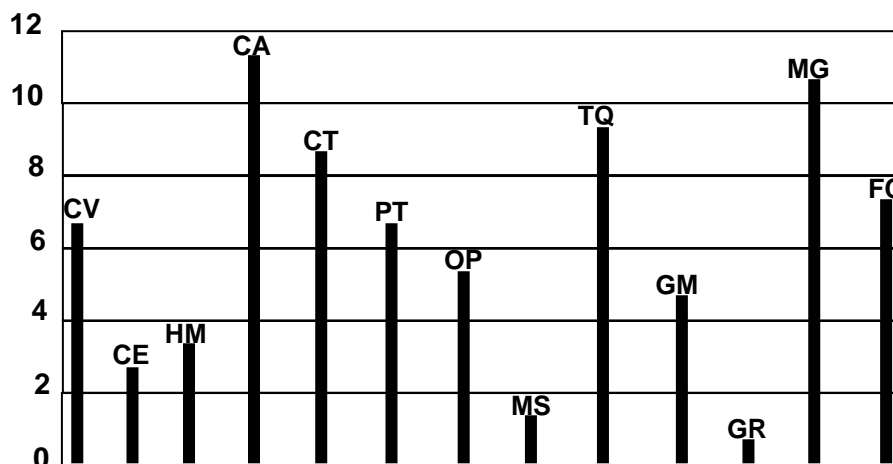


Figura 5.2 Gráfico de Fatores Causais

### 5.2.6 Análise de Barreiras

Como visto anteriormente, barreiras são dispositivos empregados para proteger as pessoas, o meio ambiente e aumentar a segurança e o desempenho do sistema homem/máquina [7]. As barreiras podem ser de natureza física ou administrativa [7].

As barreiras administrativas são de baixo custo, porém menos confiáveis: licenças, treinamento, procedimentos, permissões, etc. As barreiras físicas são de alto

custo, porém mais confiáveis: sistemas automáticos de combate a incêndio, blindagem, travamento de válvulas e portas, etc.

Uma questão associada com barreiras está ligada à falha de uma ou mais barreiras ou à inexistência de uma ou mais barreiras. As barreiras devem ser múltiplas.

### 5.2.7 Análise de Mudanças

Essa análise busca identificar eventuais modificações ou diferenças no projeto ou na configuração física do local ou na configuração da instalação onde o evento ocorreu [7]. Essa identificação analisa e avalia as influências das modificações sobre o desempenho da atividade/tarefa [7].

Na análise de mudanças, as modificações pequenas ou graduais ou simples diferenças existentes podem não ser percebidas, além disso, essa análise é eficiente para determinar as causas que envolvem o evento em condições simples, em condições complexas não é tão eficiente, devido à subjetividade que pode envolver o evento [7]. A análise de mudanças exige um minucioso exame entre a configuração atual e a anterior ao evento, para verificar a existência de modificações grandes ou pequenas ou até, de modificações que possam ser vistas como irrelevantes, essas modificações devem ser bem avaliadas, para verificar se elas realmente contribuíram para o evento. A Figura 5.3 mostra a modelagem empregada na Análise de Mudanças.

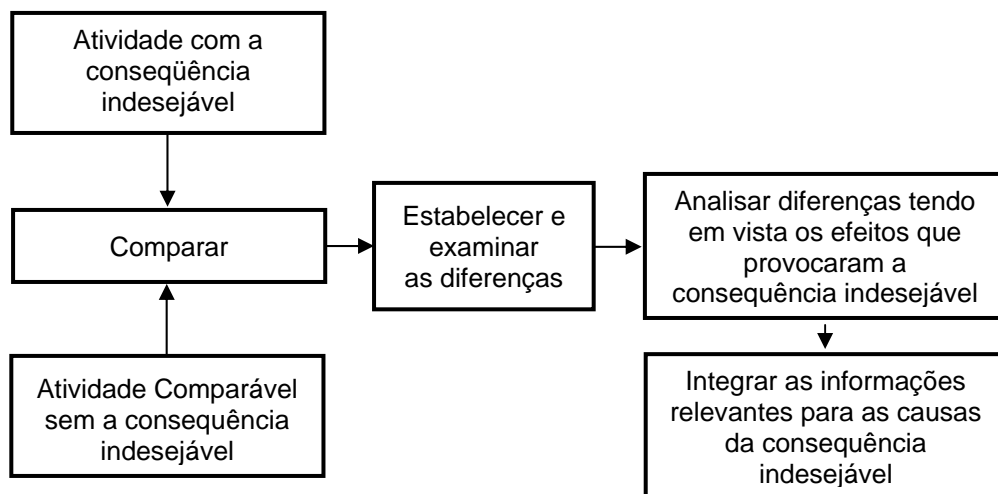


Figura 5.3 Modelo das Seis Etapas da Análise de Mudanças

### 5.2.8 Diagrama da Árvore de Causas e Efeitos

É um diagrama que apresenta de forma simples e objetiva os resultados da investigação e da análise criteriosa até aqui apresentadas. O Diagrama da Árvore de

Causas e Efeitos, Figura 5.4, é utilizado na informação gerencial e auxilia o entendimento das questões organizacionais e considera os seguintes princípios [7]:

- A elaboração da árvore começa com uma descrição objetiva do evento, na extremidade direita do diagrama;
- As colunas Barreiras Quebradas, Ações Inseguras, Condições Inseguras, Fatores Causais e Comportamentais e Fatores Organizacionais Latentes são preenchidas da direita para a esquerda, se fizerem parte do contexto;
- Cada bloco representa um fator e, para cada fator, perguntar: Por que isto aconteceu? O questionamento deve ser interrompido quando não fizer mais sentido continuar com a pergunta e/ou a resposta não represente algo de relevante para o esclarecimento da seqüência relativa ao evento;
- Para cada fator questionar: Os fatores encontrados são necessários e suficientes para explicar o que aconteceu?;
- As colunas Condições Inseguras, Fatores Causais e Comportamentais e Fatores Organizacionais Latentes apontam para causas que podem ser classificadas como causas raízes.

### **5.3 Ações Complementares**

#### **5.3.1 identificação das Causas**

Realizada a investigação e análises é necessário identificar [7]: As causas diretas, as causas contribuintes e as causas raízes.

#### **5.3.2 Validação das Causas**

As causas diretas são evidentes, são prontamente validadas. As causas contribuintes são validadas através de um ou mais dos critérios [7]:

- Os eventos não teriam ocorrido se as causas não estivessem presentes;
- Os eventos não deverão ocorrer de novo devido aos mesmos fatores causais, se esses fatores forem eliminados ou corrigidos;
- A condição não teria ocorrido, no grau em que ocorreu, se a causa contribuinte não estivesse presente;
- A correção ou eliminação das causas deverá evitar ou minimizar a probabilidade de reincidência de condições similares.

As causas raízes são validadas quando atendem aos três critérios abaixo [7]:

- Os eventos não teriam ocorrido se as causas não estivessem presentes;
- Os eventos não deverão ocorrer de novo devido aos mesmos fatores causais, se esses fatores forem eliminados ou corrigidos;

- A correção ou eliminação das causas deverá evitar ou minimizar a probabilidade de reincidência de condições similares.

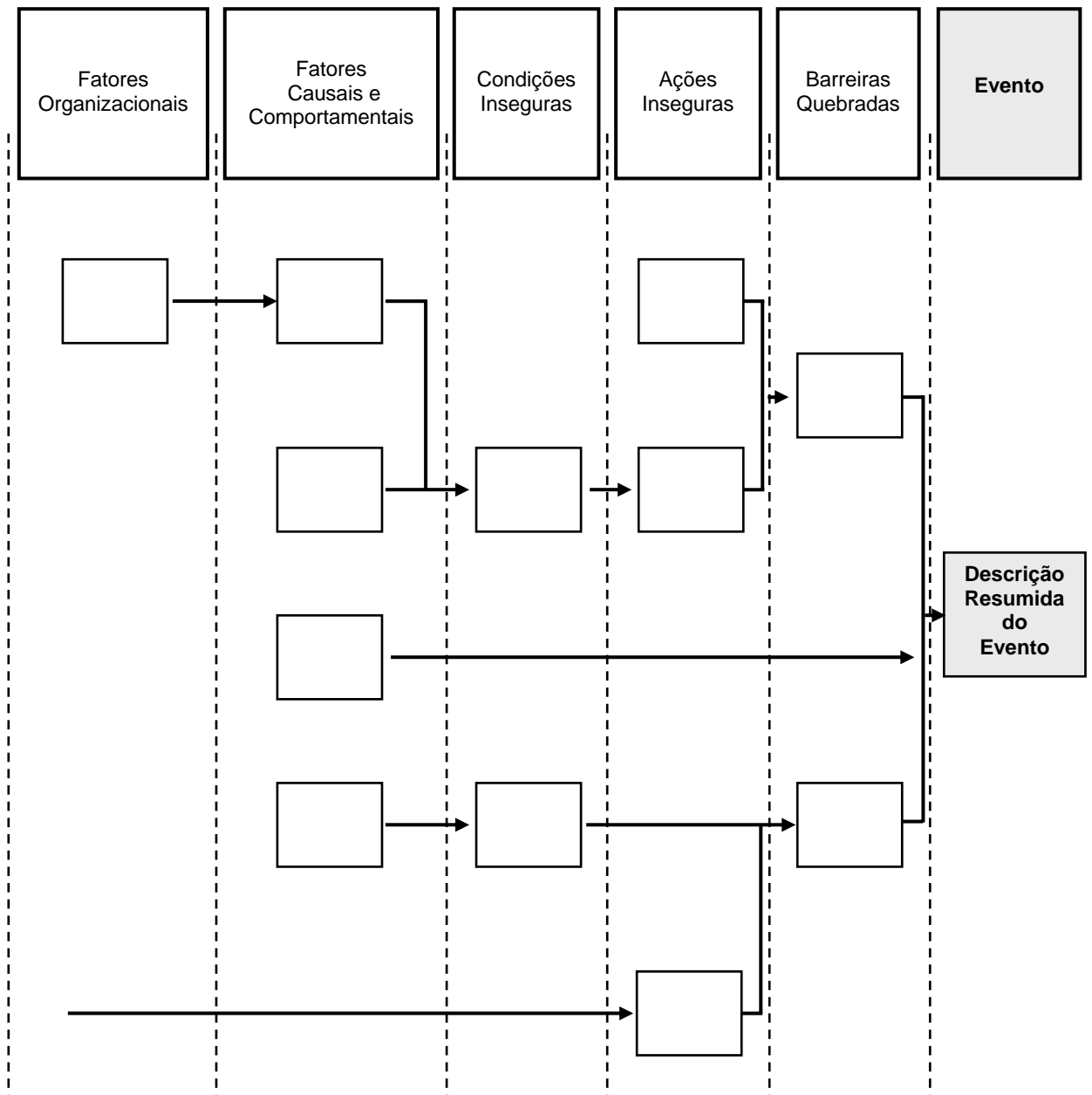


Figura 5.4 O Diagrama da Árvore de Causas e Efeitos

### 5.3.3 Ações Corretivas

A causa identificada do evento deve ter uma ação corretiva determinada. Essas ações devem ser analisadas para assegurar sua compatibilidade com os objetivos da organização, de forma que os efeitos que irão provocar no desempenho da UN sejam identificáveis, além disso, as causas raízes dos eventos têm apresentado com frequência questões que envolvem aspectos gerenciais, então as ações corretivas



devem envolver a gerência da UN [7]. É relevante analisar criteriosamente as causas dos eventos quanto aos precursores, que devem ser identificados, resolvidos e eliminados.

As ações corretivas devem [7]:

- Ser identificadas com base nos resultados da análise;
- Estar respaldadas em fatos;
- Ser estabelecidas com prazos de implantação reais;
- Atender a urgência requerida pela segurança;
- Sofrer uma avaliação nos impactos que vão provocar sobre as causas, entre elas, as causas raízes.

As ações corretivas devem ser viáveis e analisadas conforme as seguintes perguntas [7]:

- Essas ações corretivas abrangem todas as causas e causas raízes dos eventos?
- Essas ações têm potencial para prevenir a reincidência do evento?
- Essas ações estão dentro da capacidade de implantação da empresa?
- Essas ações permitem à empresa atingir seu objetivo principal: produzir energia elétrica com segurança e confiabilidade?
- Essas ações avaliaram objetivamente os riscos envolvidos?

Nas ações corretivas deve ser avaliada a severidade da deficiência para que sejam estabelecidos o prazo e a urgência requerida para a resolução e eliminação das causas/causas raízes dos eventos e, se as ações corretivas não forem implementadas, os riscos e os custos da não implantação devem ser avaliados [7].

As ações corretivas devem ser endossadas pela gerência e, sendo aprovadas, devem [7]:

- Ser priorizadas quanto à severidade;
- Ter sua implementação planejada;
- Ser executadas em tempo hábil;
- Ser inseridas em um programa que controle as deficiências.

#### **5.3.4 Divulgação**

Os resultados da investigação e análise de um evento devem ser apresentados aos gerentes envolvidos através dos seguintes documentos [7]:

- Relatório de Evento Significante;
- Diagrama de Eventos e Fatores Causais;
- Árvore de Causas e Efeitos, se aplicável;

- Ficha Resumo da Investigação e Análise do Evento.

As ações corretivas devem ser discutidas com o pessoal envolvido no evento e com os demais profissionais julgados necessários, para prevenir a reincidência do evento. As informações relativas ao evento e as causas/causas raízes identificadas, além do pessoal interno da UN, devem ser participadas a outras UN, a fim de que essas informações possam auxiliar na prevenção de problemas similares [7].

### **5.3.5 Avaliação da Efetividade da Investigação**

No máximo a cada 24 meses, uma avaliação da efetividade da investigação deve ser realizada, para assegurar que as ações corretivas estão prevenindo, ou são capazes de prevenir, a reincidência de um evento ou de condições inadequadas na UN [7]. Se um evento similar a um evento anterior ocorrer, deve-se reavaliar o evento anterior, confrontá-lo com o atual e identificar onde pode ter ocorrido uma falha na investigação e análise [7].

## **5.4 Conclusão**

Este capítulo apresenta os pontos mais relevantes na aplicação do SADH e a análise desses pontos permite os destaques mencionados a seguir [7]:

- A coleta de informações, de dados e as entrevistas permitem uma análise das condições operacionais da UN, das tarefas/atividades que estavam em curso, dos aspectos temporais e da hierarquia do pessoal envolvido no evento. O SADH realiza uma análise retrospectiva e, fornece assim, um cenário objetivo do evento.
- A análise de fatores causais e de fatores comportamentais verifica os pontos: comunicação, interfaces, treinamento, ambiente, condições de trabalho, supervisão, gerenciamento, fatores comportamentais e ações inseguras. Essa verificação é acompanhada de uma análise causal de cada ponto no evento e, por isso, propicia uma análise retrospectiva profunda do evento.
- A análise retrospectiva beneficia o levantamento das questões relativas à organização, ao treinamento, ao contexto e aos precursores. Esse tratamento atende à AEOI, às boas práticas da análise de confiabilidade humana de segunda geração, aos órgãos nucleares internacionais e representa uma evolução da UNA1.

## CAPÍTULO 6 MÉTODO SISTEMÁTICO DE TREINAMENTO

Neste capítulo é analisado o Método Sistemático de Treinamento ou *Systematic Approach Training* (SAT) [5] que está em implementação na UNA1, por recomendação da IAEA [9]. O SAT pode ser aplicado no treinamento de todas as áreas de uma usina, por isto, está sendo implantado na UNA1, nas áreas de: Manutenção, Química e Engenharia de Sistemas; e, futuramente, será aplicado na Operação [8] [9]. O modelo do método SAT inclui a análise dos eventos internos, o que torna possível integrar a experiência operacional de uma UN ao programa de treinamento [5].

### 6.1 Desenvolvimento do SAT

O desenvolvimento ocorre segundo as seguintes fases [8] [55]:

- **Análise:** Identificação das necessidades de treinamento. O SAT identifica o que deve fazer parte do programa de treinamento. Além disso, identifica as competências necessárias para executar as tarefas pertinentes aos trabalhos desenvolvidos.

Nesta fase é realizada a análise dos postos de trabalho, análise das tarefas e a análise das competências. Esse conjunto de análises tem por função verificar as deficiências existentes no treinamento, estudá-las e dar-lhes soluções.

- **Projeto:** Conversão das necessidades e das competências em objetivos de treinamento. Esses objetivos são organizados e incluídos no projeto, que é concluído com a criação do plano de treinamento.

Nesta fase, são preparados: os objetivos de aprendizagem, o desenvolvimento dos temas do treinamento, os tipos de treinamento (teóricos, práticos, etc), os conteúdos do programa de treinamento e os parâmetros que serão avaliados.

- **Desenvolvimento:** Preparação de todos os materiais necessários ao treinamento, a fim de que os objetivos do treinamento sejam alcançados.

Os seguintes materiais são preparados: os planos de aula, as técnicas de apoio e os materiais de apoio ao treinamento e as atividades que serão desenvolvidas. É finalizado o plano de treinamento.

- **Execução ou Implantação:** Realização do treinamento com os objetivos de aprendizagem já avaliados e os materiais necessários aprovados.

Na fase de execução, o plano de treinamento é implantado. O treinamento é avaliado durante toda a sua execução.

- **Avaliação:** Todos os aspectos do programa de treinamento são avaliados com base nos dados coletados durante o desenvolvimento de cada uma das fases. A avaliação realimenta e traz melhorias ao plano de treinamento. Na avaliação, ocorre: a monitoração do treinamento através de indicadores (interesse, desempenho e resultados das avaliações aplicadas, desempenho pós-treinamento, etc), a análise das informações no desenrolar do treinamento e as ações corretivas, se necessárias.

### **6.1.1 Critérios na Aplicação**

O SAT é uma ferramenta utilizada para desenvolver novos programas de treinamento ou atualizar os existentes e, através da fase de avaliação, pode auditar o programa de treinamento existente, a fim de atualizá-lo [55]. Para aplicar o SAT é necessário que [55]:

- Exista a garantia de que os trabalhadores adquiram e mantenham as competências necessárias;
- Os programas de treinamento sejam continuamente avaliados e melhorados;
- As mudanças necessárias sejam feitas de forma eficiente;
- Os resultados dos programas de treinamento tenham as suas características próprias asseguradas pela Garantia da Qualidade, ou seja, é necessária uma ação gerencial que assegure a qualidade do programa de treinamento;
- Além dos pontos acima, que a experiência operacional interna sofra uma análise, cujos resultados sejam tratados no plano de treinamento.

### **6.1.2 Relevância na Aplicação**

No SAT, os seguintes pontos são relevantes [55]:

- Garante que um evento, cuja causa raiz é uma deficiência do treinamento, tenha essa causa raiz analisada e tratada durante o treinamento;
- A organização de uma UN, com base no SAT, pode garantir ao órgão regulador, que seu programa de treinamento trata e desenvolve as competências necessárias à operação da planta;

- Além dos pontos acima, que o SAT, ao analisar a experiência operacional interna, possibilita que uma UN tenha condições reais de tratar no plano de treinamento, as diversas causas raízes, e não só a causa raiz treinamento.

A modelagem do SAT, Figura 6.1, reforça as últimas afirmações dos itens 6.1.1 e 6.1.2 [5]. O SAT considera na sua modelagem os eventos internos que, neste trabalho, estão associados à AEOI que, com base nas causas raízes, permitiu uma estruturação clara e hierarquizada das vulnerabilidades presentes na UNA1. A AEOI é uma ferramenta usada neste trabalho e foi aplicada ao documento ORO; nada impede de aplicá-la a outros documentos da UNA1. É uma boa prática, em qualquer UN, aplicar a AEOI no método SAT para identificar as necessidades de treinamento.

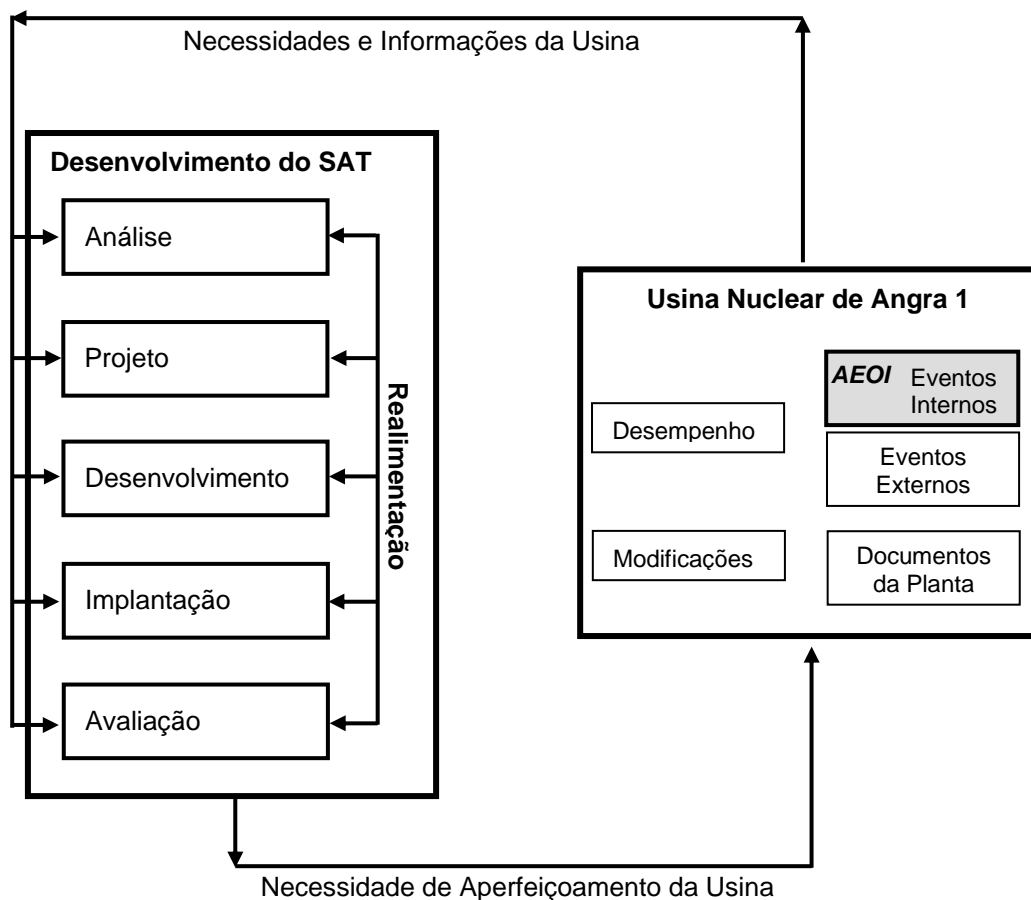


Figura 6.1 Modelagem do SAT aplicado a uma Usina Nuclear

Nesse estágio uma pergunta pode ser feita: A UNA1 já não trata a experiência operacional como o objetivo de usá-la no treinamento? Sim, trata. Porém, a proposta neste trabalho é que a experiência operacional seja uma ferramenta de suporte do plano de treinamento, e não um simples fator auxiliar, que ajuda a identificar as necessidades do treinamento. Observa-se que neste trabalho foi tratada a experiência operacional interna, mesmo assim, nada impede de agregar a experiência operacional

externa quando esta for pertinente. Este trabalho é focado na AEOI, pois o objetivo é atender especificamente ao programa de treinamento de uma UN, dentro do que ocorre realisticamente na central [53]. Conforme afirmado anteriormente, a UNA1 apresenta um quadro diversificado e similar às questões levantadas pela NRC nas usinas americanas [51].

## **6.2 Fase de Análise**

A fase de análise determina as necessidades de treinamento e as competências inerentes à realização das tarefas desenvolvidas nos postos de trabalho. A análise é a fase do SAT estudada neste trabalho, as demais são apenas incluídas no modelo geral do SAT. Essa decisão se deve aos seguintes pontos:

- Os procedimentos estão atrelados ao processo cognitivo algorítmico, pois têm uma estrutura bem definida, apresentada passo a passo [36].
- A estrutura passo a passo dos procedimentos é um conjunto de tarefas que são realizadas dentro da transição tarefa/atividade [40] [41].
- O desenvolvimento das competências permite que os efeitos indesejáveis da transição tarefa/atividade sejam minimizados [37].
- No programa de treinamento de uma UN, o estudo dos procedimentos é parte integrante do programa de treinamento. A correta aplicação dos procedimentos depende de uma realização adequada das tarefas que, por sua vez, depende de competências bem desenvolvidas. Sendo assim, a fase de análise que trata das tarefas e de suas competências é a base qualitativa para a correta utilização dos procedimentos. Acrescente-se que o bom andamento das demais fases do SAT depende da fase de análise.

### **6.2.1 Outras Considerações sobre a Fase de Análise**

A maioria dos novos programas de treinamento inicia-se com a fase de análise [56] [58]. A fase de análise é utilizada como um processo de revisão e manutenção dos programas de treinamento amadurecidos e na atualização dos materiais empregados nos mesmos e, se corretamente realizada, dá confiabilidade ao programa de treinamento e qualifica o treinamento do pessoal da usina em suas diversas funções, incluindo os operadores no processo de licenciamento [56] [58].

A experiência mostra que a fase de análise gera importantes benefícios adicionais, tais como [56]:

- Atualização dos procedimentos; melhorias nos sistemas da planta;
- Definição de pontos relevantes que afetam o desempenho do pessoal;

- Atualização das descrições de cargos e das competências inerentes aos mesmos; e aperfeiçoamento no recrutamento, avaliação e seleção do pessoal.

O objetivo da fase de análise é dar confiabilidade e eficácia à fase de projeto na execução do plano de treinamento e, se análise for insuficiente, os programas de treinamento podem perder seu alvo, alcance e profundidade, que são pontos necessários para um treinamento adequado [58].

A fase de análise é uma atividade crítica que consome tempo, que deve ser realizada com exatidão e sem dispêndios desnecessários de recursos [56]. O tempo pode ser otimizado, para isto, basta não identificar as tarefas em um nível elementar, não gerar um grande número de subtarefas e competências associadas [56]. Essa ação garante a exatidão e a aplicação dos recursos necessários.

### **6.2.2 Competências no SAT**

Os trabalhadores que realizam tarefas e não têm as competências necessárias representam riscos potenciais, que podem impactar uma planta, devido a isto, a NRC está preocupada com os esses riscos e tem realizado esforços na melhoria dos programas de treinamento, a fim de que as competências sejam bem tratadas [5].

Nem todos os erros atrelados às competências têm como causa deficiências no treinamento; uma falta de atenção ou uma falta momentânea de conhecimento do cenário pode, também, causar erros relacionados com as competências [5]. Essas últimas situações têm sido apresentadas e debatidas pela análise da confiabilidade humana de segunda geração. Na AEOI da UNA1 existem situações atribuídas à falta de atenção ou falta de conhecimento do cenário, exemplos:

- Falta de atenção ao detalhe do isolamento das bombas com o equipamento operável;
- Não observância das instruções administrativas e da seqüência dos procedimentos técnicos, foram causas determinantes do evento, resultando na falta de um perfeito entendimento das condições da usina durante a passagem de turno.

As competências são definidas como grupos de conhecimentos, habilidades e atitudes necessárias ao desempenho de um trabalho e das tarefas pertinentes ao mesmo [5]. Aperfeiçoando-se as competências, chega-se ao conceito de mestria [27]: que é o processo para alcançar o conhecimento, a habilidade e a atitude, que são necessárias para realizar um trabalho e suas tarefas de forma confiável. As competências principais consideradas no SAT são [27]:

- Conhecimento: é um conjunto de fatos, de informações relativas aos fatos que permitem desempenhar uma tarefa com sucesso;
- Habilidade: é o potencial motor ou mental, ou a combinação de ambos, para desempenhar uma tarefa com sucesso;
- Atitudes: são as características observáveis das pessoas resultantes de suas emoções, sentimentos, crenças e valores, que determinam as maneiras pelas quais elas interagem com seu trabalho e pessoas;
- As atitudes afetam as relações interpessoais e as questões pertinentes ao trabalho e à segurança e fornecem condições para que um determinado trabalho e suas tarefas sejam realizados plenamente. As atitudes são consideradas Competências Afetivas.

A gestão de treinamento diz que aumentar o conhecimento, melhorar as habilidades e destrezas, desenvolver ou modificar atitudes são partes do conteúdo do treinamento, sob o ponto de vista educacional e administrativo [4].

A gestão inclui outra competência, o conceito ou pensamento estratégico, que tem a finalidade de elevar o nível de abstração, sendo que, essa competência pode ser medida ou verificada no simulador [4]. O instrutor pode criar situações em que pensamentos estratégicos sobre questões específicas da planta sejam importantes para controlar o evento.

A AEOI pode auxiliar a verificar as competências que necessitam ser revistas e desenvolvidas nos programas de treinamento [53]. Exemplos:

- O técnico de instrumentação solicitou a retirada do fusível errado: a competência envolvida pode ser o conhecimento ou a habilidade para tratar uma situação em que, entre dois fusíveis, um terá de ser retirado;
- A Operação deveria realizar a dupla verificação da retirada do fusível, não realizou: a competência envolvida pode ser a atitude, pois a operação, em suas crenças e valores, acha que a retirada do fusível é uma coisa simples, sem relevância, não havendo necessidade de uma dupla verificação.

As competências (conhecimentos, habilidades e atitudes) podem ser organizadas em um sistema lógico que relaciona as competências às estruturas importantes de uma UN, Figura 6.2 [5]. A estrutura dos componentes necessita das competências ligadas às funções dos componentes (bomba, trocador de calor, etc). A estrutura da confiabilidade humana necessita de competências ligadas à comunicação, o trabalho em equipe, etc. A estrutura da ergonomia necessita de competências associadas aos atributos qualitativos das interfaces, ergonomia de sistemas, etc.



Essa relação lógica competências/estruturas está ligada aos tipos de trabalhos desenvolvidos pelo pessoal de uma UN. O tipo de trabalho desenvolvido pelo homem da manutenção requer competências ligadas ao trato com os componentes e sistemas. O pessoal da operação requer competências ligadas ao trato com os sistemas, à base tecnológica e à confiabilidade humana. Esse sistema lógico facilita a identificação das necessidades de treinamento e foca as competências pertinentes ao treinando, que desempenha uma determinada função na UN. Essa relação auxilia a fase de análise do SAT.



Figura 6.2 Modelagem das Competências/Estrutura

### 6.2.3 Tarefas e Competências

Na análise de tarefas e competências inerentes à fase de análise do SAT [5], três métodos são propostos: Análise de Tarefas e Trabalho – ATT; Análise das Competências do Trabalho – ACT; e a combinação da Análise de Tarefas e Trabalho com a Análise de Competências no Trabalho – ATT/ACT.

O ATT é muito longo em sua aplicação e demanda investigação intensa e, só deve ser usado quando [5] [56]:

- As fontes de informação (procedimentos, lista de tarefas, etc) estiverem indisponíveis;
- Se o trabalho for muito complexo;
- Se o desempenho da planta for crítico;
- Se outros métodos forem inadequados para produzir os resultados necessários.

A UNA1 é bem documentada, possui informações disponíveis e, apesar de ser uma planta complexa, seu desempenho está dentro de um padrão de normalidade, não é crítico. O ATT não será utilizado.

O ACT envolve as mesmas etapas básicas do ATT. A diferença é que as listas de tarefas estão declaradas, definidas e disponíveis. Assim, as competências relativas ao trabalho e às tarefas podem ser determinadas e analisadas para identificar as competências necessárias [5] [56].

O ACT pode ser utilizado para qualquer posto de trabalho em uma planta, utiliza o processo tradicional de pesquisa e entrevista como no ATT e, a quantidade de tempo necessário para completar o processo é semelhante ao ATT [5] [56]. Porém, o ACT é mais utilizado para os cargos de gerência e supervisão e para o pessoal de suporte da engenharia e, além disso, é um bom método para identificar tarefas de nível cognitivo mais alto, bem como, as competências para desempenhar as mesmas e os conhecimentos pertinentes [5] [56]. Além do fator tempo, na UNA1, há tarefas de vários níveis cognitivos, faz-se necessário então, um método que atenda à escala cognitiva existente. O ACT não será utilizado.

O ATT/ACT combina o ACT com o ATT. Nesse método se realiza a análise do trabalho para identificar as listas de tarefas que estão disponíveis em procedimentos existentes e, essas tarefas, auxiliam a identificar as competências necessárias ao desenvolvimento das mesmas [5] [56]. As competências estão ligadas a uma ou mais tarefas e são estruturadas logicamente (grupos de tarefas relacionadas à mesma competência são agrupados). Essas competências auxiliam a definir os objetivos do plano de treinamento [5] [56].

A lista de tarefas da UNA1 e suas competências, estão declaradas, os procedimentos existem e são detalhados. O ACT identifica as tarefas de mais alto nível cognitivo e suas competências, que envolvem a gerência, supervisão e a engenharia, em contrapartida, o ATT identifica as tarefas de não tão alto nível cognitivo e suas competências, que envolvem operadores de campo, manutenção e trabalhos técnicos em geral [5] [56].

Na combinação do ACT com o ATT, não é necessária investigação extensa, o tempo gasto é menor e a análise do trabalho já parte de procedimentos e listas de

tarefas existentes, definidas e amadurecidas. Além disso, as tarefas são agrupadas por competências, sendo assim, o ACT pode ir mais além e identificar as competências não-técnicas como: liderança, comunicação e trabalho em equipe [56]. As competências técnicas e não-técnicas, se bem tratadas, minimizam os efeitos indesejáveis da transição tarefa/atividade. O ATT/ACT será utilizado neste trabalho. O modelo da Figura 6.3 [5] apresenta a combinação do ACT com o ATT.

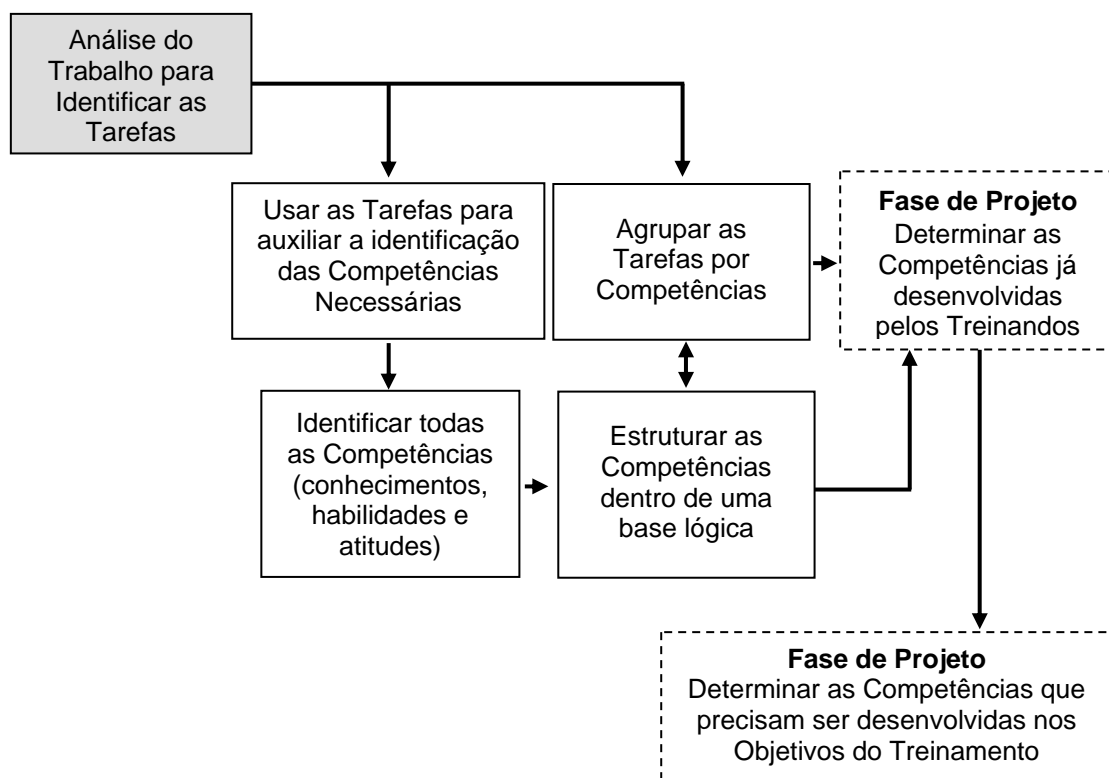


Figura 6.3 Modelagem da Combinação do ACT com o ATT

A aplicação do ATT/ACT requer os seguintes cuidados [5]:

- Os procedimentos e as listas de tarefas na UNA1 existem. Então, ao analisar o trabalho, é importante identificar as tarefas principais relativas ao mesmo, que podem ser ou não, tarefas de alto teor cognitivo. Exemplo: A dupla verificação ao retirar um fusível não requer um alto teor cognitivo, mas se a tarefa de dupla verificação não for realizada, pode ocorrer o desligamento do reator;
- Ao identificar as tarefas principais, serão identificadas todas as competências principais requeridas pelas tarefas;
- As ligações das competências com suas tarefas relativas, já definidas dentro do critério de importância (principais), estruturam objetivamente a fase de projeto;

- A modelagem trata as competências já desenvolvidas (assimiladas) e as que precisam ser desenvolvidas (não assimiladas). Essas últimas são os maiores objetivos do treinamento.

Neste trabalho, a proposta é que a AEOI seja uma ferramenta de suporte que auxilie a verificar as competências já desenvolvidas e as que precisam ser desenvolvidas. A AEOI aponta, ao estudar um evento, quais são as tarefas envolvidas no mesmo e a análise das tarefas identifica as competências relativas às mesmas. Se essas competências estão atreladas aos eventos relatados, por exemplo, nos ORO, elas têm de ser integradas aos objetivos do plano de treinamento;

- A ação anterior é independente das reuniões, palestras ou qualquer outro treinamento específico ou outros treinamento (Capítulo 1) onde o evento foi tratado. O fato da ocorrência de um evento mostra no mínimo que: as competências relativas, às tarefas envolvidas no evento ainda não foram assimiladas; ou não foram devidamente assimiladas, sendo assim, os trabalhadores não estavam preparados para compreender e dominar o evento;
- As duas ações anteriores colocam a AEOI como uma ferramenta de suporte na escolha das tarefas e competências que têm de ser desenvolvidas, enfatizadas e tratadas nos programas de treinamento. A utilização da AEOI realimenta e atualiza o plano de treinamento;
- As demais competências e suas tarefas não estão atreladas à AEOI continuam incluídas no programa de treinamento.

A AEOI permite analisar os eventos ocorridos na organização que, através do conjunto {técnica, sistemas operação, trabalhadores}, colocam a UNA1 em uma situação de risco, devido aos eventos. Então, o SAT, em sua fase de análise agrega a AEOI, sendo assim, torna-se uma ferramenta consistente para realizar uma auditoria na qualidade do programa de treinamento (verifica se as tarefas e suas competências relativas aos eventos são partes integrantes do treinamento).

### **6.3 Demais Fases do SAT**

#### **6.3.1 Fase de Projeto**

Na fase de projeto, as competências são convertidas em objetivos do treinamento e são também fixados: os objetivos da aprendizagem, os temas do treinamento, os tipos de treinamento, o conteúdo do programa de treinamento e os parâmetros que serão avaliados. A fase de projeto é concluída com a criação de um

plano de desenvolvimento de treinamento, que tem por finalidade fornecer um programa de treinamento eficiente e efetivo [8]. Esse programa precisa garantir que as competências sejam dominadas (alcançar a mestria) pelos treinandos. A modelagem dos passos da fase de projeto é apresentada na Figura 6.4 [5].

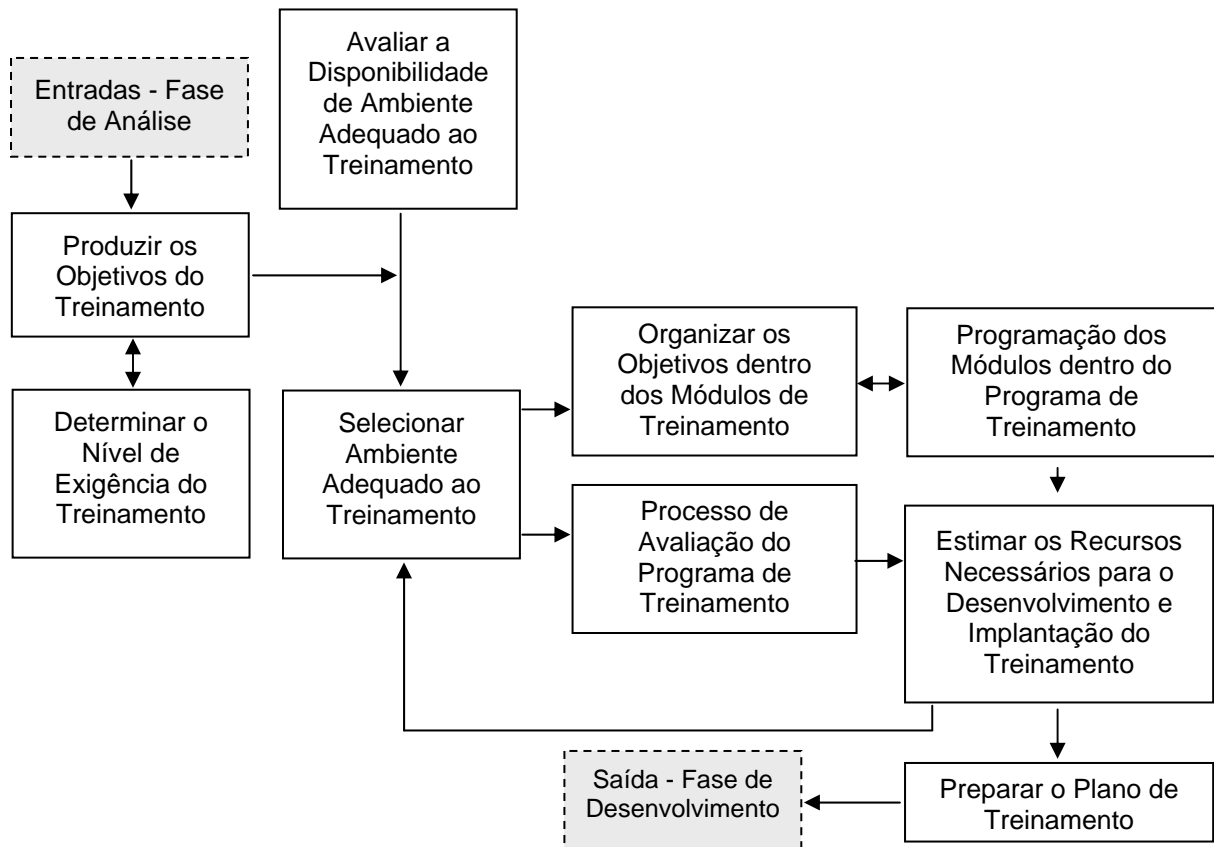


Figura 6.4 Modelagem dos Passos da Fase de Projeto

Na fase de projeto é importante atentar para os seguintes pontos [5]:

- O nível de exigência do treinamento, Figura 6.4, são as pré-qualificações que o treinando precisa ter: educação<sup>20</sup>, experiência e treinamentos anteriores. As pré-qualificações podem ser estabelecidas pela gerência de uma UN, com base em vários fatores, principalmente, aqueles ligados à qualificação profissional;
- Não confundir as competências determinadas na fase de análise do SAT com as competências exigidas como pré-qualificação. As primeiras competências são adquiridas no treinamento, desde que, as competências exigidas como pré-qualificações ao treinamento, existam;

<sup>20</sup> Educação engloba nível de escolaridade, aprendizagem, conduta e competência técnica.

- As competências exigidas como pré-qualificação podem ser desenvolvidas nos programas iniciais de treinamento.
- Após o treinamento inicial, com a pré-qualificação adquirida, o treinamento contínuo realimenta as competências necessárias ao desempenho das tarefas e conseqüentemente do trabalho. Na UNA1, o treinamento contínuo faz parte do programa de treinamento, através do retreinamento de todas as áreas;
- O treinamento contínuo garante que a atualização das competências e a manutenção, dessas competências, acima dos padrões mínimos exigidos. A AEOL pode realimentar o treinamento contínuo.
- Observar, Figura 6.4, que a organização dos objetivos em módulos visa atender a cada função ou tipo de trabalho existente na planta, e cada módulo, é inserido no plano de treinamento.

### **6.3.2 Fase de Desenvolvimento**

Nesta fase são preparados os materiais necessários ao treinamento, a fim de que os seus objetivos possam ser alcançados.

No desenvolvimento são elaborados os planos de aula, escolhidas as técnicas de apoio, preparados os materiais e as atividades que serão desenvolvidas e, é concluído, o plano de treinamento (atividades e cronograma) [5] [8].

Na fase de projeto, os módulos que compõem o plano de treinamento atendem às características de cada função ou tipo de trabalho. A fase de desenvolvimento, também é composta por módulos, que se relacionam e estruturam cada módulo do plano de treinamento. A modelagem das principais relações entre a fase de projeto e desenvolvimento é exemplificada na Figura 6.5 [5].

Observa-se ainda, na fase de desenvolvimento, que os objetivos do treinamento estão agregados aos objetivos gerais de aprendizagem. Esses objetivos de aprendizagem auxiliam o desenvolvimento das competências. São três tipos de aprendizagem [8]:

- Cognitiva: define o conhecimento que o treinando deverá ter para realizar o trabalho corretamente;
- Psicomotora: define a psicomotricidade necessária ao trabalho;
- Afetiva: define as atitudes e os valores no desempenho seguro do trabalho.

Os objetivos das aprendizagens podem ser medidos pelo comportamento que o treinando deve apresentar após o treinamento [8].

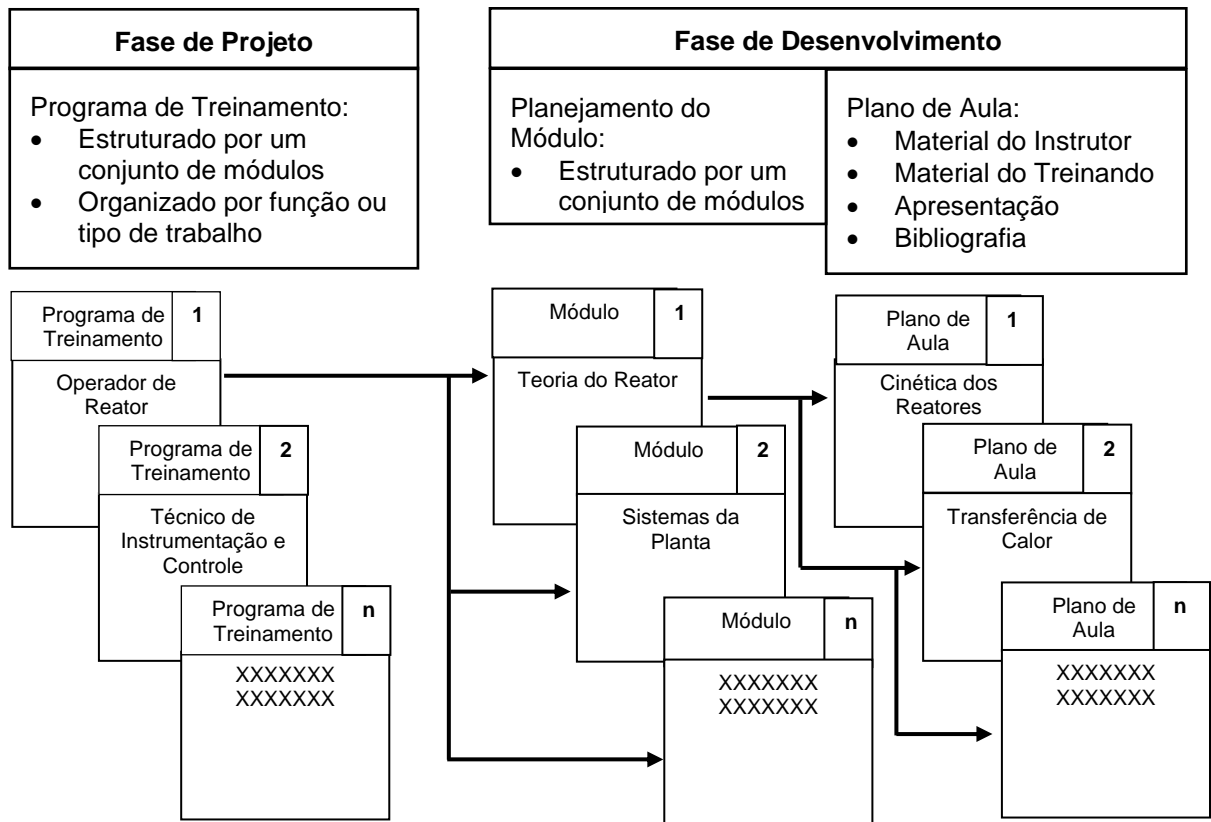


Figura 6.5 Modelagem das Principais Relações Projeto/Desenvolvimento

### 6.3.3 Fase de Implantação

Na fase de implantação, o treinamento é entregue, com a aprovação dos materiais preparados na fase de desenvolvimento e dos procedimentos. Considera-se, neste trabalho, que os instrutores utilizam técnicas apropriadas aos objetivos e conteúdos do treinamento. Durante a realização do treinamento ocorre a avaliação [8].

A modelagem da fase de implantação apresenta a interligação dessa fase com as anteriores, Figura 6.6 e oferece uma visão de conjunto de todo o plano de treinamento [5]. Na fase de implementação, alguns documentos são necessários para registro e análise [8]: registro do horário (início e fim das aulas); registro do treinamento e da frequência; registro das críticas dos instrutores e dos treinandos ao treinamento; registros das avaliações, dos resultados e de outros documentos que se fizerem necessários.

### 6.3.4 Fase de Avaliação

O programa de treinamento pode ser avaliado dos seguintes modos [8]: durante o treinamento; na conclusão do treinamento; na análise do desempenho do trabalhador no posto de trabalho; e na análise detalhada do programa de treinamento como um todo.

A avaliação realimenta e traz melhorias ao programa de treinamento. A modelagem da fase de avaliação, Figura 6.7, engloba todas as fases do SAT [5].

Na avaliação é importante observar os impactos das mudanças realizadas nos trabalhos, nos procedimentos e nos equipamentos sobre o plano de treinamento. As mudanças efetuadas em uma UN devem ser notificadas ao setor de treinamento, a fim de incorporá-las à fase de análise e ao plano de treinamento. Periodicamente deve se realizada uma avaliação completa do plano de treinamento, para identificar pontos fracos do treinamento.

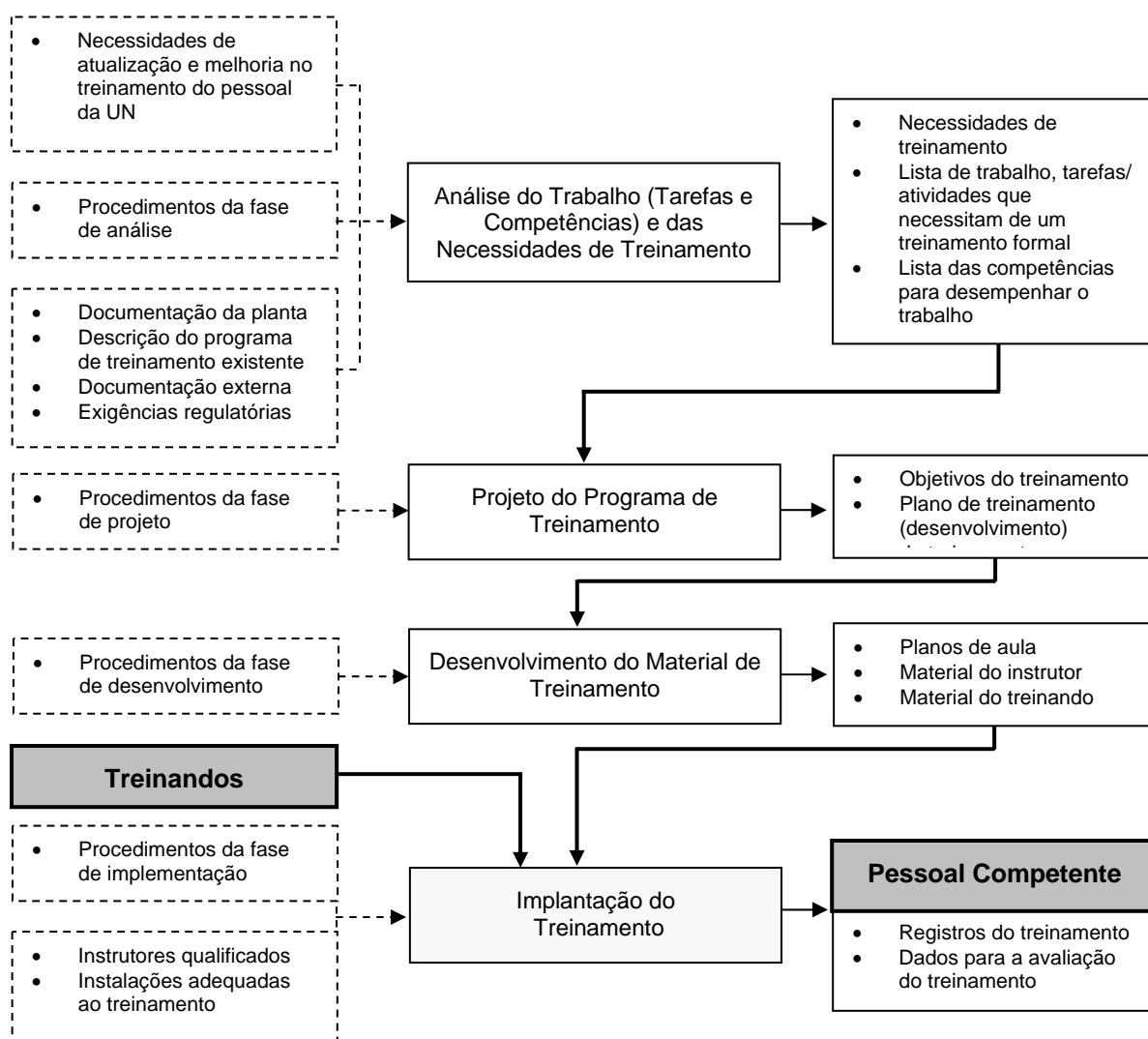


Figura 6.6 Modelagem da Fase de Implantação

#### 6.4 Documentação

Todas as fases do SAT possuem documentação própria que é responsável pela estruturação e registros pertinentes a cada fase [8]. O foco deste trabalho é a AEOI, que têm por documento base o ORO. Os documentos relativos,



especificamente, às fases do SAT são considerados desenvolvidos e adequados ao programa de treinamento da UNA1, portanto não são analisados. Devido à abrangência do assunto treinamento, foi necessária essa ação, para que os objetivos e o escopo deste trabalho, fossem respeitados.

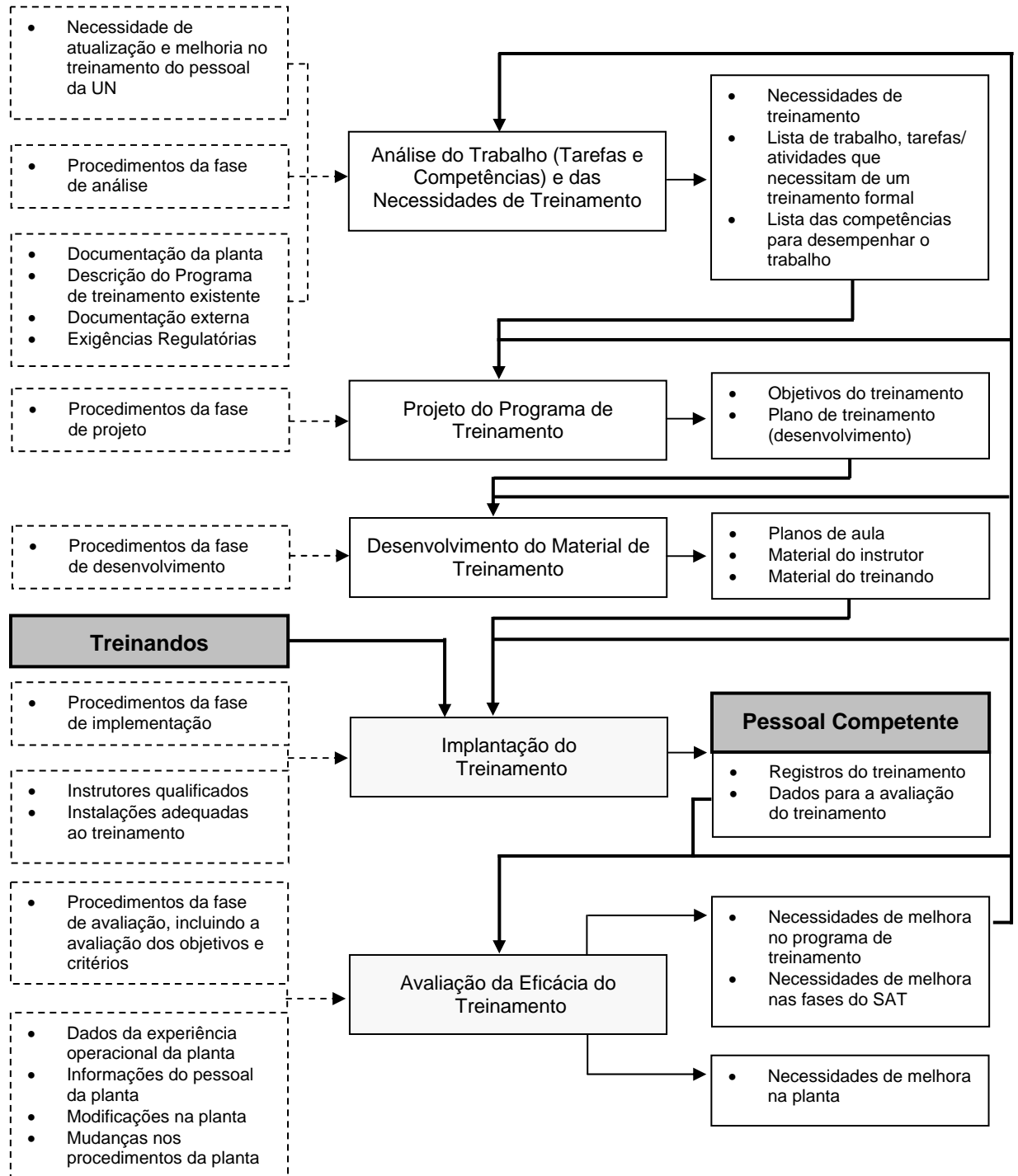


Figura 6.7 Modelagem da Fase de Avaliação

Nas modelagens das Figuras 6.6 e 6.7, as caixas de texto à esquerda apresentam dois pontos relevantes [5]:

- Primeiro: cada fase do SAT tem um procedimento específico, que deve ser desenvolvido pela UN, que está implantando o SAT;
- Segundo: cada fase do SAT necessita recolher informações (dados, documentação e modificações) necessárias ao seu desenvolvimento. Como na documentação, os procedimentos são considerados desenvolvidos e adequados ao programa de treinamento da UNA1.

## **6.5 Conclusão**

A aplicação do método SAT não é um processo simples, exige da área de treinamento da UN uma estruturação que torne possível planejar, implantar e avaliar as várias fases do SAT. O SAT envolve outros métodos, como o ATT/ACT, que analisa as tarefas e suas competências.

Há a necessidade de que a UN desenvolva procedimentos relativos a cada fase do SAT e, que a documentação existente (desenhos, procedimentos, listas de tarefas, etc) esteja em dia, inclusive, com as mudanças realizadas na UN, que devem ser comunicadas ao setor de treinamento. A documentação de registro do SAT tem de exprimir a realidade do desenvolvimento do método, sendo a base para seu aprimoramento contínuo.

Uma das principais contribuições deste trabalho ao método SAT [5] é a inclusão da AEOI como ferramenta de suporte nas necessidades de treinamento [53], questão tratada na fase de análise do SAT. Na modelagem do SAT proposta nesta tese, na Figura 6.1, a AEOI recebe uma caixa específica dentro da UNA1. Essa proposta pode ser aplicada em qualquer UN.

Outra contribuição é que a adoção do ATT/ACT permite que tarefas de baixo teor cognitivo e de alto teor cognitivo sejam tratadas. Essa questão é relevante, pois as causas raízes organizacionais podem estar ligadas a tarefas e competências de alto teor cognitivo. Além disso, essas tarefas e competências devem fazer parte das necessidades de treinamento identificadas na fase de análise.

O SAT considera a experiência operacional interna e permite na sua modelagem, o estudo de uma proposta para a inserção da AEOI, que entre outras questões, trata a questão organizacional da UN e, torna-se uma ferramenta abrangente, não focada apenas nas questões puramente técnicas.

A modelagem do SAT com as alterações propostas neste capítulo, será incorporada no Capítulo 8, ao estudo de uma proposta para o plano de treinamento, que tem por base o NUREG-6753, conforme explicado no Capítulo 4.

## CAPÍTULO 7 ANÁLISE DE UM EVENTO REAL

Neste capítulo é analisado o ORO 11.2001, de 28/05/2001, com o título: Perda de Inventário do Sistema de Refrigeração do Reator por Abertura das Válvulas de Alívio do Sistema de Remoção de Calor Residual, que tem por base o RES 122.2001 [59]. Antes de abordar a análise do evento serão realizadas considerações complementares sobre a técnica ATHEANA [20].

### 7.1 Considerações sobre a Técnica ATHEANA

A ATHEANA realiza uma análise da ação do contexto sobre o operador e, para isto, conta com auxílio de suas tabelas [20]. Essas tabelas apresentam as características do cenário na Avaliação da Situação (como os cenários evoluem e afetam a situação da planta), exemplo na Tabela 7.1 e, as características do cenário no Planejamento da Resposta (como responder aos cenários, de modo que a planta seja recuperada a uma condição operacional estável), exemplo na Tabela 7.2 [20].

Tabela 7.1 Características do Cenário na Avaliação da Situação

<b>Avaliação da Situação</b>	
As Características abaixo auxiliam na identificação de um cenário cuja situação precisa ser avaliada. As Descrições pertinentes às Características mostram como o cenário se apresenta e se desenvolve.	
<b>Características do Cenário</b>	<b>Descrições</b>
Problemas aparentemente triviais.	As condições iniciais do cenário aparentam um problema trivial e o operador/trabalhador <sup>21</sup> reage com base nas perspectivas apresentadas. Com o tempo os sintomas corretos aparecem e o operador/trabalhador pode não perceber esses sintomas, até que seja tarde demais.

Tabela 7.2 Características do Cenário no Planejamento da Resposta

<b>Planejamento da Resposta</b>	
As Características abaixo podem auxiliar na identificação de um cenário, cuja situação precisa ser avaliada. As Descrições pertinentes às Características mostram como o cenário se apresenta e se desenvolve.	
<b>Características do Cenário</b>	<b>Descrições</b>
Impasses.	O cenário contém características onde em algum ponto o operador/trabalhador encontra muita dificuldade para avançar nas suas ações. O modelo da situação da planta desenvolvido com base nos procedimentos ou nos conhecimentos do operador/trabalhador não se iguala às condições reais da planta; ou a interpretação dada pelo operador/trabalhador às condições da planta não é adequada; ou os recursos necessários para entender as condições da planta não estão disponíveis.

<sup>21</sup> No lugar da função específica operador, está à função operador/trabalhador, que abrange todo o pessoal da UNA1, operadores ou não. As tabelas da ATHEANA podem ser aplicadas às diversas funções da UNA1. Todas as funções na UNA1 se deparam com situações complexas, umas mais, outras menos, respeitando as características de cada função.

A Tabela 7.1, se desdobra na Tabela 7.3, onde com base nas características do cenário na avaliação da situação, apresenta os mecanismos de erro, os tipos de erro e os fatores delimitadores do desempenho humano [20].

Tabela 7.3 Mecanismos de Erro, Tipos de Erro e Fatores Delimitadores do Desempenho com base nas Características do Cenário na Avaliação da Situação

<b>Características do Cenário</b>	
Problemas aparentemente triviais.	
<b>Mecanismos de Erro</b>	<b>Tipos de Erro</b>
1. Simplificação.	1-8. O operador/trabalhador demora em tomar uma ação com base em alterações indicadas por outros parâmetros.  1-8. O operador/trabalhador toma uma ação inapropriada, ou erra ao tomar uma ação necessária, ou toma uma ação correta antes do tempo.
2. Recentidade.	
3. Freqüência.	
4. Familiaridade.	
5. Fixação.	
6. Visão focada.	
7. Tendência à confirmação.	
8. Complacência.	
<b>Fatores Delimitadores do Desempenho Humano</b>	
1-8. Interface Homem/Máquina: Os indicadores corretos e/ou completos estão localizados onde possam ser facilmente observados, por um ou mais membros da equipe de trabalho?	
1-8. Carga Intensa de Trabalho: O operador/trabalhador precisa trabalhar duramente para identificar e compreender as informações fornecidas pelos indicadores?	
Pode a alta carga de trabalho tornar-se excessiva?	
Pode a situação não parecer suficientemente importante induzindo o operador/trabalhador a não realizar uma verificação?	

A Tabela 7.2, se desdobra na Tabela 7.4, onde com base nas características do cenário no planejamento da resposta, apresenta os mecanismos de erro, os tipos de erro e os fatores delimitadores do desempenho humano [20].

Além das tabelas com as características do cenário, há as tabelas com as características dos parâmetros, que se relacionam com os cenários, através de perguntas sobre o mesmo [20]. Essas últimas, apresentam as características do parâmetro na Detecção da Situação (como os desvios que ocorrem na planta se apresentam), exemplo na Tabela 7.5; as características do parâmetro na Avaliação da Situação, (como os desvios evoluem e afetam a situação da planta), exemplo na Tabela 7.6; características do parâmetro no Planejamento da Resposta (como

responder a esses desvios, de modo que a planta seja recuperada a uma condição operacional estável), exemplo na Tabela 7.7 [20].

Tabela 7.4 Mecanismos de Erro, Tipos de Erro e Fatores Delimitadores do Desempenho com base nas Características do Cenário no Planejamento da Resposta

<b>Características do Cenário</b>	
Impasses.	
<b>Mecanismos de Erro</b>	<b>Tipos de Erro</b>
1. Falta de profundo conhecimento técnico por parte do operador/trabalhador.	1-3 O operador/trabalhador erra ao tomar uma ação necessária em tempo hábil.
2. As expectativas do operador/trabalhador ou do modelo da situação atual começam a conflitar com as indicações e/ou com a ordem dos passos do procedimento.	
3. Ansiedade acerca de uma ação tomada errada.	
<b>Fatores Delimitadores do Desempenho Humano</b>	
1-2. Treinamento: Falta treinamento ou prática para tratar condições acidentais fora do padrão?	
1-2. Procedimento: Há informações inadequadas de como proceder?	
2-3. Fatores Organizacionais: O medo de represália ou outros aspectos do ambiente organizacional da planta podem contribuir para criar uma maior dificuldade na solução de impasses? A planta possui diretrizes rígidas relativas à observância dos procedimentos?	

Tabela 7.5 Características do Parâmetro na Detecção da Situação

<b>Detecção da Situação</b>	
As Características abaixo podem auxiliar na identificação da evolução dos parâmetros de um cenário, cuja situação precisa ser avaliada. As Perguntas pertinentes às Características mostram como os parâmetros do cenário, se apresentam e se desenvolvem.	
<b>Características do Parâmetro</b>	<b>Perguntas</b>
Não indicação.	O cenário envolve indicadores falhos? O cenário envolve indicadores cujos cálculos são provenientes de outros instrumentos com indicações falhas?

Tabela 7.6 Características do Parâmetro na Avaliação da Situação

<b>Avaliação da Situação</b>	
As características abaixo podem auxiliar na identificação da evolução dos parâmetros de um cenário, cuja situação precisa ser avaliada. As perguntas pertinentes às características mostram como os parâmetros do cenário se apresentam e se desenvolvem.	
<b>Características do Parâmetro</b>	<b>Perguntas</b>
Pequena alteração no parâmetro.	O cenário envolve alterações pequenas ou significativamente menores que o esperado em alguma indicação? Dentro do cenário é possível que o operador/trabalhador seja induzido a uma avaliação errada do tipo de situação que enfrenta devido às pequenas alterações apresentadas?

Tabela 7.7 Características do Parâmetro no Planejamento da Resposta

<b>Planejamento da Resposta</b>	
As Características abaixo podem auxiliar na identificação da evolução dos parâmetros de um cenário, cuja situação precisa ser avaliada. As Perguntas pertinentes às Características mostram como os parâmetros do cenário se apresentam e se desenvolvem.	
<b>Características do Parâmetro</b>	<b>Perguntas</b>
Pequena alteração no parâmetro.	<p>O cenário envolve alterações menores que o esperado em um importante parâmetro utilizado como sugestão, ou precaução nos procedimentos, ou utilizado no treinamento como base para ações?</p> <p>Qual é o resultado provável se o operador/trabalhador aplicar mal esta sugestão ou precaução?</p> <p>O operador/trabalhador pode ser induzido a aplicar regras informais devido a este tipo de desvio?</p> <p>O operador/trabalhador pode ser induzido a um estado de condescendência ou esquecimento devido à pequena alteração?</p>

A Tabela 7.5, se desdobra na Tabela 7.8, onde com base nas características do parâmetro na detecção da situação, apresenta os mecanismos de erro, os tipos de erro e os fatores delimitadores do desempenho humano [20].

Tabela 7.8 Mecanismos de Erro, Tipos de Erro e Fatores Delimitadores do Desempenho com base nas Características do Parâmetro na Detecção da Situação

<b>Características do Parâmetro</b>	
Não indicação.	
<b>Mecanismos de Erro</b>	<b>Tipos de Erro</b>
1. Os parâmetros indicados conduzem à entrada em passos errados nos procedimentos ou podem não conduzir à entrada no procedimento correto.	1-2. O operador/trabalhador aplica passos incorretos do procedimento ou não responde.
2. Existe um modelo de informação que tira a atenção do operador/trabalhador dos indicadores redundantes.	
<b>Fatores Delimitadores do Desempenho Humano</b>	
<p>1. Interface Homem/Máquina: Existem outros indicadores que podem auxiliar a equipe de trabalho a detectar a existência de falhas na instrumentação?</p> <p>Os indicadores estão localizados onde possam ser vistos por um ou mais membros da equipe de trabalho a maior parte do tempo?</p> <p>1. Treinamento/Prática: O operador/trabalhador está treinado para acreditar que seus instrumentos apresentam alta confiabilidade?</p> <p>2. Treinamento/Prática: O operador/trabalhador apresenta tendência em focalizar um conjunto restrito informações nas fontes disponíveis?</p>	

A Tabela 7.6, se desdobra na Tabela 7.9, onde com base nas características do parâmetro na avaliação da situação, apresenta os mecanismos de erro, os tipos de erro e os fatores delimitadores do desempenho humano [20].

Tabela 7.9 Mecanismos de Erro, Tipos de Erro e Fatores Delimitadores do Desempenho com base nas Características do Parâmetro na Avaliação da Situação

<b>Características do Parâmetro</b>	
Pequena alteração no parâmetro.	
<b>Mecanismos de Erro</b>	<b>Tipos de Erro</b>
1. Indicação Limitada: Alterações imperceptíveis no mostrador.	1. Falta de percepção que o parâmetro está se alterando: o operador/trabalhador assume que o valor é estático.
2. Apatia: Falta de considerações urgentes por parte do operador/trabalhador sobre o a alteração no parâmetro.	2. O operador/trabalhador posterga uma ação sobre as alterações verificadas em um parâmetro até que ações necessárias relativas a outros parâmetros sejam direcionadas.
3. Ansiedade: Inclinação do operador/trabalhador em responder rápido demais.	3. O operador/trabalhador antecipa uma situação e toma uma ação antes do tempo.
<b>Fatores Delimitadores do Desempenho Humano</b>	
1. Interface Homem/Máquina: Falta tendência nos mostradores?	
1–2. Carga Intensa de Trabalho: Pode a carga excessiva de trabalho sobre o operador/trabalhador, ou a preocupação com outros parâmetros, ou a expectativa sobre o que está ocorrendo com os outros parâmetros, impedir o operador/trabalhador de considerar apropriadamente uma pequena alteração?	
2–3. Treinamento/Prática: O operador/trabalhador é treinado para realizar uma verificação cruzada do parâmetro?	

A Tabela 7.7, se desdobra na Tabela 7.10, onde com base nas características do parâmetro no planejamento da resposta, apresenta os mecanismos de erro, os tipos de erro e os fatores delimitadores do desempenho humano [20].

As Tabelas 7.5, 7.6 e 7.7 têm por base os desvios, que são alterações que podem ocorrer nas características dos parâmetros (pressão, temperatura, etc) e afetam os cenários [20]. As alterações desafiam o pessoal da planta e, conforme as características do parâmetro, essas alterações, quanto ao modo, podem ser [20]: pequenas, grandes, lentas, rápidas, verdadeiras, espúrias. O modo pode tornar a detecção de um desvio uma questão trivial ou complexa. Exemplo:

- Uma grande alteração no parâmetro pode ser percebida com facilidade (questão trivial);
- Uma grande alteração no parâmetro pode ser espúria, tal fato, pode não ser percebido (questão complexa);
- Uma lenta alteração do parâmetro pode não ser percebida (questão complexa);
- Uma alteração espúria pode induzir o pessoal da planta, à ações desnecessárias, que podem ocasionar um evento na planta (questão complexa).

Tabela 7.10 Mecanismos de Erro, Tipos de Erro e Fatores Delimitadores do Desempenho com base nas Características do Parâmetro no Planejamento da Resposta

<b>Características do Parâmetro</b>	
Pequena alteração no parâmetro.	
<b>Mecanismos de Erro</b>	<b>Tipos de Erro</b>
1. Apatia: Falta de considerações urgentes por parte do operador/trabalhador sobre a variação no parâmetro.	1. O operador/trabalhador toma uma ação inapropriada ou erra ao tomar uma ação necessária devido à pequena mudança no parâmetro ter sido desprezada.  1-2. O operador/trabalhador posterga uma ação sobre as mudanças indicadas por outros parâmetros.  3. O operador/trabalhador antecipa uma situação e toma uma ação antes do tempo.
2. Relutância	
3. Ansiedade: Inclinação do operador/trabalhador em responder rápido demais.	
<b>Fatores Delimitadores do Desempenho Humano</b>	
1. Treinamento/Prática: Falta disciplina ou treino prático para que o operador/trabalhador possa responder apropriadamente a todas as alterações nos parâmetros?	
1-2. Carga de Intensa de Trabalho: Pode a carga excessiva de trabalho sobre o operador/trabalhador, ou a preocupação com outros parâmetros, ou a expectativa sobre o que está ocorrendo com os outros parâmetros, impedir o operador/trabalhador de responder apropriadamente a pequena alteração ocorrida no parâmetro?	
3. Treinamento/Prática: As alterações nos parâmetros usualmente indicam um problema sério e uma necessidade de resposta?	

As tabelas com base nas características dos cenários e dos parâmetros estão ligadas em primeira instância à operação. Nota-se que os fatores delimitadores listados nas tabelas tratam pontos relativos ao treinamento, procedimentos e interfaces. A identificação desses pontos mostra os pontos vulneráveis existentes em uma UN, o que permite melhor identificar as causas raízes e auxilia a AEOI.

As tabelas da ATHEANA com base nos cenários e nos parâmetros podem ser utilizadas não só na operação, mas também nas diversas áreas de uma UN [20]. Os operadores, engenheiros de sistemas e os técnicos de manutenção, se deparam dentro das especificidades de suas tarefas, com situações semelhantes às descritas nas tabelas. Essa visão inova e amplia a utilização da ATHEANA a todas as áreas de uma UN. Exemplo:

ORO 01.2001 – Título: Falha no fechamento da válvula durante o teste periódico. Causa do Evento: Falha da válvula em fechar quando solicitada. O bloco de contatos auxiliares, que possuía um mau contato interno, fez com que a bobina de fechamento da válvula não fosse energizada.



No ORO 01.2001, a causa raiz está ligada ao procedimento. O procedimento de manutenção preventiva instruída para que os blocos fossem verificados no seu estado geral, entretanto por serem selados, a verificação ficava limitada, não permitindo a limpeza interna dos contatos. Verifica-se que existe uma diretriz no procedimento e ao mesmo tempo a impossibilidade de cumpri-la. Qual o cenário que se apresenta ao técnico de manutenção?

Vai-se, por exemplo, na Tabela 7.5, onde a seguinte pergunta é feita [16]: O cenário envolve indicadores falhos? Essa pergunta tem a característica de parâmetro: Não indicação.

Substitui-se o operador pelo técnico de manutenção. O indicador falho, no cenário da verificação do bloco, para o técnico de manutenção, foi o procedimento, que forneceu ao técnico uma diretriz que não pôde ser totalmente cumprida.

Ainda no ORO 01.2001, Tabela 7.1, a característica de cenário trata de um problema aparentemente trivial. As condições iniciais do cenário aparentam um problema trivial e o operador/trabalhador reage dentro das perspectivas apresentadas. Com o passar do tempo, os sintomas corretos aparecem, e o operador/trabalhador pode não perceber tais sintomas, até que seja tarde demais.

Substitui-se o operador pelo técnico de manutenção. No início, analisando o procedimento, o problema se apresenta trivial ao técnico, basta ele verificar o estado geral do bloco. Diante do bloco, na execução do procedimento, o técnico verifica que o bloco é selado, não há como verificar sua parte interna, não há como limpá-lo internamente. A impossibilidade de limpar os contatos contraria o procedimento e pode ocasionar um evento. O técnico pode não ter a percepção, que um evento pode ocorrer, até que seja tarde demais, exatamente o que aconteceu.

As tabelas da ATHEANA, com base nos cenários e nos parâmetros contribuem na identificação das causas raízes e fortalecem a AEOI.

Além das tabelas, a ATHEANA faz algumas abordagens, cuja relevância das mesmas pode ser comprovada através dos eventos relatados nos ORO:

- **Há a necessidade de verificar as vulnerabilidades existentes nos programas de treinamento [20]. Exemplo:**

ORO 12.2002 – Causa do Evento: Falha em todas as equipes ligadas à operação por não preverem que, embora o desligamento tenha sido programado, o isolamento de uma fonte externa com a manutenção do reator crítico coloca a unidade em uma Condição Limite de Operação (CLO), conforme as Especificações Técnicas da Usina [47].

No ORO 12.2002 está a seguinte recomendação: Programar treinamento específico sobre as Especificações Técnicas dos sistemas elétricos da UN,

para todos os licenciados e representantes da operação no grupo de controle de trabalhos.

Existe uma vulnerabilidade no programa de treinamento, quanto ao quesito Especificações Técnicas.

- **Cenários que se desviam das expectativas dos operadores ou do pessoal da usina, com base em seus treinamentos e nas suas experiências [20]. Exemplo:**

ORO 11.2001 – Causa do Evento: A não observância das instruções administrativas e da sequência dos procedimentos técnicos foram causas determinantes do evento, resultando na falta de um perfeito entendimento das condições da UN durante a passagem de turno, bem como, do inadequado controle da pressão e temperatura.

No ORO 11.2001 está a seguinte recomendação: Definir e implementar um treinamento especial para os componentes do turno envolvidos no evento, ressaltando os compromissos e atitudes do manual de operação.

A falta de um perfeito entendimento das condições da usina caracteriza cenários que se desviam das expectativas dos operadores.

- **Falhas na instrumentação para as quais os operadores ou o pessoal da usina não estão totalmente preparados, que podem causar um erro na diagnose do evento, no planejamento e implementação da resposta [20]. Exemplo:**

ORO 05.2005 – Causa do Evento: Desarme dos disjuntores de desligamento do Reator com a conseqüente queda de barras de desligamento, pela atuação do canal N-32, devido à falha do técnico ao retirar equivocadamente o fusível de controle, ao invés dos fusíveis de Instrumentos.

No ORO 05.2005 está a seguinte recomendação: Divulgar o evento aos técnicos de instrumentação, evidenciando a necessidade da dupla verificação.

O planejamento e a implementação da resposta à retirada do fusível não foram satisfatoriamente realizados.

- **Condições da planta que não constam nos procedimentos [20]. Exemplo:**

ORO 03.2001 – Causa do Evento: Falta de conscientização (alguém pisou, apoiou algo, usou o amortecedor como meio auxiliar de montagem), sobre a proteção e o cuidado com a instalação e equipamentos da UN, dos

supervisores de campo e montadores de andaimes (constituídos de trabalhadores inexperientes e sem conhecimento das instalações).

No ORO 03.2001 está a seguinte recomendação: Incluir no procedimento de montagem de andaimes um item que garanta, a cada parada da UN, em que ocorra montagem de andaime, que a firma contratada seja instruída sobre as precauções.

Existe uma condição da UN, em relação aos amortecedores, que tem de ser respeitada. Essa condição não consta dos procedimentos.

As considerações realizadas sobre a ATHEANA têm a finalidade de validar e ressaltar a importância da aplicabilidade da mesma na AEOI e, conseqüentemente, sua contribuição ao plano de treinamento [16] [53]. A ATHEANA pode ser aplicada a todos os setores de uma UN, os exemplos anteriores demonstram tal possibilidade, pode-se dizer, que a ATHEANA ainda é pouco explorada.

## **7.2 Evento Real**

Foi escolhido o ORO 11.2001, de 28/05/2001 [59].

### **7.2.1 Resumo do Evento**

Às 23h30min, do dia 28/05/01, logo após a passagem de turno, ocorreu atuação das válvulas de alívio A e B na sucção das Bombas do Sistema de Remoção de Calor Residual (SRCR), acarretando uma perda de refrigerante do Reator para o poço do Envoltório da Contenção [59]. Na ocasião, o controle de temperatura do Sistema de Refrigeração do Reator (SRR) fora transferido para os Geradores de Vapor (GV), e as bombas do SRCR estavam fora de serviço, com as válvulas de sucção A, B, C e D abertas, mantendo conectado ao SRR o SRCR [59].

O SRCR não foi desconectado do SRR, conforme determinava a sequência do procedimento e, pelo aumento de temperatura e pressão do SRR, ocorreu a abertura das válvulas de alívio na sucção das bombas do SRCR [59]. Medidas adicionais, segundo o procedimento X, foram adotadas na recuperação do inventário do SRR [59]. O evento teve pouco tempo de duração, e a água de refrigeração do Reator foi coletada no poço da contenção, sem maiores conseqüências.

### **7.2.2 Conclusões constantes do ORO<sup>22</sup>**

**Primeira:** A não observância das instruções administrativas e da sequência dos procedimentos técnicos foram as causas determinantes desse evento, resultante

---

<sup>22</sup> Foram respeitadas no estudo de caso em questão as conclusões constantes nos ORO e a análise é realizada sobre a conclusão relatada.

da falta de um perfeito entendimento das condições da UN, durante a passagem de turno, bem como do inadequado controle de pressão e temperatura do SRR [59].

- **Análise da Primeira Conclusão:**

Houve um erro humano de violação ao não se seguirem as instruções e a seqüência dos procedimentos. Na investigação do evento está escrito em relação ao desenrolar do cenário: o operador provavelmente não percebeu que naquele momento, estabeleceu-se uma taxa de aquecimento e, o operador, demorou a responder (falha na resposta para corrigir a taxa).

A Tabela 7.1, Avaliação da Situação, tem a seguinte característica de cenário: Problemas aparentemente triviais. A descrição do cenário para essa característica é: As condições iniciais do cenário aparentam um problema trivial, e o operador/trabalhador reage dentro das perspectivas apresentadas. Com o passar do tempo, os sintomas corretos aparecem, e o operador/trabalhador pode não perceber tais sintomas, até que seja tarde demais.

O operador não percebeu a taxa de aquecimento, por consequência, não aderiu aos procedimentos, não avaliou a situação, não considerou o surgimento da taxa e não percebeu a gravidade da situação. A situação de violação passa para uma condição, na qual o cenário não foi corretamente avaliado, fato que pode ocorrer, conforme levantado pela ATHEANA [20], em sua análise.

**Segunda:** Contribuiu para a ocorrência do evento a apresentação e redação da nota anterior aos itens 47 e 56 e da letra “a” do item 56 do procedimento Y que na opinião dos operadores, deixou-os na dúvida quanto ao uso das válvulas de alívio dos GV [59]. Também contribuiu a formatação dos itens 57 e 58, para o não fechamento das válvulas de sucção das bombas do RCR, conflito existente entre o procedimento Z, no item condições da usina, em relação ao procedimento T, itens 55 e 56 [59].

- **Análise da Segunda Conclusão:**

Havia procedimentos inadequados e conflitantes. Observa-se que a situação dos operadores diante dessas dúvidas e conflitos poderia gerar ações não condizentes com o cenário. Na ATHEANA, em todas as tabelas do mesmo tipo da Tabela 7.4 (Características do Cenário no Planejamento da Resposta), um dos fatores delimitadores do desempenho humano, é o procedimento.

**Terceira:** Soma-se a isso a excessiva autoconfiança, proveniente de longo tempo de experiência de operação, que pode ter levado os operadores à execução de

manobras sem a devida reflexão e muitas vezes sem respeitar a sequência ou os limites estabelecidos nos procedimentos [59].

- **Análise da Terceira Conclusão:**

Houve um desvio na atitude da operação (atitude: características observáveis das pessoas, resultantes de suas emoções, sentimentos e crenças) que determinam as maneiras pelas quais elas interagem com seu trabalho [5] [27]. A atitude é uma das competências para realizar uma tarefa. Na ATHEANA há uma tabela, ligada às características do parâmetro na detecção da situação, que aponta o mecanismo de erro primazia, que significa superioridade, excelência. Se um trabalhador se acha dotado de primazia em relação à condução de suas tarefas, ele pode desenvolver uma atitude de superioridade, no sentido negativo, ou seja, uma alta auto-eficácia, aspecto negativo do comportamento [57].

**Quarta:** Contribuiu também para o evento a ausência de um trabalho de equipe dos componentes do turno, no qual o evento se iniciou, situação agravada na ação de passagem de Turno, pois a UN estava dentro de uma condição instável [59].

- **Análise da Quarta Conclusão:**

Essa quarta conclusão nos remete novamente às competências na realização de uma tarefa e às atitudes. A ausência do trabalho em equipe tem a ver com a atitude dos componentes da equipe. Pelo relato da conclusão, percebe-se claramente, que não houve uma passagem correta das informações na passagem de turno.

Na ATHEANA há uma tabela, que apresenta a seguinte característica de cenário na avaliação da situação: Informações perdidas. A descrição do cenário para essa característica é: Indicadores chaves podem ser perdidos devido à falha nos sensores ou falta de sensores ou falta de pessoal para informar o que ocorre na planta.

### **7.2.3 Conclusões com base no Estudo de Caso**

- As tabelas da ATHEANA foram úteis para analisar todas as conclusões do ORO 11.2001. A ATHEANA fornece uma visão diferenciada dos eventos, ao analisá-los, fortalece a AEOI e dinamiza o plano de treinamento [20].

Na análise do ORO 11.2001 verifica-se a presença das falhas organizacionais, que comprovam os resultados apresentados pela NRC no Capítulo 4. Procedimentos não adequados: a chefia da UN deve planejar a revisão dos procedimentos; Competências que precisam ser trabalhadas e

melhoradas nos operadores: a gerência da planta e a Divisão de Treinamento devem inserir e reforçar o trato dessas competências no treinamento ou retreinamento; Protocolos verbais de informação na passagem de turno: a gerência da planta deve elaborar protocolos informacionais necessários à passagem de turno. Questões não tão graves, mas que causaram um evento.

- A AEOI requer um estudo cuidadoso. À primeira vista no ORO 11.2001, há uma tendência de se considerar como causa raiz do evento, falhas humanas na operação, pela não aderência aos procedimentos, pela não percepção da taxa de aquecimento, por omitir ou não detalhar as informações na passagem de turno [59]. Na análise minuciosa do evento, verifica-se que esses erros humanos são desdobramentos de falhas organizacionais, de procedimentos não adequados, de deficiências que necessitam ser tratadas no treinamento. Mais uma vez, os resultados apresentados no Capítulo 3 são comprovados no ORO 11.2001.
- Este trabalho, ao estudar uma proposta para aperfeiçoar a modelagem do SAT, Figura 6.1, colocou a inserção da AEOI como base relevante de informação ao SAT [5], tornando-a ferramenta de suporte do plano de treinamento. A AEOI, como exemplo, aplicada ao ORO 11.2001 permitiu levantar pontos fracos no treinamento dos operadores e do pessoal da planta em geral; apresentou questões outras, relativas ao desempenho gerencial, que são objetos de treinamento específicos aos gerentes.
- O conceito de barreiras do SADH [7] está presente no ORO 11.2201. Os procedimentos e as práticas de trabalho (passagem de turno adequada) são barreiras administrativas que foram quebradas. As práticas de trabalho envolvem competências que devem ser exercitadas nos programas de treinamento, assim sendo, a barreira treinamento também ruiu [58].

### **7.3 Conclusão**

Este capítulo mostra a complexidade que envolve o evento ocorrido no ORO 11.2001, que tem quatro causas raízes: organização, procedimento, humana e treinamento [59]. A análise do evento mostrou que deficiências organizacionais estão por trás das causas do evento, para suprimir tais causas, essas deficiências precisam ser resolvidas. Fica claro, que os aspectos organizacionais trazem consigo situações ocultas (latentes), exemplo:

- Os conflitos entre os procedimentos foram descobertos através do evento.

- Caso o evento não tivesse ocorrido, os procedimentos já teriam sido verificados?
- Como se descobriria que os procedimentos são conflitantes?
- Como a Divisão de Treinamento que utiliza esses procedimentos verificaria esse conflito?

Cabe aqui uma observação: As quatro causas raízes citadas incluem a humana. A UNA1 considerou a causa raiz humana. Os demais especialistas entenderam que nesse ORO o erro humano existiu, entretanto, houve uma forte influência dos precursores: procedimentos, treinamento e questões organizacionais. Devido a isto, não consideraram, nesse evento, a causa raiz humana.

Com base no desenvolvimento do trabalho, a UNA1 deve considerar e incluir na análise dos ORO, as causas raízes: Organizacional e Treinamento. Essa inclusão amplia o campo de ação do SADH [7], da AEOI e, por consequência, da fase de análise do SAT [5].

A análise do ORO 11.2001 serve como parâmetro de reflexão para qualquer outra UN [59]. Além disso, o estudo realizado pela NRC, que validou a AEOI da UNA1, comprova os cenários e as questões apresentadas no ORO 11.2001 [51].

## **CAPÍTULO 8 ESTUDO DE UMA PROPOSTA PARA O PLANO DE TREINAMENTO**

Neste capítulo é apresentado o estudo de uma proposta para o plano de treinamento da UNA1. Esse estudo proposto pode ser utilizado em qualquer outra UN. O estudo une os métodos e técnicas tratadas neste trabalho e tem como ferramenta de suporte a utilização da AEOI, validada pelo estudo da NRC, no NUREG-6753.

### **8.1 Estudo Proposto para o Plano de Treinamento**

#### **8.1.1 Considerações**

- A AEOI pode ser considerada uma técnica, por ser uma maneira de fazer algo, com base em documentos, que mostram realisticamente a condição operacional da planta. A AEOI tem por fundamento a opinião qualitativa de especialistas, com base no ORO;
- O estudo atende ao plano de treinamento em geral. O estudo não é direcionado somente ao treinamento dos operadores (funcionários da afeitos à sala de controle ou funções específicas na planta). A AEOI da UNA1 mostra que as questões pertinentes ao treinamento estão presentes e dispersas na organização: operação, instrumentação e controle, manutenção, gerência, terceirizados, etc. Esses resultados apresentados na AEOI da UNA1 são similares aos apresentados no NUREG-6753 [51];
- O estudo não foca o treinamento apenas no aspecto técnico, também considera as competências, entre elas, a atitude (emoções, sentimentos, crenças e valores, que determinam as maneiras pelas quais as pessoas interagem com seu trabalho e com as pessoas) [5] [27]. Observa-se que a competência atitude aborda a parte comportamental da pessoa;
- O estudo, além de tratar o fator técnico e comportamental, considera que o plano de treinamento deve tratar o desenvolvimento organizacional em diversos níveis: chefia, supervisão e gerenciamento em suas diversas escalas. Esse ponto está atrelado à primazia das causas raízes Organizacionais, primeira no grau de importância, Tabela 4.11;
- O estudo considera o SADH atrelado à AEOI. Isso se deve ao fato de que o SADH analisa os aspectos humanos e os aspectos ligados aos sistemas, equipamentos, gerência, procedimentos, tarefas, competências, ergonomia, etc [7];
- O estudo procura atender às necessidades de uma UN, aos organismos nucleares internacionais e aos requisitos do órgão regulador.



### **8.1.2 Estudo Proposto**

No estudo, Figura 8.1, os seguintes aspectos são considerados:

- O universo da AEIO indica que a AEIO, a análise de eventos através do SADH [7] e a utilização da ATHEANA e de suas tabelas [20] devem ter uma integração. Essa integração permite aprimorar a identificação das causas raízes, base da AEIO. As informações obtidas no universo da AEIO permitem a qualquer UN formar um banco de dados que atenda aos interesses da organização;
- A fase de análise do SAT estrutura o desenvolvimento das demais fases [5]. O ACT/ATT [55] [56], método de análise de tarefas, parte integrante da fase de análise do SAT permite a análise do trabalho, das tarefas e das competências (conhecimento, habilidade e atitudes) ligadas às tarefas [5] [55] [56]. As análises devem ser desenvolvidas com critério e objetividade, para que as competências sejam bem identificadas. As necessidades e as competências são convertidas em objetivos na fase de projeto do SAT [5]. O SAT [5] trata tais competências no plano de treinamento que, com o passar do tempo, devem ser revistas, atualizadas e realimentadas, com o objetivo de alcançar a mestria [27] no trabalho;
- A mestria está ligada ao aperfeiçoamento das competências e, essa visão, é ampliada no estudo [27]. Este trabalho considera mestria a capacidade de realizar o trabalho, tarefas+competências dentro de padrões de confiabilidade e segurança [27]. A mestria aproxima, Figura 8.2, a tarefa da atividade, o trabalho prescrito do trabalho real. Essa aproximação melhora o desempenho do trabalho realizado;
- A Figura 8.2, que complementa a Figura 8.1, apresenta a mestria como uma interface qualitativa;
- Ao se desenvolver continuamente as competências, deve-se alcançar a mestria, e minimizar os possíveis efeitos nocivos da distância tarefa/atividade. O efeito final esperado é obter o fator mestria no trabalho realizado [27]. O estudo do prescrito/real não faz parte dos objetivos deste trabalho, mas o estudo procura alertar que tal questão é importante.

### **8.1.3 O Estudo e a Divisão de Treinamento**

Conforme demonstrado na RPS de Angra 1 [9], a Divisão de Treinamento, possui um programa de treinamento desenvolvido para as diversas áreas da UNA1, que atende aos organismos nucleares internacionais.

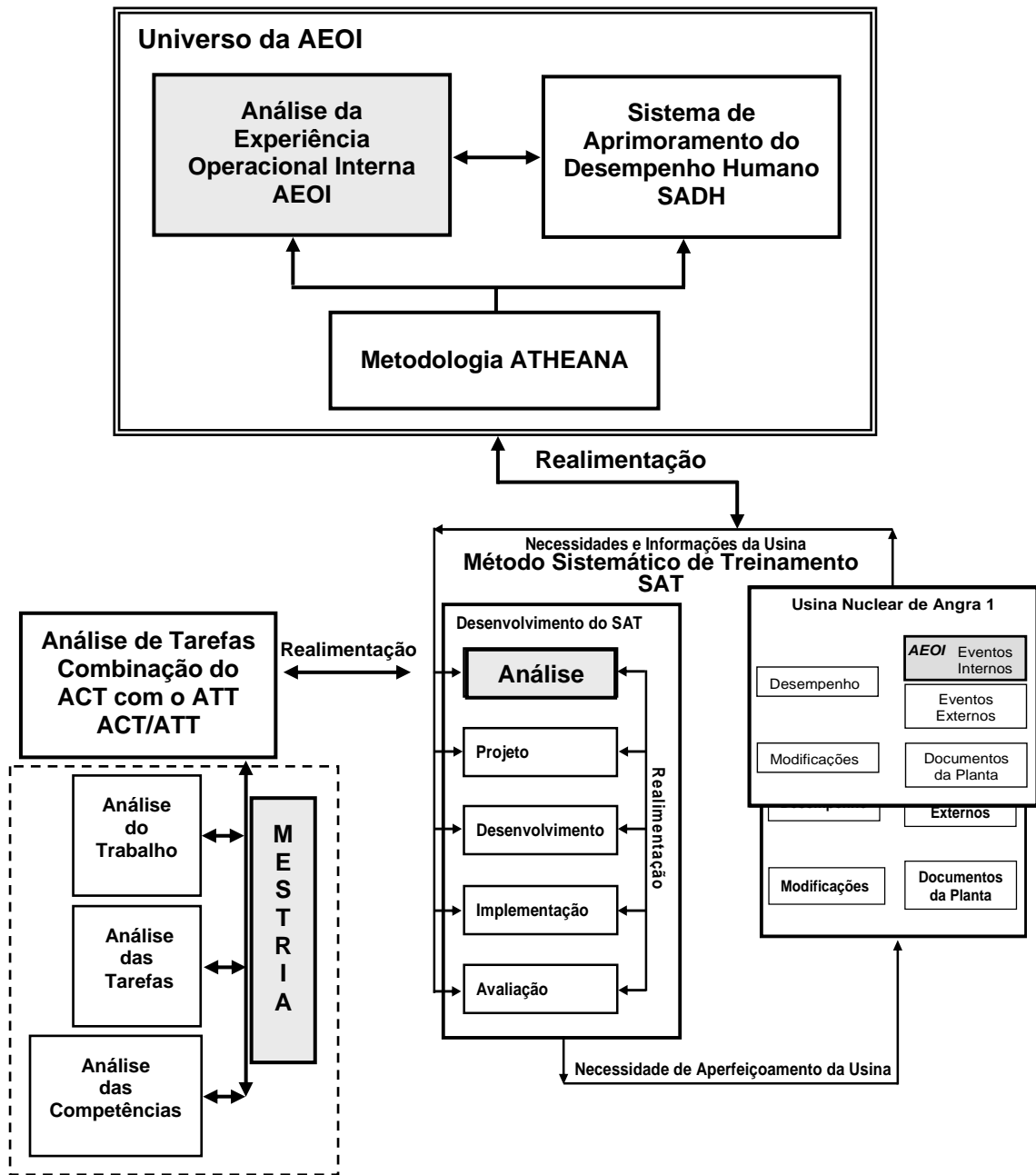


Figura 8.1 Estudo Proposto – UNA1

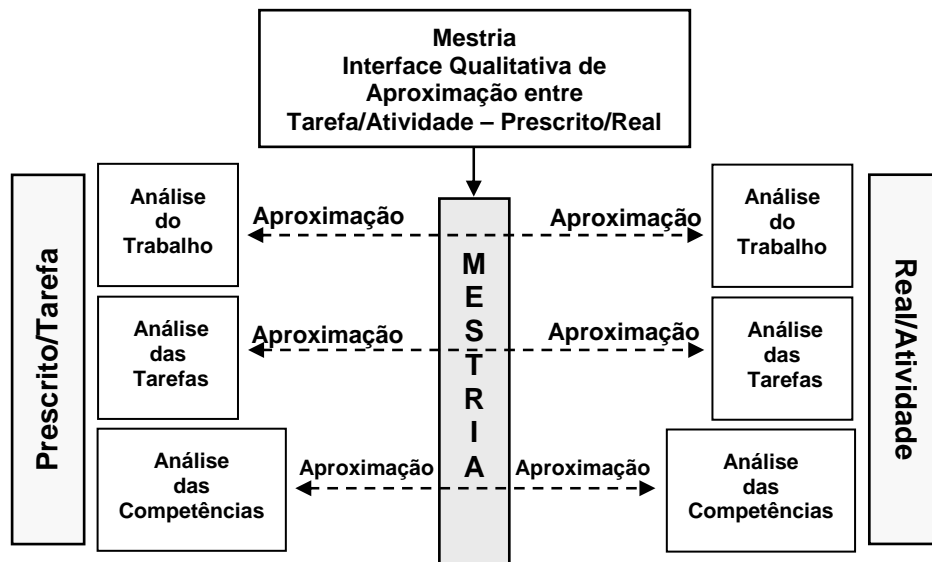


Figura 8 2 Aproximação Tarefa/Atividade

Além disso, a UNA1, por recomendação da IAEA, está implantando o SAT [5]. Como já dito, a experiência operacional interna é tratada pelo SAT [5]. Então, o que muda com o estudo apresentado?

#### **Primeira Mudança:**

A valorização da AEOI, que passa a ser uma ferramenta de suporte na elaboração do plano de treinamento. Ferramenta no sentido de:

- As ocorrências operacionais devidamente registradas e analisadas na AEOI servem de indicadores dos pontos vulneráveis da UNA1. Exemplo: Em alguns sistemas, verifica-se, que a operação e a manutenção, apresentam maior fragilidade ao lidar com os mesmos. Os módulos de treinamento desses sistemas podem tratar essas fragilidades; Uma questão real, apresentada na AEOI, são os eventos que envolvem os amortecedores instalados nas tubulações dos sistemas. Estes amortecedores apresentam problemas na sua instalação e manutenção, além de serem utilizados indevidamente como ponto de apoio pelo pessoal terceirizado. A UNA1 desenvolverá ações de treinamento e providenciará as alterações nos procedimentos;
- A utilização do SADH [7] e da ATHEANA [20] integrados à AEOI aumenta a sensibilidade na identificação das causas dos eventos que têm por base a relação homem/sistema. Esta relação ocorre através de interfaces complexas, caso dos operadores; ou através de interfaces menos complexas, na relação direta com os sistemas, caso dos técnicos, que podem ter como interface um procedimento de manutenção;

- A AEOI considera diversas causas raízes ligadas à manutenção, projeto, procedimentos, etc, cujas consequências, devem ser tratadas nos módulos de treinamento. Exemplo: Se um determinado neutro de uma instalação elétrica da planta, que deveria servir a um único trem de um sistema, indevidamente serve a dois, essa situação deve ser alertada e tratada, por ocasião do treinamento nesse sistema. Além disso, o procedimento deve observar que na execução de serviços, os técnicos devem atentar para tal situação existente.

A primeira mudança mostra que a AEOI é uma ferramenta de suporte que pode colaborar com a Divisão de Treinamento e o Gerenciamento da planta, na execução de um plano de treinamento que trate realisticamente a UN. Há necessidade de que a UN e, sua Divisão de Treinamento, quebrem a valorização tecnicista, comportamento que pode ser considerado hereditário dentro de plantas complexas ou não. A AEOI apresenta uma visão crítica da planta e, ao mesmo tempo, constrói o conhecimento acerca da planta, ao tratar o efeito e a causa.

Ao se valorizar a AEOI, a didática que os instrutores nos módulos do plano de treinamento sofre uma mudança, nas seguintes perspectivas:

- O treinamento permanece com seus objetivos técnicos, mas deve agregar os resultados da AEOI. Os instrutores na didática aplicada ao treinamento, devem incluir, além dos objetivos puramente técnicos, os resultados provenientes da AEOI, em suas diversas facetas.
- Os módulos dos treinamentos técnicos e não técnicos (organizacionais), devem ter o mesmo nível de tratamento e como ferramenta de suporte a AEOI. A AEOI da UNA1 (validada pelo NUREG- 6753) mostra em seus resultados, a importância de tal perspectiva.
- As perspectivas anteriores merecem atenção. No treinamento normalmente o instrutor ressalva a importância de cada componente e chama a atenção para os seus pontos críticos. Se essas chamadas fossem acompanhadas com exemplos de eventos operacionais reais, frutos de situações vivenciadas na planta, o processo seria mais realístico e mais produtivo.

### **Segunda Mudança:**

A utilização do método ACT/ATT na fase de análise do SAT, que se bem aplicado, com as tarefas objetivamente tratadas dentro da relevância das mesmas na AEOI, pode ser de grande auxílio na detecção de erros, ou de inadequações, ou de conflitos existentes nos procedimentos [55] [56]. Os procedimentos são conjuntos de tarefas apresentadas passo a passo, que precisam ser executadas, a fim de que o

objetivo do procedimento seja alcançado. Na análise da NRC [51] e na AEOI, os procedimentos são relevantes como causa raiz de eventos, Tabela 4.12.

O ACT/ATT na fase de análise do SAT trata as competências relativas às tarefas e, entre essas, está a de atitude, que trata os aspectos comportamentais [5]. Esses aspectos podem ser integrados aos módulos de treinamento, por exemplo, ao treinamento do desempenho humano, gerentes e empregados em geral [9]. Acrescente-se que o tratamento das competências em suas diversas facetas atende às perspectivas da análise da confiabilidade humana de segunda geração.

#### **Terceira Mudança:**

A ligação, AEOI-SAT-ACT/ATT-SADH, tem os seguintes aspectos:

- Apresenta diversas informações sobre as causas que, em seus vários graus ocasionaram o evento;
- Realiza a análise do trabalho, das tarefas e das competências;
- Trata as falhas técnicas e os erros humanos envolvidos no evento, sejam eles causas raízes ou não;
- Analisa os tipos de erro, mecanismos de erro, fatores delimitadores do desempenho humano, descritos nas tabelas da ATHEANA [20].

Todas essas informações podem ser tratadas em um banco de dados com arquitetura própria para absorvê-los, dados que serão úteis à Divisão de Treinamento, à UN em todas as áreas e ao órgão regulador. A integração do banco de dados ao estudo anterior está na Figura 8.3.

Observa-se que o banco de dados, no universo da AEOI, recebe informações da AEOI, SADH e ATHEANA. O universo da AEOI tem uma realimentação com o SAT que, por sua vez, tem uma realimentação com o ACT/ATT. Assim, o banco de dados, ao receber informações do universo da AEOI, deve receber também, informações das fases do SAT e, do ACT/ATT.

Essas três mudanças fazem com que as questões não tão técnicas, mais organizacionais, que ficavam em uma espécie de limbo, como se não fossem pertinentes ao treinamento, sejam tratadas no plano de treinamento. Para que isso ocorra, foi desenvolvida, tratada e analisada a ferramenta AEOI, com base nas informações da planta, relatadas pelo documento ORO. A relevância da AEOI, no estudo proposto, é reforçada através das afirmações extraídas dos relatórios elaborados pelos organismos nucleares internacionais. Exemplo:

IAEA: Os países membros da IAEA reconhecem que, quando é possível, o pessoal experiente da planta deve ser escolhido como instrutor, não só pelos conhecimentos técnicos, mas também pela experiência operacional [58].

NRC: Fontes de informações documentadas podem ser revistas para identificar ações humanas pós-iniciadoras, entre essas fontes, a experiência operacional [60].

NRC: O analista deve coletar informações ou questões específicas da planta, especialmente experiência operacional, que são necessárias para atender às especificidades da ATHEANA [61].

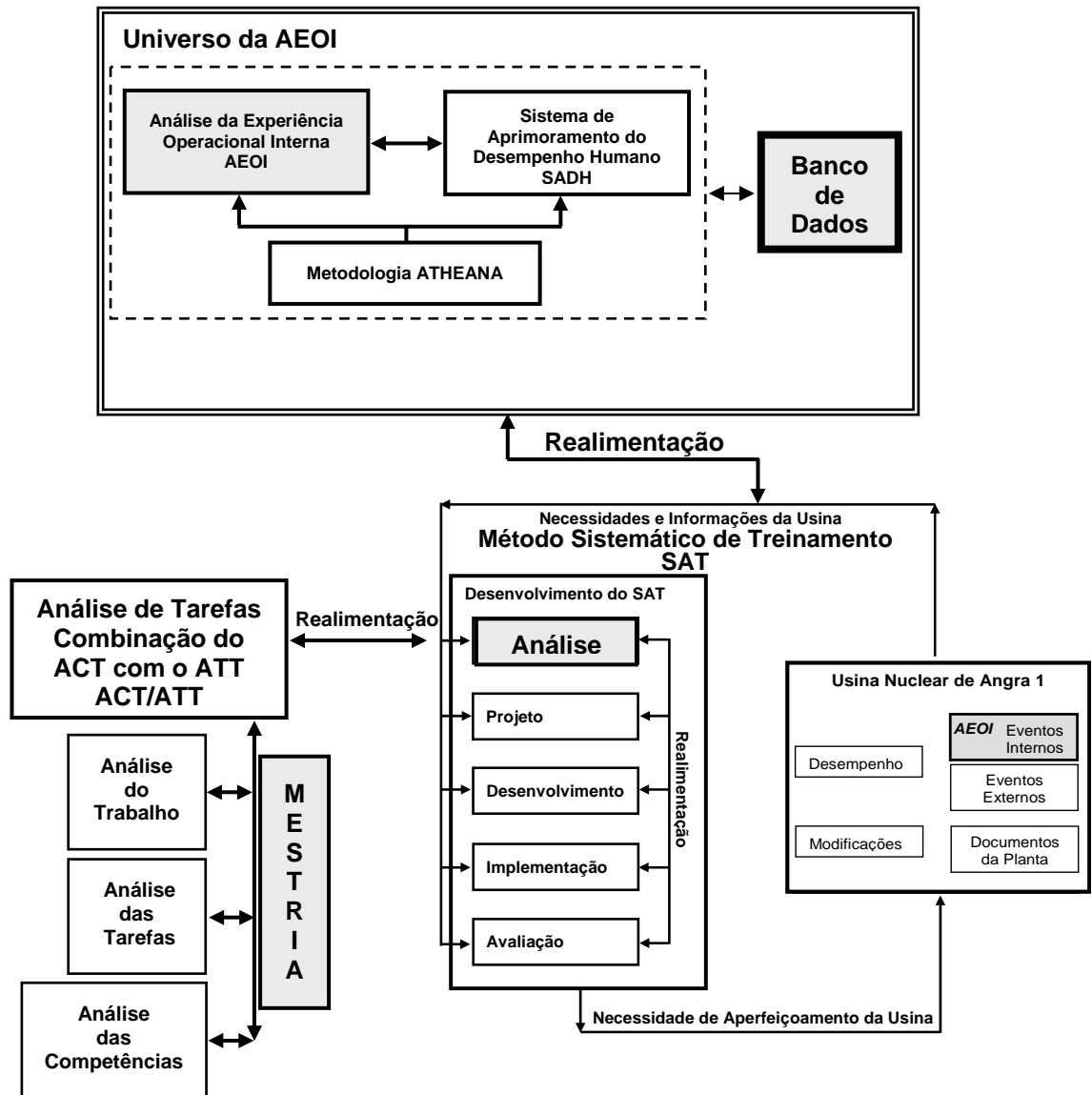


Figura 8.3 Estudo Proposto com Banco de Dados – UNA1

IAEA: A experiência operacional é usada para revisar e atualizar os programas de treinamento desenvolvidos com a utilização de uma abordagem sistemática [52] (neste trabalho utiliza-se o SAT). A análise da experiência operacional da planta pode indicar se o padrão de desenvolvimento dos trabalhos na planta é diferente dos padrões utilizados no treinamento [62].

Os exemplos anteriores validam a linha principal deste trabalho e o estudo apresentado.

#### **8.1.4 Aspectos Relevantes no Estudo**

A análise das tarefas e as informações pertinentes obtidas atendem tanto ao SAT como ao SADH, o que deve simplificar a arquitetura do banco de dados que guarda as informações acumuladas.

É importante registrar que o Passo Seis da ATHEANA trata a análise dos desvios significativos dos parâmetros de uma planta [20]. A análise dos desvios, na perspectiva do comportamento humano, tem ligações com as tabelas da ATHEANA. Essas ligações são estabelecidas na fase cognitiva do operador (detecção, avaliação da situação, planejamento da resposta) e na análise dos tipos de erro, mecanismos de erro e fatores delimitadores.

A ATHEANA, ao analisar essas ligações, pode necessitar das informações sobre as tarefas e recorrerá ao mesmo banco de dados. A análise dessas ligações agrega valor à AEOI e pode ser utilizada para complementar o desenvolvimento dos cenários apresentados nos módulos de treinamento voltados aos operadores. Nada impede que esses cenários sejam estendidos aos módulos de treinamento de outras áreas, exemplo, instrumentação e controle e manutenção.

Outra questão, importante para qualquer UN, não tratada neste trabalho, é que o banco de dados proposto no estudo, pode fornecer dados para a análise da confiabilidade humana e a análise probabilística de segurança. Estas duas análises são recomendadas às UN pelos organismos nucleares internacionais e fazem parte de exigências dos órgãos regulatórios.

#### **8.1.5 O Estudo e o Sistema Sócio-Técnico**

O estudo proposto é desenvolvido com base na AEOI (validada pelo NUREG-6753) e de métodos ou técnicas integradas à AEOI, que valorizam a experiência operacional. A AEOI analisa as diversas causas de um evento, entre elas as causas raízes. As causas raízes apresentadas no Capítulo 4 (organizacionais, técnicas, treinamento, etc) agregam aspectos técnicos, aspectos humanos e a combinação desses dois aspectos. O estudo apresentado neste capítulo considera as questões técnicas da planta, o subsistema técnico e as questões pessoais, interpessoais e organizacionais da planta, subsistema social. A junção do subsistema técnico com o subsistema social é o sistema sócio-técnico.

A RPS de Angra 1 apresenta módulos de treinamento dentro do subsistema técnico e do subsistema social [9]. Os módulos ligados ao subsistema social tratam

dos aspectos gerenciais na tomada de decisão; dos aspectos pertinentes aos empregados em geral, dentro dos diversos níveis, onde o assunto segurança, entre outros é discutido; dos aspectos ligados ao desempenho humano; e de treinamentos específicos que visam o desenvolvimento humano.

Ressalte-se mais uma vez que há uma tendência do plano de treinamento ser voltado à parte técnica, principalmente em organizações que lidam com alta tecnologia em seus processos produtivos [42]. A UNA1 e a DITR.O precisam atentar para os resultados da AEOI, que são claros, inequívocos e frutos da documentação da planta, no que diz respeito à diversidade e à complexidade dos problemas analisados com base na determinação das causas raízes.

O cenário anterior, similar ao do relatório da NRC [51], mostra que o plano de treinamento precisa atender, com eficiência, à operação, às funções técnicas e às não técnicas de uma UN. Acrescente-se que os instrutores devem ser treinados nas novas perspectivas do estudo apresentado, a didática aplicada deve se adequar às perspectivas, que incorporam o sistema sócio-técnico.

## **8.2 Comentários**

No estudo, a AEOI tem por base o ORO. A seguinte pergunta pode ser feita: Por que só o ORO? Por que outros documentos não foram analisados?

O ORO foi tomado como base da AEOI devido ao fato de esse documento ser de envio obrigatório ao órgão regulador. O ORO informa, descreve e analisa eventos que, devido a sua importância, têm de ser relatados ao órgão regulador.

Outros documentos poderiam ser considerados na AEOI, como exemplo o RES. A inclusão de mais documentos permite a análise de outros eventos. Essa ação enriquece a experiência operacional da planta. Neste trabalho, o foco é o ORO, documento que relata os eventos mais importantes e mais graves, ocorridos na planta.

## **8.3 Conclusões**

Este capítulo que estudou uma proposta para o plano de treinamento, aliado aos capítulos anteriores, permite conclusões relevantes. Essas conclusões podem:

- Auxiliar no entendimento do estudo proposto;
- Mostrar pontos relevantes na implementação de um plano de treinamento em uma UN;
- Mostrar aspectos que podem dificultar essa implementação.

Além dos pontos acima, essas conclusões são base para as conclusões finais e recomendações, bem como, para propostas de trabalhos futuros (próximo capítulo). As conclusões são pontuadas por capítulo e incluem este capítulo.



### 8.3.1 Usina de Angra 1

No site da Eletronuclear está a seguinte pergunta [28]:

Que providências estão sendo tomadas para ampliar a vida útil de Angra 1 que já está há mais tempo em funcionamento?

No mesmo site da Eletronuclear está a seguinte resposta [28]:

“A vida útil das usinas é em média de 40 anos. Entretanto, a robustez do projeto das usinas similares a Angra 1 permite prorrogar suas vidas úteis, a exemplo de dezenas de usinas americanas com o mesmo projeto da brasileira. A extensão de vida útil das usinas nucleares é uma estratégia adotada em diversos países como alternativa à construção de novas usinas. Normalmente, a renovação de licença prolonga a vida da usina em mais 20 anos, representando, para a operadora, um período de receita com o investimento inicial já amortizado. A Usina Angra 1 comemorou o 23º aniversário do início de sua operação comercial, em janeiro de 2008, no auge do desenvolvimento de ações que otimizarão seu desempenho, o que por sua vez ampliará a vida útil da usina por mais 20 anos. A troca dos Geradores de Vapor é uma dessas medidas. Para a Eletronuclear, essas ações são prioritárias e resultam de um amplo estudo das condições de operação da Usina e de suas necessidades em longo prazo, a exemplo do que vem ocorrendo em várias plantas do mundo.”

A resposta acima deixa claro que a UNA1 tem suas perspectivas dirigidas para a extensão do tempo de operação da usina. A extensão de vida útil não é um processo simples, pela complexidade da tecnologia envolvida, pelas questões de segurança e por envolver todo um processo de análise e aprovação por parte do órgão regulatório. De qualquer modo, considerando a vida útil média de 40 anos e seu 23º aniversário, há pelo menos 17 anos de operação pela frente, isso quer dizer, estar provavelmente ativa até 2025. Pode-se concluir que:

- A escolha da UNA1 no desenvolvimento deste trabalho foi acertada, não só pelos motivos expostos no Capítulo 2, como também: pelo período que a UNA1 provavelmente vai operar dentro da sua vida útil e pela possibilidade da extensão de sua vida útil. Essa questão envolve outras UN no mesmo contexto, que operam em outros países;
- A área de treinamento da UNA1 e das UN na mesma situação terá, por força das mudanças técnicas, que lidar com novas necessidades (fase de análise do SAT) que deverão ser implantadas no plano de treinamento vigente. A implantação tem a finalidade de capacitar o pessoal da UN em relação às mudanças que serão efetuadas. Independentemente disso, as UN terão de inteirar-se continuamente da evolução dos métodos e técnicas recomendadas pelos organismos nucleares internacionais, para a

área de treinamento. As UN também terão de atender, com base nessa evolução, os requisitos dos órgãos regulatórios.

### **8.3.2 Treinamento**

A estrutura da DITR.O, vista no Capítulo 2, mostra a complexidade que envolve a área de treinamento de uma UN. Essa complexidade se deve: às várias funções existentes nas UN; aos vários cursos e treinamentos específicos inerentes a cada função; à quantidade de funcionários existentes na usina; aos diversos graus de conhecimento, mais específicos ou menos específicos, necessários aos funcionários; à existência de empresas terceirizadas em diversos momentos e locais da usina, cujos funcionários precisam se familiarizar com a usina e receber treinamentos adequados. Além disso, o treinamento pode ser considerado uma barreira administrativa que colabora para a segurança da UN.

A DITR.O ou a área de treinamento de qualquer UN tem o compromisso de acompanhar as orientações emanadas pelos organismos nucleares internacionais e de cumprir as normas, exigências e posições regulatórias. Além dos programas de treinamento geridos pela DITR.O, são realizados nas instalações da UNA1 outros treinamentos, citados no Capítulo 2, que não são diretamente vinculados à DITR.O. Pode-se concluir que:

- A DITR.O, através do plano de treinamento, tem um compromisso direto com a segurança da UNA1. Um plano mal executado é considerado pela ATHEANA [20] um fator delimitador do desempenho humano, que pode se transformar em precursor de um ou mais eventos;
- A DITR.O não trata apenas de programas de treinamento voltados à operação; seus programas são dirigidos para todas as funções da planta; Na leitura dos relatórios nucleares, verifica-se a tendência de focar com mais intensidade o tema treinamento na operação. Sem dúvida, a sala de controle é um ponto de destaque nas UN, contudo a AEOI mostra que os eventos e suas causas raízes envolvem diversas áreas;
- Não há uma coordenação de todos os treinamentos na DITR.O. A UNA1 realiza treinamentos específicos em suas instalações, quando a administração da planta verifica que, para o aperfeiçoamento do seu pessoal, esses treinamentos são necessários;
- As duas primeiras conclusões envolvem a UNA1 e, outras UN, com a mesma estrutura organizacional. Quanto a não haver coordenação única dos treinamentos, a NRC e IAEA não se pronunciam a respeito, apenas colocam que o treinamento deve ter como objetivo a segurança e a

confiabilidade da planta [63] [65]. A NRC e IAEA chamam a atenção para o fato de que os planos do programa de treinamento devem merecer atenção do alto nível gerencial da organização [63] [65]. Nas recomendações essa questão será tratada sob o ponto de vista da moderna gestão de treinamento [4], que poderá ser aplicada em qualquer UN.

### 8.3.3 Procedimentos

Os procedimentos são interfaces intensamente utilizadas pelos funcionários das UN. São utilizadas: nas ações operacionais dos funcionários em seus vários postos de trabalho e funções e como material de apoio didático aos programas de treinamento. Existem os procedimentos determinísticos e os *background*, tratados no Capítulo 3, estes últimos com uma grande carga cognitiva. Na análise de importância da AEOI, Tabela 4.7, a Causa Raiz Procedimento ocupa a terceira posição, no grau de importância, conforme julgamento dos especialistas. Além das considerações anteriores, destaca-se que procedimentos corretos e bem elaborados não eliminam as falibilidades nas ações operacionais. Pode-se concluir que:

- Os procedimentos presentes nas ações operacionais e no apoio ao treinamento, se não forem elaboradas adequadamente, podem ser precursoras de eventos que colocam em risco a segurança das UN;
- As situações causadas por erros, inadequações e conflitos existentes nas interfaces procedimentos merecem atenção, visto que essas situações podem se transformar em eventos que afetam a segurança de uma UN. Alguns desses eventos devem ser relatados ao órgão regulatório. Na UNA1 o relato é feito através do ORO;
- Os procedimentos não são impeditivos aos erros humanos, conforme mostrado no Capítulo 3. Essa conclusão está clara na ATHEANA, que diz, por exemplo [20]: existem certos cenários que confundem o operador na utilização do procedimento correto. Essa conclusão não deve ser focada apenas na operação, deve ser estendida a todas as funções que envolvem o pessoal da planta;
- Os relatos dos eventos, através dos ORO citam, com certa constância, questões de diversas ordens, que fragilizam a utilização dos procedimentos. Essa fragilidade não é restrita à operação e estende-se às demais funções da planta;
- Os procedimentos são materiais utilizados didaticamente no treinamento. Os resultados apresentados na AEOI e no relatório da NRC [51], na Tabela 4.13, mostram a importância do binômio treinamento/procedimento.

### **8.3.4 Análise da Experiência Operacional Interna**

Os resultados da NRC, no NUREG-6753, no Capítulo 4, são similares aos resultados da AEOI da UNA1 e validam os mesmos [51]. Os resultados apontam as questões organizacionais, manutenção/técnica e a junção procedimento + treinamento, como as mais relevantes. A Causa Raiz Humana não é uma questão de destaque.

A questão organizacional traz como cenário a existência das falhas latentes, fato validado pelo NUREG-6753 [51]. Esse cenário apresenta uma variedade e complexidade de problemas presentes nas diversas áreas da UNA1, bem como, das UN americanas. Pode-se concluir que:

- As falhas organizacionais, causas raízes em alguns eventos, auxiliam a propagação de outras falhas, agem como precursores;
- A latência presente nas falhas organizacionais é um risco à segurança de uma UN. A latência encobre situações que provavelmente surpreenderão os operadores e técnicos de uma UN;
- Não há, no planejamento da DIRT.O, uma ação clara da inclusão do fator organizacional no plano de treinamento. A NRC preocupa-se com o tratamento das falhas latentes [51], portanto considera importante o fator organizacional e sua inclusão no treinamento;
- A experiência operacional é tratada pela DIRT.O conforme o Relatório Técnico RPS A1/05 [9], porém, percebe-se pelas recomendações contidas nos ORO, que a experiência operacional é intensificada nas reuniões, seminários e treinamentos específicos da UNA1, sem uma ligação definida com a DIRT.O. Os relatórios da NRC e da IAEA indicam que as UN praticam essa linha de ação [63] [64] [65];
- A AEOI é uma ferramenta que analisa realisticamente o contexto de uma UN e apresenta as fragilidades existentes na planta e na organização;
- A AEOI mostrou que a ação do homem linha de frente, na maioria das vezes, não é a causa principal, nem determinante nos eventos, há situações ou precursores que afetam essa ação.

### **8.3.5 Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano**

O SADH, apresentado no Capítulo 5, derivado da HPES foi desenvolvido, criteriosamente, pelos técnicos da ETN. Sua aplicação possibilita uma análise retrospectiva e prospectiva do evento. Sendo assim, atende aos princípios da análise da confiabilidade humana de segunda geração. O SADH é direcionado aos eventos relatados nos ORO, cujas causas raízes são humanas, além disso, auxilia a análise

dos seguintes fatores causais: organização, gerência, interfaces, treinamento, modificações na planta, sistemas, comportamento, etc.

O SADH trata as causas raízes e as causas secundárias (fator contribuinte, fator causal, fator comportamental e mudanças na planta) e, assim, enriquece realisticamente a análise do evento [7]. A análise realística evita distorções, percebe-se no evento relatado no Capítulo 7, que a causa raiz erro humano é atribuída sem um aprofundamento da realidade das questões relatadas no ORO. Pode-se concluir que:

- O SADH é derivado da HPES e foi desenvolvido pelo pessoal da ETN, seguindo um caminho adotado por outros países;
- O SADH, apesar de sua abrangência, é direcionado aos ORO. Poderia ser aplicado a outros documentos que tratem de desvios ou eventos. Essa visão pode se prender ao fato da aplicação do SADH ser trabalhosa;
- O SADH é direcionado aos eventos cujas causas raízes são humanas. Esta visão pode ser ampliada, pois a análise dos fatores causais realizada pelo SADH auxilia na identificação de outras causas raízes, não só a humana;
- A análise realística apresentada pelo SADH enriquece o evento. A tendência atávica de imputar ao homem linha de frente a responsabilidade pela ocorrência do evento, dentro da análise real de um cenário, pode ser minimizada;
- O SADH, na sua análise realística, contribui para o aprofundamento da AEOL;
- Todas as conclusões anteriores podem ser estendidas a todas as UN que utilizam a HPES ou métodos derivados da mesma.

### **8.3.6 Método Sistemático de Treinamento**

O Método Sistemático de Treinamento é um método bem estruturado para projetar e dar manutenção ao plano de treinamento de uma UN [5]. Foi recomendado pela IAEA à UNA1 e pode ser utilizado em qualquer área de uma UN. A fase de análise do SAT recebe especial atenção, conforme explicado no Capítulo 6. Essa fase desenvolve a análise de tarefas pelo método ATT/ACT, que pode ser aplicado ao SADH, por isso é possível utilizar um único banco de dados que atenda ao SAT e ao SADH.

A análise de tarefas do ATT/ACT não decompõe simplesmente as tarefas em subtarefas [5] [56], ao contrário, segue a recomendação do SADH, onde as tarefas são avaliadas e selecionadas [7].

O SAT e a NRC preocupam-se com as competências necessárias à execução das tarefas [5]. Se as tarefas são relevantes, suas competências são relevantes,

portanto, se tais competências não forem adquiridas, a segurança de qualquer UN, estará em risco.

O SAT, na sua modelagem original, considera os eventos internos e externos em uma só caixa [5]. A Figura 8.1 (estudo proposto) apresenta uma visão ampliada para a modelagem original do SAT, os eventos estão em caixas separadas. A análise dos eventos internos neste trabalho foi denominada AEOI. Pode-se concluir que:

- O SAT e o SADH realizam a análise de tarefas;
- No estudo proposto, a modelagem do SAT é ampliada, pois valoriza e incorpora a AEOI;
- O SAT estuda, analisa e trata as competências relativas às tarefas. A NRC recomenda que as competências recebam atenção e sejam desenvolvidas adequadamente [5];
- O SAT exige habilidade e conhecimento na sua aplicação devido ao grande número de procedimentos existentes nas diversas áreas de uma UN;
- Como consequência do número de procedimentos, há um grande número de tarefas e competências. O ATT/ACT responsável pela análise das tarefas, deve ser devidamente aplicado, selecionando as tarefas principais e subtarefas correspondentes [5] [56].
- A fase de análise dá sustentação ao desenvolvimento das demais fases do SAT [5], o que torna essa fase responsável por um plano de treinamento adequado.

### **8.3.7 ATHEANA**

A análise de um evento real, relatado no Capítulo 6, foi realizada com auxílio da ATHEANA [20]. Esta técnica de análise da confiabilidade humana de segunda geração trata a ação do contexto da planta sobre os trabalhadores e, incorpora os fatores organizacionais com o auxílio dos fatores delimitadores do desempenho humano.

Nas tabelas da ATHEANA são definidos, os tipos de erro e mecanismos de erro, em relação às características dos cenários e parâmetros, são definidos [20]. As tabelas auxiliam a análise de eventos e, são ferramentas, são ferramentas que auxiliam os profissionais que desenvolvem o SADH e o SAT a refletirem sobre o evento, seus precursores, sobre a realidade contextual da planta. Essa reflexão fortalece a AEOI e valida a utilização da ATHEANA.

A realidade analisada mostra que, entre as conclusões do evento relatado no ORO e as conclusões do evento na ótica da ATHEANA, há pontos discordantes. O relato do ORO enfatiza o erro humano e coloca o homem linha de frente como centro

do evento. A ATHEANA analisa outras perspectivas: Houve uma incorreta avaliação do cenário? O treinamento trata esse cenário? Há precursores ligados a procedimentos inadequados ou conflitantes? As competências foram devidamente trabalhadas? Pode-se concluir que:

- A ATHEANA amplia a visão dos critérios empregados na análise de eventos e, por isso, complementa as análises realizadas no SADH e no SAT, além de contribuir para o aperfeiçoamento da AEOI.
- As tabelas da ATHEANA são ferramentas objetivas que apresentam características peculiares dos cenários, que são de utilidade na reflexão sobre as causas dos eventos e agregam valor à AEOI.
- A integração SADH, ATHEANA, AEOI e realimentação através do SAT, ampliam a compreensão das ocorrências operacionais de uma UN, dos simples desvios ocorridos em parâmetros até os eventos de relato obrigatório.
- A ATHEANA pode ser aplicada a todos os setores de uma UN.

### **8.3.8 Estudo de uma Proposta para o Plano de Treinamento**

O estudo proposto para o plano de treinamento integra o SADH, a ATHEANA e a AEOI e essa integração foi denominada universo da AEOI, que tem um processo de realimentação com o SAT e com a análise de tarefa, conforme a Figura 8.1. No estudo, na caixa ACT/ATT, o conceito de mestria que está destacado, avança e passa a ser uma interface qualitativa, Figura 8.2, que aproxima a tarefa da atividade. Essa aproximação proporciona mestria ao trabalho realizado.

O estudo proposto atende às áreas da UNA1 ou de qualquer outra UN, não está submetida unicamente à parte técnica, nem somente à operação. Atende também às diversas funções da planta e ao desenvolvimento humano e organizacional da mesma.

Pode-se concluir que:

- A AEOI, validada pelo NUREG- 6753, no estudo proposto, é uma ferramenta de suporte ao plano de treinamento. Além disso, a AEOI analisa os eventos, suas causas, além de apontar os pontos vulneráveis da UN, inclusive, os organizacionais, presentes no evento.
- O estudo atende ao treinamento técnico, organizacional e ao do desenvolvimento humano; portanto tem uma visão sócio-técnica da UN;

- A interface mestria considera a gradação trabalho/tarefas/competências e a gradação contrária, competências/tarefas/trabalho, a fim de aperfeiçoar no treinamento as competências e, por conseguinte, o desempenho humano;
- O estudo, além de inserir a AEOI como ferramenta de suporte do plano de treinamento, incorpora métodos e técnicas mais recentes e quebra a ótica tecnicista, visão linear do treinamento; logo, influencia a didática utilizada no processo de treinamento.



## **CAPÍTULO 9 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Neste capítulo, as conclusões finais e recomendações mostram a relevância do estudo proposto para o plano de treinamento com inserção da AEOI, que neste trabalho é uma ferramenta de suporte ao plano de treinamento. Além disso, os estudos da NRC, desenvolvidos no NUREG-6753, que validaram a AEOI da UNA1, reafirmam tal importância (a experiência operacional faz parte dos programas de treinamento das UN, mas ainda não é tratada como uma relevante ferramenta de suporte).

A AEOI mostra com clareza os pontos mais críticos de uma UN, que devem ser inseridos e tratados no treinamento. Se esses pontos já estão inseridos no treinamento, a presença deles na AEOI é um indicador de que o plano de treinamento precisa ser revisto, pois tais pontos não foram devidamente absorvidos, ou bem compreendidos pelo pessoal da usina, ou a didática empregada no treinamento não é a mais adequada.

As conclusões finais são características apresentadas pela planta UNA1, que podem estar presentes em outras UN. As recomendações são pontuadas por capítulo e, procuram mostrar o que deve ser feito para aperfeiçoar o plano de treinamento. Além disso, as recomendações envolvem pontos que mostram a fragilidade das UN americanas e da UNA1, fragilidades que afetam inclusive a segurança da planta. Este capítulo apresenta também, propostas para trabalhos futuros.

### **9.1 Conclusões Finais e Recomendações**

#### **9.1.1 Usina de Angra 1**

Sabe-se que a UNA1 sofrerá uma otimização do seu desempenho com as seguintes ações: troca dos GV, modernização no projeto dos elementos combustíveis nucleares e melhoria na turbina [28]. A otimização é acompanhada de um aumento de potência que, apesar de plenamente absorvida pelo projeto atual, segundo a UNA1, poderá acarretar modificações nos parâmetros operacionais da UNA1 [22]. Essas modificações poderão provavelmente influenciar as funções desenvolvidas pelo pessoal da usina: operação, manutenção, instrumentação e controle, engenharia de sistemas, química e demais áreas de qualquer UN.

A UNA1 não possui simulador [9]. A operação terá como opção de treinamento, os treinamentos desenvolvidos pela DIRT.O e, provavelmente, o simulador gráfico interativo. O treinamento no simulador no exterior [9]. Outras áreas da usina, além da operação, provavelmente serão afetadas em suas funções, tarefas e competências,

devido às modificações técnicas e prováveis modificações operacionais que serão implantadas.

Conclusão final: a falta de um simulador na UNA1 prejudica o treinamento, pois não permite que os cenários relativos aos eventos ocorridos, sejam regularmente simulados com o pessoal da usina.

Recomenda-se:

- Rever o plano de treinamento devido aos seguintes pontos:
  - A troca e modernização tecnológica em alguns equipamentos e as melhorias em outros;
  - Os tempos que envolvem as tomadas de decisões operacionais poderão sofrer alterações específicas;
  - As tarefas poderão sofrer modificações na sua execução e nas respectivas competências.

Exemplo: as modificações podem gerar um mecanismo de erro no pessoal da planta, que é a tendência à expectativa, perante as modificações ocorridas [20]. Esse mecanismo afeta o comportamento, que afeta a competência atitude ao executar uma tarefa [16]. Essa situação deve ser ajustada no plano de treinamento da UNA1;

- Utilizar a AEOI como ferramenta de suporte na revisão do plano de treinamento, pois aponta os pontos mais sensíveis da UNA1. Essa recomendação está na Figura 8.1 onde a caixa AEOI eventos internos e a caixa modificações, alimentam o SAT e realimentam o universo da AEOI;
- Utilizar as recomendações anteriores para outras UN que estão no mesmo contexto ou poderão enfrentá-lo mais tarde. As UN fora desse contexto devem utilizar a AEOI como uma ferramenta de atualização das condições reais da planta. Cabe lembrar que as mudanças são contínuas nas UN devido aos avanços da tecnologia, que necessitam ser analisados quanto as suas influências no plano de treinamento;
- A UNA1 deve ter seu simulador no Brasil, visto os anos de operação dentro da perspectiva de vida útil, somada a extensão da vida útil. Esse simulador será de grande valia para o aperfeiçoamento técnico da área nuclear no Brasil e para a segurança da UNA1.

### **9.1.2 Treinamento**

Através do desenvolvimento deste trabalho e, principalmente dos resultados do NUREG-6753, que validou a AEOI, fica claro que o plano de treinamento desenvolvido pela DIRT.O ou por qualquer outra UN, têm as seguintes características:

- Estrutura complexa;
- Abrangência, a fim de atender as diversas funções existentes na UN;
- Ligação permanente com os organismos nucleares mundiais;
- Pauta pelo compromisso com a segurança;
- Contato profundo com a tecnologia nuclear no âmbito da geração de energia elétrica;
- Submissão às exigências regulatórias.

Na moderna visão de treinamento, os fatores técnicos presentes nessas características devem ser tratados em conjunto com os humanos e organizacionais (sistema sócio-técnico) [4].

Outro aspecto importante, é que, no organograma da ETN, a gerência de desenvolvimento e capacitação, subordinada à superintendência de recursos humanos e à direção de administração e finanças, não se liga à DIRT.O. Essa estrutura organizacional, ocasiona uma cisão entre o treinamento técnico e o desenvolvimento humano e organizacional. Essa cisão pode estar presente em qualquer outra UN.

Conclusão final: o treinamento da UNA1 tem na sua estruturação uma cisão organizacional e, por isso, ainda não incorpora totalmente uma visão sócio-técnica da planta.

Recomenda-se:

- Migrar o plano de treinamento de uma postura tradicional para uma postura com base no desenvolvimento organizacional conforme a Tabela 10.1 [4]. A tabela apresenta três aspectos relevantes [4]:
  - Primeiro: a utilização da didática solução de problemas que pode ser aplicada a uma UN, com base na AEIOI, que fornece uma série de eventos reais que podem ser analisados durante o treinamento.
  - Segundo: a utilização do sistema social, que valida a importância dada ao sistema sócio-técnico neste trabalho.
  - Terceiro: o processo de aprendizagem cognitivo, racional, emocional-motivacional, pode ser relacionado às competências, conhecimento, habilidades e atitudes [5] [56] e aos mecanismos de erro [20].
- Coordenar na DITR.O a execução de todo o plano de treinamento, bem como, coordenar ou participar de forma ativa nos treinamentos praticados na planta da UNA1, chamados neste trabalho de outros treinamentos, Capítulo 2. Essa não integração, agrava a cisão organizacional.

A ação de coordenação na DIRT.O propõe que na UNA1 ou em outra UN, deveria existir a caixa de Desenvolvimento dos Recursos Humanos, com a função de unificar as atribuições relativas [4]: ao treinamento, ao desenvolvimento dos recursos humanos<sup>23</sup> e organizacionais<sup>24</sup>. Essa ação fortalece o treinamento e o processo de migração proposto.

Tabela 10.1 Comparação entre a Postura Tradicional e a Postura com base no Desenvolvimento Organizacional

Dimensão	Tradicional	Desenvolvimento Organizacional
Focalização	No indivíduo	Nas relações interpessoais: equipes, grupos de trabalho, relações intergrupais, relações superior – subordinado.
Conteúdo	Habilidades técnicas e administrativas	Habilidades interpessoais e de participação grupal: comunicação, solução de problemas, administração de conflitos.
Processo de Aprendizagem	Cognitiva e racional	Cognitiva, racional, emocional-motivacional.
Didática	Centrada no professor e na matéria	Participativa, solução de problemas, e centrada na população e matéria.
Objetivos da aprendizagem	Racionalidade e eficiência	Conscientização, adaptação e mudança.
Visão organizacional	Unidades discretas de habilidades funcionais	Sistema Social (Sistema sócio-técnico).

- Evitar a cisão organizacional. A AEOI mostrou que questões técnicas, performance humana e aspectos organizacionais estão presentes no mesmo evento.

Reforçando as recomendações acima, foi selecionada a Informação 106, de 2008, disponível no site da ETN [28]:

“Mesmo num mundo com processos de alta tecnologia e equipamentos de última geração, a intervenção humana torna-se cada vez mais um fator primordial para o correto desempenho desses sistemas. Indicadores da AIEA e da Wano apontam que mais de 70% dos eventos que acontecem na área nuclear são causados por falha humana. Estudos mais recentes revelam que este índice pode chegar a mais de 80%.”

“Desde o final de 2007, está sendo realizado um novo ciclo que inclui, entre as suas ações, o treinamento de performance humana para mais de 1.100 empregados. O trabalho está sendo desenvolvido pelas duas usinas e pela área de Recursos

<sup>23</sup> Aprimoramento a médio e longo prazo dos recursos humanos disponíveis (prepara os recursos humanos disponíveis para os cargos ou funções) [4] [61].

<sup>24</sup> Aplicação de estratégias de mudança visando à saúde e excelência organizacional (educa os recursos humanos disponíveis no âmbito organizacional – ambiente dentro do trabalho e no âmbito da vida – ambiente fora do trabalho) [4] [61].

Humanos, com o apoio da Comunicação. Desta vez, o trabalho começou por Angra 2 e faz parte de uma série de ações de melhoria, em consonância com o planejamento estratégico da empresa e também atendendo às recomendações da revisão WANO, de 2006. Estão participando do processo os bombeiros, o pessoal da segurança física, o corpo gerencial, além de toda a equipe técnica e a operacional das unidades, explica Maria Ignácia Rodrigues Vieira, gerente de Desenvolvimento e Capacitação da ETN.”

“O uso de algumas ferramentas comportamentais está sendo reforçado e os procedimentos, reescritos. “Muitos dos conceitos de melhoria da performance humana já fazem parte do dia-a-dia da indústria nuclear há muito tempo, mas reciclá-los é uma necessidade. Por exemplo, já fazemos reuniões pré e pós-trabalho, verificações independentes, além de outras ações que nos ajudam a prevenir erros. O treinamento atual reforça o entendimento desses conceitos”, conta Ricardo Luís Pereira dos Santos, superintendente adjunto de Angra 2.”

“Totalmente comprometida com o sucesso da campanha em andamento, Angra 1 passou por uma ação semelhante há cinco anos. “Naquela época, usando exemplos de usinas americanas, foram tomadas iniciativas para mudar o comportamento e as atitudes das equipes e reduzir os índices de falhas humanas. No início, foi muito complicado, pois sair da inércia é difícil”, relembra Marcos Melo de Souza, gerente de Operações e coordenador de Performance Humana de Angra 1.

O processo está tendo boa aceitação na empresa e é esperado o envolvimento de todos os empregados. “A abordagem não é agressiva. Tem de ser suave e dar exemplo de que atitudes indevidas podem afetar a todos”, detalha Marcos Melo. Outro ponto importante deste novo ciclo é que, desde maio deste ano, a Eletronuclear conta com a participação de psicólogos no grupo que estuda a análise de causa raiz dos eventos ocorridos.”

“Os técnicos sentiam falta de um olhar comportamental mais especializado nas avaliações dos erros humanos. Por isso, o diretor de Operação e Comercialização, Pedro Figueiredo, determinou a criação desta função. O grupo de profissionais está sendo treinado”, diz Maria Ignácia. “Como as ações que estão sendo realizadas este ano envolvem mudanças de comportamento e atitude, a entrada deste profissional nas análises de eventos se tornou imprescindível para melhorarmos, cada vez mais, a nossa performance”, conclui o superintendente adjunto de Angra 2, Ricardo Santos.”

#### **Considerações sobre os trechos selecionados:**

Na informação selecionada fica claro que a recomendação deste trabalho quanto à migração da postura tradicional para uma postura com base no desenvolvimento organizacional (“melhorarmos, cada vez mais, a nossa performance”, “participação de psicólogos”, etc), está sendo implantada gradualmente pela ETN.

No processo de melhoria da performance humana, observar os seguintes pontos [28]:

- Recursos Humanos e Desenvolvimento e Capacitação, ambos afeitos à Diretoria de Administração e Finanças;
- A DIRT.O e a Gerência de Treinamento e Segurança Nuclear, afeitos à Diretoria de Operação e Comercialização não são citados;
- A Informação 106 mostra que embora a migração do tradicional para o organizacional esteja em implantação, a cisão existente entre o técnico, humano e o organizacional continua latente.

Essa latência compromete a recomendação que diz: deveria existir a caixa de Desenvolvimento dos Recursos Humanos [4] com as funções: treinamento, desenvolvimento dos recursos humanos e organizacional. Além disso, a cisão entre questões técnicas, performance humana e aspectos organizacionais, não permite usufruir todo potencial da AEOI, que não separa questões, ao contrário, abrange o todo.

As recomendações, sobre a cisão, feitas à UNA1 podem ser aplicadas a qualquer outra UN. A NRC e IAEA não se pronunciam claramente sobre esse ponto [63] [64] [65], porém, este trabalho acredita que a cisão mereça uma atenção especial da organização ao desenvolver o seu plano de treinamento.

A caixa de Desenvolvimento dos Recursos Humanos não implica na modificação estrutural do organograma organizacional de uma UN, apenas indica que deve haver uma ligação entre as questões técnicas, performance humana e aspectos organizacionais [4]. Essa ligação deve estar transparente no organograma e deve ser efetivada na gestão do treinamento.

### **9.1.3 Procedimentos**

Na Tabela 4.11, estudo do NUREG-6753, excetuando-se a causa raiz Manutenção/Técnica, a causa raiz Procedimento ocupa a terceira posição, na ordem de importância das causas raízes. No Capítulo 7, Análise de um Evento Real, procedimentos inadequados e conflitantes são uma forte contribuição à ocorrência do evento. Os problemas com procedimentos, anteriores aos eventos, podem ser considerados como precursores dos mesmos.

Na Informação 106 está dito que os procedimentos estão sendo reescritos, em relação à Usina Angra 2, diz ainda, que a UNA1 passou por uma ação semelhante há cinco anos [28]. O ato de revisar e reescrever os procedimentos valida os resultados da AEOI, Capítulo 4. Apenas, para efeito de registro, por não ser pertinente a este

trabalho, a Usina Angra 2, ao ter que rever os procedimentos, apresenta a mesma realidade da UNA1.

Conclusão final: os procedimentos tanto nos estudos da NRC, como na AEOI da UNA1, podem ser considerados precursores de eventos e, por isso, requerem da organização uma atenção contínua nas revisões dos mesmos.

Recomenda-se:

- Rever a ação de reescrever os procedimentos desencadeada pela UNA1. A Informação 106 [28], diz que: Angra 1 passou por uma ação semelhante, há cinco anos, ou seja, 2003. Os resultados da AEOI da UNA1 apontam problemas nos procedimentos após 2003.
- Rever os procedimentos relativos às modificações técnicas e operacionais que serão implantadas e se necessário, alterá-los. A UNA1 está revisando seus procedimentos e o órgão regulador tem a revisão como requisito de aprovação de qualquer modificação técnica. Esses dois aspectos validam estas recomendações e este trabalho.
- Revisar os procedimentos é uma ação de qualquer UN, que evita possíveis inadequações latentes nos procedimentos.
- Lembrar que os procedimentos servem de apoio ao treinamento em qualquer planta. O binômio treinamento/procedimento tem uma interligação com o evento real apresentado no Capítulo 7, os operadores eram treinados, as licenças estavam em dia, mas os conflitos existentes nos procedimentos confundiram os mesmos. O procedimento foi um precursor do evento.

#### **9.1.4 Análise da Experiência Operacional Interna**

Os resultados do NUREG-6753, no Capítulo 4, validam a AEOI da UNA1, devido à similaridade e coerência apresentada. Na AEOI, as questões mais presentes nos eventos são as organizacionais, técnicas/manutenção e a junção procedimento mais treinamento. A AEOI ainda mostra um cenário em que há uma variedade de pontos vulneráveis que precisam ser verificados nas diversas áreas e funções de uma UN.

A Informação 106 coloca que na UNA1 o processo de melhoria da performance humana foi iniciado em 2003 (cinco anos atrás) [28]. A AEOI analisou o ano de 2003 (início do processo) e os anos 2004, 2005 e 2006. O SAT, na UNA1, começou a ser aplicado em 2001, na Química e, em 2003, na Manutenção [9].

As seguintes considerações são pontuadas:

- Os resultados apresentados na AEOI, validados pelo NUREG-6753 [51], mostram que a causa raiz organizacional é a mais relevante. Nesse ponto, há uma discordância com a posição da AIEA e WANO, que na Informação 106 apontam que mais de 70% dos eventos ocorridos na área nuclear são causados por erro humano [28]. Neste trabalho, a causa raiz organizacional é tratada como uma falha da organização e não, como um erro humano. Considera-se esse modo de ver, o mais adequado.
- A causa raiz Humana está ligada às falhas ativas que são perceptíveis ou claras [48]. A causa raiz Organizacional está ligada às falhas latentes que podem ficar ocultas ou escamoteadas [48]. Sendo assim, não se deve transformar as questões organizacionais em humanas, pois seria uma visão simplista, reducionista, pouco reflexiva, que desenvolve a culpabilidade do homem linha de frente pelos eventos, atitude clara no evento do Capítulo 7.
- Os resultados da AEOI mostram que as ferramentas empregadas na melhoria da performance humana, desde 2003, em cujo processo participaram todos os funcionários, inclusive o corpo gerencial, precisam ser revistas.

Conclusão final: a AEOI é uma importante ferramenta. Exemplo: mostrou, neste trabalho, que o fator organizacional não recebe tratamento adequado, é precursor de eventos e, com sua latência, pode afetar a segurança da planta. O estudo realizado no NUREG-6753 atesta essa conclusão, de certo modo, até preocupante, pois sem a AEOI, possíveis riscos presentes nas UN, podem não ser percebidos.

Recomenda-se:

- Rever o processo de treinamento e melhoria da performance humana, sob a ótica da análise efetuada na AEOI e, evitar a cisão entre os treinamentos técnicos, organizacionais e da performance humana.
- Aplicar o método SAT conforme o estudo proposto na Figura 8.1, que integra o SAT à AEOI de dois modos: através das necessidades e informações da usina (análise dos ORO) e através da realimentação com o universo da AEOI.
- A combinação ACT/ATT, Figura 8.1, tem um processo de realimentação com o SAT e adota o princípio da não cisão. A última afirmação tem por base que a Mestria é alcançada com [27]:
  - A análise das tarefas, que é mais ligada ao treinamento técnico;
  - A análise de competências, que é mais ligada ao desenvolvimento humano e organizacional.



Então, verifica-se que a Mestria agrega o treinamento e o desenvolvimento [27]. Essas questões devem ser aprofundadas na aplicação do método SAT à qualquer UN, pois são questões inerentes ao método.

- Com base nas duas recomendações anteriores, rever a profundidade da aplicação do método SAT a qualquer UN. A revisão deve ser apoiada na AEOI e na não cisão do Desenvolvimento de Recursos Humanos [4].
- Tratar e analisar as atitudes, no estudo proposto na Figura 8.1, dentro da análise de competências [5] [56], a fim de alcançar a Mestria [27]. Essa questão é relevante pelos seguintes fatos:
  - A Informação 106 [28] diz: “Outro ponto importante deste novo ciclo é que, desde maio deste ano (2008), a ETN conta com a participação de psicólogos no grupo que estudam a análise de causa raiz dos eventos.”
  - Os psicólogos através da AEOI, podem obter informações bem estruturadas, o que facilita a análise das atitudes individuais e/ou coletivas durante o evento. As atitudes são competências afetivas [27] e, a afetividade, influencia o comportamento [66].
- Quebrar a visão linear, estática, tradicional de treinamento com a utilização dinâmica da AEOI. Essa dinâmica insere no plano de treinamento fatores realísticos e atualizados de uma UN.

#### **9.1.5 Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano**

O SADH [7], com base no método HPES [6], foi desenvolvido pelos técnicos da ETN. O SADH realiza a análise retrospectiva que fortalece a AEOI e, mesmo sendo direcionado a eventos cujas causas raízes são humanas, é capaz de tratar fatores relativos à: organização, gerência, supervisão, interfaces, treinamento, comportamento, modificações na planta e sistemas.

O SADH trata a causa raiz e as causas secundárias que dão uma visão real do evento e evitam distorções. Há casos em que o evento foi atribuído a uma falha humana, sem uma análise realística das questões descritas no ORO. Não se faz aqui uma apologia do homem linha de frente, a falha humana existe, mas em muitos casos não é determinante e, além disso, os precursores devem ser sempre analisados [20].

Conclusão final: a aplicação do SADH, ou de técnicas de análise de eventos semelhantes é fundamental no estudo proposto no Capítulo 8, que insere a AEOI como relevante ferramenta de suporte no plano de treinamento.

Recomenda-se:

- Aplicar o SADH à todos os ORO da UNA1. Na UNA1, no período 2001/2006, a média, está abaixo, de um ORO emitido por mês. Aplicar o SADH a cada ORO trará benefícios a AEOI e, por consequência, ao plano de treinamento. As demais UN com sua documentação própria e com suas técnicas de análise de eventos devem seguir a mesma recomendação.
- Identificar os precursores do evento, visto que a aplicação do SADH implica na análise retrospectiva do evento [7]. Esses precursores devidamente identificados aprofundam a AEOI. As demais UN, a exemplo da UNA1, devem aplicar técnicas de análise de eventos que realizem a análise retrospectiva, a fim de identificar os precursores do evento.
- O SADH realiza uma análise retrospectiva do evento, então atende as boas práticas da análise da confiabilidade humana de segunda geração. A ligação SADH/ATHEANA permite verificar, através das tabelas da ATHEANA os tipos de erro, os mecanismos de erro, os fatores delimitadores e o momento cognitivo do evento (detecção, avaliação da situação e planejamento da resposta). As demais UN devem seguir esta recomendação com base nas técnicas de análise de eventos utilizados.
- Valorizar o SADH, versão da HPES, desenvolvido pelos técnicos da ETN. Essa recomendação tem muito haver com o desenvolvimento da autoconfiança da equipe. O Japão e a Coreia destacam nos artigos produzidos por seus pesquisadores [12] [13], seus métodos desenvolvidos a partir do HPES. As demais UN devem seguir esta recomendação que valoriza seu corpo técnico e proporciona uma auto-eficácia positiva [66].
- Apresentar o SADH aos psicólogos que participam do grupo que estuda a análise de causa raiz dos eventos ocorridos [28]. O SADH [7] presta uma grande contribuição á análise da causa raiz humana e será de grande valia aos estudos que provavelmente os psicólogos desenvolverão. As demais UN, a exemplo da UNA1, devem seguir esta recomendação.

#### **9.1.6 Método Sistemático de Treinamento**

O SAT [5] auxilia a desenvolver o projeto do plano de treinamento e, é capaz, de realizar uma auditoria de acompanhamento do plano. É recomendado pela IAEA [9] e pode ser utilizado em qualquer área de uma UN. A fase mais importante é a fase de análise. No SAT [5], a análise de tarefas é realizada pelo método ATT/ACT [5] [56] e, essa análise é um ponto comum ao SAT [5] e ao SADH [7].

O SAT [5] na sua modelagem considera os eventos internos e externos em uma só caixa. Essa visão foi modificada na Figura 6.1 e foi introduzida a AEOI em uma caixa separada.

Conclusão final: o SAT é aplicado à UNA1, porém o desenvolvimento deste trabalho mostra que o método ainda não é utilizado em seu pleno potencial, como exemplo, a AEOI ainda não é vista como uma ferramenta de suporte, que deve ser definitivamente incorporada.

Recomenda-se:

- Revisar periodicamente a aplicação do SAT [5] à UNA1 ou a outra UN, a fim de que a AEOI e a ótica do Desenvolvimento de Recursos Humanos [4], sejam sempre considerados e implantados pela UN.
- Avaliar e selecionar as tarefas e não simplesmente dividi-las e subdividi-las em subtarefas, ou seja, não empregar indiscriminadamente o método da Decomposição de Tarefas. Essa recomendação está no SADH [7] e deve ser seguida pelas técnicas de análise de eventos aplicada nas UN.
- Analisar, registrar e desenvolver as competências relativas às tarefas. A NRC tem realizado esforços na melhoria dos programas de treinamento, a fim de desenvolver as competências [44]. A cisão pode permitir que o treinamento técnico não trate adequadamente o desenvolvimento das competências necessárias, o que coloca em risco a segurança de uma UN.
- Compartilhar as informações relativas à análise de tarefas contidas no banco de dados com o SADH [7] e com o SAT [5], através da realimentação, conforme Figura 8.3. O acesso a esse banco permite colher informações sobre as tarefas e respectivas competências pertinentes à UNA1. No banco de dados devem constar também os resultados da AEOI. Esta recomendação que, trata de a arquitetura do banco de dados, deve ser implementada por qualquer UN.
- Trabalhar intensamente no plano de treinamento a Mestria, Figura 8.2. Essa ação aproxima a tarefa da atividade, evitando assim os possíveis efeitos nocivos do distanciamento. Este trabalho considerou a Mestria [27] uma interface qualitativa da aproximação tarefa/atividade.
- Ter na mestria, dentro do plano de treinamento, o caminho para aperfeiçoar as competências (conhecimento, habilidade e atitude) [27], pois, esse aperfeiçoamento, abre caminho para as *Core Competencies*, que são as competências técnicas únicas que têm impacto no produto da organização [67] (energia elétrica). Essas competências únicas são peculiares e difíceis de serem imitadas [67].

- Aprofundar o estudo do SAT [5], por parte do órgão regulador<sup>25</sup>, a fim de que seja estabelecido um processo de auditoria ao plano de treinamento. A auditoria com base no SAT pode ser realizada em um plano em desenvolvimento, ou em implantação, ou já implantado.

É importante registrar, para fortalecer a escolha do SAT e as recomendações sobre a aplicação do mesmo, que a NBR ISO 10015, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [68], segue no seu desenvolvimento, as mesmas fases do SAT [5]. A NBR ISO 10015 é equivalente a ISO 10015:1999 [68].

### **9.1.7 ATHEANA**

A ATHEANA é uma técnica de análise da confiabilidade humana de segunda geração [20]. A aplicação da ATHEANA requer a análise da experiência operacional, o estudo da ação do contexto sobre o pessoal da planta e o trato das questões organizacionais [20].

Conclusão final: a ATHEANA ainda não é utilizada na UNA1, que tem seu foco nas técnicas de primeira geração, como o THERP. Essa não utilização dificulta a AEOI e, por consequência, enfraquece a aplicação do SAT.

Recomenda-se:

- Empregar a ATHEANA na área de eventos, para complementar as análises realizadas pelo SAT, SADH e AEOI, conforme estudo proposto na Figura 8.1. Tanto a ATHEANA, o SAT e o SADH, em seu desenvolvimento, apóiam-se na experiência operacional.
- Utilizar as tabelas da ATHEANA a fim de ampliar a visão dos cenários pertinentes aos eventos. As tabelas mostram características peculiares dos cenários, muitas vezes não percebidas pelos analistas e são de grande utilidade na compreensão das causas raízes dos eventos relatados, o que fortalece a AEOI.
- Integrar o SADH, ATHEANA e AEOI com o SAT, conforme Figura 8.1. No estudo proposto, a AEOI pode ser utilizada na análise de simples desvios, até a análise dos eventos de relato obrigatório. Neste trabalho, foi analisado o documento ORO, mas existem outros documentos relativos aos eventos da UN, que podem ser analisados e incorporados a AEOI (exemplo: o RES).

---

<sup>25</sup> Na finalização deste trabalho, a área da CNEN que lida com a parte de treinamento, discutiu pontos das conclusões e recomendações com o autor deste trabalho. Chegou-se a uma conclusão que, com base nos capítulos Conclusões e Recomendações, é possível estabelecer critérios de verificação do programa de treinamento de uma UN, nas diversas áreas. Além disso, com base nos indicativos deste trabalho, é possível estabelecer uma posição regulatória ao treinamento. .

- Apresentar a ATHEANA aos psicólogos que participam do grupo que estuda a análise de causa raiz dos eventos ocorridos [22]. A ATHEANA nas suas tabelas, fornece na coluna mecanismo de erro material de apoio aos psicólogos, pois os mecanismos são analisados dentro de parâmetros do comportamento humano [20]. Mecanismos como visão focada, recentidade, tendência à confirmação e tendência à expectativa, auxiliam na análise das competências e das questões comportamentais.
- Aplicar a ATHEANA a todos os setores de uma UN e as suas respectivas funções.

### **9.1.8 Estudo Proposto para o Plano de Treinamento**

Nota-se que, além da AEOI, na Figura 8.1, existe o universo da AEOI. Esse universo consiste na integração do SADH, ATHEANA, AEOI e está ligado ao SAT, ao ACT/ATT e à interface qualitativa Mestria.

Conclusão final: o estudo proposto para ser utilizado na UNA1, requer da mesma, mudanças em sua visão organizacional e, certo grau de determinação para aperfeiçoar seus critérios de análise de evento, implantando a AEOI, que é uma ferramenta de suporte ao plano de treinamento.

Recomenda-se:

- Estender o estudo proposto na Figura 8.1 ao treinamento de todas as funções pertinentes ao funcionamento de uma UN. A operação é uma função vital, no entanto, outras funções da estrutura macro da organização, também são tão importantes. Os resultados apresentados pela NRC e pela AEOI envolvem toda a estrutura de uma UN.
- Aplicar o estudo proposto na Figura 8.1 não só na parte técnica, assim como, aplicá-lo ao desenvolvimento humano e organizacional de uma UN. O mesmo com a complementação do estudo, Figura 8.2 e Figura 8.3.
- Visualizar uma UN como um sistema sócio-técnico. A organização de uma planta deve ser concebida como um somatório: tecnologia + competências + comportamento humano + fatores organizacionais + fatores sociais.

Todas as recomendações propostas apóiam-se principalmente nos resultados com base nos estudos do NUREG-6753 e, também, na AEOI da UNA1. A inserção da AEOI no estudo proposto visa dinamizar a melhoria do plano de treinamento, além de propor mudanças na estrutura organizacional de uma UN. As recomendações introduzem uma visão social e técnica na política de treinamento de uma UN. A visão

social engloba questões importantes, como as relações pessoais e organizacionais, comportamentos e competências.

## **9.2 Propostas para Trabalhos Futuros**

Com base no desenvolvimento deste trabalho, poderão ser desenvolvidos os seguintes trabalhos futuros:

- Mostrar que a técnica ATHEANA pode ser aplicada ao estudo proposto para o plano de treinamento, com inserção da AEOI. Para isso, é necessário mostrar como tratar e integrar as informações que a ATHEANA fornece sobre os eventos, ao SADH e, por consequência, à AEOI. Essa integração forma o chamado Universo da AEOI, que será a ferramenta de suporte ao plano de treinamento.
- Projetar e desenvolver um software que administre as informações do Universo da AEOI, a fim de concentrar possíveis informações espalhadas em vários bancos de dados. Esse trabalho evitará duplicação de informações (exemplo: talvez a ATHEANA, o SADH e o SAT sejam redundantes em algumas informações) e fornecerá um direcionamento às consultas dos eventos (exemplo: apenas eventos com queda de barras). Além disso, pode até permitir que terminais colocados nas salas de aula dos treinandos e no simulador, acessem eventos reais que se transformarão em estudo de casos, o que agrega valor ao plano de treinamento.
- Aplicar, na Usina de Angra 2, o mesmo estudo proposto neste trabalho. Essa aplicação possibilitaria verificar se existe ou não diferenças relevantes, no contexto operacional e organizacional de uma usina com projeto americano e uma usina com projeto alemão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CARVALHO, P.V.R., 2003, *A Ergonomia e a Gestão de Risco em Organizações que lidam com Tecnologias Perigosas: Tomada de Decisão de Operadores de Usinas Nucleares*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. Orientação Mario Vidal.
- [2] PERROW, C., 1984, *Normal accidents. Living with high risk technologies*. Basic Books, New York, USA.
- [3] NUREG-0711, 1994, *Human Factors Engineering Program Review Model*. Nuclear Regulatory Commission, Washington Dc, USA.
- [4] CHIAVENATO, I., 2003, *Treinamento e Desenvolvimento de Recursos Humanos*. Editora Atlas, São Paulo, Brasil.
- [5] IAEA-Technical Reports Series No. 380, 1996, *Nuclear Power Plant Personnel Training and its Evaluation – A Guidebook (Systematic Approach to Training – SAT)*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [6] INPO, 1988, *Human Performance Enhancement System*. Institute of Nuclear Power Operations, Atlanta, USA.
- [7] ELETRONUCLEAR, 2001, *Relatório ASE.O 001/2001- Metodologia do Sistema de Aprimoramento do Desempenho Humano – SADH, Revisão 0*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.
- [8] PEREIRA, F.J.G., 2005, *Aplicação de Método Sistemático de Treinamento (SAT) para Operadores de Sala de Controle de reator PWR: Estudo de Caso Angra 2*. Tese de M.Sc., Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, Brasil. Orientação Maysa Joppert Coelho.
- [9] ELETRONUCLEAR, 2005, *Relatório Técnico RPS A1/05(05/14), Reavaliação Periódica de Segurança de Angra 1/Avaliação da Gestão de Treinamento*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.

- [10] THEMES, European Community, 2001, *Report Deliverable D3.1. Thematic Network for Safety Assessment of Waterborne Transport*, Copenhagen, Denmark.
- [11] IAEA-TECDOC-1278, 2002, *Review of methodologies for analysis of safety incidents at NPPs*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.
- [12] KIM, J.N., “The Development of K-HPES: a Korean-version human performance enhancement system [for nuclear power plant control]”. *IEEE Sixth Conference*, 10.1109/HFPP.1997.624798, Orlando, Florida, USA, 8-13 June 1997.
- [13] YUKO, H., TADAFUMI, T., RENICHI, T., et al., “Learning Common Lessons and Checkpoints from Human Error Incidents. Maintenance”. *Denryoku Chuo Kenkyujo Hyuman Fakuta Kenkyu Senta Hokoku*, v.,n. S00002, pp. 28P, 2001.
- [14] OKRENT, D., XIONG, Y., “Safety Culture Evaluation and ASSET Root Cause Analysis”. *International Meeting on Safety Culture in Nuclear Installations*, 940636, Vienna, Austria, 24-28 April 1995.
- [15] REYES, S. J., PEÑA, O. S., CORONA, A. R., SIMÓN, H. L., “Applying MORT to the analysis of the Tláhuac incident”. *Reliability Engineering and System Safety*, February 2009.
- [16] HOLANDA, B.A., 1999, *Dicionário Aurélio Eletrônico, Século XXI, Versão 3.0*. Nova Fronteira e Lexicon Informática, Rio de Janeiro, Brasil.
- [17] GALLIANO, A.G., 1979, *Método Científico Teoria e Prática*. Editora Harbra, São Paulo, Brasil.
- [18] HOUAISS, A., 2001, *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Editora Objetiva, Rio de Janeiro, Brasil.
- [19] NUREG/CR-1278, 1983, *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications Final Report*. U.S. Nuclear Regulatory Commission: Washington, Dc, USA.
- [20] NUREG-1624, 2000, *A Technique for Human Event Analysis (ATHEANA)*. Nuclear Regulatory Commission, Washington Dc, USA.



- [21] AMBROS, P.C., 2005, *Avaliação da Metodologia Atheana para sua Utilização na Análise da Confiabilidade Humana em Usinas Nucleares*. Tese M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. Orientação Roberto Schirru.
- [22] LE BOT, P., DESMARES, E., BIEDER, C., BONNET, J.L., CARA, F., 1997, *MERMOS, An EDF project to update the PHRA methodology*. EDF98NB00005. Electricité de France, Clamart, France.
- [23] LE BOT, P., 2000, *Contribution from France, MERMOS, In: Errors of commission in probabilistic safety assessment, NEA/CSNI/R(2000)17*. OECD, Nuclear Energy Agency, Saint Germain, France.
- [24] Hollnagel, E., 1998, *Cognitive Reliability and Error Analysis Method – CREAM*. Elsevier Science, Oxford, UK.
- [25] REER, B., “Review of advances in human reliability analysis of errors of commission, Part 1: EOC identification”. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 93, n. 8, pp. 1091-1104, August 2008.
- [26] HOLLNAGEL, E., “Reliability analysis and operator modeling”. *Reliability Engineering and System Safety*, v. 52, n. 3, pp. 327-337, June 1996.
- [27] NUREG-6751, 2001, *The Human Performance Evaluation Process: A Resource for Reviewing the Identification and Resolution of Human Performance Problems*. Nuclear Regulatory Commission, Washington Dc, USA.
- [28] ELETRONUCLEAR, 2008, *Guia de Pronta Resposta - Angra 1*, Informações retiradas do site da Internet <http://www.eletronuclear.gov.br>.
- [29] ELETRONUCLEAR, 2005, *Manual de Operação da Usina MOU, Programa de Treinamento e Retreinamento, Pessoal Licenciado, PT-OL, Revisão 03*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.
- [30] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2007, *Norma CNEN-NN-1.01, Licenciamento de Operadores de Reatores Nucleares*. CNEN, Rio de Janeiro, Brasil.

- [31] ELETRONUCLEAR, 1999, *Procedimentos de Emergência – Background, Revisão 1C*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.
- [32] ELETRONUCLEAR, 2005, *Procedimento: Desarme do Reator ou Injeção de Segurança PO-E0*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.
- [33] LIDA, I., 2005, *Ergonomia Projeto e Produção*. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil.
- [34] REASON, J.T., 1990, *Human error*. Cambridge. University Press, Cambridge England.
- [35] RASMUSSEN, J., 1983, *Skills, rules and knowledge: signals, signs and symbols, and other distinctions in human performance models*. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, USA.
- [36] CARVALHO, P.V.R., VIDAL, M. C., 2008, *Ergonomia Cognitiva: Raciocínio e Decisão no Trabalho*. Editora Virtual Científica, Rio de Janeiro, Brasil.
- [37] PIERRE, F. Editor, 2007, *Ergonomia*. Editora Blücher, São Paulo, Brasil.
- [38] ABRAHÃO, J.I.; PINHO, D.L.M., 1999, *Teoria e prática ergonômica: seus limites e possibilidades*. Laboratório de Ergonomia da Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.
- [39] DANIELLOU, F., 1996, *Questions épistémologiques soulevées par l'ergonomie de conception*. IN: DANIELLOU, F. (ed). *L'ergonomie en quête de ses principes: débats épistémologiques*. Octares, Toulouse, França.
- [40] LEPLAT, J., 2000, *L'Analyse Psychologique de L'Activité en Ergonomie: Aperçu sur son Évolution, ses Modèles et ses Méthodes*. Octares, Toulouse, França.
- [41] WISNER, A., 1994, *O Homem Face aos Sistemas Complexos e Perigosos*. Fundacentro, São Paulo, Brasil.
- [42] CHIAVENATO, I., 1999, *Teoria Geral da Administração*. Editora Campus, Rio de Janeiro, Brasil.

- [43] ZIO, E., "Reliability engineering: Old problems and new challenges". *Reliability Engineering and System Safety*, v. 94, n. 2, pp. 125-141, February 2009.
- [44] ELETRONUCLEAR, 2006, *Procedimento: Implementação de Experiência Operacional PA-GE 50*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.
- [45] ELETRONUCLEAR, 2005, *Procedimento: Relatório de Operação da Usina PA-GE 05*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.
- [46] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 2002, *Norma CNEN-NN-1.14, Relatório de Operação de Usinas Nucleoelétricas*. CNEN, Rio de Janeiro, Brasil.
- [47] ELETRONUCLEAR, 2007, *Final Safety Analysis Report – FSAR Angra 1*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.
- [48] REASON, J., 1997, *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Ashgate Publishing, Burlington, USA.
- [49] REASON, J., 1990, *Human Error*. Cambridge University, Cambridge, UK.
- [50] LISTONE, H. A., TUROFF, M., 2002, *The Delphi Method: Techniques and Applications*.
- [51] NUREG-6753, 2001, *Review of Findings for Human Error Contribution to Risk in Operating Events*. Nuclear Regulatory Commission, Washington Dc, USA.
- [52] MARAIS, K. B., "Conceptualizing and communicating organizational risk dynamics in the thoroughness–efficiency space". *Reliability Engineering and System Safety*, v. 93, n. 11, pp. 1710-1719, November 2008.
- [53] CACCIABUE. P, C., "Human error risk management for engineering systems: a Methodology for design, safety assessment, accident investigation and training". *Reliability Engineering and System Safety*, v. 83, n. 2, pp. 229-240, February 2004.
- [54] ELETRONUCLEAR, 2005, *Investigação e Análise Suplementar de Eventos PA-GE 55*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.

[55] IAEA-TECDOC-1057, 1998, *Experience in the use of systematic approach to training (SAT) or nuclear power plant personnel*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

[56] IAEA-TECDOC-1170, 2000, *Analysis phase of systematic approach to training (SAT) for nuclear plant personnel*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

[57] BANDURA, A., & LOCKE, E. A., 2003, *Negative Self-efficacy and goals effects revisited*. *Journal of Applied Psychology*, 88(1), 87-99.

[58] IAEA-TECDOC-1392, 2004, *Development of instructors for nuclear power plant personnel training*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

[59] ELETRONUCLEAR, 2001, *Ocorrência de Relato Obrigatório 11.2001 - Perda de inventário do Sistema de Refrigeração do Reator por abertura das Válvulas de Alívio do Sistema de Remoção do Calor Residual*. ELETRONUCLEAR, Rio de Janeiro, Brasil.

[60] NUREG-1842, 2006, *Evaluation of Human Reliability Analysis Methods Against Good Practices*. U.S. Nuclear Regulatory Commission: Washington, Dc, USA.

[61] NUREG-1880, 2007, *ATHEANA User's Guide*. U.S. Nuclear Regulatory Commission: Washington, Dc, USA.

[62] IAEA-TECDOC-525, 1989, *Guidebook on Training to Establish and Maintain the Qualification and Competence of Nuclear Power Plant Operations Personnel*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

[63] IAEA-TECDOC-1392, 2004, *Development of Instructors for Nuclear Power Plant Personnel Training*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

[64] NUREG/CR-6883, 2004, *The SPAR-H Human Reliability Analysis Method*. U.S. Nuclear Regulatory Commission: Washington, Dc, USA.

[65] IAEA-TECDOC-1052, 1998, *Nuclear Power Plant Organization and Staffing for Improved Performance: Lessons Learned*. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

[66] SERVAN-SCHREIBER, D., 2004, *Curar*. Sá Editora, São Paulo, Brasil.

[67] GREEN, P.C, 1999, *Building Robust Competencies*. Jossey-Bass, San Francisco, USA.

[68] NBR ISO 10015, 2001, *NBR ISO 10015 – Gestão da Qualidade- Diretrizes para Treinamento*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil.