

**MODELO CONCEITUAL DE
CENÁRIOS DE ACIDENTES CAUSADOS PELO ERRO
HUMANO EM SISTEMAS INDUSTRIAIS CRÍTICOS
COM O FOCO NA CONCEPÇÃO DE INTERFACES
ERGONÔMICAS**

CLAUDIA VERONICA SEREY GUERRERO

Tese de Doutorado submetida à Coordenação dos Cursos de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Engenharia da Computação

MARIA DE FÁTIMA QUEIROZ VIEIRA TURNELL

Orientadora

JEAN-MARC MERCANTINI

Orientador

Campina Grande, Paraíba, Brasil - Maio de 2006.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

G934m Guerrero, Claudia Veronica Serey
2006 Modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano em sistemas industriais críticos com o foco na concepção de interfaces ergonômicas/ Claudia Veronica Serey Guerrero. — Campina Grande, 2006.
169f. : il.

Referências.

Tese (Doutorado em Ciências do Domínio da Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

Orientadores: Maria de Fátima Queiroz Vieira Turnell e Jean-Marc Mercantini

1— IHM Ergonômicas 2— Análise de Erro Humano 3— Modelo Conceitual de Acidentes I— Título

CDU 004.5

MODELO CONCEITUAL DE CENÁRIOS DE ACIDENTES CAUSADOS PELO ERRO
HUMANO EM SISTEMAS INDUSTRIAIS CRÍTICOS COM O FOCO NA
CONCEPÇÃO DE INTERFACES ERGONÔMICAS

CLÁUDIA VERÔNICA SEREY GUERRERO

Tese Aprovada em 05.05.2006

Maria de Fátima Q. Vieira Turnell
MARIA DE FÁTIMA QUEIROZ VIEIRA TURNELL, Ph.D., UFCG

Orientadora

Jean Marc Mercantini
JEAN-MARC MERCANTINI, DR., UNIV. MARSEILLE

Orientador

José Reinaldo Silva
JOSÉ REINALDO SILVA, Dr., USP
Componente da Banca

Alex Sandro Gomes
ALEX SANDRO GOMES, Dr., UFPE
Componente da Banca

Francisco Vilar Brasileiro
FRANCISCO VILAR BRASILEIRO, Dr., UFCG
Componente da Banca

Bernardo Lula Júnior
BERNARDO LULA JÚNIOR, Dr., UFCG
Componente da Banca

Benemar Alencar
BENEMAR ALENCAR DE SOUZA, D.Sc., UFCG
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB
MAIO - 2006

AGRADECIMENTOS

São muitas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço a minha orientadora Fátima Vieira por todo apoio, incentivo, confiança e amizade. Pela sua orientação, inúmeras discussões e valiosos conhecimentos compartilhados no decorrer desses anos.

Ao professor Jean-Marc Mercantini que me recebeu, acompanhou e orientou durante as estadias no LSIS em Marseille, onde parte deste trabalho foi realizado.

À empresa CHESF por aceitar e participar na realização deste trabalho, em particular aos Engenheiros Madson Pereira e Fernando Vieira e aos operadores da Subestação CGD.

À COPELE e seus excelentes funcionários pelos inúmeros serviços prestados.

À CAPES pelo financiamento no Brasil e no exterior.

Agradeço ao pessoal do LIHM, Alves, Ângela, Daniel, Scaico e Pedrosa por todo este tempo de convívio, discussões, cafezinhos e principalmente pela amizade. A todos os meus amigos e amigas, que de perto ou de longe, sempre me incentivam e torcem por mim.

Agradeço à Mathieu pelo seu amor.

Ao meu irmão Dalton, à Verônica e às alegrias da família, os meus sobrinhos Pedro e Rafael.

Agradeço em especial aos meus pais Jorge e Julia por tudo o que fizeram e fazem por mim, pelo apoio incondicional, pelo amor, pela compreensão.

À Deus.

RESUMO

Este trabalho centra-se no processo de construção de um modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano, e tem como foco a concepção de interfaces ergonômicas. O processo concebido foi validado a partir de um estudo de caso no contexto de uma empresa de distribuição e transmissão de energia do setor elétrico. A construção do modelo consiste essencialmente na extração de conhecimento a partir de relatos de casos acidentes, neste caso em particular foi escolhido como corpus o conjunto de acidentes iniciados pelo erro humano durante a interação com o sistema de supervisão e controle da operação de subestações. Como resultado obteve-se uma ontologia do contexto tratado, uma categorização do erro humano e uma tipologia dos principais cenários de acidentes. O modelo resultante deverá ser utilizado na integração do conhecimento sobre as situações de acidentes no processo de concepção de interfaces. O modelo específico que resultou do estudo de caso, apoiará também a construção de um simulador de acidentes para a empresa analisada. Este trabalho se insere no contexto de pesquisas do Grupo de Interfaces Homem-Máquina, GIHM – UFCG, cujo tema principal é a extensão do Método para Concepção de Interfaces Ergonômicas – MCIE, de modo a adequá-lo ao contexto de sistemas industriais críticos.

ABSTRACT

This work is centred in the process of building a conceptual model of accident scenarios caused by the human error, and focuses on the conception of ergonomic interfaces. The conceived process was validated through a case study in the context of the electric sector, with a corpus extracted from an electricity distribution and transmission company. The model building essentially consists of knowledge extraction from company's reports on accidents. In this particular case, the chosen corpus consists of a set of accidents that initiated by the human error during the interaction between operators and the supervision and control system in substations. As a result of the modelling process resulted: an ontology of the analyzed context, a categorization of the human error and an accident typology. The resulting model will allow the integration of the accidents situations knowledge in the process of human interface conception, for the studied context, whereas the case study specific model, will support the construction of an accident simulator for the company. This work fits into the research context of the human interface group GIHM - UFCG, whose main research subject is the extension of the Method for Conception of Ergonomic Interfaces - MCIE, in order to adjust it for the critical industrial systems context.

Conteúdo

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE QUADROS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS	XII
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO	1
1.1.1 <i>Segurança em Sistemas Críticos e o Erro Humano.....</i>	<i>1</i>
1.1.2 <i>A Qualidade da Interface em Sistemas Críticos</i>	<i>2</i>
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	5
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	<i>5</i>
1.2.2 <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>5</i>
1.3 METODOLOGIA DE TRABALHO.....	5
1.4 RESULTADOS ESPERADOS.....	6
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	7
CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1 CONCEITOS IMPORTANTES.....	9
2.1.1 <i>Modelos Conceituais</i>	<i>9</i>
2.1.2 <i>Confiança no Funcionamento.....</i>	<i>11</i>
2.2 INTERFACES ERGONÔMICAS	14
2.2.1 <i>Métodos para a Concepção de Interfaces</i>	<i>15</i>
2.2.2 <i>MCIE – Método para Concepção de Interfaces Ergonômicas.....</i>	<i>17</i>
2.3 AQUISIÇÃO DE CONHECIMENTO.....	21

2.3.1	<i>Abordagens para Aquisição de Conhecimento</i>	22
2.3.2	<i>Métodos para Aquisição de Conhecimento</i>	23
2.3.3	<i>Método KOD – Knowledge Oriented Design</i>	25
2.4	O ERRO HUMANO	28
2.4.1	<i>Etiologia do Erro Humano</i>	29
2.4.2	<i>Classificação do Erro Humano</i>	32
2.5	ANÁLISE E MODELAGEM DE ACIDENTES	34
2.5.1	<i>Motivações para o estudo e análise de acidentes</i>	34
2.5.2	<i>Principais contextos de aplicação</i>	35
2.5.3	<i>Abordagens para Análise e Modelagem</i>	38
2.6	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	40
CAPÍTULO 3 O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MCCA		41
3.1	OBJETIVO DO PROCESSO	41
3.2	CARACTERÍSTICAS DO MODELO OBTIDO.....	42
3.3	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	42
3.3.1	<i>Etapa 1: Definição do Corpus</i>	43
3.3.2	<i>Etapa 2: Análise e Categorização dos Erros</i>	44
3.3.3	<i>Etapa 3: Extração do Conhecimento</i>	46
3.3.4	<i>Etapa 4: Análise e Abstração</i>	48
3.3.5	<i>Etapa 5: Validação da Ontologia</i>	49
3.3.6	<i>Etapa 6: Construção da Tipologia de Cenários</i>	52
3.4	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	53
CAPÍTULO 4 O MODELO CONCEITUAL DE CENÁRIOS DE ACIDENTES: CASO CHESF		54
4.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	55
4.1.1	<i>Estrutura de Organização da Empresa</i>	55
4.1.2	<i>O Operador e sua Tarefa</i>	58
4.1.3	<i>Os Acidentes na CHESF</i>	60

4.2	CONSTRUÇÃO DO MCCA: CASO CHESF	65
4.2.1	<i>Etapa 1: Definição do Corpus</i>	65
4.2.2	<i>Etapa 2: Análise e Categorização dos Erros</i>	67
4.2.3	<i>Etapa 3: Extração de Conhecimento</i>	70
4.2.4	<i>Etapa 4: Análise e Abstração</i>	74
4.2.5	<i>Etapa 5: Validação da Ontologia</i>	79
4.2.6	<i>Etapa 6: Construção da Tipologia de Cenários de Acidentes</i>	85
4.3	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	96
 CAPÍTULO 5 MAPEAMENTO CONCEITUAL DOS ATRIBUTOS DO MCCA PARA O MCIE		97
5.1	ATRIBUTOS DO MCCA	98
5.1.1	<i>Atributos Tarefa</i>	98
5.1.2	<i>Atributos Usuário</i>	98
5.1.3	<i>Atributos Contexto</i>	99
5.2	ATRIBUTOS DO MCIE.....	100
5.2.1	<i>Atributos do Modelo da Tarefa</i>	100
5.2.2	<i>Atributos do Modelo do Usuário</i>	104
5.2.3	<i>Atributos do Modelo do Contexto</i>	106
5.3	MAPEAMENTO DOS ATRIBUTOS.....	109
5.3.1	<i>Tarefa</i>	109
5.3.2	<i>Usuário</i>	110
5.3.3	<i>Contexto</i>	111
5.4	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	112
 CAPÍTULO 6 CONCLUSÃO		113
6.1	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	114
6.1.1	<i>Quanto ao Processo Metodológico</i>	114
6.1.2	<i>Quanto ao Modelo Obtido</i>	116
6.2	PROPOSTAS DE CONTINUIDADE.....	121

6.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
	APÊNDICES.....	131
	APÊNDICE A : QUESTIONÁRIO - CORRETUDE	132
	APÊNDICE B : QUESTIONÁRIO – PERFIL DO USUÁRIO	133
	APÊNDICE C : QUADRO – VALIDAÇÃO DA COMPLETUDE.....	135
	APÊNDICE D : TAXINOMIA – CASO CHESF	136
	APÊNDICE E : CONCEITOS – CASO CHESF	138
	APÊNDICE F : LISTA DE ACTEMAS – CASO CHESF	151
	APÊNDICE G : RESULTADO – VALIDAÇÃO DA CORRETUDE.....	165

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: MCIE.....	18
Figura 2: Modelos de KOD.	25
Figura 3: processo para construção de um MCCA.....	43
Figura 4: Estrutura organizacional da CHESF	56
Figura 5: Sala de comando da SE CGD.....	57
Figura 6: Pátio de SE CGD.....	58
Figura 7: Representação do actema COMUTAR	73
Figura 8: Exemplo de Taxinomia	75
Figura 9: Exemplo de Actinomia.....	78
Figura 10: Sinopse de cenário elaborado para validação junto ao operador	83
Figura 11: Tipo de Cenário 01	88
Figura 12: Tipo de Cenário 02.....	90
Figura 13: Tipo de Cenário 03	92
Figura 14: Tipo de Cenário 03 (b)	93
Figura 15: Tipo de Cenário 04.....	94
Figura 16: Tipo de Cenário 05	95
Figura 17: Principais conceitos de MAD*.....	100
Figura 18: Níveis da UT	101
Figura 19: Taxinomias do Caso CHESF	136
Figura 20: Taxinomia ‘Instalação’ do Caso CHESF	136
Figura 21: Taxinomia ‘Equipamentos e Linhas’ do Caso CHESF.....	136
Figura 22: Taxinomia ‘Objetos de Interação’ do Caso CHESF	136

Figura 23: Taxinomia ‘Documentos’ do Caso CHESF	137
Figura 24: Taxinomia ‘Outros Componentes’ e ‘Barreiras de Segurança’ do Caso CHESF	137
Figura 25: Taxinomia ‘Recursos Humanos’ do Caso CHESF	137
Figura 26: Taxinomia ‘Local’ e ‘Equipamento individual’ do Caso CHESF	137

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelos e recursos de métodos para concepção de IHM.....	16
Quadro 2: Modelos e o paradigma <representação, ação, interpretação>.....	26
Quadro 3: Categorização proposta por (Rouse & Rouse apud Cellier, 1990).....	33
Quadro 4: Categorização de Erros (adaptado de Rouse & Rouse apud Cellier, 1990)..	45
Quadro 5: Tipo de Cenário 01: Nome do Cenário (x Casos)	52
Quadro 6: Categorização de Erros	68
Quadro 7: Actema COMUTAR.....	73
Quadro 8: Conceito CLT ou LOC TEL	76
Quadro 9: Quadro - Validação da Completude - Cenário 01 (projetista).....	81
Quadro 10: Quadro - Validação da Completude - Cenário 02 (projetista).....	82
Quadro 11: Quadro – Resultado Geral - Validação Completude	84
Quadro 12: Tipo de Cenário 01: Ação correta sobre o objeto errado.....	86
Quadro 13: Tipo de Cenário 02: Ação Omissa (5 casos)	88
Quadro 14: Tipo de Cenário 03: Ação sem relação e inapropriada (2 casos)	91
Quadro 15: Tipo de Cenário 04: Acréscimo de Ação (1 caso).....	93
Quadro 16: Tipo de Cenário 05: Execução Incompleta (1 caso).....	95
Quadro 17: Relação Tarefa (MCCA) – Tarefa no MCIE	109
Quadro 18: Relação Usuário (MCCA) – Usuário no MCIE.....	111
Quadro 19: Relação Contexto (MCCA) – Contexto no MCIE.....	112

LISTA DE ABREVIATURAS

ADEPT - Advanced Design Environment for Prototyping with Task Models

ALACIE - Atelier Logiciel d'Aide à la Conception d'Interfaces Ergonomiques

BVT – Bela Vista

CGD - Campina Grande II

CHESF - A Companhia Hidroelétrica do São Francisco

CLT – Chave Local telecomando

CREAM - Cognitive Reliability and Error Analysis Method

CROL - Centro Regional de Operação do Sistema Leste

CTT - ConcurTaskTrees

DePerUSI – Delineamento do Perfil do Usuário de Sistemas Interativos

description des Tâches utilisateurs jusqu'à la Realisation d'InTerface)

DEVS - Discrete Event System Specification

ERGO-START - methodologiE oRientée erGonomie du lOgiciel: depuiS la

description des Tâches utilisateurs jusqu'à la Realisation d'InTerface

GIHM – Grupo de Interface Homem-Máquina

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

IFIP - International Federation for Information Processing

KADS - Knowledge Acquisition Design Structure

KOD – Knowledge Oriented Design

kV – Kilo-Volts

LOC/TEL – Local Telecomando

LRM – Local Remoto Manutenção

LSIS - Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes

MACAO - Méthode d'Acquisition des Connaissances Assisté par Ordinateur

MACIA - Metodologia de Assistência à Concepção e à realização de Interfaces Adaptativas

MAD - Méthode Analytique de Description de Tâches

MAD* - Modèle Analytique de Description de Tâches Utilisateurs Orienté SpécificÁtion d'InteRface

MCCA – Modelo Conceitual de Cenários de Acidentes

MCIE – Método de Concepção de Interfaces Ergonômicas

MEDITE – Metodologia para Concepção de interfaces ergonômicas (MAD+EDITOR+ERGONOMIA)

NTD – Natal II

PGM - Programa de Manobras

RAP – Relatório de Análise da Perturbação

RDFH – Relatório Desligamento por Falha Humana

RFO – Relatório de Falha Operacional

RTM - Roteiro de manobras

SAGE - Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia

SE - Subestação

SLCP - Serviço Leste de Proteção e Teste

SLMG – Sistema Leste Manutenção de Linhas e Equipamentos Campina Grande

SLOG – Sistema Leste de Operação

TAOS – Task and Action Oriented System

TKS - Task Knowledge Structures

USER – User Sketcher

CAPÍTULO 1

Introdução

O trabalho apresentado neste documento insere-se no contexto da pesquisa pela melhoria das interfaces homem-máquina de sistemas ¹críticos. Sistemas estes, nos quais o erro humano tem sido apontado como uma das principais causas dos acidentes atuais (Amalberti, 2001; Vanderhaegen, 2003; Groeneweg et al., 2003).

1.1 Contexto e Motivação

1.1.1 Segurança em Sistemas Críticos e o Erro Humano

As máquinas têm alcançado um elevado grau de perfeição e a sua confiabilidade atual é elevada. Por outro lado, a interação entre o homem e a máquina torna-se cada vez mais problemática (Guillermain & Ferrer, 1999). “Seus ritmos e linguagens diferentes geram mal-entendidos os quais são responsáveis pela maioria dos acidentes e catástrofes do mundo contemporâneo” (Ganascia, 1999). Este problema alcança proporções mais elevadas em aplicações industriais suportadas por sistemas complexos considerados de segurança crítica.

¹ Neste trabalho entende-se sistema como um conjunto de elementos interrelacionados (usuário, hardware, software, interface com o usuário) que interagem no desempenho de uma função.

Neste trabalho entende-se por **sistemas críticos** aqueles nos quais falhas materiais ou erros humanos podem causar acidentes provocando: (i) perda de partes ou de todo o sistema; e/ou (ii) perdas de vidas humanas; (iii) e/ou perdas financeiras. No que trata a segurança de sistemas críticos, o erro humano tem sido considerado uma das principais causas dos acidentes (Amalberti, 2001; Vanderhaegen, 2003; Groeneweg et al., 2003). Os operadores desses sistemas precisam gerenciar, além de suas próprias limitações, os riscos externos, como ajudas e interfaces mal concebidas e falhas do sistema (Amalberti, 1996). Há momentos em que o operador defronta-se com situações imprevistas, nas quais ele deve agir com precisão e tomar decisões importantes em um reduzido espaço de tempo. Tais situações elevam a sua carga cognitiva e o nível de estresse, propiciando ainda mais a produção de erros e provocando assim incidentes² e acidentes. Neste trabalho os termos incidente e acidente serão usados indistintamente.

Torna-se necessário, portanto, prover sistemas que ofereçam aos usuários, funcionalidade, adaptabilidade e que levem em conta os possíveis erros humanos. É também necessário considerar que o usuário comete e sempre cometerá erros, porém se as situações em que este erro acontece forem reconhecidas e analisadas, será mais fácil evitar o erro e/ou suas conseqüências, minimizando-as ou mesmo eliminando-as.

1.1.2 A Qualidade da Interface em Sistemas Críticos

No contexto de sistemas críticos a adaptação da interface dos sistemas aos usuários tem um significado ainda mais importante, pois uma interface confusa pode ocasionar erros de interpretação na tomada de decisão resultando em ameaça à segurança de operação

² “Um incidente pode ser definido como sendo um acontecimento não desejado ou não programado que venha a deteriorar ou diminuir a eficiência operacional da empresa. Do ponto de vista prevencionista, um acidente é o evento não desejado que tem por resultado uma lesão ou enfermidade a um trabalhador ou um dano a propriedade... Portanto, os incidentes podem ou não ser acidentes, entretanto todos os acidentes são incidentes” (Sherique, J. Você conhece a diferença entre incidente e acidente? Sociedade Brasileira de Engenharia da Segurança. Disponível em <<http://www.sobes.org.br>> Acesso em 15/11/04)

do sistema e perda de produtividade, ambos com conseqüências potencialmente catastróficas.

Entende-se por **interface** um elemento ou sistema que relaciona entidades para a interação. São considerados exemplos de interface: um controle remoto que serve de comunicação entre o usuário e uma televisão, um manual que comunica ao usuário como ele deve proceder, painéis de controle (interfaces homem-máquina), telas gráficas de um sistema de supervisão (mais específicas sendo chamadas de interfaces homem-computador), e até mesmo um simples cartaz que objetiva comunicar alguma coisa às pessoas que o observam.

A qualidade final de uma interface dependerá em grande parte do processo de concepção utilizado. Nesse sentido, várias metodologias como MEDITE (Guerrero & Lula, 2002), MACIA (Furtado, 1997), entre outras, têm surgido na literatura com o objetivo de integrar o conhecimento ergonômico no processo de concepção de interfaces. Essas metodologias fazem uso de diversos modelos, recursos e ferramentas computacionais para apoiar a produção das especificações em cada etapa do processo.

O Grupo de Interface Homem-Máquina (GIHM) da Universidade Federal de Campina Grande vem pesquisando o desenvolvimento e adequação de um método (MCIE) para concepção e avaliação de interfaces ergonômicas no contexto de sistemas industriais críticos. Ao longo dessa pesquisa, técnicas, modelos e ferramentas têm sido integrados ao método MCIE, no entanto ainda não havia sido considerada a informação sobre os erros cometidos pelos operadores³, sobre as situações em que estes erros ocorrem e sobre o comportamento do usuário nestas situações. Considerar o usuário significa conhecer, além das informações provenientes da análise ergonômica do trabalho (idade, sexo, formação específica, conhecimentos, estratégias), também aquelas ligadas às suas habilidades e capacidades cognitivas. Para isso, a solução proposta pelo Grupo consiste em integrar no MCIE, além do conhecimento sobre a tarefa e o perfil do usuário, o conhecimento sobre as situações propícias à ocorrência de acidentes e sobre o

³ Neste trabalho, os termos “usuário” e “operador” são utilizados sem distinção.

comportamento do usuário nessas *situações críticas*⁴, e assim produzir interfaces que as considerem, de forma a evitar os acidentes e suas conseqüências. De forma a obter o conhecimento do comportamento do usuário nessas situações, o GIHM prevê a observação e a análise do usuário. Tratando-se de sistemas críticos, a observação *in loco* pode ser inconveniente do ponto de vista da segurança, por isso deve ser realizada em laboratório com a utilização de um simulador de cenários⁵ de acidentes. Contudo, a integração dos fatores humanos no projeto de sistemas têm sido tradicionalmente um problema de difícil solução (Hollnagel, 1998).

A problemática abordada neste trabalho centra-se na identificação, extração e representação do conhecimento sobre acidentes causados pelo erro humano durante a interação com sistemas críticos. Pretende-se responder às questões: (i) qual o conhecimento sobre as situações de erro que se relacionem com a interface do sistema; (ii) quais as fontes desse conhecimento; (iii) qual o processo de obtenção mais adequado; (iv) como representá-lo; (v) e como utilizá-lo no processo de concepção de interfaces.

São estes os aspectos com os quais este trabalho pretende contribuir, através da proposição de um processo de construção de um modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano que apóie o processo de concepção de interfaces.

⁴ Entende-se como Situação crítica: toda situação que necessite da ação correta dos operadores para que o sistema continue funcionando normalmente.

⁵ Um **cenário** é uma descrição que contém atores, a informação por trás deles, assumpções sobre o seu ambiente, os seus objetivos e sequências de ações e eventos. Pode incluir também os obstáculos, contingências e êxitos dos atores. Em cenários podem ser omitidos alguns dos elementos ou expressá-lo de forma simples ou implícita (Go & Carroll, 2003). Abordagens baseadas em cenários são usadas em diversos campos. Na economia e nas finanças, são utilizados para antecipar o comportamento do mercado, na análise do risco na gerência de projeto, na instalação nuclear, etc. Permitem a antecipação e a manipulação do risco (Ahmed et al., 2005).

1.2 Objetivos do Trabalho

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é construir **um modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano**, que apóie o processo de concepção de interfaces mais ergonômicas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar métodos e abordagens para a construção de modelos de acidentes causados pelo erro humano.
- Construir uma tipologia de acidentes causados pelo erro humano, identificando a combinação de fatores (objetos, ações) que geram as situações (imprevistas ou não) que resultam em acidentes causados pelos erros de um operador durante a interação com um sistema.
- Obter e representar o conhecimento necessário para a construção do modelo conceitual de cenários de acidentes.
- Disponibilizar um procedimento metodológico de construção de modelo de cenários de acidentes que possa ser utilizado no processo de concepção de interfaces de sistemas industriais que considerem o erro humano e, portanto sejam mais ergonômicas.

1.3 Metodologia de Trabalho

A metodologia deste trabalho consistiu na elaboração de um modelo conceitual de cenário de acidentes com base em um processo de extração de conhecimento para um estudo de caso. Para isso, diversos temas e conceitos considerados relevantes ao contexto foram estudados com o intuito de delinear um processo e obter o modelo. Em

seguida, a partir da análise dos resultados, esse processo foi generalizado e formalizado de forma que possa ser aplicado em outros contextos.

Finalmente foi analisada a repercussão dos resultados sobre o processo de concepção de interfaces com o usuário.

1.4 Resultados Esperados

- Contribuir para a pesquisa do GIHM:
 - Apoiando o processo de concepção de interfaces ao disponibilizar o conhecimento sobre os cenários de acidentes causados pelo erro humano.
 - Através da apresentação de um procedimento metodológico para a construção de modelos de cenários de acidentes causados pelo erro humano.
 - Apoiando o desenvolvimento do simulador de cenário de acidentes (para o estudo do comportamento do usuário). O modelo deve refletir as situações de acidentes típicas, tarefas, ações, objetos utilizados e o seu encadeamento.
- Contribuir para a produção do conhecimento científico, no contexto da modelagem de acidentes, no que se refere a utilizá-lo para o processo de concepção de interfaces.
- Contribuir para a empresa adotada como estudo de caso, com sugestões para reduzir o número de acidentes e o efeito de suas conseqüências.
 - Propondo recomendações relativas à interface do sistema com o intuito de melhorar a segurança do sistema.
 - Propondo recomendações para a elaboração dos relatórios de falhas.

1.5 Estrutura do Trabalho

Neste primeiro capítulo foram apresentados o contexto e a motivação para o desenvolvimento desta pesquisa, assim como os objetivos, método utilizado e os resultados esperados.

No Capítulo 2 é apresentado o Referencial Teórico, com conceitos e temas que fundamentam a realização deste trabalho. Uma seção deste capítulo dedica-se ao tema da análise e modelagem de erros e acidentes. São apresentadas diferentes abordagens e são discutidas e analisadas de forma a destacar os principais contextos de aplicação, suas diferenças e restrições.

No Capítulo 3 é descrito o procedimento para a construção de um Modelo Conceitual de Cenários de Acidentes (MCCA) no contexto da concepção de interfaces. Cada etapa do processo é descrita detalhadamente, assim como os recursos utilizados em cada uma delas.

O Capítulo 4 apresenta o estudo de caso. Trata-se da construção de um MCCA para o setor de operação de uma indústria de energia elétrica. A primeira seção deste capítulo dedica-se a apresentação da empresa escolhida.

O Capítulo 5 apresenta uma proposta de utilização do MCCA num processo de concepção de interfaces (MCIE). Faz-se um mapeamento dos atributos do MCCA para atributos já considerados nos Modelos de Tarefa, Usuário e Contexto no MCIE.

No Capítulo 6 apresenta-se a conclusão do trabalho. Primeiramente é discutido o modelo obtido no estudo de caso, suas limitações, assim como as recomendações elaboradas a partir da análise do modelo. Em seguida discute-se o processo delineado para a construção de um MCCA, a sua aplicação em outros contextos, sua generalidade e limitações. Finalmente são apresentadas as propostas para continuidade e considerações. Na seqüência, são apresentados as referências bibliográficas e os apêndices.

CAPÍTULO 2

REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados os conceitos e temas que embasaram este trabalho. A primeira parte tem como objetivo apresentar o conceito de **Modelo Conceitual** neste trabalho e relacionar conceitos referentes à área de **Confiança no Funcionamento** com a terminologia usada neste trabalho.

O restante do capítulo apresenta os temas: (i) **Interfaces Ergonômicas**, no qual é abordada a problemática da concepção de interfaces e apresentado o MCIE, método adotado pelo GIHM e para o qual este trabalho pretende contribuir; (ii) **Aquisição de Conhecimento**, no qual são apresentadas as diferentes abordagens e alguns dos métodos que se inserem nessas abordagens. Nesta parte é dada ênfase ao Método KOD como sendo aquele escolhido para ser utilizado no processo proposto neste trabalho; (iii) **O Erro Humano**, no qual apresenta-se de forma sucinta a etiologia do erro humano e diferentes formas de classificá-lo, discutindo qual a que mais se adapta ao contexto deste trabalho e finalmente (iv) **Análise e Modelagem de Acidentes**, no qual são apresentados alguns trabalhos desenvolvidos na temática, mostrando as diferentes abordagens, contextos de aplicação e utilização dos resultados.

2.1 Conceitos Importantes

Nesta seção são apresentados alguns dos conceitos considerados importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

2.1.1 Modelos Conceituais

O desenvolvimento de interfaces utilizando a abordagem baseada em modelos (Szekely, 1996) é aquela na qual a concepção parte de especificações declarativas (os modelos). Estes modelos tornam explícitos os resultados de análise e de projeto, que podem ter diferentes funções, como por exemplo: representar e descrever as características do futuro sistema, avaliar as interfaces geradas, propor a arquitetura de um sistema, etc. Esta abordagem apresenta como principais vantagens:

- A possibilidade de uma fácil automatização do processo através do uso de ferramentas específicas.
- Consistência e reutilização.
- E o desenvolvimento iterativo.

A construção de um sistema e de sua interface pode exigir a participação de especialistas de disciplinas bastante distintas, requerendo, portanto canais de comunicação em uma linguagem comum entre eles e com os usuários do sistema.

De acordo com a Teoria da Ação de Donald Norman (Norman 1983), existe uma “distância” entre a maneira como o usuário concebe sua tarefa e a maneira como ele a realiza com o apoio de um sistema computacional. Sendo a interface de comunicação do usuário com o sistema, a responsável por essa “distância”. Nesse sentido o uso de modelos conceituais auxilia a comunicação e possibilita a validação de determinados aspectos pelos diferentes participantes do processo. “Os modelos conceituais são utilizados por professores, *designers* e pesquisadores com o objetivo de obter uma representação apropriada (completa, consistente e exata) do sistema que se quer construir” (Norman, 1983).

Segundo Preece (Preece et al., 2005), no contexto do *design* da interação “um modelo conceitual é uma descrição do sistema proposto - em termos de um conjunto de idéias e conceitos integrados a respeito do que ele deve fazer, de como deve se comportar e com o que deve se parecer - que seja compreendida pelos usuários da maneira pretendida.”

Assim, para conceber uma interface com o usuário, o projetista deve elaborar uma descrição tão precisa quanto possível da tarefa e dos processos cognitivos⁶ do usuário envolvidos na sua realização, para em seguida concretizar fielmente essa descrição no sistema. Nesse sentido, diversos trabalhos da psicologia cognitiva têm mostrado o papel fundamental da manipulação de modelos na resolução de problemas e na aprendizagem e utilização de dispositivos interativos complexos.

Em um processo de concepção de interfaces, diversos modelos são utilizados pelos projetistas com o intuito de melhor compreender cada etapa do processo de concepção. Entre eles destacam-se: **os modelos de tarefa** cujo objetivo é representar e descrever as tarefas realizadas pelos usuários dos sistemas, por exemplo: MAD (Scapin & Pierret, 1990), TKS (Johnson et al., 1988), TAOS (Medeiros et al., 2000), CTT (Mori, 2002); e **os modelos do processamento humano de informações** cujo objetivo tem sido descrever e explicar as atividades mentais dos usuários durante a resolução de problemas. Estes modelos produzem previsões de desempenho (tempo de execução, tempo de aprendizagem, erros) a serem utilizadas pelos projetistas tanto no estágio inicial do processo de desenvolvimento, quanto na prototipagem e na etapa de testes com os usuários. Dentre os modelos de processamento humano destacam-se aqueles apresentados nos trabalhos de John & Kieras (John & Kieras, 1996), Rasmussen (Vicente & Rasmussen, 1992); Young (Young apud Shwamb, 1990) e Johnson-Laird (Johnson-Laird, 1980). Portanto, modelos conceituais são elaborados para representar uma visão de um determinado aspecto do contexto e assim estudá-lo.

⁶ O termo “processo cognitivo” é empregado para denotar as diversas etapas do caminhar da informação, desde a sua recepção, passando pelo tratamento até a ação sobre o meio (Cybis, 1996).

O GIHM propõe o método MCIE (seção 2.2.2) que se insere nas abordagens baseada em modelos, e através deste trabalho, propõe a definição de um modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano que permita a utilização do conhecimento sobre situações críticas no processo de concepção de interfaces. Um modelo que reflita de forma generalizada o mundo real: objetos, tarefas, e ações do operador durante essas situações.

A elaboração de modelos facilita o projeto de sistemas, pois se trata de uma fase intermediária entre a especificação de um sistema e a sua codificação (Vogel, 1988; Schreiber et al., 1994). Ainda, o modelo conceitual permite uma verificação prévia da consistência do conhecimento adquirido, possibilitando a detecção de algumas inconsistências. Portanto no contexto deste trabalho, **modelo conceitual** é uma representação ou interpretação simplificada de um aspecto do domínio do mundo real, de acordo com uma estrutura de conceitos que organiza a informação em um alto grau de abstração, mostrando as relações entre os objetos do domínio.

2.1.2 Confiança no Funcionamento

O objetivo desta seção é apresentar alguns conceitos sobre Confiança no Funcionamento (*Dependability*), relacionando-os com aqueles adotados neste trabalho. A terminologia e conceitos apresentados a seguir extraídos dos trabalhos de Laprie e Avizenius (Laprie, 1995; Avizienis et al., 2004).

“Confiança no Funcionamento é a habilidade de oferecer um serviço comprovadamente confiável”. São três os conceitos que a definem:

- Os **entraves**: são as circunstâncias indesejáveis, porém não inesperadas, que resultam ou provocam a não-confiança no funcionamento: falha, erro e falta.
- Os **meios**: são os métodos e técnicas que permitem o fornecimento do serviço ao qual é destinado o sistema.
 - **Prevenção a Faltas**: como impedir a ocorrência ou a introdução de faltas.

- **Tolerância a Falhas:** como fornecer um serviço que complete a função do sistema, apesar das faltas.
- **Eliminação das Falhas:** como reduzir a presença (número, severidade) das faltas.
- **Previsão das Falhas:** como estimar a presença, a criação e as conseqüências das faltas.
- Os **atributos:** permitem expressar as propriedades que se esperam do sistema e apreciar a qualidade do serviço esperado.
 - **Disponibilidade:** estar pronto para utilização.
 - **Fiabilidade** ou **Confiabilidade:** continuidade de serviço.
 - **Seguridade-Inocuidade:** ausência de conseqüências catastróficas sobre o ambiente.
 - **Confidencialidade:** a não ocorrência de divulgações não autorizadas de informação.
 - **Integridade:** ausência de alterações inapropriadas da informação.
 - **Manutenabilidade:** habilidade de se submeter a reparações e evoluções.

A confiança no funcionamento é estudada sob dois aspectos: um que foca o sistema; e outro que foca no componente humano que interage com os sistemas. Este último apresenta uma terminologia que permite a integração da dimensão humana e trata dos conceitos que mais se adequam ao contexto deste trabalho, já que o foco é a interação entre homens e sistemas.

Uma *falha de um sistema sócio-técnico*⁷ ocorre quando o serviço fornecido desvia-se do cumprimento da função do sistema, (ou seja, aquilo a que o sistema se destina). A falha pode ou não ser importante, essa importância depende de referências, existindo portanto limites de tolerância para uma falha. Uma falha é o resultado de um *erro* a exemplo de: uma organização inadequada da empresa ou de um posto de trabalho, a utilização de conhecimentos falsos para raciocinar e assim agir. Portanto os erros

⁷ **Sócio-técnico** - noção utilizada na ergonomia para se referir a interdependência entre os aspectos técnicos, humanos, organizacionais, econômicos, etc... e de sua relação com a confiança no funcionamento (Laprie, 1995).

podem ser: do sistema sócio-técnico, apenas do componente humano ou apenas do sistema técnico. Contudo, no que diz respeito às causas desse erro, se a origem for no sistema técnico, denomina-se *falha*, se por outro lado, a causa for interna ao homem, adota-se o termo “*causas do erro*”.

No contexto deste trabalho, pode-se exemplificar esses conceitos da seguinte forma:

- **Falha no sistema sócio-técnico:** Interrupção nas cargas (consequência do erro).
- **Erro:** o operador comuta a chave do disjuntor X ao invés da chave do disjuntor Y .
- **Causa do erro:** Dispositivos não identificados adequadamente (externa ao operador); descaso do operador (internas ao operador).

Dessa forma pode-se dizer que uma falha é consequência de um erro que por sua vez é causado por uma falta.

Este trabalho insere-se no contexto da detecção de situações de acidentes resultantes de erros cometidos pelo homem durante a interação com o sistema. Parte-se do pressuposto que elaborando interfaces que considerem as características das situações, assim como o comportamento do operador nesse contexto, é possível a *prevenção* ou mesmo a *eliminação* das causas, produzindo assim sistemas mais *seguros* e *confiáveis*.

Outros trabalhos como (Lemos & Veríssimo, 1997; Hollanda, 1993) propõem terminologias em português, baseadas nas terminologias adotadas pelos organismos internacionais IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) e IFIP - (*International Federation for Information Processing*) e nos trabalhos de Laprie (Laprie, 1995). Contudo, não existe ainda um consenso quanto à terminologia, que vem sendo utilizada diferentemente pelos grupos que trabalham no tema.

2.2 Interfaces Ergonômicas

A necessidade de desenvolver aplicações úteis, utilizáveis⁸ (ou usáveis) e ubíquas ocasionou o surgimento de uma variedade de ferramentas, linguagens, modelos e metodologias de ajuda à concepção de interfaces para o usuário, tendo como principais objetivos a otimização do ciclo de desenvolvimento e a melhoria da qualidade dessas aplicações (Gamboa, 1998).

Em sistemas industriais críticos, existe um outro fator que é de suma importância: a segurança. Ou seja, pretende-se que, além da facilidade de uso, do entendimento e da facilidade na aprendizagem, essas interfaces proporcionem ao operador, meios para realizar as ações de forma que não ponha em risco o operador ou o processo.

O sistema é apenas um meio através do qual o operador executa as ações necessárias para a realização das tarefas, porém o uso desse sistema exige do operador conhecimento e habilidades não apenas no domínio da tarefa e no uso do próprio sistema, mas também sobre como lidar com as situações críticas que podem ocorrer. A falta de atenção associada a um erro, pode resultar em problemas com graves conseqüências.

Portanto, esses esforços do operador devem ser minimizados. Assim, para conceber uma interface com o usuário, o projetista deve elaborar uma descrição tão precisa quanto possível da tarefa e dos processos cognitivos do usuário envolvidos na sua realização, para em seguida concretizar fielmente essa descrição no sistema. Se essas descrições estiverem corretas e devidamente representadas, pode-se dizer que o sistema passa a se constituir numa “extensão do cérebro humano” (Nanard, 1990; Coutaz, 1990).

É nesse sentido que se vem exigindo cada vez mais dos desenvolvedores desses produtos e sistemas uma preocupação com a qualidade da interface. Quando se fala em

⁸ Segundo a norma ISO 9241 - *Guidance on Usability* (ISO 9241-11, 1998), “**Usabilidade** é a capacidade que um sistema interativo oferece a seu usuário, em um determinado contexto de operação, para a realização de tarefas, de maneira eficaz, eficiente e agradável”.

qualidade naturalmente fala-se em usabilidade: fácil de usar, fácil de entender, fácil de aprender (ISO 9241-11, 1998).

São três as maneiras de obter essa qualidade:

- facilitando a construção da interface através de prototipadores rápidos, seguido de um processo consistente de avaliação;
- utilizando métodos de concepção, que permitam especificar a interface a partir do conhecimento do usuário e de sua tarefa;
- ou mesmo utilizando as duas formas acima citadas.

Em qualquer dos casos acima apontados, a utilização do conhecimento ergonômico (*guidelines*, diretrizes de projeto, guias de estilo, critérios, padrões, regras, etc.) é fundamental.

No primeiro caso, a utilização da Ergonomia está diretamente ligada ao produto. Uma *interface é ergonômica* se ela é adaptada ao trabalho efetivo do usuário. Neste sentido, ela deve permitir o máximo de eficácia durante a realização dos objetivos do usuário (Hammouche, 1995). A avaliação consiste em averiguar a adequação, por exemplo, a critérios ergonômicos.

No segundo caso, a utilização da Ergonomia está ligada ao processo de especificação da interface. Fala-se, portanto, em *processo ergonômico*. Este é definido como sendo um processo que integra desde o início da construção da interface, as tarefas, as características do usuário e o contexto em que se realiza a tarefa, tanto em relação à utilidade quanto à usabilidade. Trata-se de um processo que oferece maiores chances de resultar em uma interface ergonômica (Hammouche, 1995; Gamboa, 1998).

No terceiro caso, a utilização da Ergonomia ocorre tanto durante o processo de concepção quanto na avaliação do produto.

2.2.1 Métodos para a Concepção de Interfaces

São vários os métodos propostos na literatura com o objetivo de conceber interfaces ergonômicas, ou seja, interfaces adaptadas às características dos usuários e às tarefas

que eles realizam. Esses métodos propõem um quadro metodológico de concepção que define e sistematiza as etapas do processo, integrando de diversas formas o conhecimento ergonômico. Metodologias como, ADEPT (Markopoulos et al., 1992), ERGO-START (Hammouche, 1995), MACIA (Furtado, 1997), ALACIE (Gamboa, 1998), MEDITE (Guerrero & Lula, 2002) e MCIE (Turnell, 2004) enquadram-se nesse contexto.

Essas metodologias fazem uso de: (i) modelos (da tarefa, do operador, da interação, arquitetural, etc.); (ii) regras / tabelas (representação do conhecimento ergonômico); (iii) e ferramentas computacionais para apoiar a produção das especificações em cada etapa do processo.

O Quadro 1 a seguir resume essas metodologias em relação aos modelos e recursos utilizados no processo:

Quadro 1: Modelos e recursos de métodos para concepção de IHM.

	Modelo do Contexto	Modelo do Usuário	Modelo da Tarefa	Modelo de Apresentação	Modelo da Interação	Fatores Humanos
ADEPT		•	•	•	•	•
ERGO-START			•	•	•	•
MACIA	•		•	•	•	•
ALACIE			•	•	•	•
MEDITE			•	•	•	•
MCIE	•	•	•	•	•	•

Todas essas metodologias fazem uso de modelos de tarefa para dar início à especificação da interface. Esses modelos (MAD, TAOS, TKS), bastante similares, descrevem a tarefa de forma hierárquica.

No que diz respeito à integração de fatores humanos, essas metodologias diferem na forma utilizada para integrar o conhecimento ergonômico durante o processo de concepção. A metodologia ALACIE disponibiliza o uso de regras para a especificação da interface, mas não impõe esse uso. Por outro lado, MEDITE, MACIA, ERGO-START e MCIE não exigem, a princípio, o conhecimento ergonômico ou experiência

prévia do projetista, pois fornecem mecanismos dotados desse conhecimento através de regras que são utilizadas para passar de um modelo ao outro que compõem suas etapas.

Em relação ao modelo do usuário, apenas ADEPT e MCIE consideram explicitamente esse modelo no processo de concepção. Este modelo constitui uma descrição do perfil do usuário típico representado em termos de suas habilidades, conhecimentos e estilos de processamento da informação. Este modelo é usado para influenciar e auxiliar na seleção de alternativas de projeto.

O modelo do contexto ainda não é considerado de forma explícita nas metodologias, embora MCIE faça referência ao que deve ser considerado, contudo não formaliza a sua representação. Na próxima seção é apresentado em detalhes o método desenvolvido pelo GIHM (MCIE), para o qual este trabalho pretende contribuir.

2.2.2 MCIE – Método para Concepção de Interfaces Ergonômicas

MCIE é um método para o projeto da interação que aborda tanto o nível conceitual, (a identificação das funções necessárias, o seqüenciamento destas funções e a definição do fluxo da interação), quanto o nível perceptivo (projeto da representação visual para o usuário).

Este método (Figura 1) tem como principal característica o ciclo de concepção centrado na avaliação, de forma que os resultados de cada etapa são avaliados antes de prosseguir para a próxima. O MCIE se desenvolve em um conjunto de etapas que se apóiam na construção e avaliação de modelos que constituem a especificação da interface.

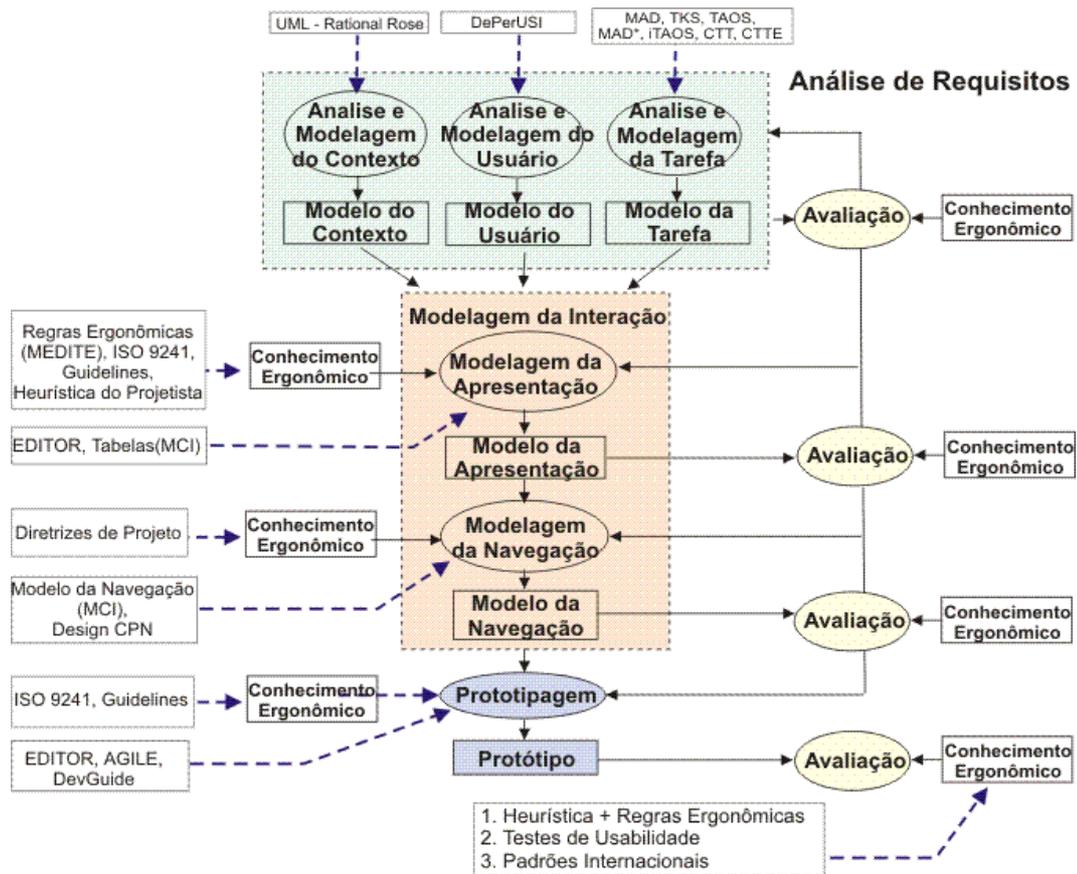


Figura 1: MCIE.

As principais etapas deste método são:

- **Etapa 1: Análise de Requisitos**

A análise de requisitos define os objetivos básicos, os propósitos e as características desejadas para o sistema, resultando em modelos que descrevem: o perfil do usuário, o contexto e a tarefa (Sousa, 1999). Trata-se, portanto de três sub-etapas que podem ser realizadas de forma paralela ou seqüencialmente (Figura 1).

Sub-Etapa A: Análise e Modelagem do Contexto: consiste em analisar e definir o contexto de uso do sistema a ser desenvolvido, descrever o sistema e suas funções e o ambiente no qual será utilizado.

Sub-etapa B: Análise e Modelagem do Usuário – consiste em um levantamento do perfil do usuário-alvo, considerando atributos tais como: idade, sexo, habilidades físicas, nível de educação, de cultura, treinamento, motivação, objetivos e personalidade

(Shneiderman, 1998). Nesta etapa é definida a classe de usuários, em termos das tarefas que serão realizadas e do conhecimento necessário para realizá-las. O resultado é um conjunto denominado "perfil do usuário" que contém as características relevantes para o projeto da interação. Este perfil pode ser obtido através da observação do usuário em seu ambiente de trabalho, se possível realizando tarefas similares, ou ainda a partir de questionários ou entrevistas aplicados a representantes do grupo de usuários.

Sub-Etapa C: Análise e Modelagem da Tarefa: consiste em identificar, através do usuário e do domínio da tarefa, os objetivos do sistema que se pretende conceber. Em seguida descrever precisamente a tarefa com o intuito de entender a “lógica do usuário”, ou seja, a maneira, os procedimentos e objetos que ele utiliza para executá-la.

- **Etapa 2: Modelagem da Interação**

Modelar a interação significa realizar o projeto no nível conceitual, identificando: as funções necessárias, o seqüenciamento destas funções, a definição do fluxo de interação, os mecanismos de interação, os objetos com os quais o usuário deverá interagir e as alocações tarefa/função que determinam quais partes da tarefa deverão ser realizadas pelo sistema e quais deverão ser realizadas pelo usuário. A modelagem da interação pode ser subdividida em duas sub-etapas: modelagem da apresentação e da navegação

Sub-etapa A: Modelagem da Apresentação - consiste em produzir a especificação conceitual inicial da interação. São especificados neste momento aspectos relacionados com a estrutura, o seqüenciamento, estilos de interação e *layout* das telas ou janelas. Nesta fase o projetista tem uma visão geral e inicial (esboço) das telas ou janelas da interface a ser construída. Com o conhecimento ergonômico o projetista é auxiliado na tomada de decisões de projeto.

Sub-etapa 2: Modelagem da Navegação – consiste em produzir um modelo que represente o fluxo da interação. Ou seja, trata-se de representar todas as possibilidades de encadeamento do diálogo, e as operações associadas aos estados em que a interface pode se encontrar, como resultado das ações dos usuários. Enfim, o modelo da navegação define os caminhos entre os vários estados da interface (por exemplo como navegar entre janelas e sub-janelas da interface).

- **Etapa 3: Geração do Protótipo**

Esta etapa consiste na geração do código da interface (protótipo) a partir do modelo da interação (modelo de apresentação e de navegação). O arquivo de protótipo deve conter todas as definições e comportamentos dos objetos definidos no modelo de interação.

- **Etapa 4: Avaliação**

Observa-se através da Figura 1 que após a geração de cada produto deve ocorrer uma atividade de avaliação. Esta atividade é distribuída ao longo de todas as etapas.

Considerações

Dentre as metodologias estudada, apenas MACIA tem um foco específico de aplicação (interfaces para sistemas de supervisão). As demais metodologias são abrangentes e assim pouco especializadas. Essa abrangência é por um lado interessante, pois permite a utilização dessas metodologias em diversos contextos, porém, certas características específicas e próprias a determinadas aplicações não são levadas em consideração, pois as regras ergonômicas utilizadas na construção dos modelos são demasiado genéricas (por exemplo em MEDITE).

O GIHM focaliza a pesquisa na adaptação do MCIE ao contexto de sistemas industriais críticos. Essa adaptação requer considerar as situações críticas com as quais são confrontados os operadores durante a execução das tarefas. Tanto MCIE quanto ADEPT definem no método, o modelo do usuário, o qual se limita a representar o perfil do usuário, ou seja, informações sobre os atributos idade, sexo, habilidades, entre outros.

Para adequar MCIE ao contexto de sistemas críticos, esse modelo não é suficiente, é necessário integrar no processo o conhecimento sobre as situações críticas e sobre o comportamento dos operadores diante delas de forma a especificar interfaces mais adequadas ao operador, que previnam e eliminem os seus erros típicos.

2.3 Aquisição de Conhecimento

A aquisição de conhecimento é a disciplina que desenvolve métodos e ferramentas para apoiar a tarefa de extrair e validar o conhecimento do especialista.

O campo de pesquisa da extração de conhecimento (na Inteligência Artificial), compartilha traços comuns com as questões metodológicas abordadas pela Ergonomia Cognitiva, quando tenta explicitar as atividades cognitivas com base em comportamentos observáveis de um operador no momento de realização de sua tarefa. Por sua vez, a Ergonomia Cognitiva diz respeito aos aspectos cognitivos do trabalho humano, relativos à aquisição e à utilização do conhecimento, e ao tratamento da informação e tem como objetivo contribuir para uma concepção de máquinas melhor adaptadas às características particulares do funcionamento cognitivo dos usuários (Vergara, 1997; Boy, 2003). Nesse sentido, a metodologia ergonômica utiliza uma abordagem de análise do trabalho o mais próxima possível das situações habituais. Ou seja, observa o homem na situação de trabalho, no contexto e nas condições habituais. São diversas as técnicas que podem ser utilizadas: maquetes (utilizadas quando o material em questão não existe ainda), micromundos (servem para simular uma realidade complexa, perigosa ou difícil de observar diretamente) e as simulações (o objetivo é reproduzir uma situação de trabalho com certo grau de realismo, quando uma observação direta é impossível ou inadequada) (Boy, 2003). Enfim, a ergonomia modela seus objetos de estudo, concentrando-se essencialmente nos seres humanos, nas tarefas, nas atividades, nos erros, nos acidentes e nos efeitos de certas restrições.

Contudo, o mais importante das técnicas citadas acima, é a obtenção de dados confiáveis e válidos. A extração de conhecimentos torna-se, portanto, uma atividade importante nesse processo e o problema não é apenas um problema de transcrição, mas principalmente de modelagem (Krivine & David, 1991; Schreiber et al., 1994). De fato a extração do conhecimento tornou-se indissociável da modelagem.

2.3.1 Abordagens para Aquisição de Conhecimento

Dentre as várias abordagens para aquisição de conhecimento, têm-se aquelas baseadas em modelos. Estas consistem na formulação de um modelo geral do conhecimento baseado em descrições estruturadas (Schreiber et al., 1994). Este modelos podem ser construídos através de dois tipos de abordagens:

- A abordagem descendente (*top-down*) – caracteriza-se por apresentar um esqueleto genérico, ou um modelo pré-existente que é adaptado e refinado para o problema particular que se pretende tratar (Cléder, 2002). Como exemplos dessas abordagens têm-se os métodos:
 - KADS (*Knowledge Acquisition Design Structure*) (Schreiber et al., 1994).
 - e Benjamins (Benjamins apud Mercantini et al., 1999) – é muito próximo a KADS e possui uma biblioteca de métodos de resolução de problemas específica aos problemas de diagnóstico.
- A abordagem ascendente (*bottom-up*) - consiste na elaboração do modelo de conhecimento a partir da análise dos dados brutos do domínio. Destacam-se entre as abordagens ascendentes, os seguintes métodos:
 - MACAO (Aussenac, 1989).
 - KOD (Vogel, 1988).

A escolha de uma abordagem ou outra dependerá principalmente dos objetivos da extração do conhecimento, da fonte desse conhecimento (os especialistas humanos (principal fonte), livros-texto, documentos com relatos de experiências e estudos, a experiência pessoal do engenheiro, imagens, vídeos, bancos de dados, manuais, entre outros), assim como do formato dos dados.

2.3.2 Métodos para Aquisição de Conhecimento

Nesta seção são apresentados sucintamente alguns desses métodos para aquisição de conhecimento.

2.3.2.1 *KADS - Knowledge Analysis and Documentation System*

KADS (Schreiber et al., 1994) foi desenvolvido na Universidade Livre de Amsterdam. KADS propõe um guia metodológico que cobre o ciclo de vida de um SBC (Sistema Baseado em Conhecimento) a partir da elaboração sucessiva dos modelos a seguir:

- Modelo Organizacional: descreve o ambiente organizacional no qual o SBC será instalado.
- Modelo de tarefa: descreve genericamente as tarefas que serão realizadas pelo SBC na organização onde ele será instalado.
- Modelo de Agente: descreve as capacidades e as características particulares dos agentes. Os agentes são os executores de tarefas (humanos, sistemas ou outra entidade).
- Modelo de Comunicação: descreve os detalhes da troca de informações entre os agentes envolvidos na execução das tarefas.
- Modelo de Perícia (ou Especialidade): descreve o Conhecimento Especializado, sendo o aspecto mais importante deste método, pois é nele que está categorizado o conhecimento necessário para a resolução dos problemas para o qual é designado o sistema. São quatro os níveis do modelo: domínio, inferências, tarefas e resolução de problemas. Para maior detalhes ver (Schreiber et al., 1994).

KADS objetiva modelar as estratégias de raciocínio de um especialista de forma abstrata e desenvolver uma biblioteca de ações genéricas fazendo intervir uma modelagem de conhecimentos estratégicos e de conhecimentos do domínio. KADS oferece um referencial de organização da modelagem de conhecimento. Tem como princípio fundamental que o desenvolvimento de um SBC é uma atividade

essencialmente de modelagem. Contudo, para a etapa de extração de conhecimento não oferece técnicas apropriadas, principalmente no que se refere à extração de conhecimento a partir de textos em linguagem natural.

2.3.2.2 *MACAO – Méthode d’Acquisition des Connaissances Assisté par Ordinateur*

O método MACAO (Aussenac, 1989) permite determinar os elementos para a construção do esquema do modelo conceitual através de um processo de extração e modelagem do conhecimento vindo de um especialista. O processo é definido em quatro etapas principais:

- Identificação do especialista: consiste em identificar a fonte do conhecimento.
- Obtenção dos protocolos: consiste em extrair conceitos e sub-conceitos de objetos através de questionamentos feitos ao especialista (O que você faz? Em que momento? Como? Porque?), que é observado diretamente em seu contexto de trabalho.
- Análise dos protocolos: realizada pelo projetista e consiste em analisar o conjunto de dados obtidos: separadamente, por categorias e globalmente. O resultado é um conjunto de estruturas apresentadas sob a forma de grafos que descrevem a tarefa do especialista através de um vocabulário específico e que representam os conhecimentos estruturados durante a análise.
- Validação do conhecimento pelo especialista: consiste em apresentar, explicar e justificar a estrutura obtida ao especialista, que por sua vez, deve questioná-la e sugerir modificações.

MACAO é apoiado por uma ferramenta informática que o projetista utiliza durante a extração, e o auxilia na construção do modelo.

2.3.3 Método KOD – Knowledge Oriented Design

Nesta seção é apresentado o Método KOD (*Knowledge Oriented Design*) (Vogel, 1988), adotado para utilização neste trabalho. O detalhamento e formalização deste modelo são mostrados mais adiante neste documento nas seções (4.2.2 e 4.2.3).

2.3.2.1 Principais Características e Processo

O Método KOD foi concebido para fornecer um suporte à atividade da Inteligência Artificial (construção de sistemas baseados em conhecimento). Trata-se de uma ferramenta conceitual de ajuda à extração e modelagem do conhecimento. Consiste de uma abordagem ascendente (*bottom-up*) que permite ao projetista maximizar a extração de dados a partir do especialista e de documentos textuais, através de uma estrutura homogênea.

O processo de KOD requer a elaboração de três modelos sucessivos (Figura 2): o modelo prático (M.P), o modelo cognitivo e o modelo computacional.

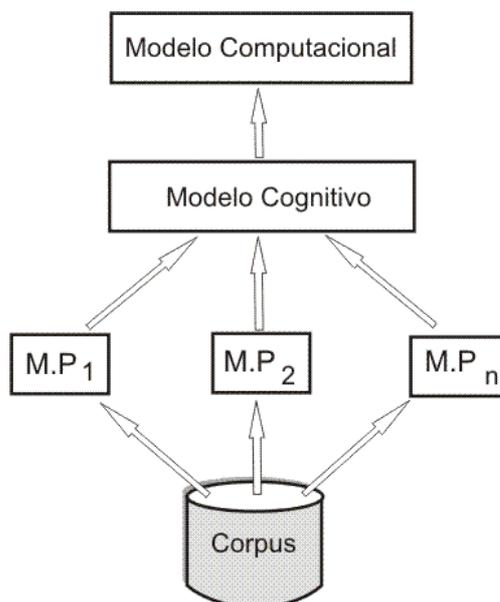


Figura 2: Modelos de KOD.

Cada um destes modelos baseia-se nos paradigmas <representação, ação, interpretação> (Quadro 2). Esses paradigmas consitituem as três vertentes mais fundamentais para exprimir as situações nas quais se encontram as pessoas.

Quadro 2: Modelos e o paradigma <representação, ação, interpretação>.

	Paradigma		
	Representação	Ação	Interpretação
Modelo Prático	TAXEMAS	ACTEMAS	INFERÊNCIAS
Modelo Cognitivo	TAXINOMIAS	ACTINOMIAS	ESQUEMAS
Modelo Computacional	OBJETOS	MÉTODOS	REGRAS

2.3.2.2 *O Modelo Prático*

O modelo prático é a representação de um discurso ou de um texto expresso em linguagem natural através de elementos também expressos em linguagem natural:

- Taxemas: são elementos da linguagem que descrevem objetos ou conceitos usados pelos especialistas no contexto. Um taxema é formalizado por <objeto, atributo, valor>. Exemplo: <válvula, tipo de, equipamento>
- Actemas: são elementos da linguagem que descrevem a mudança do estado de um objeto ou conceito utilizado pelos especialistas no contexto. Um actema é formalizado através da 7-tupla <executor da ação, ação, destinatário, propriedades, estado1, estado2, instrumentos>. Exemplo: <operador, fecha, válvula, posição, aberta, fechada, botão>
- Inferências: são operações que permitem produzir novas proposições a partir de proposições já adquiridas. KOD não propõe nenhuma formalização para a inferência.

2.2.2.3 *O Modelo Cognitivo*

O Modelo cognitivo é a abstração do modelo prático. É composto de:

- Taxinomias: é o resultado da classificação dos taxemas. É representado como uma árvore.

- Actinomias: a actinomia está para a ação assim como a taxinomia está para a constatação. É uma representação, ou seja, uma combinação de imagens mentais orientando e organizando a ação.
- Esquemas de interpretação: representam um modelo mais sintetizado que a inferência, para um contexto específico. É uma forma de reagrupar as inferências desencadeadas a partir de um conjunto de sinais clínicos (síndromes) ligados a uma situação caracterizada pelo especialista.

2.3.2.4 *O Modelo Computacional*

O modelo computacional (modelo informático) fornece uma representação informática do modelo cognitivo. Esta representação é independente de linguagens de programação e é composta de objetos, métodos e regras.

Esta etapa não é apresentada em (Vogel, 1988). Contudo, um estudo vem sendo realizado no LSIS - Marseille com o intuito de elaborar o modelo computacional a partir do modelo cognitivo. Para isso vem sendo utilizado o DEVS (*Discrete Event System Specification*) (Zeigler, 1984). O processo relaciona elementos do modelo cognitivo (taxinomias, conceitos, atributos, estados iniciais, estados finais, entre outros) com os elementos do modelo DEVS. Para maiores detalhes ver (Santoni et al., 2005; Mercantini et al., 2005).

Considerações

Nesta parte foram apresentadas as duas principais abordagens para aquisição de conhecimento, alguns métodos e em particular o Método KOD, o qual foi escolhido para ser utilizado neste trabalho. Como dito anteriormente, a escolha de um método depende dos objetivos da extração e principalmente da origem e formato dos dados.

Embora KADS proponha técnicas para a construção do modelo do domínio, não trata do problema da extração do conhecimento a partir de textos em linguagem natural. Por outro lado, o conhecimento contido em relatos de acidente é na sua maioria sob a

forma de textos, portanto torna-se necessário um método que se adapte bem a esse tipo de representação de conhecimentos. Acrescente-se que KADS pressupõe a existência de um modelo de base sobre o contexto a ser analisado consistente com sua abordagem descendente. No contexto deste trabalho tal modelo não existe, daí fica clara a necessidade de uma abordagem ascendente que permita a construção e refinamento de um modelo a partir dos dados do domínio. Ademais, apesar de MACAO classificar-se nas abordagens ascendentes e possuir uma ferramenta para apoiar o processo, ele se direciona à extração de conhecimento diretamente a partir do especialista.

Por outro lado, KOD tem características que o tornam adequado como método para a construção do MCCA:

- Baseia-se na engenharia lingüística, ou seja, adapta-se bem para extrair conhecimentos a partir de textos expressos em linguagem natural (assim como os relatos de acidentes).
- Sua abordagem ascendente permite que o modelo seja construído gradualmente a partir de dados e conhecimento brutos.
- Guia o projetista desde a extração do conhecimento até a construção do modelo computacional.

Outro ponto que contribuiu para a escolha de KOD é a experiência do grupo de trabalho do LSIS (*Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes* em Marseille, onde foi realizada uma parte deste trabalho) na aplicação do método, facilitando assim o aprendizado e permitindo discussões sobre sua aplicação.

2.4 O Erro Humano

A noção de erro humano é um conceito muito vasto pois tem dimensões múltiplas. Pode ser visto através de diversas óticas (psicologia, ergonomia, engenharia, filosofia, etc).

Segundo Van Elslande (Van Elslande et al., 1999) “todo erro pode ser considerado humano”, seja por parte do projetista ou do operador, porém nunca será

unicamente humano, já que ele sempre se produz dentro de um contexto sócio-técnico. Portanto, a origem das falhas não podem ser encontrada unicamente no ser humano ou na máquina, mas na interação entre eles. Reason (Reason apud Van Elslande et al., 1999) caracteriza os erros dos operadores através da intenção do resultado. Dessa forma, o erro só existirá se, após uma seqüência planejada de atividades mentais ou físicas, o objetivo desejado não for atingido.

Enfim, das várias definições dadas na literatura para a noção de erro humano, o que transparece é a idéia de que o **erro humano é um funcionamento do operador humano (em relação a suas atividades mentais, psicomotrices, sensoriais ou físicas) traduzindo-se em um desvio anormal em relação a uma norma ou um padrão estabelecido** (Leplat, Rasmussen, Norman, apud Mabrouk, 2004). Esta definição vai ao encontro daquela citada anteriormente (seção 2.1.2) que considera o erro como sendo a causa da falha (Laprie, 1995).

Segundo Keyser (Keyser apud Van Elslande et al., 1999), os erros só ocorrem quando certos graus de liberdade são deixados ao operador. Se a situação com a qual ele é confrontado não permite escolhas, não haverá a possibilidade do erro, ou pelo menos, a responsabilidade do erro não caberá ao operador. Percebe-se, portanto, que são várias as definições e interpretações dadas para o termo “erro humano”. O interessante a observar é que na maioria das definições o erro não é visto de forma isolada, mas como uma relação entre operador, ambiente e tarefa.

2.4.1 Etiologia do Erro Humano

Para melhor compreender a produção do erro, apresenta-se a abordagem de Van Elslande e Alberton (Van Elslande et al., 1999). Este baseia-se na idéia já citada de que o erro não pode ser considerado unicamente humano, devido ao ambiente sócio-técnico no qual se originou. Nesse sentido, distinguem-se dois tipos de erros:

- Ativos: correspondem às atividades dos operadores que interagem com o sistema, ou seja, aqueles que se encarregam do controle do ambiente (os

condutores, os pilotos, os controladores de processo, etc.). Os efeitos deste tipo de erros são sentidos rapidamente.

- Latentes: desenvolvem-se a partir das atividades daqueles que se relacionam de forma indireta com a interação do sistema (os projetistas, os construtores, os tomadores de decisão). As conseqüências destes erros podem ficar adormecidas durante muito tempo, manifestando-se quando ocorre a combinação com outros fatores que revelam as lacunas, as faltas do sistema.

Segundo Amalberti (Amalberti, 1996) os erros ativos permitem uma maior percepção do risco, o que aumenta as margens de segurança nas planificações das atividades. Por outro lado, os erros latentes são os que têm maiores possibilidades de provocar acidentes. O operador é treinado para se proteger de panes e agressões evidentes e já registradas (erros ativos), mas é susceptível a dezenas de agressões latentes desconhecidas até então.

Portanto, percebe-se mais uma vez que o erro não pode ser tratado como algo isolado do operador, mas em conjunto com todo o contexto no qual ele se produziu. Contudo, algumas características próprias ao comportamento humano devem ser conhecidas de forma a melhor entender o erro e prevenir-se de conseqüências graves, como destacado por Keyser (Keyser apud Van Elslande et al., 1997):

- O caráter esquemático de seus conhecimentos operatórios, e as possíveis incoerências desses esquemas.
- A importância da riqueza informacional, da familiaridade com o meio, assim como o funcionamento através de tentativas e erros na aquisição de habilidades complexas.
- Os riscos de um baixo desempenho em condições de sobrecarga e estresse.

O ser humano tem habilidades relacionadas ao seu conhecimento que lhe permite simplificar tarefas complexas. Normalmente são situações repetitivas, cuja rápida ativação na memória de um caso é suficiente para compreender o caso presente. Quando os casos são mais complicados, menos familiares, a construção da representação demanda mais tempo. Esta representação é então construída, agregando-se informação pouco a pouco, trata-se de uma simplificação do mundo (orientada por um objetivo),

modificada por este objetivo e pelos conhecimentos do operador (Amalberti, 1996). Contudo essa habilidade tem o inconveniente de dar interpretações para o caso em questão, muito dependente dos casos passados. Percebe-se, portanto que os mesmos processos e características que tornam possível a adaptação, a regulação, a aprendizagem, a flexibilidade de funcionamento diante de um ambiente variável são os mesmos que em determinadas situações podem levar ao erro. Um exemplo dessas situações é a catacrese (Clot, 2002). Trata-se da utilização de instrumentos (físicos ou conceituais) em uma função não planejada. Catacreses podem ser meios utilizados pelos operadores para evitar circunstâncias que eles conhecem e sabem que podem levar ao erro, por outro lado podem ser fontes de novos erros.

O erro pode assim ser entendido como a expressão de certas características organizacionais muito restritas (falta de carga de trabalho, sobrecarga de trabalho, pressão temporal, estresse, falta de confiança, excesso de confiança) que tornam ineficazes, momentaneamente, as capacidades de adaptação do operador (Van Elslande et al., 1999),

Amalberti (Amalberti, 1996) insiste sobre a noção de compromisso cognitivo, que ele define como sendo o esforço que o operador realiza para aperfeiçoar a relação entre o nível de exigência da tarefa e os recursos necessários para realizá-la, com o objetivo de garantir a segurança, o desempenho, evitar a fadiga e o risco de acidentes. Os erros exprimem antes de tudo uma perda desse compromisso cognitivo. Contudo, o erro não deve ser visto como uma manifestação negativa do comportamento humano, ele nos permite argumentar sobre as causas da ruptura desse compromisso.

O erro pode produzir-se por motivos externos ou internos ao indivíduo envolvido na tarefa. Contudo o que se percebe é que mesmo se os motivos são internos ao homem (o estresse, uma sobrecarga, o cansaço), os erros podem ser causados, estimulados e agravados pelos motivos externos. Um ambiente mal projetado, uma ajuda mal concebida, podem ser considerados problemas de interface. Daí a importância da interface homem-máquina na segurança de um sistema. Pode-se dizer que a interface de

um sistema pode tornar um operador mais ou menos vulnerável ao erro, enfim, aumentando ou diminuindo o risco de acidentes.

2.4.2 Classificação do Erro Humano

Devido aos inúmeros acidentes provenientes do erro humano, psicólogos e ergonomistas propuseram diversas formas de classificá-los, dentre as quais destacam-se:

- Rasmussen (Rasmussen apud Cellier, 1990) propõe um modelo seqüencial distinguindo diversos tipos de tratamento da informação (ativação, observação, identificação, interpretação, avaliação, definição da tarefa, escolha do procedimento e execução). Os tipos a serem considerados dependem do comportamento do operador (baseado em regras, habilidades ou conhecimentos).
- Reason (Reason apud Zhang et al., 2000) distingue dois tipos de erros: (i) os lapsos são erros de execução nos quais a ação não procede com a intenção (ii) e os equívocos são erros de planejamento nos quais a intenção da ação não é correta.
- Swain (Swain apud Cellier, 1990) propõe uma categorização baseada nos traços do erro: (i) erro por omissão: quando são omitidas partes da tarefa a ser realizada; (ii) erro de execução: quando é produzido o desenvolvimento de uma tarefa incorreta; (iii) erro de derivação: quando é efetuada uma tarefa a mais, devido a uma distração; (iv) erro de seqüência: quando é realizada uma tarefa fora da seqüência estabelecida; (v) erro de tempo: quando é realizada uma tarefa antes ou depois do tempo planejado.

Esta última classificação permite comparar a produção dos erros em tarefas diferentes, dando uma idéia geral de como o erro é produzido em um determinado conjunto de acidentes. Contudo não permite analisar os vários mecanismos da produção de um erro em particular.

- Rouse & Rouse (Rouse & Rouse apud Cellier, 1990) propõem um quadro (Quadro 3) que relaciona os erros com as etapas de tratamento do modelo de Rasmussen (ativação, observação, identificação, interpretação, etc.). Esta forma de categorização permite identificar o nível de atuação do operador

(comportamento baseado em habilidades, regras ou conhecimento) para uma determinada tarefa, possibilitando a proposição de medidas de prevenção adequadas.

Quadro 3: Categorização proposta por (Rouse & Rouse apud Cellier, 1990)

Categoria Geral	Categoria Especifica
Observação do Estado do Sistema	Excessiva
	Falsa interpretação
	Incorreta
	Incompleta
	Inapropriada
Escolha de uma hipótese	Ausente
	Inconsistente em relação à observação
	Consistente, mas pouco provável
	Consistente, mas muito custosa
Avaliação de uma hipótese	Funcionalmente não pertinente
	Incompleta
	Aceitação de uma hipótese errada
	Rejeição de uma hipótese certa
Definição do objetivo	Ausente
	Incompleto
	Incorreto
	Supérfluo
Escolha do Procedimento	Ausente
	Incompleto
	Incorreto
	Supérfluo
Execução	Ausente
	Ação omissa
	Ação repetida
	Acréscimo de uma operação
	Operação fora de seqüência
	Intervenção em tempo não apropriado
	Posição da operação incorreta
	Execução incompleta
Ação sem relação e inapropriada	

Considerações

Nesta sub-seção foi apresentada, de forma sucinta, a visão de diversos autores sobre o erro humano, suas definições, etiologia e classificação. A classificação proposta por Rouse & Rouse, através do Quadro 3, é a mais adequada para o contexto deste trabalho, pois permite compreender através das diversas etapas, a produção do erro. Ademais abrange a proposta de Swain através da categoria Execução, que se relaciona mais diretamente com a interação do usuário. Esta abordagem pode ainda ser acrescida de novas categorias, adaptando-a assim às situações que se pretende estudar e analisar.

2.5 Análise e Modelagem de Acidentes

Nesta seção são apresentadas as principais motivações que levam ao estudo, análise e modelagem de acidentes. Em seguida são apresentados os principais contextos de aplicação desses estudos e seus propósitos, assim como as diferentes abordagens adotadas pelos autores.

2.5.1 Motivações para o estudo e análise de acidentes

Em consequência do processo de automação, a indústria em seus vários setores da economia (transportes, energia, etc.), passou a ser cada vez menos controlada pelo homem. Se antes o homem estava envolvido diretamente com a parte operativa das máquinas que ele conduzia, hoje ele se distancia cada vez mais, e a relação homem-máquina evolui continuamente para uma troca de informações. Hoje o operador é muito mais um observador do sistema (um “vigia”), do que um controlador. Gradativamente houve uma diminuição de suas ações diretas e do *feedback*, reduzindo o conhecimento deste operador sobre o que acontece na operação e nos sistemas, ocasionando uma perda de segurança do sistema (Rasmussen, 1988; Keyser, 1990). Os sistemas e os *softwares* tornam-se cada vez mais funcionais e robustos, a ponto de se tornarem “impenetráveis” para o homem, quem, em princípio, deveria intervir em casos de mal-funcionamento (Guillermain & Ferrer, 1999).

São essas características, próprias aos sistemas modernos, que elevam a possibilidade de erro humano e, conseqüentemente, dos riscos operacionais. A eficácia e a segurança de um sistema dependem largamente da qualidade das interações e do acoplamento entre seus componentes (Amalberti, 1996).

O surgimento de novos acidentes e catástrofes nos mais diversos setores de atividade e os altos custos relacionados, é a base do interesse atual nos estudos dos fatores humanos (Mabrouk, 2004).

A principal motivação para o estudo do erro humano vem sendo a necessidade de melhorar a segurança desses sistemas, de forma a diminuir e evitar as ocorrências dos acidentes e principalmente de suas conseqüências, as quais podem assumir diferentes níveis de gravidade. Com esse objetivo, vários estudos têm sido realizados. Muitas dessas pesquisas têm se centrado na análise do erro humano e dos acidentes por ele causados. Essas análises visam principalmente identificar as causas e a origem dos acidentes. O objetivo é compreender o que ocorreu na situação do acidente, as circunstâncias em que ocorreu, os meios e fatores que o influenciaram, identificar os responsáveis pelo erro (operador, equipes) e os motivos que levaram a cometer esse erro.

Na bibliografia pesquisada, esses estudos resultaram : (i) na classificação de erros e acidentes de acordo com suas conseqüências, permitindo assim tomar medidas de segurança adaptadas às situações; (ii) na geração de recomendações para prevenção e alteração do treinamento dos operadores (O'Leary, 2002; Ahmed et al., 2003, Di Giulio et al., 2001; Mabrouk, 2004); (iii) em mudanças na estrutura de funcionamento das empresas e nos postos de trabalho (Mercantini et al., 2003); e (iv) na construção de sistemas de ajuda ao operador e de diagnóstico de acidentes (Mercantini et al., 1999; Vergara, 1999). Por outro lado, foi constatado que não é abordada de forma explícita a relação entre o estudo e análise de acidentes e a concepção de interfaces homem-máquina. Alguns trabalhos citam a interface do usuário como uma fonte geradora de problemas que pode levar ao erro humano (Di Giulio et al., 2001; Baumont et al., 2002) e comentam a necessidade de considerar esses aspectos, porém não explicitam como fazê-lo e nem como integrar o resultado desses estudos num processo de concepção de interfaces.

2.5.2 Principais contextos de aplicação

Como dito anteriormente, as ocorrências de acidentes com conseqüências graves do ponto de vista financeiro e catastróficas devido às perdas de vidas humanas, têm feito com que acidentes causados pelo erro humano sejam objeto de estudo em diversos

contextos. Na bibliografia estudada, os principais contextos de aplicação das análises dos acidentes são: sistemas de transporte (rodoviário, ferroviário, aéreo) e na indústria de uma forma geral.

No que diz respeito a acidentes rodoviários, são vários os trabalhos realizados (Mercantini et al., 1999; Ahmed et al., 2003; Van Elslande, 2001; Bellet & Veste, 1999), devido ao crescente número de acidentes em estradas envolvendo vítimas fatais. As atividades são pouco estruturadas, e nelas os objetivos precisam ser constantemente redefinidos. O estudo de acidentes nesse contexto não é trivial já que envolve na maioria das vezes mais de um condutor, onde cada um tem um ponto de vista diferente sobre os acontecimentos (Mercantini et al, 1999).

Um sistema de apoio ao diagnóstico de acidentes em rodovias é proposto por Mercantini em (Mercantini et al., 1999). Através deste é possível obter respostas sobre as causas dos acidentes. Segundo os autores, este sistema auxilia na compreensão do problema nas estradas e permitirá assim tomar medidas preventivas. O sistema relaciona as causas com os sintomas dos acidentes e com os elementos que o originaram.

Ahmed em (Ahmed et al., 2003) propõe o MRC – Modelo de Representação de Conhecimento em Acidentologia. Este modelo tem como objetivo integrar o conhecimento específico de acidentologia no processo de extração de conhecimento a partir de bases de dados de acidentes rodoviários. Através desse modelo é possível extrair conhecimento dessas bases para diferentes estudos, além de permitir a construção de cenários de acordo com as necessidades do usuário da base. Como no sistema de ajuda ao diagnóstico, o objetivo desses estudos é propor medidas para melhorar a segurança nas estradas, através de medidas preventivas e mudanças no comportamento dos motoristas durante a condução dos veículos.

A realização de uma tipologia de acidentes (cenários-tipos) é proposta por Van Elslande (Van Elslande, 2001) com o intuito de melhor compreender como ocorrem os erros dos condutores envolvidos. Esses cenários contêm informações sobre o que produziu o erro. Segundo o autor, esse estudo deve permitir pesquisas temáticas sobre

especificidades das falhas para determinados tipos de condutores, com diferentes fatores implicados.

No que diz respeito aos acidentes aéreos, em 77% dos casos de acidentes⁹, a causa tem sido o erro humano. Como nos outros contextos, na aeronáutica o avanço tecnológico tem sido crescente. Segundo Amalberti¹⁰ a tendência é que haja cada vez mais acidentes aéreos, isso porque o número de pessoas que utilizam esse meio de transporte vem aumentando e conseqüentemente o número de vôos. Contudo, o que pode e deve ser feito é melhorar a confiabilidade e a segurança dos sistemas. Nesse contexto, O’Leary (O’Leary, 2002) desenvolveu um estudo na *British Airways*, que visa fazer uma ligação entre causas e efeitos nos acidentes. A análise dos erros cometidos pelo piloto tornou possível: fazer melhorias no treinamento, modificar o programa de simulação, o treinamento, detectar outros problemas e assim encaminhá-los aos setores específicos para que as devidas precauções sejam tomadas.

No setor industrial, são diversos os contextos onde o estudo dos acidentes tem sido realizado. Na indústria de energia elétrica Vergara em (Vergara, 1999) faz uma análise e modelagem da tarefa e do comportamento cognitivo, que inclui erros e acidentes. O objetivo é a construção de um simulador do comportamento cognitivo do operador que terá a função de um sistema de apoio à decisão durante a realização da tarefa. A tarefa do operador “despachante” tratada nesse estudo, consiste em orientar e coordenar a realização de desligamentos, manobras e serviços de manutenção no sistema de distribuição. No contexto de usinas nucleares, os acidentes ocorridos têm sido analisados e modelados com o intuito de reduzir a frequência de aparecimento das causas de acidentes e assim diminuir a gravidade das situações (Baumont et al., 2002). Ainda no contexto de indústria energética, Di Giulio (Di Giulio et al., 2001) analisa os erros cognitivos no decorrer de acidentes de uma área de co-geração. Esse estudo

⁹ (*Les sources de l’erreur humain dans le transport aérien*. Disponível em: <<http://www.caminteresse.fr/>> Acesso em: novembro de 2004)

¹⁰ (Le Monde, *Entretien avec René amalberti, médecin militaire, spécialiste du risque*. Artigo da edição do 06.01.2004)

permitiu identificar as áreas críticas e evitar a repetição desses erros e conseqüentemente os acidentes.

No contexto de uma área industrial urbana foram analisados e modelados os possíveis acidentes que podem acontecer, com o objetivo de elaborar uma ferramenta computacional, um simulador de acidentes para análise preventiva da segurança (Mercantini et al., 2003). Com esse simulador os autores pretendem obter ajuda para a elaboração de ações preventivas e de intervenção em caso de acidentes.

2.5.3 Abordagens para Análise e Modelagem

São várias as abordagens utilizadas para a análise de erros e acidentes. Estas abordagens variam no que diz respeito aos diferentes elementos nos quais a análise se centra: o operador, a interface, a estrutura de organização e as instalações. Todas elas apresentam o interesse comum de encontrar as causas do erro humano e eliminá-lo. Dentre essas abordagens existem aquelas que se baseiam na análise de relatos de erros e acidentes (Baumont et al., 2002; O'Leary, 2002; Van Elslande, 2001; Ahmed et al., 2003; Mercantini et al., 1999). O trabalho aqui apresentado insere-se nesta categoria, porém com finalidades claramente distintas. Um exemplo de adoção dessa abordagem é o Programa de Fatores Humanos da *British Airways* (HFR) (O'Leary, 2002) que registra e analisa dados sobre "o quê", "porque" e "como" a tripulação do vôo tratou o problema. Baseado na análise do relatório, esse processo analítico (leitura e interpretação de relatórios) objetiva completar o entendimento da seqüência causa e efeito, obtendo uma imagem mais clara do evento ocorrido.

Outras abordagens partem de um reconhecimento e análise do contexto e da tarefa que se pretende estudar (Vergara, 1999; Mercantini et al., 2003). Vergara (Vergara, 1999) analisa e modela a tarefa e o usuário levando em conta também os possíveis erros e acidentes que possam ocorrer. Essa análise foi realizada a partir da observação direta do operador em seu local de trabalho. A extração de dados foi feita principalmente através da técnica de verbalização. No caso abordado neste trabalho de pesquisa, a

observação não pode ser realizada *in loco*. Como este estudo é específico para situações críticas, esse registro com a presença do observador pode interferir na tarefa e no comportamento do operador. Aqui o foco é a modelagem dos cenários dos acidentes a partir de relatos dos casos, os quais podem ou não ser estruturados.

Hollnagel (Hollnagel, 1998; Di Giulio et al., 2001) propôs CREAM, uma metodologia que permite verificar as causas do erro, (sejam estas internas ou externas ao operador), suas ligações e relações. Trata-se de uma metodologia que permite uma visualização do acidente e categorizar os erros cometidos no decorrer do evento. Esta metodologia, assim como RECUPERARE (Baumont et al., 2002) focaliza os fatores humanos, reconhecendo a importância do erro humano no projeto da interface. Contudo ainda está sob investigação, a integração e utilização do resultado das análises.

Os trabalhos de (Mercantini et al., 1999; Ahmed et al., 2003; Mercantini et al., 2003) utilizam o método KOD, para a extração e modelagem do conhecimento. Esses trabalhos partem de relatórios de acidentes e de documentos textuais, situação na qual a adoção de KOD tem se mostrado bastante eficiente. Contudo, esses trabalhos, se distinguem do trabalho apresentado neste documento principalmente no que diz respeito aos objetivos da extração e modelagem do conhecimento. O objetivo aqui é modelar os cenários de acidentes de forma a utilizar o conhecimento em um processo de concepção de interfaces. Enquanto que em: (i) (Mercantini et al., 1999; Ahmed et al., 2003) o objetivo foi a construção de sistemas de ajuda ao diagnóstico de causas, extraindo o conhecimento a partir de bases de dados estruturadas de relatórios de acidentes; (ii) e em (Mercantini et al., 2003) o objetivo foi a simulação de acidentes para apoiar a elaboração de medidas preventivas de segurança em zonas industriais urbanas.

Considerações

Outros contextos de aplicação desses estudos não foram aqui relatados uma vez que não estão diretamente relacionados a esta pesquisa, a exemplo da análise de acidentes médicos.

Percebe-se que o objetivo geral dos estudos, independentemente do contexto, é aumentar a segurança, reduzir os erros e assim os acidentes, apesar dos diferentes objetivos específicos e das abordagens adotadas para realizar essas análises. No entanto, um ponto importante detectado a partir deste estudo foi a ausência de trabalhos que tratem da utilização e integração do conhecimento sobre: o erro, as situações críticas e o comportamento do ser humano diante delas, em um processo de concepção de interfaces.

2.6 Conclusão do Capítulo

Foi apresentada neste capítulo uma visão geral dos temas considerados relevantes para a realização deste trabalho.

O objetivo desta pesquisa não é identificar os responsáveis pelos erros, mas entender a evolução do erro, conhecer o contexto no qual ele se produziu para então vislumbrar o que pode ser corrigido do ponto de vista da ergonomia, na interface com o usuário de um sistema crítico. Um acidente dificilmente será explicado através de uma causa simples e única, é necessário considerar também o contexto de sua ocorrência.

O erro humano é um fator a considerar no projeto de sistemas industriais seguros. É necessário admitir que dificilmente ele será eliminado. Deve-se aceitá-lo, e torná-lo previsível, para assim evitá-lo. Torna-se essencial propor sistemas com interfaces que considerem que o seu operador é humano e portanto pode errar. Portanto, torna-se necessário dotar os sistemas com interfaces que considerem as situações nas quais o operador é mais vulnerável ao erro e assim evitar e eliminar essas situações.

CAPÍTULO 3

O Processo de Construção do MCCA

Este capítulo apresenta a proposta do procedimento elaborado ao longo deste trabalho para a construção de modelos conceituais de cenários de acidentes causados pelo erro humano, com foco na melhoria das interfaces.

São apresentadas as etapas e as sub-etapas que compõem o procedimento, os produtos de cada uma das etapas assim como os recursos utilizados (formalismo, método, entre outros).

Nas seções seguintes são apresentados o objetivo do procedimento, as principais características e por fim a descrição completa do processo.

3.1 Objetivo do Processo

O objetivo principal deste procedimento é auxiliar o projetista de interfaces de sistemas industriais críticos, na elaboração de um modelo que permita analisar e visualizar de forma explícita as principais situações que levam o operador a cometer erros durante a

interação com o sistema (erros estes que são os iniciadores dos acidentes). Portanto, o procedimento é descrito de forma a guiar o projetista passo a passo, através das etapas durante o processo de construção do modelo.

3.2 Características do Modelo obtido

O MCCA produzido utilizando este procedimento apresenta:

- Uma ontologia: um vocabulário comum e coerente de termos e ações relacionadas às situações de acidentes. Ou seja, uma terminologia classificada e relacionada entre si que seja compreendida pelos projetistas e usuários do sistema em questão e que seja representativa das situações de erros do operador com a interface do sistema.
- Uma tipologia de erros: classificação dos diferentes tipos de erro cometidos pelo operador durante a interação com o sistema e sua categorização.
- Uma tipologia de cenários de acidentes: descrição e representação das situações típicas nas quais o operador comete erros de interação com o sistema.

3.3 Descrição do Processo

Nesta parte é apresentada uma descrição geral do processo. A Figura 3 ilustra *as etapas* através de elipses cinzas, *os produtos gerados* por meio de retângulos e *os recursos* que apóiam as etapas por elipses tracejadas. Os retângulos em destaque são *os produtos principais* que compõem um MCCA

Este processo é definido por seis etapas principais: (1) definição do corpus, (2) análise e classificação dos erros, (3) extração do conhecimento, (4) análise e abstração do conhecimento, (5) validação da ontologia e (6) construção da tipologia de cenários.

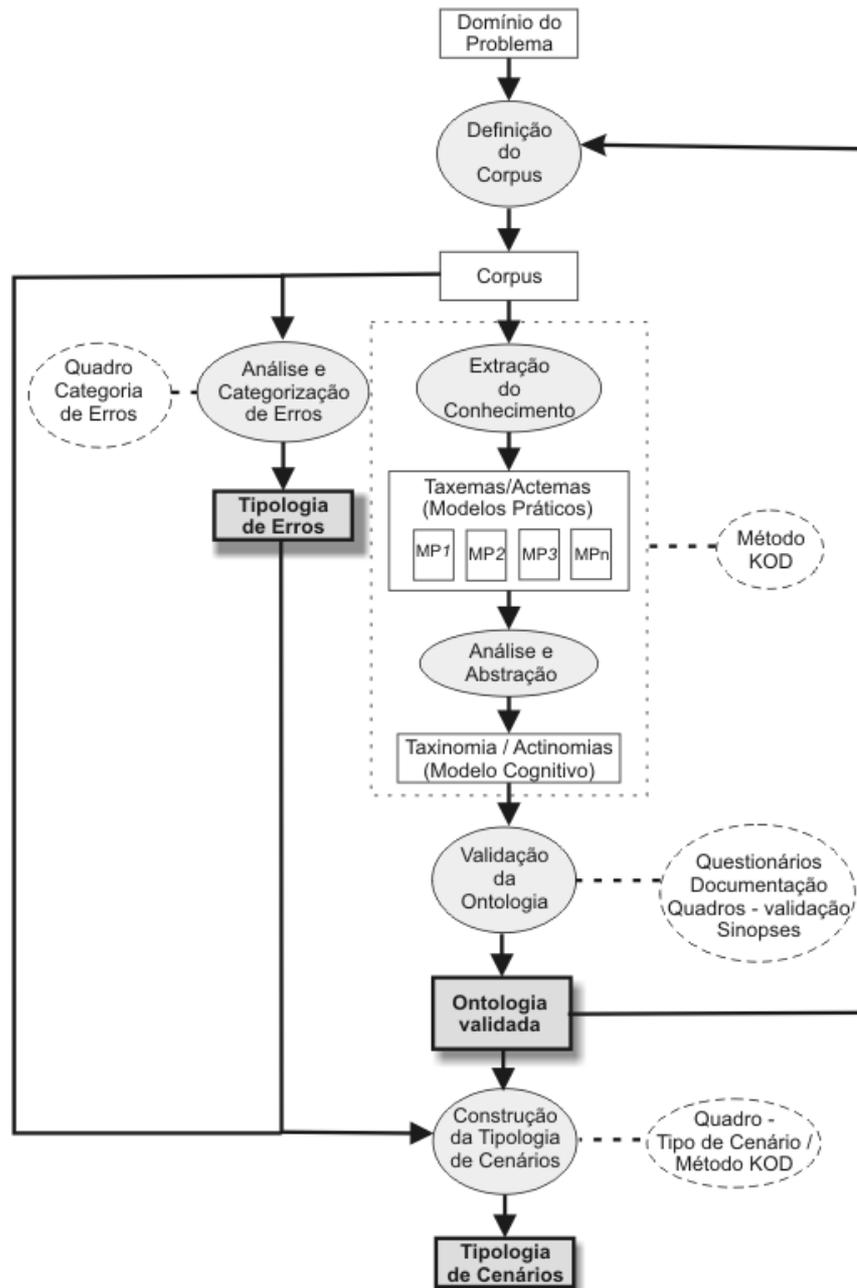


Figura 3: processo para construção de um MCCA

3.3.1 Etapa 1: Definição do Corpus

Esta etapa consiste na definição do corpus. Neste trabalho adota-se o termo corpus como a coletânea de documentos escritos ou colhidos de atos reais da fala ou da observação que servem como material para a análise. Trata-se do conjunto de dados

(relatos diretos dos envolvidos, relatórios pré-elaborados, observação direta, entrevistas, entre outros) que descrevem acidentes do qual será extraído o modelo.

O objetivo é identificar a partir do domínio do problema a tratar de onde será obtido o conhecimento necessário para a construção do MCCA. Esta etapa requer que o problema a ser tratado esteja bem definido e delimitado, de forma a ter uma visão mais específica das situações que se pretende estudar. Têm-se portanto, as seguintes sub-etapas:

- **Elaboração de critérios:** de acordo com o contexto e o problema a ser tratado, critérios devem ser elaborados de forma a definir precisamente o conjunto de documentos a serem analisados. Citam-se aqui alguns critérios que podem ser utilizados:
 - em relação ao iniciador do acidente (erro humano, falha material, falha organizacional, combinação de falhas, etc.)
 - em relação ao local onde ocorreu o acidente (ambiente externo, ambiente interno, etc)
 - em relação à circunstância em que ocorreu (operação, manutenção, etc.)
 - em relação às conseqüências (perdas materiais, perdas humanas, etc.)
- **Análise prévia do material:** analisar e classificar o conjunto de dados a partir dos critérios definidos, filtrando e delimitando assim o conjunto de documentos que farão parte do corpus.

Portanto, a etapa de Definição do corpus tem como

- Entrada: *o Domínio do problema que se pretende tratar*
 - Saída: *o corpus*
-

3.3.2 Etapa 2: Análise e Categorização dos Erros

Esta etapa consiste na análise dos casos de acidentes com o intuito de categorizar os erros cometidos. Para apoiar esta etapa propõe-se a utilização do Quadro Categorização

de Erros (Quadro 4) elaborado por Rouse & Rouse , baseado no Modelo de Rasmussen , (Cellier, 1990). Neste processo, este quadro foi complementado com três novas categorias gerais: *a recuperação do erro, conseqüências e causas*. Contudo, as categorias específicas deverão ser definidas para cada contexto.

Quadro 4: Categorização de Erros (adaptado de Rouse & Rouse apud Cellier, 1990).

Categoria Geral	Categoria Especifica	Casos de acidentes		
		01	02	03
Observação do Estado do Sistema	Excessiva			
	Falsa interpretação			
	Incorreta			
	Incompleta			
	Inapropriada			
	Ausente			
Escolha de uma hipótese	Inconsistente em relação à observação			
	Consistente, mas pouco provável			
	Consistente, mas muito custosa			
	Funcionalmente não pertinente			
Avaliação de uma hipótese	Incompleta			
	Aceitação de uma hipótese errada			
	Rejeição de uma hipótese certa			
	Ausente			
Definição do objetivo	Incompleto			
	Incorreto			
	Supérfluo			
	Ausente			
Escolha do Procedimento	Incompleto			
	Incorreto			
	Supérfluo			
	Ausente			
Execução	Ação omissa			
	Ação repetida			
	Acréscimo de uma operação			
	Operação fora de seqüência			
	Intervenção em tempo não apropriado			
	Posição da operação incorreta			
	Execução incompleta			
	Ação sem relação e inapropriada			
	Ação correta sobre o objeto errado			
Recuperação				
Conseqüências				
Causas				

Como sub-etapas têm-se:

- Definir categorias específicas para as categorias gerais (causas, recuperação do erro, conseqüências) de acordo com o contexto tratado.

- Analisar cada relato de acidente projetando no Quadro Categorização de Erros (Quadro 4)
- Extrair uma Tipologia de Erros: esta tipologia deve ser extraída a partir da análise do quadro, verificando quais categorias são relevantes para evidenciar os erros cometidos pelo operador durante a interação com o sistema.

Portanto, a etapa de Análise e Categorização de Erros tem como

- Entrada: *o corpus*
 - Saída: *Categorização e tipologia de erros*
-

3.3.3 Etapa 3: Extração do Conhecimento

Esta etapa consiste em extrair de cada acidente (que faz parte do corpus), todo elemento (objeto, ação, expressão, conceito) que seja relevante para a representação do cenário do acidente. Esta etapa é realizada seguindo o Método KOD (Vogel, 1988) (apresentado na seção 2.4.3). Na descrição desta etapa serão retomados alguns conceitos do método KOD com o propósito de torná-la autocontida. Segue a descrição das sub-etapas:

- **Obtenção dos Actemas**
 - **Verbalização:** identificar paráfrases no texto, obtendo assim frases simples que permitam identificar e qualificar os termos (objetos, suas propriedades e relações).
 - **Modelagem:** consiste em formalizar as frases em forma de taxemas. Um taxema <objeto, atributo, valor> representa um objeto do mundo real através de uma relação (atributo) que vincula o objeto a um valor. São cinco os principais tipos de relações:
 - Classificação (é um, tipo de)
 - Identificação (é)
 - Descrição (posição, modo de falha, conectado a, estado de, função, entre outras)

- Estrutura (composto de)
- Localização (em, sobre, abaixo)
- **Obtenção dos Actemas**
 - **Verbalização:** identificar paráfrases no texto, obtendo assim frases simples que permitam identificar e qualificar os verbos que representam as atividades executadas pelos operadores durante os acidentes. Uma atividade é realizada pelo *executor da ação* utilizando um ou mais *instrumentos*, modificando assim o estado (seja físico ou psicológico) de um *destinatário*, aquele que sofre a ação. O *executor da ação* pode também ser o *destinatário*.
 - **Modelagem:** consiste em formalizar as frases em forma de actemas.
 - Um actema <executor da ação, ação, destinatário, propriedades, estado1, estado2, instrumentos> descreve uma mudança de estado de um objeto ou conceito utilizado no contexto, modelando assim uma atividade.
 - executor da ação: aquele que realiza a ação
 - ação: provoca a mudança
 - destinatário: aquele que recebe a ação
 - propriedades: a forma como a ação é executada
 - Estado 1: o estado do destinatário antes da mudança
 - Estado 2: o estado do destinatário após a mudança
 - Instrumentos: um ou mais instrumentos utilizados pelo executor da ação para causar a mudança de estado.

Portanto, a etapa de Extração de Conhecimento tem como

- Entrada: *o corpus*
 - Saída: *Modelos Práticos (taxemas e actemas para cada relato de acidente)*
-

3.3.4 Etapa 4: Análise e Abstração

Esta etapa consiste na análise e na abstração dos Modelos Práticos obtidos na etapa anterior. O objetivo é obter uma ontologia do domínio no contexto tratado ou seja a terminologia utilizada e sua classificação (Modelo Cognitivo, KOD). Têm-se duas sub-etapas:

- **Elaboração das taxinomias:**
 - **Análise dos termos:** são analisados os termos (taxemas e actemas) em busca de sinônimos e homônimos de forma a elaborar uma linguagem conceitual, ou seja uma terminologia comum e bem definida que seja adequada para o domínio do problema.
 - **Identificação de conceitos:** identificar no conjunto de taxemas, a partir das relações de atributos, aqueles que ganham o *status* de conceito. Esse status decorre da significância do termo no conjunto, isto é se ele pode ser generalizado para um outro grupo de termos. Cada conceito é definido separadamente através de suas relações e atributos. Os conceitos são classificados sob a forma de árvores, ficando nos ramos mais altos e suas instâncias nas folhas.
- **Elaboração das actinomias:** organizar seqüências de actemas que representem os cenários de acidentes. A partir destas actinomias é possível perceber seqüências que se repetem e onde os erros acontecem.

Portanto, a etapa de Análise e Abstração tem como

- Entrada: *os Modelos Práticos (conjunto de taxemas e actemas)*
 - Saída: *Modelo Cognitivo (taxinomias e actinomias)*
-

3.3.5 Etapa 5: Validação da Ontologia

Esta etapa consiste em validar a terminologia e a classificação dada aos termos. São dois os aspectos a serem considerados: a completude e a corretude da ontologia.

- 1) Validar a corretude da ontologia significa verificar se a definição e a classificação dada aos termos são corretas e adequadas tanto em relação ao contexto tratado quanto em relação à visão do usuário. Esta etapa deve ser realizada junto ao operador.
- 2) Validar a completude significa verificar se os elementos do modelo são suficientes para representar um outro acidente, (que preencha os requisitos do Corpus definido), que não tenha sido utilizado na extração do conhecimento. Esta etapa deve ser feita pelo próprio projetista e se possível pelos operadores.

Portanto as sub-etapas são:

- **Validação da corretude**
 - Identificar na ontologia elaborada o conjunto de termos (actemas ou taxemas, taxinomia) no qual percebe-se ambigüidade ou incerteza na definição ou classificação.
 - Adequar o Questionário Validação da Corretude (Apêndice A) para o contexto tratado. Este questionário divide-se em três partes, sendo a primeira para verificar a **classificação** dos termos, a segunda a **universalidade** dos termos, e as duas últimas dedicadas à **ambigüidade** de objetos, ações e expressões. O número de questões dependerá de dois fatores: o tempo disponível para entrevistar os operadores e o conjunto de termos que necessitam ser validados. Dessa forma, cabe ao projetista buscar um equilíbrio entre esses dois fatores.
 - Adequar o Questionário Perfil do Usuário – USER (Queiroz et al. 2005) (Apêndice B) para o contexto tratado. Este questionário objetiva levantar as principais características do operador respondente.
 - Aplicar os Questionários com os operadores do sistema.
- **Validação da Completude (projetista)**

- Escolher um (ou mais conforme a disponibilidade) novo caso de acidente que não tenha sido utilizado para a construção da ontologia.
- Construir a actinomia desse caso, utilizando os elementos da ontologia definida.
- Analisar com auxílio do Quadro – Validação da Completude (Apêndice C), onde podem acontecer os seguintes casos:
 - **Todos os elementos estão presentes:** a ontologia contém todos os elementos necessários para a representação de cenários diferentes (relatórios não utilizados para sua construção) assim como aqueles que o operador utilizaria na resolução de um problema.
 - **Novos elementos podem ser substituídos por elementos já existentes:** elementos identificados no caso ou pelo operador não estão presentes na ontologia mas podem ser substituídos por outros termos (sinônimos) já representados sem que haja mudança na interpretação do cenário. Pode ocorrer também o caso de um novo actema poder ser substituído por um conjunto de actemas (uma actinomia).
 - **Novos elementos podem ser inseridos:** elementos identificados nos relatórios ou requeridos pelo operador e não presentes na ontologia podem ser inseridos não causando modificações em sua estrutura hierárquica.
 - **Novos elementos são prescindíveis para a descrição do cenário:** elementos identificados nos relatórios ou requeridos pelo operador e ausentes na ontologia são irrelevantes para a representação do cenário, podendo ser ignorados, não alterando a compreensão, descrição e coerência do cenário de acidente. Contudo, para concluir que determinado elemento é ou não imprescindível foram definidos alguns critérios:
 - o novo elemento não é uma atividade ou objeto que tenha relação com o erro do operador e/ou

- o novo elemento não se relaciona com a interface do sistema
- **Novos elementos são imprescindíveis para a descrição do cenário, modificando e invalidando assim a estrutura da ontologia:** neste caso, novos relatos devem ser incorporados ao Corpus e em seguida retornar às etapas de extração de conhecimento, análise e abstração.
- **Validação da Completude (operadores)**
 - Elaborar uma *sinopse*¹¹ de cenário a partir de um relato pertencente ao Corpus. Trata-se de um resumo do cenário, indicando a tarefa que o operador deve realizar, o contexto principal e algumas das ações já iniciadas.
 - Realizar o cenário com os operadores. O operador deve completar o cenário, relatando (registrar com áudio) ou escrevendo as ações para finalizar a tarefa.
- **Análise dos Resultados**
 - Analisar os resultados da realização dos cenários pelos operadores com auxílio do Quadro – Validação da Completude (Apêndice C)
 - Analisar Questionários e Quadros-validação (projetista e operadores)
 - Fazer alterações necessárias na ontologia. Caso haja respostas que possam mudar a estrutura dos conceitos, deve-se retornar à etapa de definição do Corpus, e aumentar o número de casos a analisar e assim repetir todas as etapas com os novos casos

Portanto, a etapa de Validação da Ontologia tem como

- Entrada: *Modelo Cognitivo (taxinomia e actinomias)*
 - Saída: *Modelo Cognitivo (taxinomia e actinomias) validado*
-

¹¹ Entende-se por *Sinopse* como sendo uma narração breve, um resumo, uma síntese (no caso, do cenário) contendo o contexto principal. (Ferreira, A. B. H., *O Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa* 3ª. edição, 1ª. impressão da Editora Positivo, revista e atualizada do Aurélio Século XXI, 2004)

A descrição dessas etapas de validação inspira-se nos trabalhos de Queiroz e Turnell (Queiroz & Turnell, 1998; Queiroz, 2001).

3.3.6 Etapa 6: Construção da Tipologia de Cenários

Entende-se por um tipo de cenário (Brenac & Fleury, 1998) uma generalização que corresponde a um grupo de acidentes que apresentam similaridades em determinados aspectos. No contexto tratado os tipos de cenários são identificados a partir do erro cometido pelo operador e descritos através de informações tais como: a tarefa, tipo de tarefa, etc. Portanto, esta etapa consiste em identificar, descrever e representar os principais tipos de cenários de acidentes que ocorrem no contexto tratado. Para isso realizam-se as sub-etapas:

- **Identificação e descrição dos tipos de cenários:** dado o foco deste processo ser o erro humano durante a interação com sistema, os cenários devem ser classificados a partir da tipologia de erros (produto da Etapa 2).

Quadro 5: Tipo de Cenário 01: Nome do Cenário (x Casos)

DESCRIÇÃO SUCINTA DO CENÁRIO	Descrever de forma sucinta o cenário
TAREFA	Nome das tarefas em que ocorrem os acidentes
TIPO DA TAREFA	- Simples (de fácil compreensão e execução) ou Complexa (requer alto nível de compreensão e especialização) - Programada ou Emergência - Freqüente ou Rara
SITUAÇÃO DO ACIDENTE	Explicar o evento iniciador do acidente e os objetos envolvidos
SITUAÇÃO DE URGÊNCIA	Percepção e Recuperação do erro imediata Percepção e Recuperação do erro tardia Percepção e Recuperação do erro muito tardia
SITUAÇÃO DO SISTEMA PÓS ACIDENTE	
CAUSAS INTERNAS AO OPERADOR	
RESUMO DOS CASOS DESTE TIPO	

Em seguida cada um deles deve ser descrito utilizando o Quadro – Tipo de Cenário (Quadro 5). Este quadro foi inspirado nos trabalhos de (Brenac & Fleury, 1998).

- **Representação do cenário:** cada tipo de cenário deve ser representado por uma actinomia que o represente de forma genérica (ver Método KOD, capítulo 2). Essa actinomia apresenta a tarefa, suas ações, os erros que o operador comete e sua recuperação (se for o caso).

Portanto, a etapa de Construção da Tipologia de Cenários tem como

- Entrada: *O Corpus, a Tipologia de Erros e a Ontologia*
 - Saída: *A Tipologia de Cenários de Acidentes*
-

3.4 Conclusão do Capítulo

Este capítulo apresentou o delineamento do processo de obtenção de um modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano com foco na concepção de interfaces ergonômicas.

Cada uma das etapas foi apresentada através da descrição do processo, suas entradas e seus produtos, assim como os recursos utilizados para apoiar as etapas. No próximo capítulo é apresentada a utilização do processo aqui descrito no estudo de caso CHESF.

CAPÍTULO 4

O MODELO CONCEITUAL DE CENÁRIOS

DE ACIDENTES: CASO CHESF

Neste capítulo apresenta-se a construção do Modelo Conceitual de Cenários de Acidentes (MCCA) para o caso de uma empresa do setor elétrico. Neste setor existe uma regulamentação em nível nacional que impõe a documentação da ocorrência de falhas, tornando-o interessante como alvo deste estudo. Em particular a empresa CHESF atuando na região Nordeste tem um histórico de interação com as pesquisas realizadas na Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da UFCG.

A CHESF é uma indústria particularmente interessante como estudo de caso, não somente pelas características de segurança na operação. De acordo com os relatórios anuais de falhas, uma proporção significativa dos acidentes deve-se ao erro humano. Trata-se também de uma empresa que combina um grau elevado de automatização em alguns de seus centros da operação, mas que ainda mantém uma boa parte da tomada de decisão nas mãos dos operadores. Assim como nas demais empresas do setor, na CHESF os erros humanos podem trazer conseqüências internas tais como perdas e danos materiais, pôr em risco as vidas daqueles que ali trabalham, e também interrupções do serviço para clientes industriais e para a sociedade em geral.

A primeira parte deste capítulo é dedicada à apresentação da empresa, das tarefas efetuadas pelo operador, assim como da problemática de acidentes ocorridos na empresa e como esta busca soluções. Em seguida é apresentado o processo de construção do MCCA para o contexto da Indústria de Energia Elétrica no setor de operação da CHESF.

4.1 Apresentação da Empresa

A Companhia Hidroelétrica do São Francisco – CHESF é uma empresa do setor elétrico brasileiro que atua na produção, transmissão e comercialização de energia elétrica. Possui um sistema de geração hidrotérmico, com predominância de usinas hidráulicas. O sistema de transmissão abrange os Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, com 18.273 km de linhas de transmissão, em alta e extra alta tensão - 138, 230 e 500 kV e 93 subestações. Faz parte do Sistema Elétrico Brasileiro Interligado e faz intercâmbio de energia com todos os demais sistemas - Norte, Sul e Sudeste / Centro-Oeste, sendo hoje a maior geradora e transmissora de energia elétrica do país. Com mais de 50 anos de atuação, a CHESF abrange cerca de 1,2 milhões de quilômetros quadrados, o equivalente a 14,3% do território brasileiro, beneficiando em torno de 50 milhões de habitantes (CHESF, 2004).

4.1.1 Estrutura de Organização da Empresa

Como ilustrado na Figura 4 a seguir, a CHESF organiza-se em sistemas: Sistema Norte, Sistema Sul, Sistema Leste, Sistema Oeste, Sistema Centro e Sistema Sudoeste. Cada sistema deste é controlado por um Centro Regional de Operação de Sistema. Por exemplo, o Sistema Leste é controlado pelo CROL (Centro Regional de Operação do Sistema Leste), o qual por sua vez é responsável por nove subestações. O CROL gerencia o fluxo de eletricidade, sua supervisão e ocasionalmente o controle de algumas

subestações via telecomando ou coordenando as ações dos operadores nas subestações. Cada subestação possui um conjunto de linhas de entrada que recebe a energia vinda da rede de distribuição.

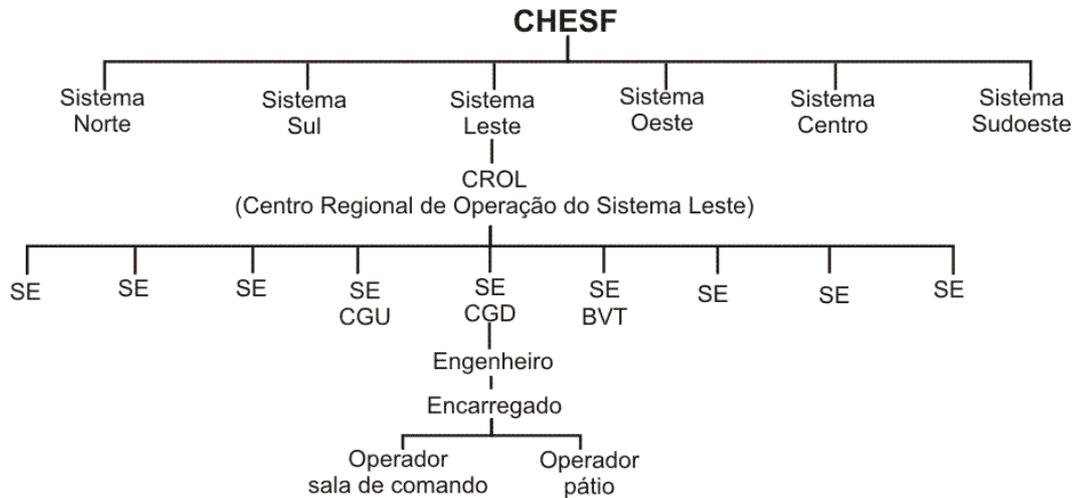


Figura 4: Estrutura organizacional da CHESF

O processo de operação de uma subestação consiste em transformar os níveis de tensão da eletricidade ou simplesmente repassar a energia entre os nós da rede de distribuição. As linhas de saída podem alimentar outros nós da rede ou mesmo ser direcionada para consumidores finais, como indústrias, cidades, etc.

As subestações que serviram de exemplo para este estudo são as de Bela Vista (BVT) e particularmente Campina Grande II (CGD), ambas do Sistema Leste. Contudo, a diferença entre elas é que BVT é uma subestação desassistida, ou seja, não há operadores trabalhando localmente, a supervisão é feita remotamente pelo CROL (Recife). Quando necessário, o operador de uma outra subestação se desloca para BVT para executar manobras.

A CGD é uma subestação (SE) assistida. Os principais ambientes dessa subestação são: a sala de comando (Figura 5) e o pátio (Figura 6). Na sala de comando encontra-se todo o sistema de controle dos equipamentos e dispositivos, assim como sistemas de supervisão de alguns equipamentos. No pátio são encontrados os Equipamentos e Linhas do sistema elétrico (Linhas de Transmissão, Linhas de

Distribuição, etc.) e os equipamentos propriamente ditos (transformadores, disjuntores, etc.). Um engenheiro, um encarregado e doze operadores ocupam-se do funcionamento de CGD. Durante o horário comercial estão presentes o engenheiro, o encarregado e dois operadores (estes operadores se revezam em turnos de 6 horas). Nos demais horários, apenas os operadores ocupam-se da subestação, dos quais um é o supervisor de turno, que se encarrega do controle na sala de comando e o outro operador fica responsável por operações no pátio.

Os operadores citados fazem parte da equipe SLOG – Sistema Leste de Operação. Além dessa equipe existe ainda o SLCP - Serviço Leste de Proteção e Teste e o SLMG – Sistema Leste de Manutenção de Linhas e Equipamentos CG.



Figura 5: Sala de comando da SE CGD.

A subestação CGD é uma das primeiras instaladas na região, por essa razão são encontrados equipamentos de antiga e nova geração em pleno funcionamento. Recentemente foi implantado o sistema SAGE¹² (Sistema Aberto de Gerenciamento de

¹² Desenvolvido no *Laboratório Avançado de Supervisão e Controle - LASC*, ambiente similar aos existentes nos modernos Centros de Operação de Sistemas das empresas de energia elétrica (Disponível em: <http://www.sage.cepel.br/index.html>).

Energia) para controle e supervisão. A CGD é, portanto, uma subestação que utiliza as duas formas de controle: automatizada e manual (Alves, 2004).



Figura 6: Pátio de SE CGD.

4.1.2 O Operador e sua Tarefa

Os dados apresentados nesta seção foram coletados através de visitas técnicas e entrevistas com os operadores da subestação CGD.

4.1.2.1 O operador

Na pesquisa realizada por Alves (Alves, 2004) foi aplicado o questionário para levantamento do perfil do usuário DePerUSI (Queiroz, 2001) aos operadores da subestação CGD, com o intuito de conhecer o seu perfil.

A partir da aplicação desse questionário foram obtidos os dados relativos à idade, sexo, formação e experiência na tarefa que realizam. O operador considerado é aquele que trabalha diretamente com controle e supervisão na subestação, seja na sala de comando ou no pátio. O resultado permitiu verificar que nesta instalação, os operadores são exclusivamente do sexo masculino, na faixa etária de 35 a 65 anos; possuem uma

formação técnica e treinamento realizado na própria empresa e têm experiência com sistemas informatizados. O levantamento feito demonstra também que a maioria dos operadores trabalhou a maior parte da sua vida na CHESF, e praticamente todo o tempo no mesmo setor.

É possível verificar dessa forma, que os operadores possuem bastante experiência e treinamento na tarefa que realizam, contudo quando se trata do sistema SAGE, recém-instalado, eles ainda não possuem experiência, uma vez que se encontram na etapa de transição da supervisão manual para a automática.

4.1.2.2 *A tarefa do operador*

O operador da subestação faz a supervisão e o controle do sistema elétrico. A supervisão consiste no monitoramento dos equipamentos e variáveis do processo. Durante o seu turno ele deve ficar atento aos sinais luminosos e alarmes que indicarão a necessidade de uma possível atuação sobre o sistema. Ele deve também fazer o registro de variáveis, podendo assim atuar sobre o sistema caso julgue necessário.

Durante sua rotina de operação ele executa também tarefas de controle, sejam programadas ou necessárias devido à mudanças do sistema supervisionado. Essas tarefas consistem basicamente na normalização e liberação de equipamentos, através de ações: abrir ou fechar (disjuntores, religadores, chaves seccionadoras) bloquear ou desbloquear equipamentos, etc. As tarefas são denominadas manobras. Uma manobra é uma ação, ou um conjunto de ações que o operador desenvolve para alcançar uma determinada configuração do sistema. Segundo a documentação da empresa, as manobras podem ser classificadas em:

- Manobras Programadas: para realização de intervenções programadas
- Manobras de Urgência: Para realização de intervenções de urgência
- Manobras de Emergência: por necessidade do sistema ou por necessidade da instalação
- Manobras para Regulação de Tensão ou para Atender Restrições Operativas

Todo o procedimento a ser realizado está descrito em um documento denominado Roteiro de manobras (RTM), e para cada manobra a executar o operador deve guiar-se por esse roteiro. Caso a manobra seja alterada, em relação ao RTM, deve ser gerado um novo documento o qual será associado àquela intervenção, chamado Programa de Manobras (PGM). Portanto o operador sempre conta com uma norma para guiar a execução de suas tarefas (Alves, 2004).

Além das atividades de supervisão e controle, o operador deve se ocupar de registrar e documentar todos os detalhes das ações que executa sobre o sistema: manobras executadas, horários, disparo de alarmes, etc. Na troca de turno, devem ter sido documentadas todas essas informações sobre o estado atual do sistema e repassadas para a próxima equipe a partir de documentos, os quais são assinados por ambas as equipes.

Na parte seguinte deste trabalho é apresentado o problema dos acidentes do ponto de vista da CHESF.

4.1.3 Os Acidentes na CHESF

A empresa CHESF apresenta um programa interno que objetiva a documentação de cada acidente ocorrido. O objetivo é controlá-los e assim diminuir a sua ocorrência e conseqüências, além de atender exigências normativas do setor elétrico. Contudo, segundo relatórios anuais da CHESF (CHESF, 2003) o erro humano é ainda o principal causador de acidentes na empresa.

4.1.3.1 Os Relatórios dos Acidentes

Os relatórios são elaborados por engenheiros, supervisores, operadores e psicólogos. Para isso utilizam um roteiro pré-estabelecido na empresa que descreve o evento, a configuração do sistema, fatos e dados relevantes, a análise das tarefas, a análise do desempenho humano, a análise *psicossocial*, a árvore de causas e recomendações gerais

que ajudem a evitar os acidentes. A descrição em detalhes da estrutura dos relatórios pode ser encontrada em (CHESF, 2002).

São três os tipos de relatórios elaborados:

- **RAP – Relatório de Análise da Perturbação:** trata-se de acidentes causados por falha material.
- **RFO – Relatório de Falha Operacional:** “trata-se de acidentes onde houve a violação de limite operacional ou de tempo de manobra, ou uma configuração de sistema indesejável, causada por uma ação humana indevida. Estabeleceu-se ainda como falha operacional a situação de risco iminente de acidente de pessoal, conseqüente de uma ação humana indevida” (CHESF, 2002).
- **RDFH – Relatório Desligamento por Falha Humana:** trata-se de acidentes onde houve “uma mudança de estado de equipamento com perda de sua função associada, causada por uma ação humana indevida” (CHESF, 2002).

4.1.3.2 *Causas dos Acidentes*

A CHESF utiliza uma terminologia própria para classificação das falhas como apresentado a seguir (CHESF, 2001):

- **Falhas na Programação**
 - Planejamento inadequado dos recursos.
 - Deficiência de análise funcional.
 - Tempo inadequado para análise.
 - Ausência de coordenação de intervenção.
 - Descontinuidade.
 - Comunicação deficiente.
- **Falhas do Material**
 - Instruções Técnicas / Normativas deficientes
 - Desenhos desatualizados ou inexistentes.
 - Projeto inadequado.

- Falta de sobressalentes.
- **Falhas do Equipamento**
 - Fadiga ou deterioração de componentes.
 - Instrumental deficiente (qualidade, calibração, manutenção)
 - Equipamento obsoleto.
- **Falhas de Execução**
 - Desconhecimento de configuração.
 - Descumprimento de normativo.
 - Improvisação.
 - Falta de padronização.
 - Sinalização inadequada.
 - Falta de entrosamento e comunicação entre órgãos.
 - Tempo inadequado.
 - Ferramental inadequado.
- **Falhas da Mão de Obra**
 - Desatenção.
 - Imperícia.
 - Falta de capacidade técnica.
 - Falta de motivação (falta de incentivos, treinamento, salário, etc.)
 - Estresse (fadiga, pressão, apoio logístico, hora-extra, transporte, etc.)
 - Relacionamento deficiente.
- **Falhas no Meio-Ambiente**
 - Influência de agentes físicos e químicos (chuva, umidade, ruído, poluição, insalubridade, climatização ambiental, etc)
 - Espaço físico inadequado (*layout*)
 - Movimentação de terceiros.

- Iluminação deficiente.

Esta classificação é adotada na maioria dos relatórios de falhas, de forma a auxiliar na identificação das possíveis causas dos acidentes. Para o contexto deste estudo, as causas relativas às Falhas de Execução e Falhas da Mão de Obra são as mais observadas por terem uma relação direta com a interface do sistema e o usuário. Cabe salientar que a terminologia apresentada nesta seção é aquela utilizada na empresa. Em relação à terminologia adotada neste trabalho essas duas categorias (Falhas de Execução e Falhas da Mão de Obra) são consideradas **erros humanos**.

4.1.3.3 *Classificação de erros*

Nesta seção é apresentada a classificação dos erros adotada pela empresa (CHESF, 2002).

- **Considerando sua natureza** (similar àquela proposta por Swain e citada na seção 2.4.2).
 - Erro de omissão - Quando se deixa de realizar algum item da tarefa. Uma incidência acentuada desse tipo de erro sugere uma atenção destacada para questões de supervisão de tarefas e fatores "individuais do homem".
 - Erro de comissão - Quando algum item de tarefa é realizado incorretamente. Uma incidência acentuada desse tipo de erro sugere uma atenção destacada para questões de treinamento e fatores "individuais-estressores".
 - Erro de tempo - Quando todos os itens da tarefa são realizados corretamente porém fora do prazo especificado. Uma incidência acentuada desse tipo de erro sugere uma atenção destacada para questões de prática e fatores "situacionais ambientes".
 - Erro seqüencial - Quando algum item da tarefa é realizado fora de seqüência. Uma incidência acentuada desse tipo de erro sugere uma atenção destacada para questões de supervisão de tarefas e fatores "situacionais-ambiente".

- Erro de inovação - Quando é introduzido um item de tarefa que não deveria ser realizado. Uma incidência acentuada desse tipo de erro sugere uma atenção destacada para questões relacionadas a fatores “situacionais normativos”.
- **Considerando a circunstância**
 - Durante preparação da instalação ou sistema.
 - Durante recomposição do sistema ou instalação.
 - Durante liberação de equipamento.
 - Durante normalização do equipamento.
 - Durante execução da manutenção.

4.1.3.4 *Conseqüências dos Acidentes*

As conseqüências dos acidentes numa empresa como a CHESF, podem atingir diversos níveis de gravidade, desde aqueles que afetam apenas a configuração do sistema até outros que podem comprometer vidas humanas. Através dos relatórios e de entrevistas com os operadores da subestação foi possível identificar as seguintes conseqüências:

- Mortes (operadores da instalação, pessoas externas à instalação).
- Acidentes pessoais, ferimentos, choques elétricos, etc.
- Perdas de equipamentos da instalação.
- Danos em equipamentos da instalação.
- Interrupção de cargas podendo ter duração variada (deixando consumidores sem energia elétrica desencadeando novas conseqüências).
- Configuração errada do sistema.
- Sobrecarga em equipamentos.
- Variação de tensão.
- Perdas em equipamentos dos consumidores.
- Danos de equipamentos dos consumidores.

É clara a necessidade de pesquisas que resultem em sistemas cuja operação seja mais confiável e segura, a partir do desenvolvimento de interfaces ergonômicas que

considerem os fatores humanos e as características de sistemas críticos, evitando assim os acidentes.

4.2 Construção do MCCA: Caso CHESF

Nesta parte do trabalho, apresenta-se a construção do modelo conceitual de cenários de acidentes (MCCA), utilizando o processo descrito no capítulo anterior e em (Guerrero et al., 2004).

Este estudo de caso tem como objetivo a construção de um MCCA para o contexto da CHESF, que possa ser utilizado no processo de concepção de interfaces e apoiar a construção de um simulador de cenário de acidentes. Esse simulador por sua vez, será utilizado para observar, analisar e compreender o comportamento do operador diante das situações críticas e assim utilizá-lo no MCIE.

4.2.1 Etapa 1: Definição do Corpus

Ao longo dos anos, um grande número de relatórios tem sido elaborado pela CHESF com o intuito de identificar as causas de acidentes e assim evitá-las.

Para a realização deste estudo, a Empresa CHESF disponibilizou uma base de relatórios de falhas que consta de 386 casos de acidentes ocorridos no período de 1998-2005. A partir de uma análise inicial do conjunto de relatórios, foram identificados três tipos¹³:

- **RAP – Relatório de Análise da Perturbação** (causados por falha material) - 116 relatórios.

¹³ Embora adotada a mesma terminologia da empresa esta classificação destaca o elemento iniciador dos acidentes.

- **RFO – Relatório de Falha Operacional** (acidentes causados por erro humano e acidentes causados por falha material, porém seguidos de erro humano) - 44 relatórios.
- **RDFH – Relatório Desligamento por Falha Humana** (acidentes causados por erro humano e acidentes causados por falha material seguido de erro humano - 226 relatórios).

Contudo, foi necessário estabelecer critérios de forma a selecionar, no conjunto de relatórios disponíveis, àqueles pertinentes ao contexto de estudo. Os critérios adotados na escolha foram (Turnell et al., 2004):

- Relatos de acidentes durante os processos de distribuição e transmissão de energia.
- Relatos de acidentes durante manobras de rotina, supervisão e controle.
- Relatos de acidentes que envolveram o erro humano durante a interação com o sistema.
- Relatos de acidentes nos quais o erro humano foi o iniciador do acidente.
- Relatos de acidentes ocorridos na sala de comando ou pátio.

Após a definição dos critérios, o conjunto de relatórios foi analisado, de forma a filtrar e delimitar o Corpus. Dentre os relatórios disponíveis, 21 se enquadraram nos critérios citados.

Portanto **o Corpus** é composto de:

- **21 Relatórios de Acidentes** - sendo 18 RDFH's e 03 RFO's.
- **Manuais de Operação da Empresa:** são documentos que descrevem as tarefas do operador, os equipamentos, dispositivos, etc.
- **Entrevistas com operadores:** com o intuito de melhor compreender os relatórios.
- **Visitas técnicas às subestações:** para conhecer os equipamentos, dispositivos e o ambiente de trabalho.

4.2.2 Etapa 2: Análise e Categorização dos Erros

Esta etapa consiste em analisar cada caso de acidente pertencente ao Corpus, categorizando os erros cometidos pelo operador (com auxílio do Quadro 6). As três últimas categorias desse Quadro foram complementadas com sub-categorias específicas ao contexto tratado.

- A Categoria “Recuperação” tem as seguintes sub-categorias:
 - Imediata: quando o operador percebe o erro imediatamente após cometê-lo e resolve o problema, avisando ou não ao Centro de Controle.
 - Tardia: quando o operador é avisado rapidamente por outro operador ou pelo Centro de Controle
 - Muito tardia: o erro só é percebido e corrigido após alguma consequência mais grave.
- A Categoria “Causas” tem as seguintes sub-categorias:
 - Desatenção (auto-confiança, descaso).
 - Estresse (tempo, urgência, carga de trabalho).
 - Problemas Pessoais.
 - Inexperiência.
 - Imperícia.
 - Distratores (telefone, interrupção por pessoas externas).
- Categoria “Consequências” tem as seguintes sub-categorias:
 - Configuração errada do Sistema.
 - Interrupção de Carga.
 - Sobrecarga em Equipamento.
 - Perdas e Danos em Equipamentos.
 - Danos Pessoais.

Quadro 6: Categorização de Erros

Categoria Geral	Categoria Específica	Relatórios																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Observação do Estado do Sistema	Excessiva																					
	Falta interpretação																					
	Incorreta																					
	Incompleta																					
Escolha de uma hipótese	Improrizada																					
	Ausente																					
	Inconstrutiva em relação à observação																					
	Construtiva, mas pouco produtiva																					
Avaliação de uma hipótese	Consistente, mas muito custosa																					
	Funcionalmente não pertinente																					
	Incompleta																					
	Rejeição de uma hipótese certa																					
Definição do objetivo	Ausente																					
	Incompleto																					
	Incorreto																					
	Superfluo																					
Escolha do Procedimento (MANOBRA)	Ausente																					
	Incompleto																					
	Incorreto																					
	Superfluo																					
Execução (AÇÕES que compõem a MANOBRA)	Ausente																					
	Ação omitida																					
	Ação repetida																					
	Acréscimo de uma operação																					
	Operação fora de sequência																					
	Intermissão em tempo não apropriado																					
	Pontuação da operação incorreta																					
	Execução incompleta																					
	Ação sem relação e apropriada																					
	Ação correta sobre o objeto errado																					
Recuperação	Muito tardia																					
	Tardia																					
Consequências	Imediata																					
	Não houve interrupção de carga																					
	Houve Interrupção de carga																					
	Sobrecarga em equipamento																					
Causas	Perdas e danos equipamentos																					
	Danos pessoais																					
	Desatendimento (qualidade, duração, descanso, simplicidade da manobra)																					
	Stress (tempo, urgência, carga de trabalho)																					
Impedimentos	Problemas Pessoais																					
	Impetuosidade																					
	Distratores (velocidade, tamanho)																					

Foram analisados 21 relatórios de falhas, como apresentado no Quadro 6. Salienta-se que a informação sobre as primeiras categorias (tons mais claros) não está explícita nos relatórios, a informação é vaga e às vezes inexistente. Contudo, tentou-se extrair impressões baseadas nos fatos e circunstâncias descritas nos documentos para responder a esses aspectos. Estes indícios serão importantes para a construção do protocolo experimental que guiará as simulações de situações críticas junto aos operadores. Por outro lado, o restante das etapas foi preenchido a partir de informações explicitadas nos relatórios: objetivos, ações, conseqüências e causas atribuídas aos acidentes.

Da análise desse quadro, é possível ter uma visão geral de como é produzido o erro durante o decorrer do acontecimento e em relação aos níveis do comportamento cognitivo.

- Há uma observação incorreta e incompleta do estado do sistema por parte dos operadores.
- A escolha das hipóteses é funcionalmente não pertinente.
- A avaliação das hipóteses é feita de forma errada ou ausente.
- A definição dos objetivos é incorreta e incompleta.
- A escolha dos procedimentos é também incorreta e incompleta.
- A recuperação do erro tem sido imediata ou tardia.

Conclui-se que há dois **tipos de erro durante a execução** que se destacam: (i) ação correta sobre o objeto errado e (ii) omissão de alguma ação. Outros três tipos de erro foram também detectados, porém com menor incidência: (iii) ação sem relação e inapropriada, (iv) execução incompleta e (v) acréscimo de uma operação.

Observa-se que as principais conseqüências dos erros são a interrupção de cargas e a configuração errada do sistema, cujas causas principais apontadas são a desatenção e o estresse.

A partir do Quadro 6 extrai-se uma tipologia de erros, que se baseia na categoria “Execução” por se tratar do evento iniciador do acidente.

Foram cinco os tipos de erro detectados:

1. Ação correta sobre objeto errado (11 casos).
2. Ação Omissa (5 casos).
3. Ação sem relação e inapropriada (2 casos).
4. Execução incompleta (2 casos).
5. Acréscimo de uma operação (1 caso).

4.2.3 Etapa 3: Extração de Conhecimento

Esta etapa foi conduzida seguindo o Método KOD e consiste na obtenção dos Modelos Práticos, ou seja, da formalização dos elementos extraídos dos relatórios na forma de taxemas e actemas. Trata-se de uma análise lingüística do corpus que busca identificar nos relatórios os termos que representam os elementos envolvidos nos cenários de acidentes na instalação industrial. Vale destacar que estes documentos não apresentam elementos que façam menção à interpretação das atividades ou das situações, portanto essa dimensão não será abordada neste estudo.

4.2.3.1 Obtendo os Taxemas

Para extrair os taxemas, a análise lingüística foi desenvolvida em dois passos:

- a verbalização e
- a modelagem em forma de taxemas.

A verbalização consiste em identificar paráfrases dos documentos de forma a obter frases simples que permitam qualificar os termos empregados durante a análise. Dessa forma, alguns termos aparecem como objetos, outros como propriedades. São identificadas também as relações entre objetos e propriedades. A etapa de modelagem consiste em formalizar as frases em forma de taxemas <objeto, atributo, valor>.

Um taxema representa um objeto do mundo real através de uma relação (atributo) que vincula o objeto ao valor. São cinco os tipos de relações:

- Classificação (é um, tipo de)

- Identificação (é)
- Descritivo (estado de posição, modo de falha, conectado à, função)
- Estrutural (composto de)
- Situação (dentro de, sobre, abaixo)

Através do exemplo a seguir, verifica-se o processo empregado para a obtenção dos taxemas a partir de quatro frases que foram extraídas dos relatórios:

“... foi aberto indevidamente o Disjuntor 14T1 quando deveria ser aberto o disjuntor 14T1...”

... colocou a chave CLT- 14D1 na posição LOC...

... colocar chaves CLT-14V1 e CLT-14D1 na posição TEL...

... levou ao operador da instalação a pré-selecionar o painel de comando do 14T1, sem contudo observar a identificação e codificações ...”

Paráfrases

- 14T1 é um Disjuntor
- 14D1 é um Disjuntor
- Chave CLT-14D1 possui posições
- Chave CLT-14D1 possui posição LOC
- Chave CLT-14D1 possui posição TEL
- Chave CLT-14V1 possui posição TEL
- 14T1 possui um painel de comando
- Painel de comando do disjuntor 14T1 possui identificação e codificação

Taxemas

- <14T1, é um, Disjuntor>
- <14D1, é um, Disjuntor>
- <14T1, possui, Chave CLT >
- <14D1, possui, Chave CLT>
- <14T1, possui, painel de comando>
- <Chave CLT-14D1, composta de, posição LOC>
- <Chave CLT, composta de, posição TEL>

Esta análise foi feita para cada relatório do corpus. Em paralelo ao trabalho de análise foram associadas entrevistas com os operadores e visitas técnicas com o objetivo de enriquecer esse processo, permitindo assim a obtenção do conjunto de taxemas necessários para representar os cenários de acidentes. Como exemplo segue o conjunto de taxemas que define a Chave CLT:

<Chave CLT, tipo de, Chave>
<Chave CLT, composta de, contato>
<Chave CLT, composta de, maçaneta>
<Chave CLT, composta de, posições>
<Chave CLT, estado de posição, telecomando (TEL)>
<Chave CLT, estado de posição, local (LOC)>
<Chave CLT, localização, sobre painel de comando>
<Chave CLT, localização, sala de comando>
<Chave CLT, localização, Centro de Controle>
<Chave CLT, modo de falha, maçaneta quebrada>
<Chave CLT-14D1, é uma , Chave CLT>
<Chave CLT-14D1, conectada a , Disjuntor 14D1>
<maçaneta, posição, LOC>
<maçaneta, posição, TEL>
<contato, estado, fechado>
<contato, estado, aberto>

4.2.3.2 *Obtendo os Actemas*

Para a obtenção dos actemas, a análise lingüística consiste em identificar no texto, os verbos que representam as atividades executadas pelos operadores durante os acidentes.

Através do exemplo a seguir, verifica-se o processo empregado para a obtenção dos actemas a partir de duas frases extraídas de um dos relatórios:

*“... colocou a chave CLT- 14D1 na posição LOC...
... colocar chaves CLT-14V1 e CLT-14D1 na posição TEL...”*

Paráfrases

- colocar Chave CLT-14D1 = comutar Chave CLT 14D1

A formalização dos actemas é dada pela 7-tupla <executor da ação, ação, destinatário, propriedades, estado1, estado2, instrumentos>.

<Operador Sala de Comando, comutar, Chave CLT-14D1, *informação ausente*, posição TEL, posição LOC, mãos e punho da Chave CLT-14D1>

Neste trabalho, os actemas são itens extraídos dos relatórios de falhas, que descrevem uma mudança de estado de um objeto ou conceito utilizado no contexto, modelando assim uma atividade. A Figura 7 ilustra o actema COMUTAR.

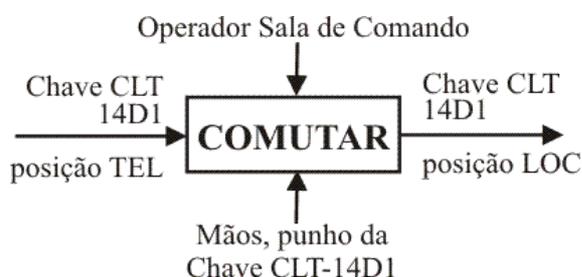


Figura 7: Representação do actema COMUTAR

Cada actema, por sua vez, deve ser representado como mostra o Quadro 7 a seguir:

Quadro 7: Actema COMUTAR.

COMUTAR CHAVE = POSICIONAR = COLOCAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do turno; operador chefe; responsável; componente da equipe, auxiliar, operador da sala]
Destinatário	
Estado 1 (destinatário) Posição (Chave CLT ou LOC TEL) Posição (Chave 43) Posição (Chave LRM) Posição (Chave Normal / By Pass) Posição (Chave 101)	[posição LOC; posição TEL] [posição ET; posição T, posição N] [posição L; posição R, posição M] [posição Normal; posição By Pass] [posição Aberta; posição Fechada ; posição Intermediária ou Repouso]
Estado 2 (destinatário) Posição (Chave CLT ou LOC TEL) Posição (Chave 43) Posição (Chave LRM) Posição (Chave Normal / By Pass) Posição (Chave 101)	[posição LOC; posição TEL] [posição ET; posição T, posição N] [posição L; posição R, posição M] [posição Normal; posição By Pass] [posição Aberta; posição Fechada ; posição Intermediária ou Repouso]
Instrumentos	[Mãos, punho, função telecomando]

Durante o processo de formalização, as propriedades não foram incluídas, uma vez que os relatórios de falhas da CHESF não descrevem a forma como o operador executou as tarefas. Esses relatórios têm como principal objetivo apoiar a identificação das potenciais causas do erro, porém não discutem como os peritos chegaram a essas conclusões. A lista completa dos actemas identificados pode ser vista no Apêndice F.

Uma vez construídos cada um dos modelos práticos, a etapa seguinte consiste na análise e abstração dos modelos práticos, elaborando assim o modelo cognitivo.

4.2.4 Etapa 4: Análise e Abstração

Esta etapa é conduzida segundo o Método KOD e consiste na análise e abstração dos taxemas e actemas (Modelos Práticos) e na construção de taxinomias e actinomias (Modelo Cognitivo).

4.2.4.1 *Elaborando as Taxinomias*

- **Análise dos termos:** os taxemas foram analisados, detectando sinônimos e homônimos, elaborando assim uma terminologia comum e bem definida para o contexto. Como exemplos tem-se:

- *Homônimos:*

- **Telefone:** dispositivo para comunicação entre pessoas
- **Telefone:** dispositivo para telecomando

De forma a solucionar esse problema foi criado o termo “Telefone Comando” que tem como definição: dispositivo para telecomando, embora se trate do mesmo objeto utilizado para finalidades diferentes.

- *Sinônimos:*

- **Chave CLT:** chave de duas posições que serve para mudar o comando do equipamento.
- **Chave LOC/TEL:** chave de duas posições que serve para mudar o comando do equipamento.

- **Instalação:** todo elemento que faz parte da estrutura física utilizada para fins de transmissão e/ou distribuição de energia elétrica.
- **Equipamento de Proteção Individual:** todo recurso utilizado pelas pessoas que trabalham em uma subestação com o objetivo de protegê-las individualmente durante determinadas manobras.
- **Recursos Humanos:** equipes e pessoas que trabalham em uma subestação com diferentes objetivos.
- **Local:** Espaço físico relacionado com a operação do sistema elétrico.

Cada elemento de uma taxinomia (representado na árvore correspondente) foi definido, como exemplificado a seguir pelo Conceito Chave CLT (Quadro 8). Os conceitos são definidos através de seus atributos ou relações. A lista completa dos conceitos pode ser vista no Apêndice E.

Quadro 8: Conceito CLT ou LOC TEL

<p>CHAVE CLT ou LOC TEL <i>Chave de duas posições que serve para mudar o comando do equipamento.</i></p> <p>Composto de : {maçaneta} Estado de posição: {telecomando (CROL), local (subestação)} Conectado à: {(cabo, Disjuntor), (cabo, Linha de Transmissão), (cabo, Transformador), (cabo, Banco de Capacitores)} Localização: {Pátio, Sala de Comando, CROL, sobre painel de comando} Modo de falha: {maçaneta quebrada}</p>

4.2.4.2 *Elaborando as Actinomias*

Neste trabalho, as actinomias são o resultado da organização dos actemas de acordo com os cenários de acidentes. Cada cenário de acidente foi representado através de uma actinomia. Para um melhor entendimento da elaboração da actinomia, segue uma descrição textual de um cenário de acidente extraída de um dos relatórios do corpus.

“... quando da realização de manobras para normalização do disjuntor 14V1 da SE NTD, após manutenção preventiva, foi aberto indevidamente o disjuntor 14T1 (quando deveria ser aberto o disjuntor 14D1), mantendo o transformador 04T1 energizado em vazio...”

NTD Receber 14V1 livre para operação
CROL Autorizar NTD normalizar 14V1
NTD desativar esquema de sobretensão associado à LT 04V3 CGD/NTD
NTD colocar chave CLT-14D1 na posição LOC
NTD fechar 34V1-4 e 34V1-5
NTD colocar chave 43-14V1 na posição ET
NTD fechar 14V1
NTD Aberto 14T1 (deveria ser aberto 14D1)
NTD Colocar chave 43-14V1 na posição “N”
NTD abrir 34V1-6
NTD colocar chaves CLT-14V1 e CLT-14D1 na posição TEL
NTD ativar esquema de sobretensão associado à LT 04V3 CGD/NTD
NTD informar CROL conclusão normalização 14V1...”

A Figura 9 a seguir representa a actinomia do cenário descrito. O contexto deste acidente ilustra que o operador encontrava-se em uma situação de manobras programadas e rotineiras, contudo no momento da execução de uma das ações que compõe a manobra, ele manipula o dispositivo errado.

A representação dos cenários de acidentes através de actinomias permite fazer uma análise detalhada do acidente ao longo da situação em relação a ações e objetos envolvidos no acidente. Através das actinomias será possível também propor uma tipologia de acidentes para a empresa CHESF. A linguagem conceitual concebida foi utilizada para modelar o conjunto completo de cenários de acidentes que constituem o corpus.

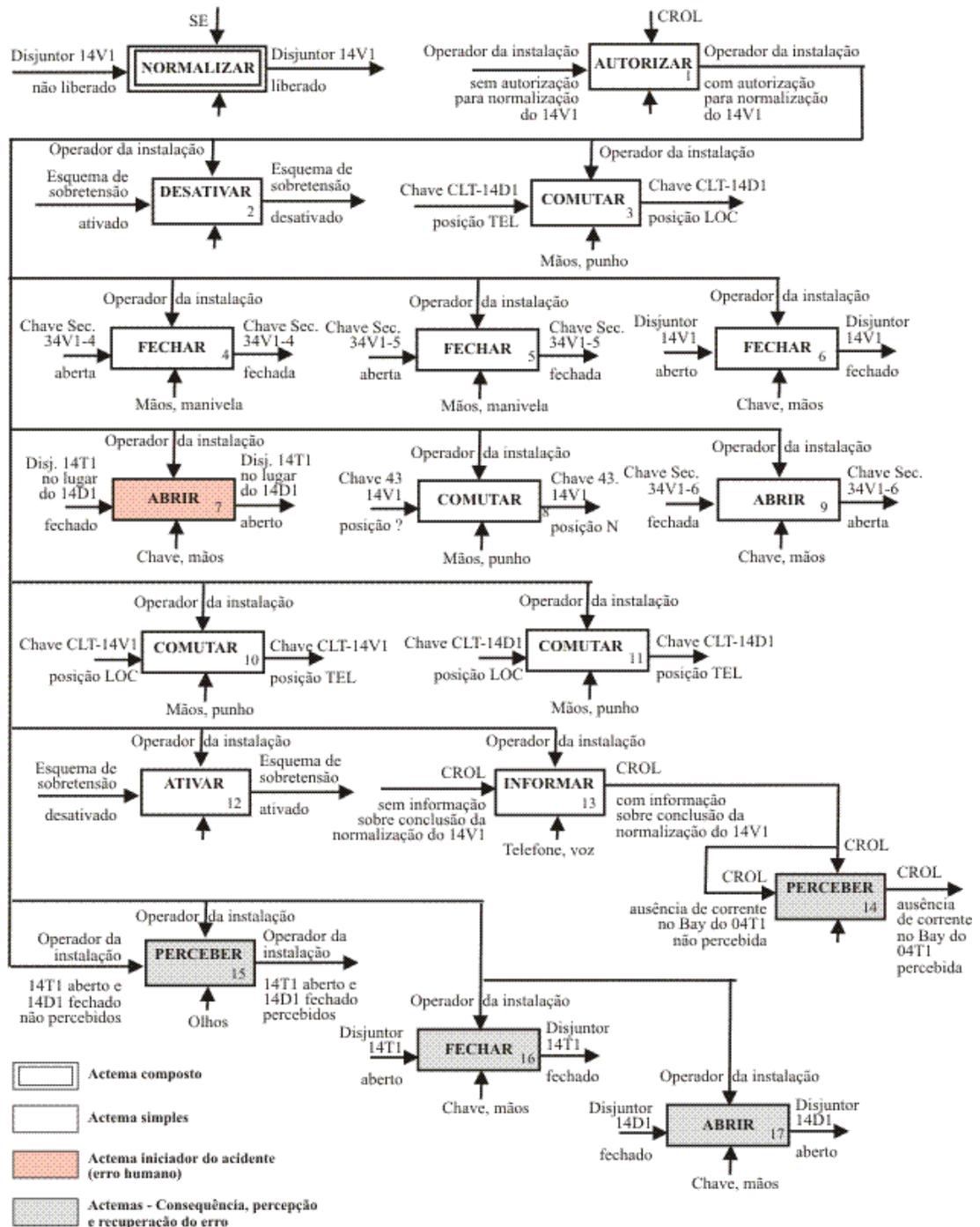


Figura 9: Exemplo de Actinomia

4.2.5 Etapa 5: Validação da Ontologia

Esta etapa dedica-se à validação da ontologia elaborada. Foram validados os aspectos corretude e completude. Nas seções seguintes são apresentados os processos de validação de cada um desses aspectos.

4.2.5.1 *Validando a orretude*

Durante a construção da terminologia do MCCA, alguns termos (conceitos, taxemas e actemas) apresentaram ambigüidade em relação às definições e classificação. Ou seja, em determinados casos houve várias definições para um único termo, ou ainda, mais de um termo para uma única definição. Outro aspecto que justifica esta validação é o fato de que os relatórios que foram utilizados para a construção desta ontologia são elaborados e redigidos por engenheiros e psicólogos a partir de entrevistas com os operadores envolvidos nos acidentes. Dessa forma, há uma transcrição do que ocorreu, muitas vezes utilizando vocabulário diferente daquele dos operadores, evidenciando discrepâncias. Por ser o operador o real usuário desses sistemas é de suma importância que estes termos sejam aceitos e compreendidos por ele.

Entende-se que a **ontologia adotada para o modelo estará correta**, se a terminologia e a sua classificação, forem corretas, compreendidas e aceitas pelos operadores da empresa CHESF.

Enfim, o alvo desta validação é um subconjunto da terminologia utilizada no modelo, trata-se daqueles termos onde houve discordância na sua compreensão, definição e classificação durante sua elaboração.

O Questionário Validação da Corretude (seção 3.3.5) foi então adequado ao contexto tratado. Este questionário possui 34 questões e divide-se em 3 seções (Para maiores detalhes ver o questionário e resultado de sua aplicação no Apêndice F):

- classificação dos termos: objetiva verificar se a classificação adotada está coerente com aquela que operadores utilizam;

- universalidade dos termos: objetiva verificar se os termos utilizados são conhecidos pelos operadores. Pois se verificou que alguns termos foram encontrados em apenas um relato de acidente.
- ambigüidade dos termos: objetiva esclarecer a ambigüidade de alguns termos e expressões.

Para recrutar os participantes, foi feito contato com a Diretoria da Subestação Campina Grande II, com o objetivo de obter autorização para a participação dos operadores no processo de validação. As visitas foram agendadas em horários não comerciais (noturnos e fins de semana), evitando assim as manobras programadas e horários de pico. O tempo para responder os questionários (perfil do usuário e corretude) foi de aproximadamente 15 minutos por operador. Os respondentes foram nove operadores. Originalmente pretendia-se aplicar o questionário a um universo maior de operadores, mas devido a restrições da empresa não foi possível.

4.2.5.2 *Validando a Completude*

Entende-se como **a completude da ontologia adotada para o modelo** como sendo a propriedade que assegura que todo cenário que preencha os requisitos do corpus possa ser representado pelo conjunto de elementos que compõem (actemas, taxemas, conceitos, taxinomias e actinomias) a ontologia.

Para a validação do aspecto **completude** do modelo, foram utilizadas duas técnicas diferentes:

- *Representação de cenários pelo projetista*: consistiu em modelar cenários diferentes (construir actinomias) daqueles utilizados para a construção da ontologia. O procedimento utilizado foi:
 - Extrair aleatoriamente relatórios (dentro da Base de Relatórios da CHESF) que não tivessem sido utilizados na construção da ontologia. Considerando os casos de acidentes disponibilizados pela empresa, apenas dois relatos enquadraram-se nos critérios definidos para o corpus.

- Verificar os relatórios em relação aos requisitos do corpus. Nos casos em que estes não preenchiam os requisitos, um novo relatório foi retirado do corpus, até a obtenção de dois que fossem válidos.
- Representar sob a forma de uma actinomia cada um dos cenários.
- Analisar com auxílio do Quadro - Validação da Completude (seção 3.3.5) cada um dos pontos descritos. Nos quadros a seguir (Quadro 9 e 10), são apresentadas as validações realizadas pelo projetista.

Quadro 9: Quadro - Validação da Completude - Cenário 01 (projetista).

Novos Verbos	Substituível	Insubstituível / A inserir	Prescindível	Imprescindível
<i>entregar</i>	<i>receber</i>			
<i>confirmar</i>	<i>comunicar</i>	<i>confirmar</i>		
<i>questionar</i>	<i>interrogar</i>			
Novos Termos	Substituível	Insubstituível / A inserir	Prescindível	Imprescindível
Observações:				
<p>Na construção deste cenário, foram detectados 3 verbos (actemas) que não constavam na ontologia.</p> <p>Entregar pode ser substituído por Receber, evidentemente trocando o emissor pelo destinatário da ação. Percebe-se que mesmo fazendo essa troca não há mudança na interpretação do cenário.</p> <p>Confirmar, poderia ser substituído por comunicar-se, pois a frase “o operador da equipe SLMG confirmou a abertura do disjuntor”, poderia ser substituída pela frase “o operador da Equipe SLMG comunicou ao operador a confirmação da abertura do disjuntor”. Porém quando o próprio operador confirma para si mesmo a abertura do disjuntor olhando as luzes do painel, esta substituição não funciona. Por isso optou-se pela inserção desse actema na ontologia.</p> <p>O actema Questionar pode ser substituído sem alterações no contexto, pelo actema Interrogar. Não foram detectados novos taxemas neste cenário.</p>				

Quadro 10: Quadro - Validação da Completude - Cenário 02 (projetista)

Novos Verbos	Substituível	Insubstituível / A Inserir	Prescindível	Imprescindível
<i>calçar</i>		<i>Calçar</i>		
Novos Termos	Substituível	Insubstituível / A inserir	Prescindível	Imprescindível
<i>Luvax</i>		<i>Luvax</i>		
<i>Cadeado</i>		<i>Cadeado</i>		
<i>Chave do Cadeado</i>		<i>Chave do Cadeado</i>		
Observações:				
<p>Na construção deste cenário, foram detectados: um verbo e três actemas que não constavam na ontologia</p> <p>O verbo calçar não pode ser substituído por nenhum actema, será inserido ao modelo.</p> <p>Neste caso houve a necessidade de definir uma nova taxinomia : Equipamento de Proteção Individual, para inserir o taxema: “luvas”.</p> <p>Neste caso houve a necessidade de definir um novo conceito taxinomia Instalação: Barreira de segurança, para inserir o taxema: “cadeado”.</p> <p>Chave do Cadeado será portanto um componente de cadeado, relacionado através da relação “composto de”.</p>				

- *Representação dos cenários pelos operadores*: os operadores foram solicitados a completar um cenário proposto (sinopse), com base no seu conhecimento sobre: a tarefa, objetos, equipamentos e dispositivos da instalação. O objetivo foi verificar se os elementos citados (ações , objetos, termos) são contemplados na ontologia. A seguir é detalhado o procedimento utilizado:
 - Elaborou-se uma sinopse de cenário para validação a partir de um relato representativo da tipologia de erro e pertencente ao corpus (Figura 10). Neste cenário apresentou-se o objetivo da tarefa que ele deveria realizar, o contexto no qual se passa o cenário e algumas das sub-tarefas que já teriam sido realizadas. Observa-se também na figura, no quadrado em destaque, um erro¹⁴ supostamente cometido pelo operador. A partir desse momento o operador entrevistado continuaria a tarefa

¹⁴ Inicialmente este erro não havia sido inserido na sinopse, porém as respostas do operador se limitavam a transcrever o que estava descrito no Roteiro de Manobras. A inserção do erro possibilitou ver os operadores refletindo sobre como proceder, analisando as conseqüências, corrigindo o erro e em seguida finalizando a tarefa.

Objetivo: Normalizar o Disjuntor 14V1 após manutenção preventiva

Configuração: Normal
Disjuntor 14V1 substituído pelo Disjuntor 14D1

CROL AUTORIZA NORMALIZAÇÃO Disjuntor 14V1	OPERADOR SE DESATIVA Relé (Esquema Sobretensão LT 04V3 CGD/NTD)	OPERADOR SE COMUTA Chave CLT 14D1 de TEL - para LÔC	OPERADOR SE FECHA Chaves Secc. 34V1-4 e 34V1-5
OPERADOR SE COMUTA Chave 43 - 14V1 posição ET	OPERADOR SE FECHA Disjuntor 14V1	OPERADOR SE ABRE Disjuntor 14T1	

Figura 10: Sinopse de cenário elaborado para validação junto ao operador

- Aplicou-se o procedimento com nove operadores da SE-CGD. Esta etapa da validação foi realizada imediatamente após a aplicação dos questionários. O tempo gasto pelos operadores foi em média de 30 minutos. Foi solicitado aos operadores que preenchessem os quadrados em branco, escrevendo cada ação e objetos. Como o processo foi registrado (em áudio) alguns dos operadores preferiam apenas falar, explicando a situação. Apenas um operador não concordou com o registro em áudio, preferindo escrever passo a passo a tarefa.
- Foram analisados cada um dos cenários descritos pelos operadores com auxílio do Quadro-validação.

4.2.5.3 *Análise dos Resultados*

- Corretude: analisando os resultados do questionário aplicado, em relação a corretude da terminologia e da classificação, constatou-se que a maioria das respostas coincide com o que foi definido na ontologia. (Ver Apêndice G – Resultado dos Questionários).
 - Das 35 questões colocadas:
 - O termo (“alimentador”) foi retirado da ontologia por ser utilizado pelos operadores para designar vários equipamentos. Retirando-o evita-se a ambigüidade.

- Quatro definições foram complementadas com o propósito de esclarecê-las.

Estas modificações não acarretaram em mudanças na estrutura da ontologia.

- **Completeude:** foram revistos cada um dos quadros-validação (projetista e operadores) para verificar quais termos (actemas ou taxemas) deveriam ser inseridos no modelo. (ver a seguir o Quadro 11 – Resultado Geral Validação Completeude)

Quadro 11: Quadro – Resultado Geral - Validação Completeude

Novos Verbos	Substituível	Insubstituível / A inserir	Prescindível	Imprescindível
<i>entregar</i>	<i>receber</i>			
<i>confirmar</i>	<i>comunicar</i>	<i>confirmar</i>		
<i>questionar</i>	<i>interrogar</i>			
<i>calçar</i>		<i>calçar</i>		
<i>Colocar</i>	<i>Comutar</i>			
<i>Entregar</i>		<i>Entregar</i>		
<i>Resetar</i>		<i>Resetar</i>		
<i>Tirar</i>	<i>Desligar</i>			
<i>Mandar</i>	<i>Solicitar</i>			
Novos Termos	Substituível	Insubstituível / A inserir	Prescindível	Imprescindível
<i>cadeado</i>		<i>cadeado</i>		
<i>chave do cadeado</i>		<i>chave do cadeado</i>		
<i>luvas</i>		<i>luvas</i>		
<i>Disjuntor de Transferência</i>				
<i>Disjuntor Titular</i>				
<i>Grandezas elétricas</i>	<i>Estado de: corrente, tensão, carga (propriedades dos taxemas)</i>			
<i>Centro de Operação</i>	<i>Centro de Controle</i>			
<i>Proteção (de um equipamento)</i>	<i>Chaves Seccionadoras referentes (fechadas ou abertas)</i>			
<i>Número da edição do RTM</i>		<i>Número da edição do RTM</i>		
<i>Versão do RTM</i>		<i>Número da Versão do RTM</i>		
<i>Despacho</i>	<i>Centro de Controle</i>			

Foram detectados nove verbos novos, dos quais cinco podem ser substituídos por actemas já presentes na ontologia, enquanto para os outros quatro houve a necessidade de integrá-los à ontologia.

Em relação aos termos, foram detectados quatro substituíveis e cinco que não existiam e portanto foram inseridos. Neste caso houve a necessidade de definir uma nova taxinomia : Equipamento de Proteção Individual, para inserir o taxema: “luvas”. Neste conceito cabem também “capacete” e “botas” pois também são tipos de Equipamento de Proteção individual. Por outro lado, os termos “número” e “versão do RTM” foram integrados no Conceito “Roteiro de Manobras” complementando a definição a partir do atributo “composto de”.

Foi necessário também definir um novo conceito na taxinomia ‘Instalação’: Barreira de segurança, para inserir o taxema: “cadeado”. O termo “Chave do Cadeado” será portanto um componente de cadeado, relacionado através da relação “composto de”. Neste conceito cabe também “mecanismo anti-bobeira”.

Feitas as modificações na ontologia que consistiram de: inserções dos novos termos, correções e complementadas as definições de cada conceito, considera-se que tenha sido validada para o Corpus definido. É evidente que a partir do relato de novos casos podem surgir novos termos, mas espera-se que modificações da ontologia se restrinjam à realimentação e complementação dos dados, sem contudo implicar na alteração de sua estrutura.

4.2.6 Etapa 6: Construção da Tipologia de Cenários de Acidentes

Esta parte do trabalho consiste na análise dos casos pertencentes ao Corpus, com o objetivo de identificar, descrever e representar as principais situações de acidentes.

Entende-se por um ‘tipo de cenário de acidente’ uma generalização, que corresponde a um grupo de acidentes os quais apresentam similaridades em determinados aspectos.

4.2.6.1 Os Tipos de Cenários de Acidentes (Estudo de Caso)

Neste trabalho, os diferentes tipos de cenários são identificados através do erro iniciador do acidente (a partir da tipologia de erros definida anteriormente) e descritos em relação à situação e à tarefa durante a qual o acidente ocorreu. A representação dos cenários é feita através de uma actinomia, que de forma genérica representa as ações que o operador executa até o momento do erro humano que inicia o acidente.

A seguir são apresentados os cinco tipos de cenários identificados dentro do Corpus estudado.

- **Tipo de Cenário 01: Ação Correta sobre o Objeto Errado**

Este tipo de cenário de acidentes é o mais freqüente que foi detectado no conjunto de relatos analisados. No Quadro 12 a seguir são descritas as características desse tipo de cenário.

Quadro 12: Tipo de Cenário 01: Ação correta sobre o objeto errado

TIPO DE CENÁRIO 01: AÇÃO CORRETA SOBRE O OBJETO ERRADO (11 CASOS)	
TAREFAS	<i>Liberação de Equipamento (R5¹⁵, R7, R8, R9, R10, R12, R13, R21)</i> <i>Normalização de Equipamento (R6, R19, R20)</i>
TIPO DA TAREFA	<i>Simples (R6, R7, R8, R20)</i> <i>Complexa (R10)</i> <i>Programada (R5, R6, R8, R9, R10, R12, R20, R21)</i> <i>Emergência (R7, R13, R19)</i> <i>Freqüente (R6, R7, R8, R9, R12, R13, R20, R21)</i> <i>Rara (R10)</i>
SITUAÇÃO DO ACIDENTE	O operador executa a ação correta, porém sobre o objeto errado <i>Abrir Chaves de comando de disjuntor - (R5)</i> <i>Abrir Chaves de comando do Disjuntor (painel errado) (R6, R8, R9, R19, R20)</i> <i>Desativar Relé (painel errado) - (R7)</i> <i>Abrir /Fechar Chave seccionadora (painel errado) - (R10, R21)</i> <i>Abrir Chave fusível - (R12)</i> <i>Abrir Chaves de comando de religador - (R13)</i>
SITUAÇÃO DE URGÊNCIA	<i>Percepção e Recuperação do erro: imediata (R5, R8, R9, R13, R19)</i> <i>Percepção e Recuperação do erro: tardia (R6, R10, R20)</i> <i>Percepção e Recuperação do erro: muito tardia (R7, R12, R21)</i>

¹⁵ R5 - Relato 05, ou seja trata-se de um dos relato (o de número 05) que foi analisado. Por motivos de sigilo, os relatos aqui apresentados não mantiveram os nomes originais.

SITUAÇÃO PÓS ACIDENTE	<i>Sistema em configuração errada (R5, R6, R9, R10, R19, R21) Interrupção de cargas (R7, R8, R9, R10, R12, R13, R19, R20, R21)</i>
CAUSAS INTERNAS AO OPERADOR	<i>Desatenção (R5, R6, R7, R8, R9, R10, R12, R13, R19, R20, R21) Stress (R7, R8, R9, R10, R13, R19)</i>
RESUMO DOS CASOS DESTE TIPO (extraído dos relatos)	
<p>R5 – O operador da subestação executa manobra rotineira, não observa com atenção sobre qual disjuntor está atuando, ocasionando o erro. Por se tratar de uma manobra rotineira, houve desconcentração do operador na realização da tarefa.</p> <p>R6 - O operador autoconfiante, durante manobras simples e rotineiras, não utiliza o programa de manobras, nem observa as identificações nos painéis de comando, atuando sobre chaves erradas.</p> <p>R7 - Devido à situação de emergência e ser época de férias, o operador fica após o seu turno. A tarefa que executa é repetitiva e requer longos períodos de inatividade (sub-carga de trabalho). Houve também a interferência de um distrator: o celular pessoal do operador que chamou exatamente no momento no qual ele operaria sobre o relé, distraíndo-o e levando-o a desativar o relé errado. A não desativação do relé correto ocasionou, mais tarde, a abertura dos disjuntores, provocando interrupção nas cargas.</p> <p>R8 - O operador se encontrava sozinho na sala, executando manobras que deveriam ser executadas por dois operadores. Houve excesso de intervenções no mesmo turno para um único operador.</p> <p>R9 - Os operadores se encontravam sob estresse pois houve um excesso de tarefas. Não houve boa comunicação entre os dois operadores, o que levou ao erro.</p> <p>R10 - O operador desviou a atenção para atender telefone, durante a ação na Chave, quando retornou à ação se equivocou de painel, atuando assim sobre a chave errada. Devido à ocorrência da manobra não ser freqüente e ser complexa, houve reforço de mais um operador e o próprio encarregado. O PGM não enfatiza a não abertura dessa chave. Apenas diz o que deve ser feito, não alertando para as conseqüências de um erro.</p> <p>R12 - O operador é experiente e capacitado, porém a configuração da instalação permite esse tipo de erro, chaves muito próximas com ponto comum podendo confundir o operador.</p> <p>R13 - O operador se encontrava substituindo um outro que estava de licença médica, houve sobrecarga de trabalho, cansaço. Os painéis se encontram muito próximos, o que favoriza o erro, além da situação de urgência.</p> <p>R19 - No momento havia uma sobrecarga de trabalho, era final de turno com um elevado número de intervenções, o que estressou o operador. Os painéis das chaves dos disjuntores são vizinhos. Normalmente, o operador passa muito tempo inativo, mas nesse momento aumentou muito a carga de trabalho.</p> <p>R20 – Painéis vizinhos e idênticos levam o operador a se equivocar. Houve falta de atenção e uma má observação do sistema, baseando-se apenas no “barulho” do disjuntor, não conferindo de fato se o disjuntor correto teria sido acionado. O operador precisa se deslocar da sala de comando ao pátio para verificar se sua ação teve sucesso, e ao retornar atuou sobre o painel errado.</p> <p>R21 - O operador não verificou a codificação correta e atuou sobre a chave errada. A configuração da instalação estava com uma particularidade diferente, em relação ao seu layout, o que levou o operador ao erro. Uma das barreiras de segurança, a chave do armário, não estava presente, o que poderia ter impedido o erro. Havia ao mesmo tempo um treinamento de operadores, sendo executado por outro operador.</p>	

Através da actinomia apresentada na Figura 11 tem-se uma representação genérica desse tipo de cenário. Observa-se que este tipo de acidente acontece nas tarefas de liberação e normalização de equipamentos, tarefas estas compostas de ações como: abrir/fechar equipamentos, comutar chaves e do deslocamento dos operadores dentro da sala de comando e pátio. Na actinomia, percebe-se alguns actemas representados por caixas cinzas. Trata-se das ações nas quais o erro humano pode ocorrer, iniciando assim o acidente.

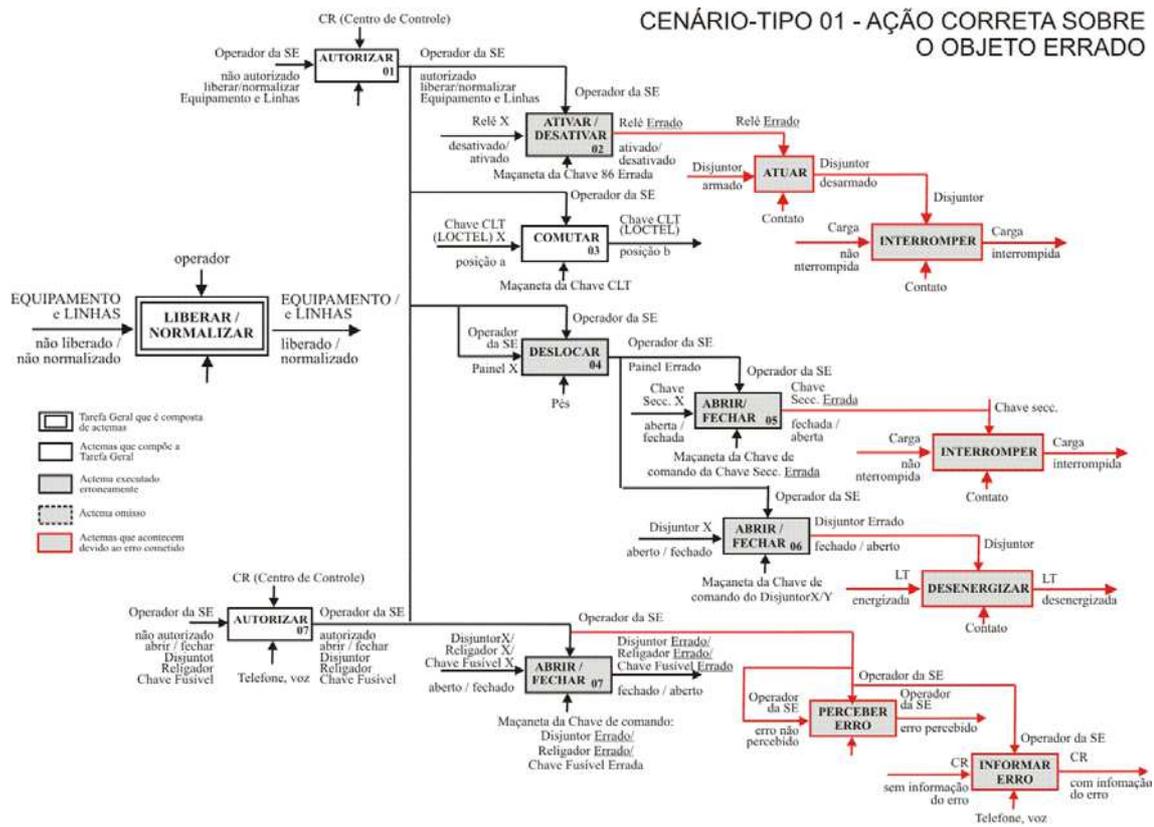


Figura 11: Tipo de Cenário 01

• **Tipo de Cenário 02: Ação Omissa**

Este tipo de cenário é o segundo mais frequentemente identificado. No Quadro 13 a seguir são descritas as características desse tipo de cenário .

Quadro 13: Tipo de Cenário 02: Ação Omissa (5 casos)

TIPO DE CENÁRIO 02: AÇÃO OMISSA	
TAREFAS	<i>Liberação de Equipamento (R2, R17)</i> <i>Normalização de Equipamento (R1, R3, R16)</i>
TIPO DA TAREFA	<i>Simples (R2, R3, R15, R17)</i> <i>Complexa</i> <i>Programada (R1, R2, R3, R16, R17)</i> <i>Emergência</i> <i>Frequente (R2, R16, R17)</i> <i>Rara (R3)</i>
Continua na próxima página	

SITUAÇÃO DO ACIDENTE	<p>O operador omite uma ou mais ações da seqüência</p> <p><i>R1 – o operador omitiu 4 itens do PGM (autorizações para abrir disjuntor)</i></p> <p><i>R2 – a equipe não executou um dos itens, (a abertura de uma chave seccionadora)</i></p> <p><i>R3 – o operador não retirou o pente do relé, e nem o retirou da caixa para executar a ação</i></p> <p><i>R16 – o operador não efetuou o fechamento de duas chaves seccionadoras</i></p> <p><i>R17 – o operador não efetuou o fechamento de uma chave seccionadora by pass</i></p>
SITUAÇÃO DE URGÊNCIA	<p><i>Percepção e Recuperação do erro: imediata (R1)</i></p> <p><i>Percepção e Recuperação do erro: tardia (R3, R16, R17)</i></p> <p><i>Percepção e Recuperação do erro: muito tardia (R2)</i></p>
SITUAÇÃO PÓS-ACIDENTE	<p><i>Sistema em configuração errada (R1, R2, R16)</i></p> <p><i>Interrupção de cargas (R3, R17)</i></p>
CAUSAS INTERNAS AO OPERADOR	<p><i>Desatenção (R1, R2, R3, R16, R17)</i></p> <p><i>Estresse (R2, R3, R16)</i></p> <p><i>Imperícia (R3)</i></p> <p><i>Inexperiência (R3)</i></p> <p><i>Distratores (R16)</i></p>
<i>continuação</i>	
RESUMO DOS CASOS DESTE TIPO	
<p><i>R1 – os operadores não seguiram o PGM, “pulando” assim itens do programa, abrindo um disjuntor sem autorização do Centro de Controle. Também não foi utilizado o rádio para comunicação entre os operadores. O disjuntor em questão não possui comando remoto, sendo acionado diretamente no pátio. Um dos operadores estava em treinamento.</i></p> <p><i>R2 – Um dos operadores acabava de voltar das férias, havia nesse momento muitas intervenções, a chave operada possui restrições quanto à sua manipulação, o RTM não foi seguido corretamente, deixando a chave seccionadora fechada.</i></p> <p><i>R3 – trata-se de uma tarefa repetitiva com longos períodos inativos, é também uma tarefa rara, porém simples. Esse erro ocasionou o desarme do disjuntor e conseqüentemente a interrupção de cargas. É uma tarefa de alto risco. E o operador não utilizou a instrução interna.</i></p> <p><i>R16 – O operador desbloqueou as chaves no pátio e depois se deslocou para a sala de comando, nisso esqueceu que deveria fechá-las. A ação era desbloqueio e fechamento das chaves, e foi marcado que tinha sido realizado durante a manobra no pátio, assim ele não percebeu que havia esquecido parte da manobra. O operador se encontrava sozinho, essa operação deve ser feita a dois.</i></p> <p><i>R17 – A manobra realizada é considerada muito simples, o que faz com que o operador aja com descaso e desatenção. Um outro fato a considerar é que se a mesma manobra fosse ser realizada sobre os outros disjuntores da instalação, isso não seria considerado erro.</i></p>	

A actinomia da Figura 12 representa genericamente esse tipo de cenário. Assim como o primeiro, este tipo de acidente tem acontecido nas tarefas de liberação e normalização de equipamento. O operador omite o fechamento e a abertura de dispositivos. O operador deveria realizar as ações consultando o PGM/RTM. Por se tratar de manobras bastante rotineiras e freqüentes, ele nem sempre consulta esses roteiros, ocorrendo assim o erro. Contudo, mesmo ele fazendo essa consulta, no caso de ações repetitivas, às vezes ele ‘pula’ (omite) o item.

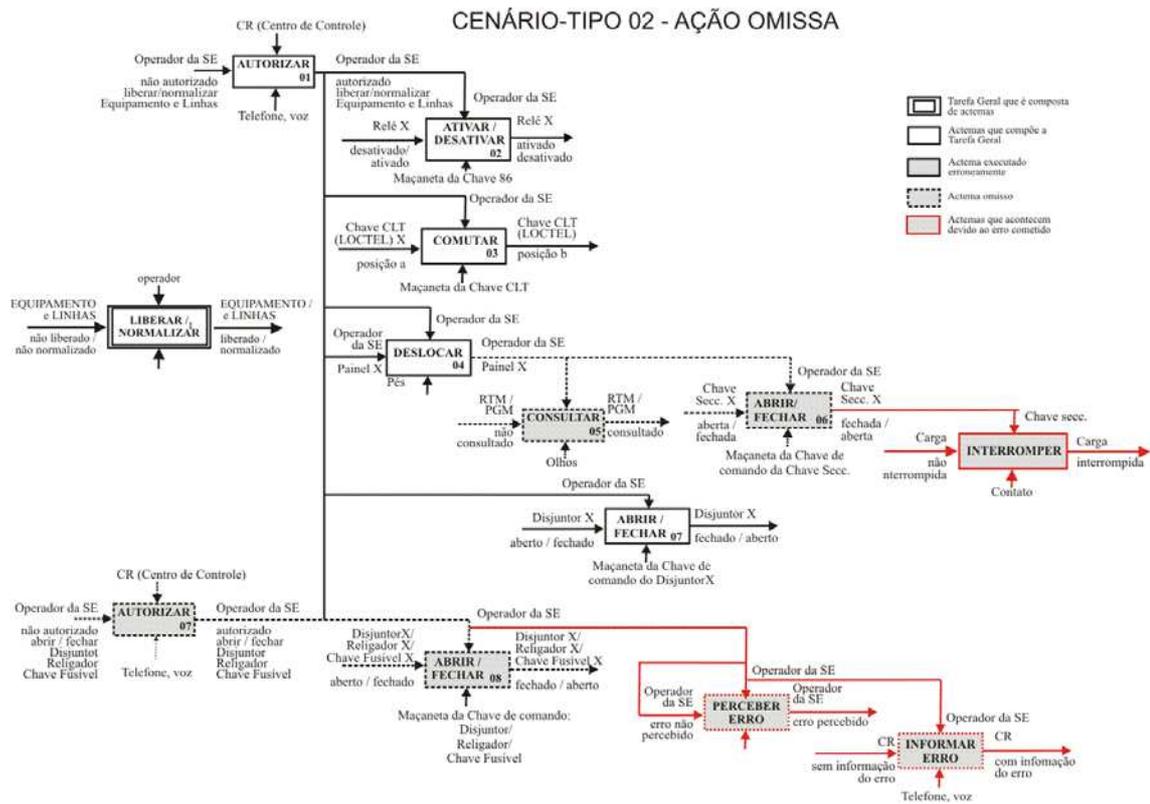


Figura 12: Tipo de Cenário 02

- **Tipo de Cenário 03: Ação sem relação e inapropriada**

Este tipo de cenário é aquele onde o operador executa uma ação completamente sem relação e inapropriada ao contexto e objetivo da tarefa. No Quadro 14 a seguir são descritas as características desse tipo de cenário .

Quadro 14: Tipo de Cenário 03: Ação sem relação e inapropriada (2 casos)

TIPO DE CENÁRIO 03: AÇÃO SEM RELAÇÃO E INAPROPRIADA	
TAREFAS	<i>Liberção de Equipamento (R11)</i> <i>Normalização de Equipamento (R4)</i>
TIPO DA TAREFA	<i>Simples (R4, R11)</i> <i>Complexa</i> <i>Programada (R11)</i> <i>Emergência</i> <i>Freqüente (R4)</i> <i>Rara</i>
SITUAÇÃO DO ACIDENTE	O operador executa uma ação sem relação e inapropriada <i>R4 – o operador atuou sobre a botoeira enquanto explicava o funcionamento a novo operador.</i> <i>R11 – operador telecomanda abertura de disjuntor ao invés da desativação do religamento</i>
SITUAÇÃO DE URGÊNCIA	<i>Percepção e Recuperação do erro imediata (R4, R11)</i>
SITUAÇÃO PÓS-ACIDENTE	<i>Sistema em configuração errada (R4)</i> <i>Interrupção de cargas (R4, R11)</i>
CAUSAS INTERNAS AO OPERADOR	<i>Desatenção (R4, R11)</i> <i>Distratores (R16)</i>
RESUMO DOS CASOS DESTE TIPO	
<i>R4 – Enquanto mostrava ao operador novato, a Botoeira S200, dispositivo não existente nos demais disjuntores, pressionou indevidamente essa botoeira, abrindo o disjuntor. Essa botoeira não possui mecanismo “anti-bobeira”. O operador agiu involuntariamente, sem dar a devida atenção, pois conhecia a configuração do sistema.</i> <i>R11 – Apesar de se tratar de uma manobra muito simples é importante, porém, o operador não deu a atenção necessária</i>	

As actinomas a seguir (Figuras 13 e 14) representam genericamente esse tipo de cenário. A primeira actinomia representa a tarefa de liberação de equipamentos, o operador executa a abertura de um disjuntor quando a ação correta seria a desativação de seu religamento. A segunda actinomia representa a tarefa de inspeção de equipamento, nela o operador aciona uma botoeira quando não deveria atuar sobre nenhum dispositivo.

CENÁRIO-TIPO 03 - AÇÃO SEM RELAÇÃO E INAPROPRIADA

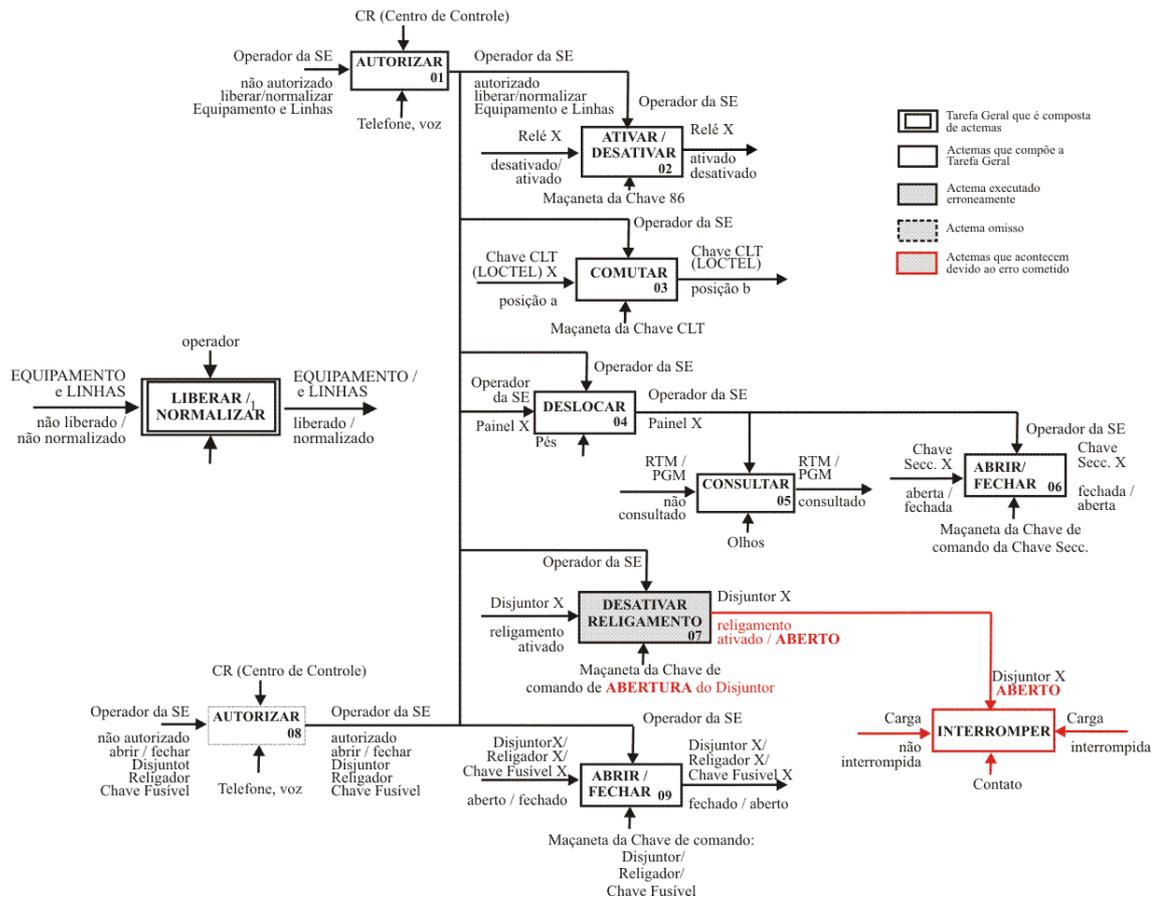


Figura 13: Tipo de Cenário 03

CENÁRIO-TIPO 03 - AÇÃO SEM RELAÇÃO E INAPROPRIADA

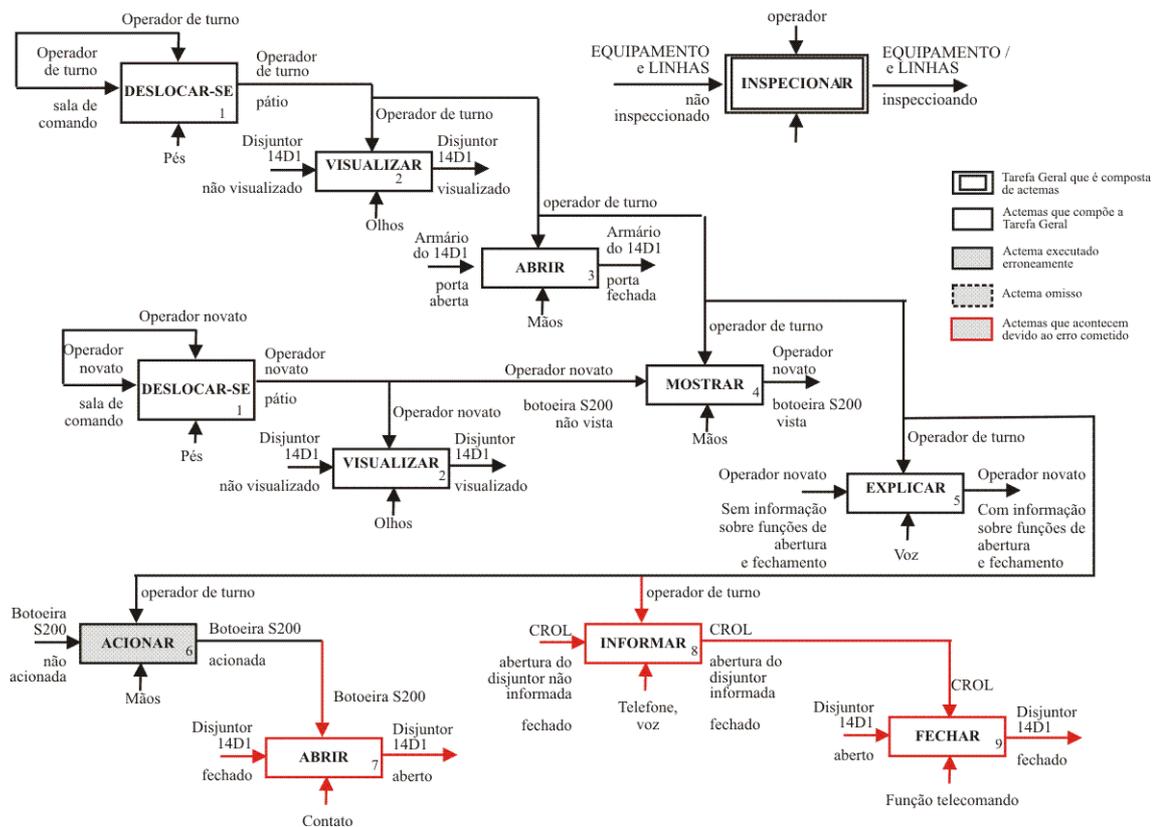


Figura 14: Tipo de Cenário 03 (b)

- **Tipo de Cenário 04: Acréscimo de Ação**

O operador executa uma ação que não existe no roteiro. No Quadro 15 são descritas as características desse tipo de cenário .

Quadro 15: Tipo de Cenário 04: Acréscimo de Ação (1 caso)

TIPO DE CENÁRIO 04: Acréscimo de Ação	
TAREFAS	<i>Liberção de Equipamento (R18)</i>
TIPO DA TAREFA	<i>Simples (R4, R11) Complexa Programada (R11) Emergência Frequente (R4) Rara</i>
<i>continua</i>	
SITUAÇÃO DO ACIDENTE	O operador acrescenta uma operação <i>R18 – o operador fecha chave 32T1- 7, operação esta que não consta no RTM.</i>
Continua na próxima página	

SITUAÇÃO DE URGÊNCIA	<i>Percepção e Recuperação do erro: tardia (R18)</i>
SITUAÇÃO PÓS-ACIDENTE	<i>Interrupção de cargas (R18)</i>
CAUSAS INTERNAS AO OPERADOR	<i>Desatenção (R18)</i> <i>Stress (R18)</i> <i>Imperícia (R18)</i> <i>Inexperiência (R18)</i>
RESUMO DOS CASOS DESTE TIPO	
<i>R18 – O operador foi executar a manobra sem utilizar o RTM, executando assim um item não existente. O operador tinha problemas financeiros e deveria ser transferido para outra instalação. Não tinha conhecimento da configuração na qual estava trabalhando.</i>	

A actinomia a seguir (Figura 15) representa genericamente esse tipo de cenário

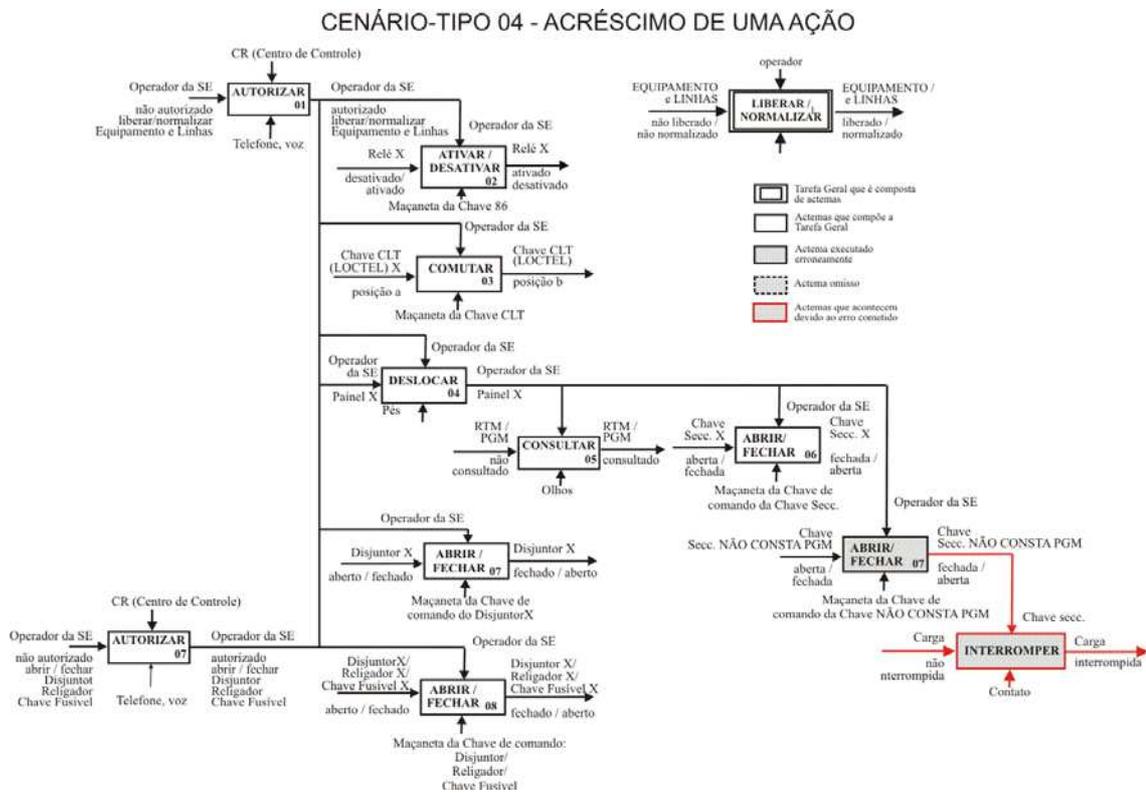


Figura 15: Tipo de Cenário 04

- **Tipo de Cenário 05: Execução incompleta**

No Quadro 16 a seguir são descritas as características desse tipo de cenário .

Quadro 16: Tipo de Cenário 05: Execução Incompleta (1 caso)

TIPO DE CENÁRIO 05: EXECUÇÃO INCOMPLETA	
TAREFAS	Recomposição de Sistema (R14)
TIPO DA TAREFA	<i>Simple (R14)</i> <i>Complexa</i> <i>Programada</i> <i>Emergência (R14)</i> <i>Frequente (R14)</i> <i>Rara</i>
SITUAÇÃO DO ACIDENTE	O operador executa uma ação incompleta <i>R14 – o disjuntor não abriu por não ter sido dado o giro completo na chave.</i>
SITUAÇÃO DE URGÊNCIA	<i>Percepção e Recuperação do erro: tardia (R14)</i>
SITUAÇÃO PÓS-ACIDENTE	<i>Sistema em configuração errada (R14)</i> <i>Sobrecarga em equipamento (R14)</i>
CAUSAS INTERNAS AO OPERADOR	<i>Desatenção (R14)</i> <i>Stress (R14)</i>
RESUMO DOS CASOS DESTE TIPO	
<i>R14 – O operador que executava a ação de abrir o disjuntor, não verificou após ter concluído a ação, a sinalização do disjuntor: se a lâmpada verde estaria acesa. Situação emergencial em horário de ponta. Para evitar sobrecarga em auto-trafo, solicitou-se abertura do disjuntor. Havia apenas um operador de turno</i>	

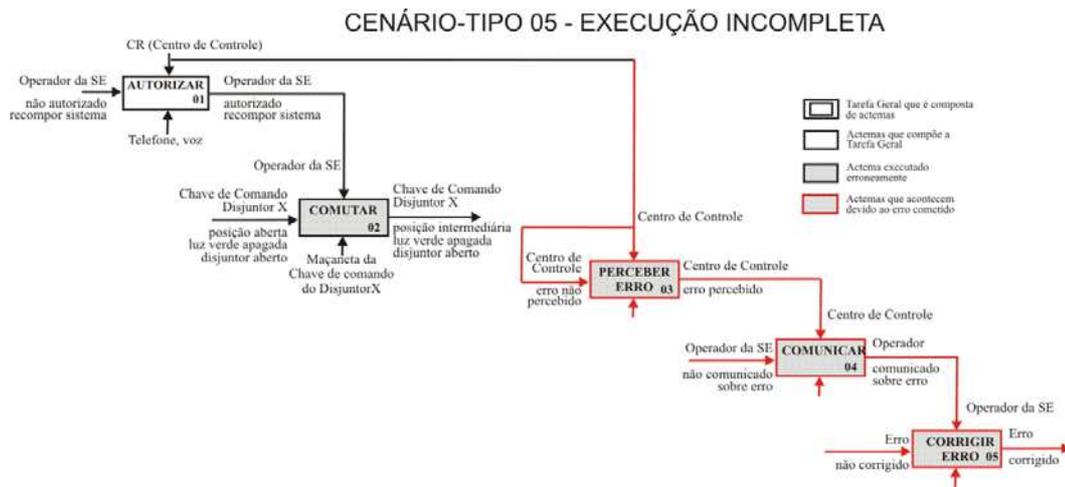


Figura 16: Tipo de Cenário 05

4.3 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo apresentou-se a construção do modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano no contexto da indústria de distribuição e transmissão de energia elétrica, segundo o processo descrito no Capítulo 3.

O processo consistiu na análise de relatórios elaborados pela empresa, extraíndo os elementos necessários para a representação dos cenários dos acidentes. Obteve-se da aplicação desse processo uma ontologia para o contexto tratado, uma tipologia de erros humanos e uma tipologia dos cinco principais cenários de acidentes detectados no conjunto de relatórios analisados.

O MCCA elaborado permite ter uma visão das principais situações de acidentes da empresa no contexto da operação. Tratam-se de tarefas de liberação e normalização de equipamentos, do tipo programadas e freqüentes e como erros mais freqüentes têm-se: agir sobre um dispositivo (chaves) errado, e a omissão de ações. Como causas internas ao operador destaca-se a desatenção e o estresse. Algumas dessas situações (tipos 3, 4 e 5) não são tão freqüentes porém devem também ser consideradas.

O modelo descreve e representa cada um dos tipos de cenários, as ações executadas, o erro e a forma como os operadores se recuperam do erro. Toda essa representação é feita baseada na ontologia elaborada a partir dos relatórios elaborados pela própria empresa e validada junto aos operadores do sistema.

Este modelo deve ser utilizado para apoiar a construção de um simulador de acidentes, assim como no processo de concepção de interfaces mais ergonômicas que considerem as situações de acidentes e o erro humano, como será discutido no próximo capítulo.

CAPÍTULO 5

MAPEAMENTO CONCEITUAL DOS

ATRIBUTOS DO MCCA PARA O MCIE

O MCCA obtido a partir do processo metodológico apresentado neste trabalho constitui-se de: uma ontologia, uma categorização dos erros do operador e uma tipologia de cenários de acidentes. Discute-se nesta seção como este modelo, pode ser utilizado no MCIE.

Este capítulo tem como objetivo apresentar uma proposta de utilização do MCCA em um processo de concepção de interfaces.

Na primeira parte deste capítulo são identificados e classificados os atributos do MCCA em três categorias: aqueles relacionados ao usuário, à tarefa e ao contexto (ambiente e equipamentos). Em seguida, são apresentados os atributos descritos e representados por cada um dos modelos que definem a etapa de análise de requisitos do processo de concepção de interface, mais particularmente do MCIE. Sendo eles: modelo de tarefas, modelo do usuário e modelo do contexto. Finalmente é apresentado um mapeamento conceitual dos atributos do MCCA aos modelos definidos no MCIE.

5.1 Atributos do MCCA

A partir do MCCA obtido no estudo de caso (Capítulo 4), é possível perceber que ele contém elementos que dizem respeito à **tarefa** que é executada, ao **usuário** (operador), e ao **contexto** no qual o evento ocorre (sobre os equipamentos, objetos, situações e ambiente). Dessa forma, nas próximas seções destacamos cada um desses atributos classificados de acordo com as seguintes categorias: usuário, tarefa e contexto.

5.1.1 Atributos Tarefa

O MCCA apresenta atributos relativos à tarefa realizada. São eles:

- **Nomenclatura das tarefas e objetos:** a partir da ontologia definida, têm-se um vocabulário adequado, compreendido e aceito pelos usuários.
- **Tipo de tarefa:** simples ou complexa; freqüente ou rara.
- **Seqüências de Tarefas:** através do identificador numérico do actema.
- **Tarefas realizadas em paralelo:** através do identificador do actema observa-se que os actemas realizados em paralelo possuem o mesmo número de identificação.
- **Actemas realizados :** cada ação realizada
 - Executor da ação: usuário ou sistema.
 - Objetos utilizados: indica com que instrumentos a ação foi executada.
 - Estado inicial (estados iniciais dos objetos que sofreram a ação na execução da tarefa).
 - Estado final (estados finais dos objetos que sofreram a ação na execução da tarefa)

5.1.2 Atributos Usuário

O MCCA contém os seguintes atributos relativos ao usuário:

- **Perfil do Usuário:** informações pessoais e profissionais

- **Características do Usuário:** na ontologia os diferentes tipos de usuários são categorizados e definidos segundo a função (objetivos) que realiza com o sistema.
- **Comportamento:** através do quadro Categorização de Erros é possível verificar as ações cognitivas e físicas do usuário (observação do sistema, escolha de uma hipótese, avaliação da hipótese, definição do objetivo, escolha do procedimento, execução, recuperação de erro), desde o início da situação.
- **Causas do erro (internas ao operador):** desatenção, excesso de autoconfiança, estresse, cansaço, falta de comunicação, problemas pessoais, inexperiência, imperícia.

5.1.3 Atributos Contexto

Em relação aos atributos sobre o contexto, têm-se:

- **Ambiente:** na ontologia os Locais são categorizados e definidos a partir de suas características.
- **Equipamentos**
 - causa do erro (equipamento): interface de dispositivos, sinalização, falha de equipamentos, *lay out* de equipamentos.
- **Situação do evento:**
 - Emergência
 - Programada

5.2 Atributos do MCIE

Nesta parte pretende-se fazer uma lista dos atributos que são atualmente considerados no modelo da tarefa, do usuário¹⁶ e do contexto no método MCIE.

5.2.1 Atributos do Modelo da Tarefa

No MCIE, o Modelo da Tarefa pode ser elaborado em diversos formalismos existentes. De uma forma geral, todos têm o objetivo de integrar a análise e a descrição da tarefa ao processo de concepção de interfaces. Entre eles destacam-se: MAD (Scapin & Pierret, 1990), TKS (Johnson et al., 1988), TAOS (Medeiros et al., 2000), CTT (Mori, 2002) MAD* (Hammouche, 1995). Todos assumem que o conhecimento sobre uma tarefa é estruturado de acordo com o paradigma do planejamento hierárquico. Nesse sentido, serão utilizados os atributos definidos em MAD* dada sua simplicidade, adequação aos propósitos da modelagem e sua ampla utilização no GIHM.

MAD* é definido basicamente por quatro conceitos (Figura 17)



Figura 17: Principais conceitos de MAD*

¹⁶ O Modelo do usuário está atualmente em desenvolvimento no GIHM, assim algumas das informações ainda estão incompletas.

Unidade-Tarefa (UT): suporte de descrição e de execução de uma tarefa MAD*; corresponde a um objetivo, distinguindo-se pelo nível de abstração, ou seja, a semântica associada à cada um deles. Distinguem-se 3 níveis de UT's (Figura 18).

- UT de alto nível: objetivo global da tarefa;
- UT de nível intermediário: diz respeito à estratégia de procedimentos de execução da tarefa;
- UT de baixo nível: corresponde a uma ação da tarefa.

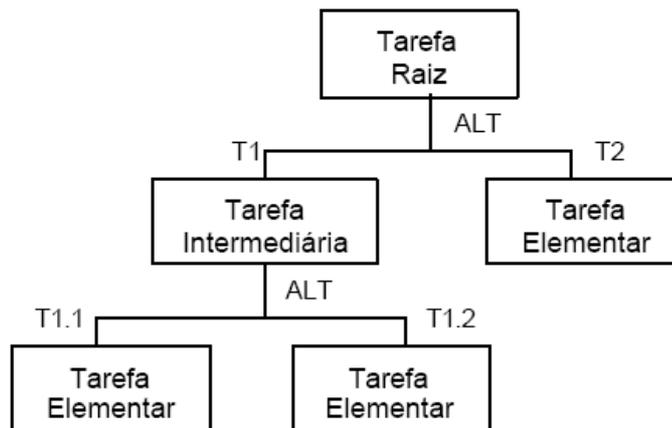


Figura 18: Níveis da UT

Corpo da Unidade-Tarefa: trata das condições de entrada e de saída da tarefa assim como de suas estruturas e inclui os elementos do corpo da tarefa.

- Corpo da tarefa: (nome, objetivo, modo, ator, tempo [início da execução, fim da execução e a duração da execução], prioridade, interruptibilidade e estado de execução);
- Condições de entrada da tarefa: (estado inicial, pré-condições, condições desencadeantes, repetir tarefa até a condição de parada);
- Condições de saída da tarefa: (estado final, pós-condições, resultado da execução).

Decomposição da Unidade-Tarefa: diz respeito às relações inter-tarefas (estruturais ou temporais)

- As relações estruturais: permitem definir o ordenamento das tarefas (tarefas independentes)

- ET (executar todas as sub-tarefas) – tarefas paralelas independentes
- OU (executar pelo menos uma das sub-tarefas)
- ALT (executar somente uma das sub-tarefas) – tarefas alternativas
- As relações temporais: permitem definir a sincronização das tarefas (tarefas dependentes)
 - SEQ (tarefas seqüenciais) – dependência forte entre as tarefas – executadas uma pós a outra conforme ordem dada
 - PAR (tarefas paralelas dependentes) - a ordem de execução é restrita
 - SIM (tarefas simultâneas e partilhamento das tarefas) – as sub-tarefas são executadas ao mesmo tempo, inicia e finalizam juntas, implica vários operadores. Inclui dois parâmetros: Tarefa e Operador (T1, Op1)

Os atributos da especificação da interface: integram os aspectos que visam ajudar a exploração de uma árvore de tarefas em vista da concepção da interface. Têm por objetivo integrar as recomendações orientadas a tarefa, encontradas nos guias ergonômicos, permitindo orientar as primeiras decisões de concepção da futura interface. Estes dizem respeito ao Corpo da unidade Tarefa e à Decomposição da tarefa:

- as *restrições de diálogo* permitem definir a ordem na qual as tarefas devem ser executadas. Ajuda ao projetista na definição e refinamento do sequenciamento das sub-tarefas de uma tarefa, trata-se das relações ET e PAR.
- os atributos *tipo* (mental e sensório-motor) e *modalidade* (manual, automática ou interativa) da tarefa são importantes pois ajudam na especificação das formas de interação.
- o atributo *Papel do operador* abstrai as características pertinentes aos diferentes estereótipos de operadores em suas estratégias de realização das tarefas. Uma mesma tarefa pode ser realizada de maneiras diferentes por diferentes operadores de acordo com suas aptidões e habilidades. Em MAD* trata-se de atributos que descrevem o operador em termos de sua competência e sua experiência a executar a tarefa e ao utilizar as ferramentas para a execução da tarefa. Quatro atributos definem o papel do operador:

- *Papel* – define a função do operador da tarefa
- *Experiência da tarefa* – indica o nível de experiência do usuário. Os valores são: iniciante, médio e complexo;
- *Experiência com o sistema* – indica se o usuário já utilizou sistemas similares. Os valores são: elementar, médio e complexo.
- *Competência* – indica o conjunto das ações que o usuário executa (eventualmente com outros usuários) durante a realização da tarefa.
- *Meios de interação* – permite especificar as escolhas dos meios de interação para as tarefas que podem ser informatizadas. Podem ser: linguagem de comando, toque de funções, pergunta-resposta, formulários, multi-janelas, manipulação direta, interação icônica. Cada tarefa é associada a um estilo de interação. Vários estilos podem ser combinados. Para cada estilo de interação define-se o nível do operador: novato, médio, experiente.
- atributo *Centralidade da tarefa* - esta noção é importante na especificação da interface pois permite estruturar e hierarquizar a apresentação. Dois atributos a descrevem:
 - *Frequência* – número de vezes que a tarefa é executada. Os valores podem ser em termos de interação e no tempo: todos os dias, horas..., ou de valores *ad hoc* tais como muito elevado, elevado, médio, fraco.
 - *Entidades Importantes* – sub-conjuntos dos objetos da tarefa, que intervêm no momento da execução das tarefas.

Uma modelagem MAD* se apresenta sob a forma de uma árvore hierárquica de tarefas e cada uma dessas tarefas apresenta um descritor, onde são representados seus demais atributos.

5.2.2 Atributos do Modelo do Usuário

No MCIE, o Modelo da Usuário se subdivide nos seguintes perfis: pessoal, físico, psíquico-mental, clínico e profissional. Cada um desses perfis, consiste de um conjunto de atributos, como apresentado a seguir (Scherer, 2006):

Perfil Pessoal: conjunto de informações de caráter individual do usuário

- Idade / data de nascimento
- Gênero
- Nível Acadêmico
- Nome
- Endereço
- Estado Civil
- Comunidade, Sociedade e vida cívica

Perfil Físico: conjunto de informações que exprimem o condicionamento físico do usuário, tanto em termos de restrições de capacidade física, quanto de destreza manual ou problemas de equilíbrio.

- Restrições nas capacidades físicas
- Visual
- Auditiva
- Olfativa
- Tátil
- Mobilidade
- Destreza manual
- Altura
- Peso
- Equilíbrio

Perfil Psíquico-Mental: conjunto de informações que exprimem a situação psíquica do usuário, podendo ser considerado o veio principal para determinação do comportamento do usuário.

- Motivação
- Atenção
- Temperamento e personalidade
- Extrovertido / introvertido
- Cordato
- Responsável
- Estabilidade psíquica
- Inovador / empreendedor
- Otimista / pessimista
- Confiante
- Confiável
- Qualidade do repouso
- Funções Cognitivas de alto nível
- Abstração
- Organização
- Gerenciamento de tempo
- Flexibilidade Cognitiva
- *Insight*
- Julgamento de situações
- Resolução de problemas
- Orientação
- Funções emocionais & controle da impulsividade

Perfil Clínico: conjunto de informações que exprimem, em termos clínicos, as condições do usuário. Cabe ressaltar que, diferentemente do Perfil Psíquico/Mental, este perfil exige uma supervisão especializada (leia-se profissional da saúde) para seu completo e correto preenchimento.

- Memória
- Funções de percepção
- Funções de cálculo

- Funções para sequenciamento de movimentos complexos
- Funções de pensamento
- Funções psicomotoras
- Funções mentais de linguagem
- Funções de produção sonora e discurso
- Disfunções psicológicas que dificultem a interação

Perfil Profissional: conjunto de informações que exprimem o grau profissional do usuário, tanto em termos de qualificações como experiências com o cargo/atividade desempenhada.

- cargo atual
- habilidade e conhecimento com o produto
- habilidade e conhecimento com o sistema
- experiência na tarefa
- experiência no cargo
- nível de treinamento
- habilidade com dispositivos de entrada
- qualificações
- habilidades de linguagem e comunicação
- aprendendo e aplicando conhecimento
- conhecimentos gerais

5.2.3 Atributos do Modelo do Contexto

O Modelo do Contexto no MCIE foi definido no trabalho de Lima (Lima, 2006). Este trabalho baseou-se principalmente na Norma ISO-9241 parte 11 (ISO 9241-11, 1998) e define o contexto em relação aos equipamentos e ao ambiente:

- **Descrição de equipamentos:** a descrição é feita a partir de um conjunto de atributos ou características de desempenho do *hardware*, *software* ou outros materiais.

- Descrição básica
 - Identificação do produto (equipamento)
 - Descrição do produto
 - Principais áreas de aplicação
 - Funções principais
- Especificação
 - *Hardware*
 - *Software*
 - Materiais
 - Serviço
 - Outros itens
- **Descrição de ambientes:** os atributos que definem os ambientes classificam-se em: técnico (rede de trabalho local); físico (local de trabalho, mobiliário); atmosférico (temperatura, umidade); e cultural e social (práticas de trabalho, estrutura organizacional e atitudes).
 - Ambiente Técnico
 - Configuração
 - Configuração do Hardware
 - Configuração do Software
 - Materiais de referência
 - Ambiente Físico
 - Condições do local de trabalho
 - Condições atmosféricas
 - Ambiente térmico
 - Ambiente visual
 - Instabilidade ambiental
 - Projeto do local de trabalho
 - Espaço e mobiliário
 - Postura do usuário

- Localização
- Segurança do local de trabalho
 - Riscos para a saúde
 - Equipamento de proteção individual
- Ambiente organizacional
 - Estrutura
 - Horas de trabalho
 - Grupo de Trabalho
 - Função do trabalho
 - Práticas do trabalho
 - Assistência
 - Interrupções
 - Estrutura de Gerenciamento
 - Estrutura de comunicações
 - Atitudes e Cultura
 - Política no uso de computadores
 - Objetivos organizacionais
 - Relações Industriais
 - Projeto de trabalho
 - Flexibilidade do trabalho
 - Monitoramento de desempenho
 - Resposta de desempenho
 - Velocidade
 - Autonomia
 - Descrição

5.3 Mapeamento dos atributos

Nesta parte será apresentada uma relação entre os atributos que foram definidos no MCCA e cada um dos modelos apresentados no MCIE. A partir desse mapeamento, pretende-se evidenciar uma forma de utilizar o MCCA dentro do processo de concepção de interfaces definido no MCIE.

5.3.1 Tarefa

Na etapa de modelagem da tarefa do MCIE, a tarefa tratada é descrita precisamente através de seus objetivos, procedimentos, objetos e atores. Contudo, esse modelo não leva em conta as situações de acidentes. Nele, a tarefa é descrita na forma correta de realização, não sendo considerados fatores que levam ao erro nem a incidência de erros associados.

Quadro 17: Relação Tarefa (MCCA) – Tarefa no MCIE

Atributos Tarefa no MCCA	Atributos Tarefa no MCIE (MAD*)
Nomenclatura / Definição de ações (tarefas)	Corpo da Tarefa (nome, objetivo)
Tipo de Tarefa (simples, complexa, frequente, rara)	Centralidade da Tarefa (frequência, importância)
Sequência / paralelismo das tarefas	Relações temporais (SEQ, PAR, SIM)
Executor da ação	Corpo da Tarefa (ator)
Objetos utilizados (nomenclatura e definição)	Condições de Entrada e saída da tarefa (são explicitados entre outros os objetos utilizados para a realização da tarefa). Observação: não inclui a definição dos objetos
Estado inicial (objetos que sofrem a ação)	Condições de entrada da tarefa (estado inicial, pré condições, condições desencadeantes)
Estado final (objetos que sofrem a ação)	Condições de saída da tarefa (estado final, pós-condições, resultado da execução)

O MCCA permite, a partir da tipologia de cenários, verificar no modelo de tarefa, quais são as tarefas e sub-tarefas consideradas críticas e quais as ações erradas do operador que iniciam os acidentes.

No quadro 17, é possível verificar que os atributos relacionados à tarefa, presentes no MCCA, podem ser mapeados para os atributos definidos em MAD* na metodologia MCIE. Apenas o atributo relacionado à definição de cada objeto, não é contemplado em MAD*, contudo trata-se da ontologia definida para o domínio, complementando assim as especificações. Por outro lado, no que diz respeito à estrutura da representação das tarefas, em MCCA (através da actinomia) não há uma representação hierárquica e sim temporal. Nas actinomias do MCCA, não fica evidente a globalidade das tarefas assim como em MAD*, contudo, a passagem de uma actinomia para uma árvore de modelo de tarefas foi realizada no GIHM (El Maimouni, 2004) com o objetivo de traduzir actinomias que representam cenários de acidentes para modelos de tarefas no formalismo CTT (Mori, 2002). Essa tradução foi possível tendo em vista que cada um dos elementos que compõe um actema pôde ser representado no formalismo CTT . O encadeamento proposto dos actemas foi representado por um galho da árvore CTT da modelagem da tarefa, muitas das vezes ausente na representação. O galho da árvore diz respeito às tarefas que permitem opções e caminhos errados os quais podem ocasionar acidentes.

Esses caminhos errados devem ser considerados, a partir da aplicação de regras ergonômicas durante a passagem do modelo de tarefa (agora incorporando as situações críticas) para o modelo da interação, de forma a conceber interfaces mais ergonômicas.

5.3.2 Usuário

Observando o quadro 18 é possível verificar que os aspectos relacionados ao usuário são considerados pelo modelo do usuário representado no MCIE. Embora este modelo ainda esteja em processo de elaboração, percebe-se que cada um dos aspectos é coberto pelos diferentes tipos de perfis nele considerado.

Quadro 18: Relação Usuário (MCCA) – Usuário no MCIE

Atributos Usuário no MCCA	Atributos Usuário no MCIE
Informações pessoais	Perfil pessoal
Informações profissionais (funções, objetivos no sistema, experiência)	Perfil Profissional (cargo, experiência, qualificações)
Comportamento	Perfil psíquico-mental (resolução de problemas)
Causas de erro (internas ao operador)	Perfil psíquico-mental / Perfil clínico

Na etapa de modelagem do usuário do MCIE são consideradas as informações sobre o perfil do usuário e é prevista a integração dos aspectos cognitivos durante as situações de acidente. A categorização do erro do MCCA, permite analisar e localizar os diversos erros cometidos pelo operador através das etapas de tratamento da informação: desde o momento que o operador faz a observação do sistema, passando pela execução da ação, até a sua percepção do erro. Portanto, esta categorização deve ser explorada e integrada no modelo do usuário do MCIE.

5.3.3 Contexto

Observa-se que a maioria dos atributos relacionados ao contexto (quadro 19) definidos no MCCA, podem ser mapeados aos atributos que definem o modelo do contexto no MCIE, contudo um atributo significativo, “situação do evento”, não é considerado. Dessa forma, sugere-se a sua inserção, tendo em vista a importância de conhecer as diferentes situações nas quais ocorrem os eventos assim como suas implicações.

Quadro 19: Relação Contexto (MCCA) – Contexto no MCIE

Atributos Contexto no MCCA	Atributos Contexto no MCIE
Ambiente (categoria de locais e definição)	Ambiente físico / Ambiente organizacional
Equipamentos (descrição, falhas, lay out)	Descrição de equipamento (Identificação do produto, Descrição do produto, Principais áreas de aplicação, Funções principais)
Situação do evento (emergência, programada, normal, etc.)	<i>Ausente</i>

5.4 Conclusão do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada uma estratégia de utilização do MCCA no processo de concepção de interfaces definido no MCIE. Fica clara a possibilidade de fazer um mapeamento dos atributos do MCCA aos atributos definidos na etapa de Análise de Requisitos do MCIE.

A etapa de Análise de Requisitos no MCIE inclui a modelagem do contexto, da tarefa e do usuário. Trata-se da etapa que antecede e fornece os elementos necessários para especificar e modelar a interface. Considerando os aspectos evidenciados no MCCA deve-se possibilitar a definição de interfaces mais ergonômicas considerando os aspectos relacionados aos erros humanos em casos de acidentes.

Contudo, a estratégia de mapeamento apresentada neste capítulo é apenas uma proposta inicial que mostra a possibilidade de utilizar o MCCA no MCIE, devendo entretanto ser estudada em detalhes e aplicada a estudos de casos. Este estudos podem detalhar os meios de fazer essa integração, assim como evidenciar novas possibilidades de utilização do MCCA na concepção de interfaces mais ergonômicas.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

Apresentou-se neste trabalho o processo de construção de um modelo conceitual de cenários de acidentes causados pelo erro humano. O desenvolvimento do processo metodológico utilizado baseou-se num estudo inicial de diferentes abordagens de análise de acidentes (seção 2.5). Nessa análise detectou-se a ausência de trabalhos cujo foco fosse a utilização do conhecimento (sobre o erro humano, sobre as situações críticas e sobre o comportamento dos usuários diante delas) em um processo de concepção de interfaces. Nas metodologias para Concepção de Interfaces analisadas (seção 2.2.1), constatou-se também que situações de erros e acidentes não são consideradas nos processos.

Dessa forma, foi elaborado um processo, que se baseia na extração de conhecimento a partir de relatos de acidentes, com o qual foi construído um modelo que representa e descreve as principais situações de acidentes ocorridas (em um estudo de caso), objetivando a utilização desse conhecimento num processo de concepção de interfaces, no caso o MCIE. O estudo de caso realizado foi no contexto da indústria de distribuição e transmissão de energia elétrica.

Na seção seguinte discutem-se os dois principais resultados obtidos no fim deste trabalho, (o processo de construção do modelo e o modelo obtido no estudo de caso) sua aplicabilidade e abrangência. Em seguida apresentam-se as considerações finais e por fim são propostas algumas linhas de continuidade.

6.1 Discussão dos Resultados

6.1.1 Quanto ao Processo Metodológico

O processo metodológico, descrito no Capítulo 3, objetiva a construção de um modelo conceitual que represente as principais situações de acidentes causadas pelo erro humano durante a interação dos sistemas.

O processo foi definido em 6 etapas. Buscou-se, sintetizar e generalizar o procedimento de forma que possa ser utilizado em contextos diversos. Cada uma das etapas foi descrita pelo: seu objetivo, suas entradas e saídas, o processo a realizar (sub-etapas) e identificados e descritos os recursos e métodos utilizados para apoiar e/ou guiar a execução dessas etapas.

A importância da etapa de definição do corpus se reflete na relevância dos critérios que delimitarão o estudo. Contudo, a utilização desta abordagem tem como requisito principal a disponibilidade de relatos dos acidentes (seja sob a forma de relatórios, obtidos através de entrevistas ou observação direta), a partir dos quais o corpus é definido.

O quadro apresentado na etapa de classificação do erro humano, permite analisar os erros do usuário desde o início da situação até o momento da execução da ação. Propõe-se, portanto, ao analisar o conjunto de relatos (corpus), classificar os erros de acordo com a categoria **Execução**. Essa categoria foi escolhida por tratar-se do momento da interação direta com o sistema, momento este que iniciou a situação de acidente. Outras formas de analisar o erro, foram vistas (seção 2.3.3), contudo, esta foi escolhida por ser mais completa e possibilitar uma análise através das etapas de tratamento da informação do modelo de Rasmussen.

A etapa de extração do conhecimento é sempre muito dependente daquele que a executa, por isso é crucial que os objetivos da extração estejam bem definidos e claros, de forma a detectar e extrair do corpus, os termos significativos ao contexto. No processo aqui proposto, o foco é o erro humano durante a interação, portanto devem ser

extraídos todos os elementos relacionados a esses erros: termos relacionados aos objetos com os quais o operador interage na situação do erro, as ações realizadas durante essa interação e as circunstâncias nas quais acontecem.

Para as etapas de ‘extração do conhecimento’ e de ‘análise e abstração’ é proposta a utilização do método KOD, que além de permitir a construção do modelo a partir de dados e conhecimento brutos, adapta-se bem para a extração de conhecimentos expressos em linguagem natural, que é o caso de relatos de acidentes. Contudo, o material disponível sobre KOD, nem sempre é claro e objetivo na apresentação das etapas e particularmente deixa de detalhar o procedimento. Portanto, esta descrição buscou simplificar as etapas, indicando cada um dos passos que o projetista deve executar. Por outro lado, esta etapa pode ser apoiada por outros métodos para aquisição de conhecimento, que seja do tipo ascendente, como por exemplo MACAO (seção 2.4.2), fazendo as devidas adaptações. Um aspecto que vem sendo discutido no GIHM é a possível utilização de um formalismo para modelagem da tarefa para representar esses cenários, dada a similaridade destas representações.

Validar a ontologia obtida a partir do processo permite verificar aspectos de correte e de completude. A etapa de correte depende do contexto que se pretende abordar, pois exige uma interação com os operadores reais do sistema. Caso não seja possível, a validação desse aspecto torna-se inviável. Por outro lado, o aspecto completude pode ser verificado pelo projetista, dispensando a presença do operador.

A abordagem utilizada para a identificação da tipologia de cenários parte da classificação do erro, na categoria específica EXECUÇÃO, por tratar-se do evento que iniciou o acidente. A identificação das causas do acidente é também importante, porém classificar cenários de acidentes apenas através da causa principal pode fazer com que outras causas (secundárias) sejam esquecidas ou ignoradas expondo-se assim ao risco de associar erro com responsabilidade / culpabilidade. A busca de culpados e responsáveis pelo erro não é o objetivo deste trabalho, mas sim compreender os mecanismos que levam aos erros. Esta compreensão permite antecipar e assim prevenir e/ou eliminar as

causas do erro através da melhoria das interfaces, produzindo assim sistemas *seguros e confiáveis*.

Os recursos que apóiam as etapas são trabalhos de outros autores ou adaptações (quadro para análise de erros, questionário de perfil do usuário). Outros foram concebidos durante este trabalho para o estudo de caso (quadros para auxílio à validação) para o processo aqui apresentado, porém foram generalizados e dessa forma podem ser utilizados em outros contextos.

Cada uma das etapas propostas pode ser realizada manualmente (como foi mostrado no estudo de caso do capítulo 4), ou seja, trata-se de um procedimento independente de ferramentas computacionais. Contudo, foi constatado através do estudo de caso que se trata de um processo longo, muitas vezes repetitivo, de forma que a ausência de ferramentas que auxiliem as etapas é também uma limitação. Dependendo do tamanho do sistema, o trabalho do projetista pode se tornar cansativo, ou mesmo impraticável, podendo este perder a noção de coerência e completude das descrições, o que sugere a necessidade de um suporte computacional.

6.1.2 Quanto ao Modelo Obtido

O MCCA obtido a partir do processo metodológico apresentado neste trabalho constitui-se de: uma ontologia, uma categorização dos erros do operador e uma tipologia de cenários de acidentes. Discute-se nesta seção como este modelo, pode ser utilizado.

6.1.2.1 No MCIE

No capítulo 5 foi apresentada uma relação entre os atributos contidos no MCCA e nos diversos modelos definidos no MCIE. A partir desse mapeamento, verificam-se as possibilidades de utilizar o conhecimento especificado no MCCA no processo de concepção MCIE.

6.1.2.2 *Apoio à Construção de um simulador de acidentes*

O GIHM prevê a construção de um simulador de cenários de acidentes causados pelo erro humano para estudar o comportamento do usuário diante dessas situações. Esse sistema deve reproduzir as situações críticas que sejam significativas do ponto de vista da atividade de operação da empresa estudada.

Dessa forma, o MCCA fornece dados para a especificação desse simulador:

- A ontologia permite definir os objetos (seus atributos e relações) e as ações que deverão ser simuladas.
- A tipologia de cenários de acidentes permite identificar explicitamente quais as tarefas (liberação e normalização de equipamentos), os tipos de tarefas (simples, complexas, emergenciais ou rotineiras), o encadeamento e a combinação das ações (através da actinomia) que são mais propícias para que os operadores cometam erros que resultem em acidentes.

6.1.2.3 *Apoio à elaboração de um protocolo Experimental*

Para estudar o comportamento do usuário diante do simulador é necessário estabelecer previamente um protocolo experimental. Trata-se do roteiro a ser seguido durante a realização do experimento. Este protocolo deve conter: uma explicação do contexto no qual o usuário deve realizar as tarefas, que tarefas ele deve cumprir. Deve conter ainda os objetivos que guiam a realização dos experimentos, o que se pretende observar, fichas de verificação para acompanhar o teste, a definição do perfil dos participantes dos testes entre outros (Queiroz, 2001; Nigam, 2001).

A partir do MCCA e da validação que foi realizada com o uso de uma sinopse de cenário junto ao operador, foi possível observar alguns pontos que são importantes à elaboração desse protocolo:

- Em relação ao ambiente da simulação, objetivando reproduzir a situação¹⁷.

¹⁷ Neste sentido, um trabalho de levantamento do contexto de operação em uma subestação vem sendo realizado no GIHM

- Indicar o horário da manobra (se o horário for de “ponta” algumas manobras podem sofrer restrições)
- Presença de elementos “distratores” (terceiros, telefone)
- Tipo de tarefa que deve ser executada e suas restrições
- Em relação ao operador
 - A partir da tabela da categorização do erro têm-se as etapas do raciocínio humano durante uma tarefa, desde a observação do sistema à execução das ações. Essas etapas devem ser utilizadas para observar o operador durante os experimentos. Novas categorias podem ser inseridas.

6.1.2.4 *Sugestões para a Empresa estudada*

- Redação dos Relatórios: sugestões relacionadas à elaboração dos “relatórios de falha humana – RDFH” de forma a facilitar a interpretação e análise dos dados.
 - O vocabulário utilizado nos relatórios e nos programas supervisórios deve ser o mesmo utilizado pelos operadores. Sugere-se a adoção de uma ontologia comum a operadores, engenheiros e psicólogos. Um exemplo dessa diferença que causa problemas de interpretação e possíveis erros de interação é o uso pelo supervisório da terminologia ABRIR / FECHAR RELÉ, enquanto os operadores adotam ATIVAR / DESATIVAR RELÉ.
 - Uniformização da informação do relatório. O nível de detalhamento das informações sobre os acidentes é diferente entre os relatórios. Alguns relatórios apresentam itens, tabelas, diagramas enquanto outros não. Uns descrevem a realização do evento em detalhes, enquanto outros apresentam uma descrição sucinta. Essa uniformização poderia permitir o uso de uma ferramenta de extração de conhecimento automatizada.
 - Inclusões de informações sobre as razões que levaram o operador a agir erroneamente. Nos relatórios atuais essa informação não está explícita, constam apenas suposições e conclusões dos elaboradores do relatório sem referência às declarações do operador que podem fornecer elementos para a compreensão do erro.
 - Informações sobre a elaboração do relatório.

- Data e horário da elaboração do relatório: permite saber quanto tempo houve entre a ocorrência do acidente e a sua documentação. Dados devem ser colhidos o quanto antes, assim há chances da informação ser mais fiel. O tempo permite reflexões, argumentações que interferem na análise dos dados do acidente.
 - Sobre a coleta de dados: quem forneceu os dados, em quais circunstâncias.
- Ergonomia da Interação
 - Na subestação estudada, observou-se a partir da aplicação de uma sinopse de cenário (etapa de validação da ontologia) junto aos operadores, que existem equipamentos cuja manipulação é considerada crítica. Trata-se de equipamentos nos quais uma ação errada sobre seus dispositivos, pode ter conseqüências graves e de difícil recuperação com perdas significativas para a empresa. Contudo, os dispositivos de interação desse equipamento não têm nenhuma sinalização especial que alerte os operadores. Sugere-se portanto, que a empresa verifique quais são os dispositivos “mais críticos” na instalação de forma a focar ainda mais a atenção do operador nesses equipamentos.
 - Diagramação dos Roteiros de Manobras
 - Folha de Manobra: numa mesma folha estão presentes duas manobras (conjunto de ações) para um mesmo equipamento. O operador pode equivocar-se e consultar a manobra errada e agir errado. Esse fato foi constatado várias vezes durante a aplicação da sinopse de cenário. Sugere-se portanto uma manobra por folha, evitando assim que esse equívoco ocorra. Os itens dessa manobra devem ser mais separados de forma a facilitar a leitura, evitando que sejam “pulados” ou repetidos itens.
 - Outra sugestão é fazer algo como “livretos”: cada manobra para cada equipamento teria um “livreto” e para cada ação uma folha desse livreto. Contudo essa sugestão precisaria ser mais bem

estudada pelo fato do operador precisar passar a folha do livreto. Seria necessário avaliar se esta ação adicional prejudicaria a realização das outras.

- As ações devem ser separadas em itens. Atualmente é possível verificar itens do tipo: ABRIR e BLOQUEAR CHAVE X, ABRIR SECCIONADORA X1, X2. Como são duas ações para um único item, o operador pode “pular” ou repetir alguma das ações.
- Uniformização na aquisição dos equipamentos: versão, marca evita a ocorrência de erros.

O modelo obtido no estudo de caso é específico para o contexto da empresa CHESF e de acidentes iniciados pelo erro humano durante operação na sala de comando e pátio. O GIHM junto à empresa pretende ampliar o estudo é considerar mais dois tipos de acidentes que podem ser encontrados no conjunto de relatórios disponíveis na CHESF, cujos iniciadores são (i) falha do sistema, porém seguida de um erro humano e (ii) falha do sistema. A ontologia construída neste trabalho, pode ser reutilizada nos dois casos, portanto esta deve ser realimentada com novos taxemas e actemas que possam ser verificados na análise dos relatórios, porém os conceitos e a estrutura da taxinomia podem ser mantidos. Contudo as etapas de categorização do erro e a construção da tipologia de cenários seriam feitas especificamente para cada um dos casos.

Um aspecto importante a ser considerado é o tempo. Ou seja, a duração média de cada ação (actema) e das tarefas compostas (manobras). Na análise dos relatórios utilizados 16 de 21 relatórios apresentavam informação sobre horário da execução das ações. A duração das manobras divergiu muito entre subestações por se tratar de equipamentos diferentes, além da configuração da instalação variar (distância entre painéis, equipamentos diferentes). Porém as manobras tratadas (normalização e liberação) são na maioria das vezes programadas com antecedência de forma que existe uma flexibilidade no tempo para sua execução. Contudo, o fator tempo ainda é importante, tanto para a construção do simulador, como para a concepção de interfaces (utilizando MCIE).

Por ser um estudo de caso, o modelo se restringe ao contexto e local específicos da pesquisa. Na CHESF, além do setor da Operação que foi tratado neste trabalho, existem outros setores como: Testes e Manutenção. Para esses casos, a ontologia não pode ser reutilizada, pois se trata de objetos, ferramentas, tarefas, perfil de operadores e regime de trabalho diferentes.

6.2 Propostas de Continuidade

Apresenta-se nesta seção propostas para continuidade deste trabalho, algumas das quais já em andamento como parte da pesquisa do GIHM.

- **Inserção do fator tempo no MCCA:** trata-se de extrair a informação sobre a duração das ações, de forma a considerar esse fator na representação do actema. Dessa forma o tempo médio de realização de uma tarefa completa poderá ser estimado. Esse tempo é necessário tanto para a simulação, quanto para que seja considerado na concepção de interfaces (na modelagem da tarefa).
- **Integração do MCCA no MCIE:** a utilização dos resultados no processo de concepção da interface foi discutida, contudo a integração do modelo através de um processo deve ser formalizada.
- **Construção de um simulador de acidentes**
 - A construção do simulador implica na tradução do Modelo Cognitivo (KOD) para um modelo informático. Esse estudo já vem sendo realizado pelo GIHM em colaboração com o LSIS (Marseille) e resultou no processo (Santoni et al., 2005; Mercantini et al., 2005) de passagem do modelo KOD para o DEVS (Zeigler, 1984).
 - Elaboração do Protocolo Experimental
- **Cenários – Modelos de Tarefas:** Estudar a possibilidade de substituição da representação dos cenários no MCCA, que estão sob a forma de actinomas, por um formalismo para a modelagem da tarefa. O objetivo é facilitar a integração no MCIE.

- **Aplicação do processo apresentado a outro contexto**
- **Verificação da validade do MCCA-CHESF para outras empresas de distribuição e transmissão de energia elétrica**

6.3 Considerações Finais

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou conhecer melhor o universo de trabalho dos operadores de uma subestação de uma indústria de distribuição e transmissão de energia elétrica. Operar uma subestação exige do operador atenção, concentração e objetividade na interpretação dos dados que resulte na execução correta de suas ações. Enfim, a situação é de constante estresse, tornando o operador ainda mais susceptível ao erro, pois este conhece os riscos e suas conseqüências. Conhecer o operador, suas tarefas e as circunstâncias nas quais trabalha, permitiu identificar fatores (relacionados à sua interação com o sistema) que tem sido as causas de acidentes. Fala-se de erros na execução das tarefas, erros que independem de experiência e treinamento do operador. Se a situação propiciar e permitir o erro, em algum momento ele errará.

Segundo Amalberti (1996), “o erro deve ser reconsiderado como uma das capacidades cognitivas do operador, como um sintoma entre todos os outros do funcionamento cognitivo humano”. Nesse sentido vários estudos sobre erros e acidentes têm sido feitos (como visto no Capítulo 3), porém, a maioria dessas pesquisas centra-se na geração de recomendações, de medidas preventivas ou formas de recuperação do erro. Este trabalho, por outro lado, contribui na área da modelagem de acidentes a partir de dados obtidos do contexto real de trabalho, com o objetivo de utilizá-los em um método de concepção de interfaces mais ergonômicas que previnam, diminuam e eliminem os erros do operador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (Ahmed et al., 2003) AHMED, W.B., BIGAND, M., MEKHILEF, M., PAGE, Y. *MRC: un Modèle de Représentation des Connaissances en Accidentologie*. Conférence de Ingénierie des Connaissances da AFIA – IC 2003, 2003.
- (Ahmed et al., 2005) AHMED, W.B., BIGAND, M., MEKHILEF, M., PAGE, Y. *A Communication Tool Between Designers and Accidentologists for the Development of Safety Systems*. 2nd Workshop on Complexity in Design and Engineering. Editor Chris Johnson. GIST Technical Report G2005-1, Scotland, 2005.
- (Alves, 2004) ALVES J. A. N. *Modelagem da Interface Homem-Máquina de uma Subestação Elétrica*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - COPELE, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, setembro de 2004.
- (Amalberti, 1996) AMALBERTI, R. *La conduite de systèmes à risques*. Collection Le Travail Humain, Presses Universitaire de France.
- (Amalberti, 2001) AMALBERTI, R. *The paradoxes of almost totally safe transportation systems*. Safety Science n° 37, p.109-126, 2001.
- (Aussenac, 1989) AUSSENAC, N. *Conception d'une méthodologie et d'un outil d'acquisition de connaissances expertes*. Thèse de l'université Paul Sabatier de Toulouse, 1989.
- (Avizienis et al., 2004), AVIZIENIS, A., LAPRIE, J.-C., RANDELL, B. and LANDWEHR, C. *Basic Concepts and Taxonomy of Dependable and Secure Computing*. IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing, Vol. 1, No. 1, pp 11-33, 2004

- (Baumont et al., 2002) BAUMONT, G. MATAHRI, N., HOLBE, C. *Modèle d'analyse des incidents RECUPERARE intégrant les facteurs techniques, humains et organisationnels*. Rapport Scientifique et Technique, 2002.
- (Bellet & Veste, 1999) BELLET, T. VESTE, H. T., *A Framework for Representing Driving Knowledge*. International Journal of Cognitive Ergonomics, Volume 3, Number , ISSN 1088-6362, 1999
- (Boy, 2003) BOY, G. A. *L'ingénierie Cognitive : IHM et Cognition*, Hermès, France, 2003.
- (Brenac & Fleury, 1998) BRENAC, T., FLEURY, D. *Le concept de scénario type d'accident de la circulation et ses applications*. In revue Recherche Transport Sécurité N°63, Editions Elsevier, pp. 63-74, juin 1999
- (Cellier, 1990) CELLIER J.M. *L'erreur humaine dans le travail*. In: LEPLAT, Jaques, DE TERSSAC, Gilbert. Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes. Avec la collaboration de: J.M. Cellier, M. Neboit, A. Oudiz. Marseille: Octares, 1990. ISBN 2- 906-769-03-7.
- (CHESF, 2001) RFO-SLOL-001/2001. Relatório de Análise do Desempenho Humano na Operação em Tempo Real. Falha Operacional. *Fechamento Indevido do Religador 21Y3 SE ANGELIM*, Diretoria da Operação CHESF, 2001.
- (CHESF, 2002) NO-OC.01.05. Norma de Operação. *Análise do Desempenho Humano na Operação em Tempo Real*, CHESF, 2002.
- (CHESF, 2003) Relatório de Acompanhamento de Falhas Humanas, CHESF 2003.
- (CHESF, 2004) Disponível em: <www.chesf.gov.br>. Acesso em: setembro de 2004.
- (Cléder, 2002) CLÉDER, C. *Planification didactique et construction de l'objectif d'une session de travail individualisée : modélisation des connaissances et du raisonnement mis en jeu*. Thèse de Doctorat de L'Université Blaise Pascal Clermont Ferrand II, 2002.
- (Clot, 2002) CLOT, Y. *Clinique du travail et psychopathologie du travail*. Cliniques méditerranéennes, n° 66, 2002.
- (Coutaz, 1990) COUTAZ, J. *Interfaces Homme-Ordinateur – Conception et Réalisation*, Bordas, Paris, 1990.

- (Cybis, 1996) CYBIS, W. A. *Ergonomia e Usabilidade de Software – Abordagem Ergonômica para IHC*. Florianópolis, 1996.
- (Di Giulio et al., 2001) DI GIULIO, A., TRUCCO, P., PEDRALI, M. *Analysis of an accident in a co-generation plant: cognitive and organizational issues involved*. ESREL 2001, Torino, Italy, 2001.
- (El Maimouni, 2004). EL MAIMOUNI, A. *Plan de travail et avancement du SIR*. Relatório Técnico de Estágio de Iniciação à Pesquisa. Intercâmbio LSIS / LIHM. 2004.
- (Furtado, 1997) FURTADO M. E. S. *Mise en oeuvre d'une méthode de conception d'interfaces adaptatives pour des systèmes de supervision à partir de spécifications conceptuelles*. PhD thesis, Doctorat de productique et Informatique à l'Université Aix Marseille III, France, 1997.
- (Gamboa, 1998) GAMBOA F. R. *Spécification et Implémentation d'ALACIE: Atelier Logiciel d'Aide à la Conception d'Interfaces Ergonomiques*, Thèse de Doctorat, Paris XI, octobre, 1998.
- (Ganascia, 1999) GANASCIA J. G. *Sécurité et Cognition*. Editions HERMES, 1999.
- (Go & Carroll, 2003) Go, K., CARROLL, J.M. *Scenario-Based Task Analysis*, in Dan Diaper and Neville Stanton (Eds.), *Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction*, 2003.
- (Groeneweg et al., 2003). GROENEWEG, J.; LANCIONI, G.E.; METAAL, N. *Tripod: managing organizational components of business upsets*. Safety and Reliability – Bedford & van Gelder (eds) Swets & Zeitlinger, Lisse, ISBN 90 5809 551 7, 2003.
- (Guerrero & Lula, 2002) GUERRERO C. V. S.; LULA, B. Jr.; *Model-Guided and Task-Based Approach to UI Design Centered in a Unified Interaction and Architectural Model* in: Proceedings of the 4th International Conference on Computer-Aided Design of User Interfaces, Dordrecht: Kluwer Academics Publisher, 2002. ISBN 1-4020-0634-8, p. 119-130, Valenciennes, may 2002.
- (Guerrero et al., 2004) GUERRERO C. V. S., TURNELL, M. F. Q. V., MERCANTINI, J. M., CHOURAQUI, E., VIEIRA F. A. Q., PEREIRA M. R. B. *Modelling Incident Scenarios to enrich User Interface Development* In: Human Error, Safety, and Systems Development ed.: Kluwer Acad. Publ., 2004.

- (Guillermain & Ferrer, 1999) GUILLERMAIN H., FERRER P. S. *Contribution à l'identification des risques facteurs humains dans la conduite des processus à haut niveau de sûreté de fonctionnement*. Sécurité et Cognition. Editions HERMES, 1999.
- (Hammouche, 1995) HAMMOUCHE H. *De la modélisation des tâches utilisateurs au prototype de l'interface homme-machine*. Thèse de Docteur, Université Paris VI, Décembre, 1995.
- (Hollanda, 1993) Hollanda, G. M., "*Normas e Terminologia na Área da Confiabilidade*". V Simpósio de Computadores Tolerantes a Falhas. São José dos Campos, SP. Brasil. Outubro de 1993.
- (Hollnagel, 1998) HOLLNAGEL, E. *Cognitive Reliability and Error Analysis Method: CREAM*. Oxford, UK: Elsevier Science, Inc. 1998. ISBN 0-08042-848-7.
- (ISO 9241-11, 1998) ISO 9241-11:1998 *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)* -- Part 11: Guidance on usability, 1998.
- (John & Kieras, 1996) JOHN, B., KIERAS, D. *Using GOMS for user interface design and evaluation: which technique?* ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 3, 287-319, 1996
- (Johnson et al., 1988) JOHNSON, P., JOHNSON, H., WADDINGTON R. and SHOULS A. *Task-Related Knowledge Structures: Analysis, Modelling and Application*, Queen Mary College, University of London 1988.
- (Johnson-Laird, 1980) Johnson-Laird, P. N. *Mental models in cognitive science*. Cognitive Science, 4, 71-115.
- (Keyser, 1990) KEYSER, V. *Fiabilité Humaine et la Gestion du temps dans les systèmes complexes*. Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes. Avec la collaboration de: J.M. Cellier, M. Neboit, A. Oudiz. Marseille: Octares, 1990.
- (Krivine & David, 1991) KRIVINE, J. P., DAVID, J.M. *L'Acquisition des Connaissances vue comme un Processus de Modélisation : Méthodes et Outils*. Intellectica, 12, N° spécial : Expertise et sciences cognitives, 101-137, 1991.
- (Laprie, 1995) LAPRIE, J.-C., *Guide de la sûreté de fonctionnement*, 324p., Cépaduès-Editions, Toulouse, 1995.

- (Lemos & Veríssimo, 1997) LEMOS, R. VERÍSSIMO, P. Confiança no Funcionamento : proposta para uma terminologia em português. INESC Technical Report (RT/48-89), 1997.
- (Lima, 2006) LIMA, A. T., *Extração do Contexto de Trabalho para a Concepção de Interfaces Ergonômicas*. Dissertação de Mestrado. Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, UFCG, Campina Grande, abril de 2006.
- (Mabrouk, 2004) MABROUK, H. H. *Retour d'expérience et facteur humain. Application à la sécurité des transports ferroviaires*. Transports et défis d'aujourd'hui, 39º Congres annuel de l 'AQTR, Canadá, 2004.
- (Markopoulos et al., 1992) MARKOPOULOS P., PYCOCK J., WILSON S., *ADEPT - A task based design environment*. Queen Mary and Westfield College, UK, 1992.
- (Medeiros et al., 2000) MEDEIROS, H., KAFURE, I. M e LULA, B. Jr., *TAOS: a Task-and Action Oriented Framework for User's Task Analysis in the Context of Human-Computer Interfaces*, Proceeding of SCCC 2000 – XX International Conference of the Chilean Computer Science Society, november 2000, Santiago, Chile, 2000.
- (Mercantini et al., 1999) MERCANTINI, J.M., CHOURAQUI, E., BELANGER, N. *Etude d'un système d'aide au diagnostic des accidents de la circulation routière*. In: Ingénierie des Connaissances 99, IC'99, Palaiseau, France, 1999.
- (Mercantini et al., 2003) MERCANTINI, J.M., LOSCHMANN, R., CHOURAQUI, E. *Modélisation et simulation d'un système à risques multiples suivant une approche cognitive*, in: Atelier Risque et Intelligence Artificielle - Plateforme AFIA. Laval, France, 2003.
- (Mercantini et al., 2005) MERCANTINI, J.M, SANTONI, Ch., TURNELL, M. F. Q. V., SCANDOLO, S., GUERRERO, C. V. S., *Elaboration of an incident scenario simulator to analyse the man-machine interaction during critical situations*, in: I3M-Conceptual Modeling and Simulation Conference, Edited by Fernando Barros, Agostino Bruzzone, Claudia Fryman, Norbert Giambiasi, n° ISBN : 2-9520712-2-5, pp. 217-222, Marseille, France. Octobre 2005.
- (Mori, 2002) MORI, G., PATERNÓ, F., SANTORO, C., *CTTE : Support for Developing and Analysing Task Models for Interactive System Design*. IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 28, No. 9, September 2002.

- (Nanard, 1990) NANARD, J., *La Manipulation Directe en Interface Homme-Machine*, Thèse d'état, Université des Sciences e Techniques du Languedoc, décembre, 1990.
- (Nigam, 2001) NIGAM, A., *Usabilidade de um Produto de Suporte para o Desenvolvimento de Aplicações de Banco de Dados*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, 2001.
- (Norman, 1983) NORMAN, D. *Some observations on mental models*. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental Models*, (pp. 7-14). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1983.
- (O'Leary, 2002) O'LEARY, M. *The British Airways human Factors reporting program*. *Reliability Engineering and System Safety* 75, 2002.
- (Preece et al., 2005) PREECE, J., ROGERS, Y., SHARP, H., *Design de Interação: Além da interação homem-computador*, Porto Alegre, Brasil: Bookman. 2005.
- (Queiroz & Turnell, 1998) QUEIROZ J. E. R., TURNELL, M. F. Q. V., *Evaluating the Quality of Human-Computer Interfaces According to Specific Contexts*. In: *International Conference on Systems, Man and Cybernetics – SMC'98, 1998*. Proceedings, Hyatt la Jolaa, san Diego, CA, October 11-14, 1998, pp 1296-1301.
- (Queiroz et al. 2005) QUEIROZ, J. E. R. de; OLIVEIRA, R. C. L. de & TURNELL, M. F. Q. V. (2005) *WebQuest: A Configurable Web Tool to Prospect the User Profile and User Subjective Satisfaction*. In: *HCI 2005 - 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. Las Vegas, Nevada - USA. 22-27 July, 2005. In press.
- (Queiroz, 2001) QUEIROZ J. E. R. *Abordagem Híbrida para a Avaliação da usabilidade de Interfaces com o Usuário*, Tese (Doutorado) Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, COPELE-DEE, UFPB, Campina Grande, 2001.
- (Rasmussen, 1988) RASMUSSEN, J. *Human factors in the high-risk systems*. *Human Factors and Power Plants, 1988.*, Conference Record for 1988, Page(s):43 - 48 IEEE Fourth Conference on 5-9 June, 1988.
- (Santoni et al., 2005) SANTONI, C.; MERCANTINI J-M.; TURNELL, M. F. Q. V.; GUERRERO, C. V. S.; SCANDOLO S.; *Elaboration of a Critical Situation Simulator based on a cognitive approach*", in: *Augmented Cognition, HCI International 2005*, July 2005.

- (Scapin & Pierret, 1990) SCAPIN, D. L and PIERRET-GOLKBREICH, C., *Towards a Method for Task Description : MAD*," in Work with display units. Elsevier Science Publishers, North-Holland, 1990.
- (Scherer, 2006) SCHERER, D., *Proposta de construção de um modelo de comportamento do usuário para o método de concepção de interfaces MCIE*. Relatório de Projeto e Pesquisa II, Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, UFCG, Campina Grande, julho 2006.
- (Schreiber et al., 1994) SCHREIBER, G.; WIELINGA, B.; de HOOG, R.; AKKERMANS, H.; Van de VELDE, W.; *CommonKADS: a comprehensive methodology for KBS development*. In: Expert, IEEE [see also IEEE Intelligent Systems and Their Applications] Volume 9, Issue 6, Dec. 1994. Page(s):28 – 37
- (Shneiderman, 1998) SHNEIDERMAN, B. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Third Edition. ISBN 0-201-69497-2. 1998.
- (Shwamb, 1990) SHWAMB. K., *Mental Models: A survey*, Department of Information and Computers Science, University of California, novembre , 1990.
- (Sousa, 1999) SOUSA, M. R. F., *Avaliação Iterativa da Especificação de Interfaces com Ênfase na Navegação*. Tese (Doutorado) Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, COPELE-DEE, UFPB, Campina Grande, 1999.
- (Szekely, 1996) SZEKELY, P., *Retrospective and Challenges for ModelBased Interface Development*", Proc. of 3 rd Int. Workshop on Computer-Aided Design of User Interfaces CADUI'96, Namur, 5-7 June 1996.
- (Turnell et al., 2004) TURNELL, M. F. Q. V., MERCANTINI, J.M., GUERRERO, C.V.S., CHOURAQUI, E., VIEIRA F. A. Q., PEREIRA M. R. B. *Human Centred Modelling of Incident Scenarios* In: International Conference on Systems, Man and Cybernetics - The Hague - The Netherlands. Proceedings of IEEE SMC 2004, IEEE SMC 2004.
- (Turnell, 2004) TURNELL, M. F. Q. V. *Accounting for Human Errors in a Method for the Conception of User Interfaces* In: International Mediterranean Modeling MultiConference - I3M'04. Genova, Italy, 2004.
- (Van Elslande et al., 1997) VAN ELSLANDE P., ALBERTON. *Scénarios-Types de Production de L'Erreur Humaine dans l'Accident de la Route: Problématique et analyse qualitative*. Rapport INRETS n° 218, juin 1997.

- (Van Elslande et al., 1999) VAN ELSLANDE P., ALBERTON. *L'Accident de la Route : Chercher l' Erreur*. Sécurité et Cognition. Editions HERMES, 1999.
- (Van Elslande, 2001) VAN ELSLANDE, P. *Erreurs de conduite et besoin d'aide- une approche accidentologique*. ÉPIQUE 2001, Actes des Journées d'étude en Psychologie ergonomique, Nantes, IRCCyN, France, 29-30 Octobre 2001.
- (Vanderhaegen, 2003) VANDERHAEGEN, F. *Analyse et contrôle de l'erreur Humaine*, Lavoisier - Hermes Science publications. ISBN 2-7462-0722-2, Paris, 2003.
- (Vergara, 1997) VERGARA, W. H., *Análise da atividade: a extração de conhecimentos*, Psicologia Reflexão e Crítica. vol.10 n.1. Print ISSN 0102-7972, Porto Alegre 1997.
- (Vergara, 1999) VERGARA, W. H.. *Simulação Cognitiva da Tomada de Decisão em Situações Complexas: Modelagem do Raciocínio Humano por meio de Casos*. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.
- (Vicente & Rasmussen, 1992) VICENTE, K. J. , RASMUSSEN, J. *Ecological Interface Design: Theoretical Foundations*, IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, vol. 22, pp. 586-606, 1992.
- (Vogel, 1988) VOGEL, C. *Le génie cognitif*. Masson. 1988.
- (Zeigler, 1984), ZEIGLER, B. P., *Theory of Modelling and Simulation*. Krieger Publishing Co., Inc., 1984.
- (Zhang et al., 2000) ZHANG, J., PATEL, L. V., SHORTLIFFE, E. H., FREED, M., & REMINGTON, R. R., *The nature of human error: An emerging interdisciplinary perspective*. Proceedings of 2000 Cognitive Science Society Conference, 2000.

APÊNDICES

- A- Questionário - Corretude
- B- Questionário - Perfil do Usuário
- C- Quadro – Validação da Completude
- D- Taxinomia – Caso CHESF
- E- Conceitos – Caso CHESF
- F- Lista de Actemas – Caso CHESF
- G- Resultado – Validação da Corretude

Apêndice B : Questionário – Perfil do Usuário

1) INFORMAÇÕES PESSOAIS

1) Você é:

Canhoto (Esquerdo) Destro (Direito) Ambidestro (Tanto faz)

2) Você usa óculos ou lentes de contato?

Sim Não

3) Sua idade está entre:

25 e 35 anos 45 e 55
 35 e 45 anos acima de 55 anos

4) Sua formação é:

Engenheiro Segundo Grau
 Técnico Outra (terceiro grau)

5) Seu treinamento na operação de sistemas elétricos foi iniciado:

em Escola Técnica em trabalho anterior no trabalho atual

6. Você é :

Operador _____ Operador _____

B) INFORMAÇÕES PROFISSIONAIS

1) Há quanto tempo você trabalha nesta EMPRESA?

0 a 2 anos 2 a 5 anos
 5 a 15 anos há mais de 15 anos

2) Há quanto tempo você trabalha neste POSTO?

0 a 2 anos 2 a 5 anos
 5 a 15 anos há mais de 15 anos

3) Você já trabalhou em outra empresa do mesmo setor?

Sim Não

Se SIM, por quanto tempo?

0 a 2 anos 2 a 5 anos
 5 a 15 anos há mais de 15 anos

4) Você tem experiência com computadores? Se NÃO tem experiência vá para a questão 7

Sim Não

5) Há quanto tempo você usa computadores?

menos de 3 meses entre 3 meses e 1 ano mais de 1 ano

- 6) Com que frequência você usa computadores?
 diariamente uma vez por semana
 uma vez por mês raramente
7. Você é operador _____?
 Sim Não
8. Há quanto você é operador _____?
 de 0 a 2 anos de 2 a 5 anos
 de 5 a 15 anos há mais de 15 anos

Apêndice C : Quadro – Validação da Completude

Novos Actemas	Substituível	Insubstituível / A inserir	Prescindível	Imprescindível
Novos Taxemas	Substituível	Insubstituível / A Inserir	Prescindível	Imprescindível
Observações:				

Apêndice D : Taxinomia – Caso CHESF

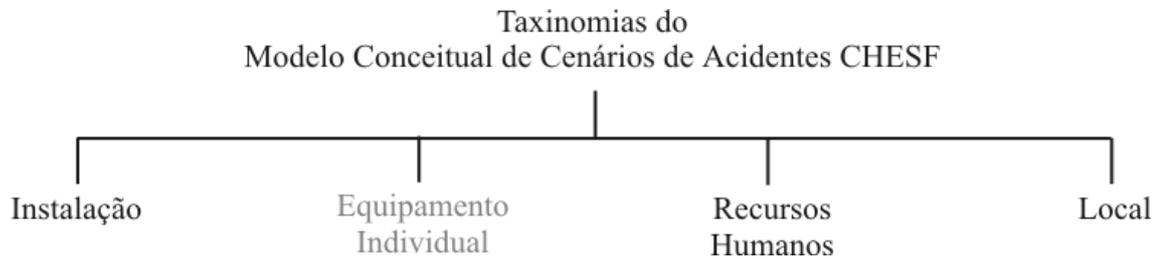


Figura 19: Taxinomias do Caso CHESF



Figura 20: Taxinomia 'Instalação' do Caso CHESF



Figura 21: Taxinomia 'Equipamentos e Linhas' do Caso CHESF

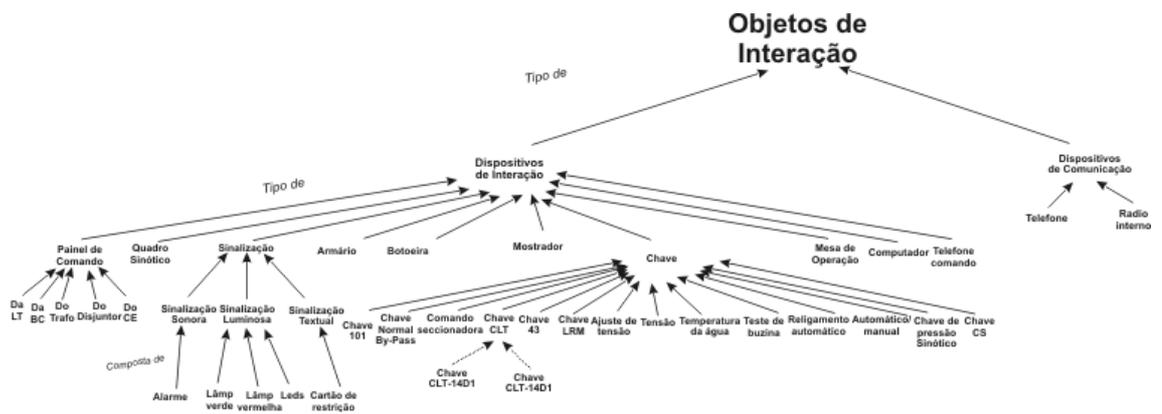


Figura 22: Taxinomia 'Objetos de Interação' do Caso CHESF



Figura 23: Taxinomia 'Documentos' do Caso CHESF

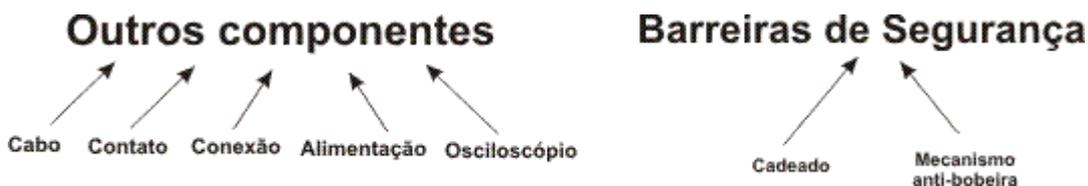


Figura 24: Taxinomia 'Outros Componentes' e 'Barreiras de Segurança' do Caso CHESF



Figura 25: Taxinomia 'Recursos Humanos' do Caso CHESF

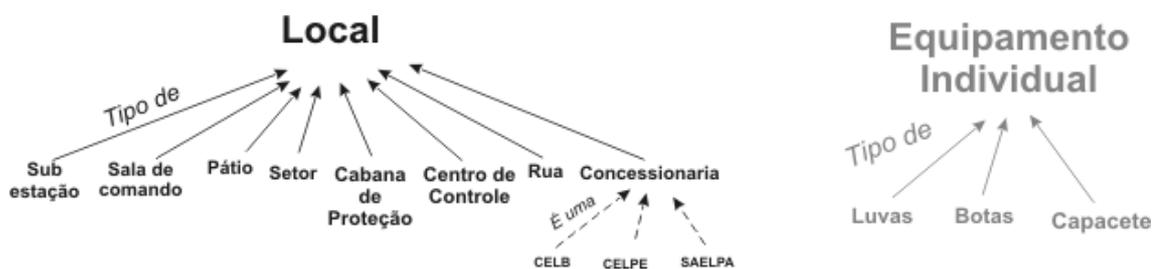


Figura 26: Taxinomia 'Local' e 'Equipamento individual' do Caso CHESF

Apêndice E : Conceitos – Caso CHESF

INSTALAÇÃO

elemento que faz parte da estrutura física utilizada para fins de transmissão e/ou distribuição de energia elétrica

Nome :

Referência: {Identificação}

EQUIPAMENTOS E LINHAS

Recurso tecnológico necessário à operação e/ou proteção de uma instalação elétrica

Localização: {Pátio}

Composto de: Lista de {conexões, alimentação}

Estado de corrente elétrica: {sobre corrente, sub corrente, ausência de corrente (desligado), corrente normal}

Estado da energia elétrica: {energizado, desenergizado, energizado em vazio}

Estado da tensão: {sub tensão ou falta de tensão, sobre tensão, tensão normal, variando}

Estado da carga: {sem carga, sobrecarga, carga normal}

Modo de falha: Lista de {ruptura de conexão; ruptura de alimentação, sobre corrente, sub corrente, ausência de corrente, energizado erroneamente, desenergizado erroneamente, energizado em vazio erroneamente, sub tensão, sobre tensão, variação de tensão, sem carga, sobrecarga}

LINHA DE TRANSMISSÃO

meio pelo qual é transportada a energia elétrica em níveis de tensão elevados

Composto de : {cadeia de isoladores, Trecho, conexão entre os trechos, terminal da LT, link}

Conectado à: {(cabo, Disjuntor), (cabo, Chave Fusível)}

BARRAMENTO

ponto de distribuição de energia, onde linhas de entrada, equipamentos e linhas de saída são conectadas

Composto de : {chassi}

Conectado à: {(cabo, Disjuntor), (cabo, Linha de Transmissão), (cabo, relé)}.

Modo de falha: {curto a terra}

BANCO DE TRANSFORMADORES

conjunto de transformadores que compõe uma instalação. Podem ser transformadores de tensões diferentes, ou de mesma tensão funcionando em paralelo, fazendo o papel de um único

Composto de : {transformador_1, transformador_2, ..., transformador_n}

Modo de falha: {modo de falha de Transformador}

LINHA DE DISTRIBUIÇÃO

Diz-se da linha urbana, que faz a distribuição da energia ao consumidor final

Composto de : {trechos, cadeia de isoladores, conexão entre os trechos}

Conectado à: {(cabo, Disjuntor), (cabo, Chave Fusível)}

CIRCUITO (ANEL)

Conjunto de corpos ou de meios no qual pode haver corrente ou conjunto de componentes da instalação alimentados a partir de uma mesma origem e protegidos contra sobrecorrentes pelos mesmos dispositivos de proteção.

Composto de : {Equipamento_1, Equipamento_2, ...Equipamento_n}

Modo de falha: {modo de falha de Equipamento}

TRECHO

Segmento da linha de transmissão ou distribuição, tem início e fim na mesma linha. São isolados através de seccionadoras em casos de falhas, para facilitar o reparo e manutenção

Conectado à: {(cabo, Chave Seccionadora), (cabo, Chave Fusível)}

PÁRA-RAIOS

Atuam como limitadores de tensão, impedindo que valores acima de um determinado nível pré-estabelecido possam alcançar os equipamentos para os quais fornecem proteção. (Normalmente para descargas atmosféricas)

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL

Transforma a tensão (reduzindo, aumentando) de linhas de transmissão e barramentos.

Pode também isolar a tensão

Composto de : {Lado 230 Kv, lado 69 Kv}

Conectado á: {(cabo, LT), (cabo, Barramento), (cabo, Chave), (cabo, Alarme)}

Localização: {cabana de proteção}

Modo de falha: {transformador queimado, transformador com defeito, sobrecarga, desligar um dos lados}

TRANSFORMADOR DE CORRENTE

Equipamento que reduz a corrente para valores acessíveis à medição e proteção

Conectado à: {(cabo, chave), (cabo, alarme), (cabo, disjuntor)}

Localização: {cabana de proteção}

Modo de falha: {transformador queimado, transformador com defeito}

BOBINAS DE BLOQUEIO

Equipamento que permite a utilização de LT's na telecomunicação.

Está cada vez menos usada devido à fibra óptica

DISJUNTOR

equipamento que corta automaticamente a corrente quando o valor que o atravessa ultrapassa um determinado valor em um determinado intervalo de tempo, isolando assim os circuitos.

Funciona como proteção de circuitos e instalações.

Composto de : {gás SF6, óleo, mecanismo hidráulico, colunas em porcelana, motor do compressor de ar}

Conectado á: {(cabo, armário), (cabo, painel de comando) (cabo, lâmpada vermelha), (cabo, lâmpada verde), (cabo, botoeira de abertura), (cabo, botoeira de fechamento), (cabo, chave 101), (cabo, transformador), (cabo, alarme de falha), (cabo, linha de transmissão), (cabo, relé)}

Estado de Posição: {aberto, fechado}

Estado de Operação: {isolado, normalizado}

Estado de Pressão de gás: {normal, baixa, alta}

Estado de Nível de óleo: {normal, alto, baixo}

Modo de falha: {sempre aberto, sempre fechado, aberto erroneamente, fechado erroneamente, isolado erroneamente, normalizado erroneamente, pressão de gás baixa, nível de óleo baixo, no motor de compressão de ar, recusa nos comandos de fechamento remoto e local}

RELIGADOR

Dispositivo de proteção que religa a instalação ou um equipamento quando há uma falta. Atualmente é ligado a um disjuntor e anteriormente era atrelado a um disjuntor tendo um dispositivo de religamento (programado)

Composto de: {programação}

Estado de posição: {aberto, fechado}

Conectado à: {Linha de Transmissão, Transformador, Chave 101}

Modo de falha: {programação errada, sempre aberto, sempre fechado; aberto erroneamente, fechado erroneamente}

CHAVE SECCIONADORA

equipamento que serve para isolar LT's, outros equipamentos e circuitos

Composto de: {manivela, haste de ferro, contatos fixos, pulos dos contatos fixos, chassi, isoladores}

Estado de Posição: {aberta, fechada}

Conectada à: {(cabo, transformador), (cabo, disjuntor), (cabo, armário)}

Modo de falha: {sempre aberta, sempre fechada, aberta erroneamente, fechada erroneamente, desregulada, manivela travada, manivela quebrada, defeito micro switch do armário, ponto quente, isoladores trincados na base de sustentação dos cabos auxiliares}

RELÉ

dispositivo que bloqueia a atuação do disjuntor ou outro equipamento

Composto de: {bandeiriola, tap}

Estado de operação: {atuando, não atuando}

Conectado à: {Equipamentos e Linhas}

Modo de falha: {não atuar em sobrecorrente, retardo na atuação, retardo na normalização}

Função: {esquema de alívio de carga; esquema de proteção, esquema de subtensão, proteção sobretensão}

CHAVE FUSÍVEL

Dispositivo que quando a corrente é alta, ele se abre de modo permanente, ou seja, queima-se

Composto de: {fase vermelha}

Conectado à: {Linhas de Transmissão, Transformador}

Modo de falha: {queimada, não romper}

CHAVE TERRA

equipamento que objetiva a proteção ao homem (operador) durante manobras de operação e manutenção

BANCO DE CAPACITORES

equipamento que tem a função de corrigir o fator de potência, ou seja, compensar reativos (diminuir)

REATORES

equipamento que tem a função de corrigir o fator de potência, ou seja, compensar reativos (aumentar)

Conectado à: {disjuntor}

COMPENSADOR SÍNCRONO

equipamento utilizado para corrigir o fator de potência produzindo potência reativa ou capacitiva através da velocidade de rotação do eixo de motor

COMPENSADOR ESTÁTICO

equipamento utilizado para corrigir o fator de potência produzindo potência reativa ou capacitiva através de uma seqüência determinada de abertura e fechamento de chaves (tiristores).

Composto de : {regulação autônoma; regulação comandada}

SERVIÇOS AUXILIARES

Composto de: {Equipamentos e Linhas, Grupo Gerador de Emergência, Retificador, Banco de Baterias}
Modo de falha: {Falha de Equipamentos e Linhas}

RETIFICADOR

Transdutor de energia elétrica que converte corrente alternada para corrente contínua

Conectado á:

Modo de falha:

BANCO DE BATERIAS

Conjunto de baterias interligadas de modo a funcionar como uma unidade.

Composto de: {bateria}

Modo de falha:

OBJETO DE INTERAÇÃO

Elemento manipulado pelo operador para execução das tarefas

Composto de: {conexão, alimentação}

Modo de falha: {ruptura de conexão; ruptura de alimentação}

DISPOSITIVO DE INTERAÇÃO

Elemento utilizado para agir com o sistema

PAINEL DE COMANDO

dispositivo para monitoração e controle de Equipamentos ou dispositivos na sala de comando

Composto de :{mostrador de corrente, Chave CLT, Chave 101 do Disjuntor, Quadro Anunciador}

Conectado à: {(cabo, Disjuntor)}

Localização: {Sala de comando}

PAINEL DE COMANDO DE LINHA DE TRANSMISSÃO

dispositivo para monitoração e controle da Linha de Transmissão

Composto de :{mostrador de potência ativa, mostrador de potência reativa, mostrador de tensão, Quadro Sinótico, chaves de pressão do sinótico, chave seletora de tensão, botoeira de *reset*, Botoeira de supervisão, Chave 43, Chaves de comando de seccionadora, mecanismo anti-bobeira}

Conectado à: {(cabo, Linha de Transmissão), (cabo, Chave Seccionadora), (cabo, Banco de Capacitor)}

PAINEL DE COMANDO DE DISJUNTOR

dispositivo para monitoração e controle do Disjuntor

Composto de :{Quadro Sinótico, chaves de pressão do sinótico, sinalização luminosa, sinalização sonora, botoeira de *reset*, Botoeira de supervisão, Chave 43, Chaves de comando de seccionadora, mecanismo anti-bobeira}

Conectado à: {(cabo, Chave Seccionadora), (cabo, Banco de Capacitor), (cabo, Linha de Transmissão)}

PAINEL DE COMANDO DE TRANSFORMADOR

dispositivo para monitoração e controle do Transformador

Composto de :{mostrador potência ativa, mostrador de potência reativa, Chave seletora de corrente}

Conectado à: {(cabo, Transformador)}

PAINEL DE COMANDO DE BANCO DE CAPACITORES

dispositivo para monitoração e controle do Banco de Capacitores

Composto de : {Chave para visualização de estado da seccionadora, Botoeira de desbloqueio de disjuntor, Botoeira de sinalização e desligamento de alarme e falta CC, Botoeira de descarregamento de banco de capacitores, Quadro Sinótico, chaves de pressão do sinótico, sinalização luminosa, sinalização sonora, mostrador de potência reativa}

Conectado à: {(cabo, Banco de Capacitores), (cabo, Chave Seccionadora)}

PAINEL DE COMANDO DE COMPENSADOR ESTÁTICO

dispositivo para monitoração e controle do Compensador Estático

Composto de : {Chave para visualização de estado da seccionadora, Botoeira de desbloqueio de disjuntor, Botoeira de sinalização e desligamento de alarme e falta CC, Botoeira de descarregamento de banco de capacitores, Quadro Sinótico, chaves de pressão do sinótico, sinalização luminosa, sinalização sonora, mostrador de potência reativa}

Conectado à: {(cabo, Banco de Capacitores), (cabo, Chave Seccionadora)}

QUADRO SINÓTICO ou QUADRO ANUNCIADOR

Dispositivo utilizado para visualização de sinalizações dos Equipamentos

Composto de : {Sinalização, Botoeira, Chave de Pressão, Mostrador, Alarme Sonoro, Bandeirola}

Conectado á: {(cabo, Painel de Comando)}

Localização: {Sala de Comando}

SINALIZAÇÃO

Dispositivo que indica ao operador alguma mudança no estado dos Equipamentos ou dispositivos

SINALIZAÇÃO SONORA

Som que indica algum evento

Composto de : {alarme}

Conectado à: {(cabo, Quadro sinótico), (cabo, Painel de Comando)}

Localização: {Sala de Comando}

Modo de falha: {alarme que não funciona, alarme falso}

SINALIZAÇÃO LUMINOSA

lâmpadas e leds que indicam o estado dos Equipamentos ou dispositivos ou alguma mudança neles

Composto de : {lâmpada vermelha, lâmpada verde, lâmpada amarela, leds}

Conectado à: {(cabo, Quadro sinótico), (cabo, Painel de Comando), (cabo, Armário)}

Localização: {Sala de Comando, Pátio}

Modo de falha: {lâmpada queimada, lâmpada sempre acesa, lâmpada sempre apagada, led sempre aceso, led sempre apagado, led queimado}

SINALIZAÇÃO TEXTUAL

Indicação através de texto, a mudança de algum evento

CARTÃO DE RESTRIÇÃO

papel colocado ao lado dos dispositivos que apresentam problemas ou precisam de manutenção.

Nele constam dados do problema

Composto de: {dados de problemas, informações de manutenção}

Conectado à:

Localização: {Sala de Comando, Pátio}

Modo de falha: {texto mal redigido, texto não compreensível, texto }

ARMÁRIO

Dispositivo para controle local (pátio) dos equipamentos.

Composto de : {porta, Botoeira, Chave seletora LRM, Chave 43, Botoeira de reset, *micro-switch*, Sinalização Luminosa}

Conectado à : {(cabo, Transformador), (cabo, Religador), (cabo, Disjuntor), (cabo, Chave Seccionadora)}

Localização: {Pátio}

Modo de falha: {porta quebrada, defeito *micro-switch*}

BOTOEIRA

Dispositivo para atuação através da pressão sobre um êmbolo móvel que após a interação volta à posição inicial

Composto de: {embolo móvel, contato}

Estado de posição : {pressionado, não pressionado}

Conectado à : {(cabo, Sinalização Luminosa)}

Localização: {Sala de Comando (no Pannel de Comando, no Quadro Sinótico), Pátio (no armário)}

Localização: {êmbolo móvel danificado, falha no contato}

MOSTRADOR

Dispositivo utilizado para visualização de dados do sistema

Conectado à : {(cabo, Equipamento), (cabo, Chave Seletora)}

Localização: {Sala de Comando (no Pannel de Comando)}.

CHAVES

Dispositivo utilizado para comandar Equipamentos e outros dispositivos

Composto de : {contato, maçaneta}

Modo de falha: {falha no contato}

CHAVE 101

chave de comando de disjuntores e religadores

Composto de : {punho, maçaneta, lâmpada vermelha, lâmpada verde}

Estado de posição : {aberta, fechada}

Conectado à : {(cabo, Disjuntor), (cabo, Religador), (cabo, Pannel de Comando)}

Localização: {Sala de Comando (no Pannel de comando)}

Modo de falha: {punho quebrado, lâmpada verde queimada, lâmpada vermelha queimada, lâmpada verde sempre acesa, lâmpada vermelha sempre acesa}

CHAVE NORMAL BY PASS

Chave de duas posições utilizada para retirar um equipamento, de forma que ele não intervenha no sistema.

Composto de : {maçaneta}

Estado de posição: {normal, by pass, controle}

Conectada à: {(cabo, Seccionadora)}

Localização: {Pátio, Sala de comando, CROL}

Modo de falha: {maçaneta quebrada}

CHAVE COMANDO SECCIONADORA

chave de comando de disjuntores e religadores

Composto de : {maçaneta, Sinalização Luminosa}

Estado de posição : {aberta, fechada}

Conectado à: {(cabo, Chave Seccionadora)}

Localização: {Sala de Comando (no Pannel de comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada, modo de falha Sinalização Luminosa}

CHAVE CLT ou LOC TEL

Chave de duas posições que serve para mudar o comando do equipamento.

Composto de : {maçaneta}

Estado de posição: {telecomando (CROL), local (subestação)}

Conectado à: {(cabo, Disjuntor), (cabo, Linha de Transmissão), (cabo, Transformador), (cabo, Banco de Capacitores)}

Localização: {Pátio, Sala de Comando, CROL, sobre painel de comando}

Modo de falha: {maçaneta quebrada}

CHAVE 43

Chave com função de transferência de proteção do Disjuntor.

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {posição normal (N), posição em transferência (ET), posição transferido (T)}

Conectado à: {(cabo, Disjuntor), (cabo, Linha de Transmissão), (cabo, relé)}

Localização: {Sala de Comando (no Painel de Comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada}

CHAVE LRM

Chave com função de transferência de comando.

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {(L) Local (no pátio, no armário, ou equipamento), posição (R) Remoto (na sala de comando), posição (M) Manutenção (ninguém pode comandar, travado, protegido)}.

Conectado à: {(cabo, Equipamento)}

Localização: {Pátio, Sala de Comando, CROL}

Modo de falha: {maçaneta quebrada}

CHAVE DE AJUSTE DE TENSÃO

Chave com função aumentar ou diminuir a tensão de referência.

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {aumentando, repouso, diminuindo}

Conectado à: {(cabo, Painel de Comando do Compensador Estático)}

Localização: {Sala de Comando (no Painel de Comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada, não aumenta, não diminui}

CHAVE SELETORA DE TENSÃO

Chave com função de selecionar a tensão associada ao mostrador.

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {tensão x, tensão y, tensão z, nenhuma tensão}

Conectado à: {(cabo, Painel de Comando do Compensador Estático, (cabo, Linha de Transmissão), (cabo, Transformador)}

Localização: {Sala de Comando (no Painel de Comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada, não seleciona}

CHAVE SELETORA DE TEMPERATURA

Chave com função de selecionar a temperatura d'água

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {tensão x, tensão y, tensão z, nenhuma tensão}

Conectado à: {(cabo, Painel de Comando do Compensador Estático,

Localização: {Sala de Comando (no Painel de Comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada, não seleciona}

CHAVE DE TESTE DE BUZINA

Chave para selecionar o teste de buzina associada aos alarmes do Compensador Estático.

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {alarme 1, alarme 2, alarme 3}

Conectado à: {(cabo, Painel de Comando do Compensador Estático)}

Localização: {Sala de Comando (no Painel de Comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada, não seleciona}

CHAVE DE RELIGAMENTO AUTOMÁTICO

Chave utilizada para ativar e desativar o religamento automático da linha de transmissão.

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {0 (desativado), 1 (ativado)}

Conectado à: {(cabo, Linha de Transmissão)}

Localização: {Sala de Comando (no Painel de Comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada, não seleciona}

CHAVE SELETORA DE MANUAL / AUTOMÁTICO

Chave utilizada para selecionar o comando do painel de comando

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {M (manual), A (automático), D (desativado)}

Conectado à: {(cabo, Painel de Comando)}

Localização: {Sala de Comando (no Painel de Comando)}

Modo de falha: {maçaneta quebrada, não seleciona}

CHAVE DE PRESSÃO DO QUADRO SINÓTICO

Chave utilizada para selecionar o comando do painel de comando

Composto de: {botão}

Estado de posição: {pressionado, não pressionado}

Conectado à: {(cabo, Painel de Comando)}

Localização: {Sala de Comando (no Quadro Sinótico)}

Modo de falha: {botão quebrado, não muda o estado}

CHAVE CS

Chave utilizada para ativação e desativação de religamento automático

Composto de: {maçaneta}

Estado de posição: {fechada, aberta}

Conectado à: {(cabo, Disjuntor)}

Localização: { }

Modo de falha: {maçaneta quebrada}

MESA DE OPERAÇÃO

local onde se encontram dispositivos como telefone, rádio interno, computadores, manuais de operação, esquemas e demais documentos

Composto de : { gavetas, prateleiras }

Localização: { sala de comando, CROL }

Modo de falha: { mesa quebrada }

COMPUTADOR

dispositivos utilizado para controlar a subestação, através de software de supervisão e controle a subestação

Composto de : { Sistema SAGE, Campo zoom, Função telecomando }

Localização: { CROL, Sala de Comando (na mesa de operação) }

Modo de falha: { bloqueado, travado, tela inacessível }

TELEFONE COMANDO

Dispositivo utilizado para controle de certos dispositivos

Composto de: {linha}
Conectado à: {(linha, Telefone Ponto a Ponto)}
Localização: {Sala de comando, Centro de Controle}
Modo de falha: {problema na linha, telefone quebrado}

DISPOSITIVO DE COMUNICAÇÃO

Elemento utilizado pelos operadores para comunicação

TELEFONE PONTO A PONTO

aparelho de comunicação direta com o CROL ou entre instalações

Composto de: {linha}
Conectado à: {(linha, Telefone Ponto a Ponto)}
Localização: {Sala de comando, Centro de Controle}
Modo de falha: {problema na linha, telefone quebrado}

RÁDIO INTERNO

aparelho utilizado para comunicação interna na subestação

Composto de: {bateria}
Conectado à: {Rádio Interno}
Localização: {Sala de comando, Pátio}
Modo de falha: {bateria sem carga, interferência, rádio quebrado}

DOCUMENTOS

documentos utilizados como ajuda pelo operador durante a operação e manutenção

Modo de falha: {texto não legível, texto não compreensível, texto não atualizado, texto não detalhado, texto mal escrito}

MANUAL DE OPERAÇÃO

documentos com todos os procedimentos a serem realizados pelo operador durante cada manobra

Composto de : {Roteiros de Manobra}
Localização: {Sala do Comando (sobre a mesa de operação)}

ROTEIRO DE MANOBRAS - RTM

Lista de tarefas pré-definidas que contém a descrição da manobra a ser executada

Localização: {Sala do Comando (sobre a mesa de operação)}
Composto de: {itens, número de edição, número de versão}

PGM (PROGRAMA DE MANOBRAS)

Documento que contém a programação e preparação das manobras que devem ser executadas conforme o problema tratado. A manobra normatizada pode ser alterada.

Composto de : {itens}

PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Documento que contém a programação da manutenção.

Composto de : {itens}

DESENHOS

esquemas gráficos do sistema elétrico / diagrama unifilar da instalação

Modo de falha: {desenho não legível, desenho não compreensível, desenho não atualizado, desenho não detalhado}

<p>NORMA – INSTRUÇÃO NORMATIVA</p> <p><u>Norma para codificação Operacional de Equipamentos e Linhas e Representação de Diagrama Unifilar</u></p>
<p>ORDEM DE SERVIÇO</p> <p><u>Ordem de solicitação de serviços, utilizado pelo Centro de Controle</u></p>
<p>SOLICITAÇÃO DE MANUTENÇÃO</p> <p><u>Solicitação de manutenção por escrito e assinada pelo operador e por quem recebe o equipamento</u></p> <p>Composto de : { assinatura do operador que emite, assinatura do operador que recebe }</p> <p>Relacionada á: { equipamentos e dispositivos que necessitam de manutenção }</p> <p>Localização: { Sala de Comando (sobre os Equipamentos, sobre os dispositivos) Pátio (sobre armário e dispositivos) }.</p>
<p>SOLICITAÇÃO DE INTERVENÇÃO (SI)</p> <p><u>Solicitação de intervenção por escrito e assinada pelo operador e por quem recebe o equipamento</u></p> <p>Localização: sobre equipamento</p>
<p>CHECK-LIST</p> <p><u>Itens a serem verificados durante a manobra</u></p> <p>Composto de : { itens, registros do operador }</p>
<p>PROCESSO DE INTERVENÇÃO (PI)</p> <p><u>Documento onde consta toda a intervenção a ser realizada, analisada e com registros do operador</u></p> <p>Composto de: { itens, registros do operador }</p>
<p>CARTÃO DE SINALIZAÇÃO</p> <p><u>Documento utilizado para sinalizar serviços em equipamentos</u></p>
<p>AUTORIZAÇÃO DE INTERVENÇÃO</p> <p><u>Localização: sobre equipamento</u></p>
<p>OUTROS COMPONENTES</p> <p>Conectado à: { Equipamento, Objeto de Interação }</p> <p>Localização: { Sala de Comando, Pátio }</p>
<p>CABO</p> <p><u>destina-se a transportar energia elétrica ou a transmitir sinais elétricos</u></p> <p>Modo de falha: { ruptura }</p>
<p>CONTATO</p> <p><u>Interface de duas superfícies condutoras que se tocam.</u></p> <p>Estado de posição: { aberto, fechado }</p> <p>Modo de falha: { estado de posição sempre aberto, estado de posição sempre fechado }</p>
<p>CONEXÃO</p> <p><u>Dispositivo que liga fisicamente, ou que serve como passagem ou comunicação</u></p> <p>Estado: { conectado, não conectado }</p> <p>Modo de falha: { ruptura de conexão }</p>

ALIMENTAÇÃO

Fonte de força eletromotriz que fornece corrente a um circuito.

Estado: { com alimentação, sem alimentação }

Modo de falha: { ruptura na alimentação }

OSCIOSCÓPIO

dispositivo que registra ações ou variações de parâmetros no sistema

Estado: { com alimentação, sem alimentação }

Modo de falha: { ruptura na alimentação }

BARREIRA DE SEGURANÇA

Obstáculo que protege o sistema contra efeitos indesejáveis

Localização: { sobre Equipamentos e Linhas, sobre Objetos de Interação }

Modo de falha: { ausência }

CADEADO

Dispositivo utilizado para bloquear portas de armários.

Composto de: { chave do cadeado }

Estado: { aberto, fechado }

Modo de falha: { ausência, sempre aberto }

MECANISMO ANTI-BOBEIRA

Dispositivo que fica sobre chaves, impedindo seu acionamento por equívoco, acidente.

Composto de: { imã, copo }

Estado: { aberto, fechado }

Modo de falha: { ausência }

RECURSOS HUMANOS

Equipes e pessoas que trabalham em uma subestação com diferentes objetivos

Nome :

Referência: { Identificação }

EQUIPE

Grupo de pessoas que trabalham em uma subestação com um mesmo objetivo

Composto de : { operador, engenheiro, administrador }

Localização: { Instalação, Centro de Controle }

Objetivo: { operação e manobras, manutenção de linhas e equipamentos, proteção e testes, administração e gerência }

Modo de falha: { equipe mal organizada, membro da equipe ausente }

OPERADOR

Pessoa que trabalha na operação do sistema

Modo de falha: { equívoco, esquecimento, falta de observação, desatenção, ausência, stress }

OPERADOR DA SALA DE COMANDO

Pessoa encarregada de realizar tarefas na sala de comando

Localização: { Sala de comando }

Objetivo: { operação e manobras }

OPERADOR DO PÁTIO

Pessoa encarregada de realizar tarefas no pátio

Localização: {Pátio, Sala de Comando}

Objetivo: {operação e manobras}

OPERADOR DO CENTRO DE CONTROLE

Pessoa encarregada de realizar tarefas a partir do Centro de Controle

Localização: {CROL}

Objetivo: {operação e manobras}

OPERADOR DE MANUTENÇÃO

Pessoa encarregada de realizar tarefas de manutenção

Localização: {Sala de Comando, Pátio}

Objetivo: {manutenção de linhas e equipamentos}

ENGENHEIRO

Pessoa encarregada do funcionamento relacionado ao aspecto técnico da Subestação

Localização: {Subestação, Sala de Comando, Pátio}

Objetivo: {gerência}

ADMINISTRADOR

Pessoa encarregada do funcionamento administrativo da Subestação

Localização: {Subestação, Sala de Comando, Pátio}

Objetivo: {administração}

LOCAL

Espaço físico envolvido na operação do sistema elétrico

Nome :

Referência: {Identificação}

SUBESTAÇÃO

Local onde se encontram operadores, equipamentos, dispositivos, etc

Composto de : {Sala de Comando, Pátio}

SALA DE COMANDO

Sala na qual são instalados as mesas e os painéis de comando de uma subestação.

PÁTIO

Local no qual são instalados os Equipamentos

Composto de : {Setor 13,8 KV, Setor 69 KV, Setor 138 KV, Setor 230 KV, Cabana de Proteção}

SETOR

Lugar no qual se localizam os equipamentos que operam em uma determinada tensão

CABANA DE PROTEÇÃO

Lugar no qual se localizam os Transformadores

CENTRO DE CONTROLE

Local do qual são controladas todas as subestações pertencentes a um Subsistema

RUA (EXTERNO)

Lugar onde se encontram as linhas de distribuição

CONCESSIONÁRIA

Agente titular de concessão / permissão federal para prestar o serviço público de energia elétrica

EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

Recurso utilizado pelas pessoas que trabalham em uma subestação com o objetivo de protegê-los individualmente durante determinadas manobras

Modo de falha: {ruptura, indisponível}

LUVAS

Peça de borracha ou plástico para cobrir a mão, protegendo-a de agressões

BOTAS

Calçado de cano mais longo.

CAPACETE

Armadura para a cabeça

Apêndice F : Lista de Actemas – Caso CHESF

ABRIR / FECHAR - CHAVE 101	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador]
Destinatário	[Chave 101-21Y3 ; Chave 101-21Y4 ; Chave 101-21Y5]
Estado 1 (destinatário) 1) contato 2) Lâmpada	1) [fechado ; aberto] 2) [vermelho, desligado ; verde]
Estado 2 (destinatário) 1) contato 2) Lâmpada	1) [fechado ; aberto] 2) [vermelho, desligado ; verde]
Instrumentos	[punho da Chave 101 ; mãos]

ABRIR / FECHAR - CHAVE SECCIONADORA	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do sistema ; operador do turno ; operador chefe de turno]
Destinatário	[32V2-5 ; 32V3-5, 34T2-5 ; 34T2-6]
Estado 1 (Destinatário) 1) contato 2) chave 3) lâmpada vermelha 4) lâmpada verde	1) [fechado, aberto] 2) [posição fechada, posição aberta] 3) [acesa, apagada] 4) [acesa, apagada]
Estado 2 (Destinatário) 1) contato 2) chave 3) lâmpada vermelha 4) lâmpada verde	1) [fechado, aberto] 2) [posição fechada, posição aberta] 3) [acesa, apagada] 4) [acesa, apagada]
Instrumentos	[Função telecomando; punho da chave ; mãos, comando elétrico]

ABRIR / FECHAR - CHAVE 86	
Componentes	Valores
Executor da ação	[técnico 1 ; técnico 2]
Destinatário	[chave 86-04T1 ; chave 86-04S9]
Estado 1 (destinatário) 1) contato	[fechado, aberto]
Estado 2 (destinatário) 1) contato	[fechado, aberto]
Instrumentos	[Mãos]

ABRIR / FECHAR – DISJUNTOR = DESARMAR / ARMAR DISJUNTOR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador; técnico 1 ; técnico 2 ; operador do turno, operador chefe de turno; responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do sistema]
Destinatário	[14E1; 12T1; 14T1; 14T2; 14D1; 13E1; 13L1; 13L2; 12J1; 12J2; 12D1; 13T1; 12T2; 13M2 ;14F1; 14F2; 14D1 ; 12V1 ; 12V2 ;12V3]
Estado 1 (destinatário) 1) contato	[fechado, aberto]
Estado 2 (destinatário) 1) contato	[fechado, aberto]
Instrumentos	[chave 86-04T1 ; chave 86-04S9; Chave local Botoeira local; função telecomando ; mãos]

ABRIR / FECHAR - RELIGADOR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do Pátio; terceiro operador]
Destinatário	[21Y4 ; 21Y5 ; 21Y3]
Estado 1 (destinatário) 1) contato 2) Lâmpada 3) Chave 101 4) Chave local	1) [fechado, aberto] 2) [vermelho, desligado, verde] 3) [posição fechado, posição aberto] 4) [posição fechado, posição aberto]
Estado 2 (destinatário) 1) contato 2) Lâmpada 3) Chave 101 4) Chave local	1) [fechado, aberto] 2) [vermelho, desligado, verde] 3) [posição fechado, posição aberto] 4) [posição fechado, posição aberto]
Instrumentos	[chave local ; punho da Chave 101; Chave local; mãos]

ABRIR / FECHAR – CHAVE FUSÍVEL	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador]
Destinatário	[Chave fusível]
Estado 1 (destinatário) 1) contato	1) [fechado, aberto]
Estado 2 (destinatário) 1) contato	1) [fechado, aberto]
Instrumentos	Haste da vara de manobra

ABRIR / FECHAR – ARMÁRIO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[armário do disjuntor 14F1 ; armário do disjuntor 14F2 ; armário do 14D1]
Estado 1 (destinatário) 1) porta	1) [fechado ; aberta]
Estado 2 (destinatário) 1) porta	1) [fechado ; aberta]
Instrumentos	Mãos

ABRIR / FECHAR - RELÉ	
Componentes	Valores
Executor da ação	[técnico 1 ; técnico 2]
Destinatário	[14T1 ; 12T1]
Estado 1 (destinatário) 1) contato	[fechado, aberto]
Estado 2 (destinatário) 1) contato	[fechado, aberto]
Instrumentos	[chave 86-04T1 ; chave 86-04S9]

ACIONAR – RELÉ, RELIGADOR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[relé do disjuntor 14E1]
Destinatário	[relé do disjuntor 14E1]
Estado 1 (destinatário) 1) contato	1) [ativo, não ativo]
Estado 2 (destinatário) 1) contato	1) [ativo, não ativo]
Instrumentos	

ACIONAR - BOTOEIRA	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[botoeira local]
Estado 1 (destinatário)	[ação não realizada]
Estado 2 (destinatário)	[ação realizada]
Instrumentos	[Mãos]

ACOPLAR / DESACOPLAR – BARRAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador da instalação]
Destinatário	[Barra]
Estado 1 (destinatário)	[Acoplada, Desacoplada]
Estado 2 (destinatário)	[Acoplada, Desacoplada]
Instrumentos	

AJUSTAR – TAP RELÉ	
Componentes	Valores
Executor da ação	Operador
Destinatário	[Tap do Relé]
Estado 1 (destinatário)	[tap ajustado]
Estado 2 (destinatário)	[tap não ajustado]
Instrumentos	

ATENDER - SOLICITAÇÃO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do sistema]
Destinatário	[CELPE]
Estado 1(Destinatário)	solicitação não atendida
Estado 2 (Destinatário)	solicitação atendida
Instrumentos	

ATIVAR – RELÉ, RELIGADOR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador]
Destinatário	[relé]
Estado 1 (destinatário) 1) contato	1) [ativo, não ativo]
Estado 2 (destinatário) 1) contato	1) [ativo, não ativo]
Instrumentos	Mão, dispositivo de interação

AUTORIZAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[CROL, operador]
Destinatário	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador]
Estado 1 (destinatário)	sem autorização (de transferência, de fechamento, de abertura, de normalização, de liberação)
Estado 2 (destinatário)	com autorização (de transferência, de fechamento, de abertura, de normalização, de liberação)
Instrumentos	telefone ponto a ponto; voz

BLOQUEAR / DESBLOQUEAR (EQUIPAMENTOS e LINHAS)	
Componentes	Valores
Executor da ação	[CROL, operador]
Destinatário	[Equipamentos e Linhas]
Estado 1 (destinatário)	Bloqueado; desbloqueado
Estado 2 (destinatário)	Bloqueado; desbloqueado
Instrumentos	

COMUTAR CHAVE = POSICIONAR = COLOCAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do turno; operador chefe de turno; responsável; componente da equipe, auxiliar]
Destinatário	
Estado 1 (destinatário) Posição (Chave CLT) Posição (Chave 43) Posição (Chave LRM) Posição (Chave Normal / By Pass) Posição (Chave 101)	[posição LOC; posição TEL] [posição ET; posição T, posição N] [posição L; posição R, posição M] [posição Normal; posição By Pass] [posição Aberta; posição Fechada ; posição Intermediária ou Repouso]
Estado 2 (destinatário) Posição (Chave CLT) Posição (Chave 43) Posição (Chave LRM) Posição (Chave Normal / By Pass) Posição (Chave 101)	[posição LOC; posição TEL] [posição ET; posição T, posição N] [posição L; posição R, posição M] [posição Normal; posição By Pass] [posição Aberta; posição Fechada ; posição Intermediária ou Repouso]
Instrumentos	[Mãos, punho, função telecomando]

COMUNICAR-SE	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável, componente da equipe, equipe, técnico 1; técnico 2, operador, operador chefe]
Destinatário	[responsável, componente da equipe, equipe, técnico 1; técnico 2, operador, operador chefe]
Estado 1 (destinatário)	Comunicação não feita
Estado 2 (destinatário)	Comunicação feita
Instrumentos	Rádio interno, telefone ponto a ponto, direta, voz

CORRIGIR – EQUÍVOCO / FALHA / PROBLEMA	
Componentes	Valores
Executor da ação	Operador
Destinatário	[equipamento, dispositivo, etc]
Estado 1(Destinatário)	equivoco / falha / problema não corrigido
Estado 2 (Destinatário)	equivoco / falha / problema não corrigido
Instrumentos	

CONSULTAR - DESENHO / RTM / PGM	
Componentes	Valores
Executor da ação	[técnico 1; técnico 2]
Destinatário	[desenho]
Estado 1 (destinatário)	Desenho não consultado
Estado 2 (destinatário)	Desenho consultado
Instrumentos	

COMEÇAR MANOBRAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	Operador da instalação
Destinatário	[02C2 ; 02C3]
Estado 1 (Destinatário)	manobra não começada
Estado 2 (Destinatário)	manobra começada
Instrumentos	

DESATIVAR – ESQUEMA DE SOBRETENSÃO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operado da instalação]
Destinatário	[Esquema de sobretensão associado LT 04V3]
Estado 1 (destinatário) 1) contato	1) [ativado]
Estado 2 (destinatário) 1) contato	1) [desativado]
Instrumentos	Mãos, dispositivo de interação

DESLIGAR / LIGAR = ISOLAR / NORMALIZAR - CIRCUITO ANEL) / DISJUTOR / ALARME	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do sistema]
Destinatário	[circuito]
Estado 1 (Destinatário) 1) contato	1) [fechado, aberto] [ligado, desligado]
Estado 2 (Destinatário) 1) contato	1) [fechado, aberto] [ligado, desligado]
Instrumentos	Função telecomando, chaves, mãos

DESLOCAR-SE	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno, técnico 1, técnico 2, operador da sala, operador do pátio]
Destinatário	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno, técnico 1, técnico 2, operador da sala, operador do pátio]
Estado 1 (destinatário) Lugar de saída	[pátio; armário do 14F1, armário do 14D1; sala de comando, cabana de proteção, no religador, na porta da sala de comando ; na mesa de operação]
Estado 2 (destinatário) Lugar de chegada	[pátio; armário do 14F1, armário do 14D1; sala de comando, cabana de proteção, no religador, na porta da sala de comando ; na mesa de operação]
Instrumentos	Pés

DIRECIONAR PROVIDÊNCIAS = TOMAR PROVIDÊNCIAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	CELPE
Destinatário	[02C2 ; 02C3]
Estado 1(Destinatário)	sem providências
Estado 2 (Destinatário)	com providências
Instrumentos	

ENERGIZAR / DEENERGIZAR - BARRA / LINHA / INTERVALO / DISJUNTOR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador ; barra (automático)]
Destinatário	[equipamento ; componente do sistema elétrico]
Estado 1 (destinatário) 1) disjuntor ; barra, intervalo, linhas de transmissão	[fechado ; aberto ; energizado ; desenergizado]
Estado 2 (destinatário) 1) disjuntor ; barra, intervalo, linhas de transmissão	[fechado ; aberto ; energizado ; desenergizado]
Instrumentos	[chaves ; função telecomando]

EFETUAR TESTES EM VAZIO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do sistema]
Destinatário	[12V1 ; 12V2 ; 12V3]
Estado 1(Destinatário)	Teste não efetuado
Estado 2 (Destinatário)	Teste efetuado
Instrumentos	função telecomando

ELABORAR PROGRAMAÇÃO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[SLOL]
Destinatário	[programação]
Estado 1 (destinatário)	programação não elaborada
Estado 2 (destinatário)	programação elaborada
Instrumentos	

EMITIR PROGRAMAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[CROL]
Destinatário	[Programa]
Estado 1 (destinatário)	Programa não emitido
Estado 2 (destinatário)	Programa emitido
Instrumentos	

FIXAR LONA	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[unidade de manutenção]
Estado 1 (destinatário)	unidade de manutenção sem lona
Estado 2 (destinatário)	unidade de manutenção com lona
Instrumentos	

IDENTIFICAR – PROBLEMA / FALHA	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador]
Destinatário	[painel de comando dos religadores]
Estado 1 (destinatário)	problema não identificado
Estado 2 (destinatário)	problema identificado
Instrumentos	olhos

INFORMAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do sistema]
Destinatário	[CELPE ; CROL, operador]
Estado 1(Destinatário)	sem informações
Estado 2 (Destinatário)	com informações
Instrumentos	[telefone, voz, rádio]

INTERROGAR = CONTATAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala ; operador do pátio, terceiro operador, CROL, CROO]
Destinatário	[operador da sala ; operador do pátio, terceiro operador, CROL, CROO]
Estado 1 (destinatário)	Sem informações
Estado 2 (destinatário)	Com informações
Instrumentos	voz

INTERROMPER CARGAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do sistema, Equipamentos e Linhas]
Destinatário	[cargas]
Estado 1(Destinatário) 1) contato	1) [fechado, aberto]
Estado 2 (Destinatário) 1) contato	1) [fechado, aberto]
Instrumentos	função telecomando

ISOLAR DISJUNTOR = BY PASSAR = TRANSFERIR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[14F1; 14F2; 14D1]
Estado 1 (destinatário) chave seccionadora A chave seccionadora B	[fechada] [fechada]
Estado 2 (destinatário) chave seccionadora A chave seccionadora B	1) [fechada] 2) [fechada]
Instrumentos	Botoeira local

LIBERAR – BARRA / TRANSFORMADOR / DISJUNTOR / RELIGADOR (EQUIPAMENTO)	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do Pátio; terceiro operador]
Destinatário	[Barra 02B1 ; Barra 01B1 ; Trafo 02T4-A ; Trafo02T4-B]
Estado 1 (destinatário)	barra não liberada ; trafo não liberado
Estado 2 (destinatário)	barra liberada ; trafo liberado
Instrumentos	

LIMPAR COLUNAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[colunas]
Estado 1 (destinatário)	colunas não limpas
Estado 2 (destinatário)	colunas limpas
Instrumentos	

INSPECIONAR - EQUIPAMENTOS E LINHAS /	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[Equipamentos e Linhas]
Estado 1 (destinatário)	Não inspecionado
Estado 2 (destinatário)	inspecionado
Instrumentos	

REGULAR TENSÃO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[tensão]
Estado 1 (destinatário)	Tensão desregulada
Estado 2 (destinatário)	Tensão regulada
Instrumentos	

TRANSFERIR / NORMALIZAR – CARGAS / TRAFOS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador]
Destinatário	[cargas]
Estado 1 (destinatário)	
1) lugar original	[03L1 ; 03L2 ; 03M2]
Estado 2 (destinatário)	
1) lugar atual	[200G1] – Grupo gerador de emergência
Instrumentos	

ORDENAR = COMANDAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador, CROL]

Destinatário	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador]
Estado 1 (destinatário)	ordem não dada
Estado 2 (destinatário)	ordem dada
Instrumentos	rádio interno; telefone ponto a ponto;

ORIENTAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[CROL]
Destinatário	[operador]
Estado 1 (destinatário)	Sem orientação
Estado 2 (destinatário)	Com orientação
Instrumentos	Telefone, voz

OBSERVAR - PROBLEMA	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do turno, operador chefe de turno]
Destinatário	[transformador, chave]
Estado 1 (destinatário)	problema não observado
Estado 2 (destinatário)	problema observado
Instrumentos	Olhos

PERCEBER - ERRO / PROBLEMA / FALHA	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Estado 1 (destinatário)	Erro / problemas / falha não percebida
Estado 2 (destinatário)	erro / problemas/ falha percebida
Instrumentos	Olhos

PERCORRER TRECHOS	
Componentes	Valores
Executor da ação	CELPE
Destinatário	[02C2 ; 02C3]
Estado 1(Destinatário)	trechos não percorridos
Estado 2 (Destinatário)	trechos percorridos
Instrumentos	

REALIZAR MANUTENÇÃO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador, responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[equipamento, dispositivo de proteção, dispositivo de interação]
Estado 1 (destinatário)	Manutenção não realizada
Estado 2 (destinatário)	Manutenção realizada
Instrumentos	

REALIZAR TESTES (testar alarmes, fazer ensaios funcionais, acionar alarmes)	
Componentes	Valores
Executor da ação	[técnico 1; técnico 2; técnico 1 e técnico 2]
Destinatário	[alarmes]
Estado 1 (destinatário) 1) circuito	1) [fechado, aberto]

Estado 2 (destinatário) 1) circuito	1) [fechado, aberto]
Instrumentos	

RECEBER (ordens)	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador, CROL, Concessionária, SE, Equipe]
Destinatário	[operador, CROL, concessionária, SE, Equipe]
Estado 1 (destinatário)	1) [não recebido]
Estado 2 (destinatário)	1) [recebido]
Instrumentos	

RECEBER (equipamentos)	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador, CROL, concessionária, SE, Equipe]
Destinatário	[operador, CROL, concessionária, SE, Equipe]
Estado 1 (destinatário)	1) [não recebido]
Estado 2 (destinatário)	1) [recebido]
Instrumentos	

RECOLHER A UNIDADE DE MANUTENÇÃO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[responsável; componente da equipe, auxiliar; operador do turno]
Destinatário	[unidade de manutenção]
Estado 1 (destinatário)	armário do 14D1
Estado 2 (destinatário)	armário do 14D1
Instrumentos	[rodas]

RESPONDER UMA SOLICITAÇÃO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do Pátio, CROL, CELPE, SLML, SLOL]
Destinatário	[operador da sala; operador do Pátio, CROL, CELPE, SLML, SLOL]
Estado 1 (destinatário)	Solicitação não respondida
Estado 2 (destinatário)	Solicitação respondida
Instrumentos	[Telefone; rádio interno;]

RESSALTAR O FATO	
Componentes	Valores
Executor da ação	Operador da instalação
Destinatário	CELPE
Estado 1(Destinatário)	Fato não ressaltado
Estado 2 (Destinatário)	Fato ressaltado
Instrumentos	voz

RETIRAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	Operador do sistema
Destinatário	[Pente do Relé]
Estado 1(Destinatário)	Pente não retirado
Estado 2 (Destinatário)	Pente retirado
Instrumentos	mãos

RETOMAR O CONTROLE DAS MANOBRAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	Operador do sistema
Destinatário	[32V2-5 ; 32V3-5]
Estado 1(Destinatário)	sem controle
Estado 2 (Destinatário)	com controle
Instrumentos	função telecomando

SOLICITAR - AUTORIZAÇÃO / TESTES DE ENERGIZAÇÃO / ABERTURA	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador da sala; operador do pátio; terceiro operador, CROL]
Destinatário	[CROL, operador]
Estado 1 (destinatário)	Solicitação não feita
Estado 2 (destinatário)	Solicitação feita
Instrumentos	[telefone ponto a ponto, voz, radio interno]

VERIFICAR ESTRAGOS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador do turno; operador chefe de turno]
Destinatário	[chave 34T2-5 ; chave 34T2-6]
Estado 1 (destinatário)	estrago não verificado
Estado 2 (destinatário)	estrago verificado
Instrumentos	olhos, binóculos

VERIFICAR RESULTADOS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[técnico 1; técnico 2]
Destinatário	[04T1]
Estado 1 (destinatário)	Resultado não verificado
Estado 2 (destinatário)	Resultado verificado
Instrumentos	Rádio interno

VER = VISUALIZAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador]
Destinatário	[equipamento, operador, objeto de interação, etc]
Estado 1 (destinatário)	Disjuntor não visualizado
Estado 2 (destinatário)	Disjuntor visualizado
Instrumentos	olhos

MOSTRAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador]
Destinatário	[operador]
Estado 1 (destinatário)	Operador não percebendo algo
Estado 2 (destinatário)	Operador percebendo algo
Instrumentos	voz

EXPLICAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador]
Destinatário	[operador]
Estado 1 (destinatário)	Operador sem explicação
Estado 2 (destinatário)	Operador com explicação
Instrumentos	voz

ATERRAR = FAZER ATERRAMENTO	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador]
Destinatário	[equipamento, dispositivo]
Estado 1 (destinatário)	Equipamento ou dispositivo não aterrado
Estado 2 (destinatário)	Equipamento ou dispositivo aterrado
Instrumentos	Chave terra, manivela

SINALIZAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[operador, dispositivo de interação]
Destinatário	[operador]
Estado 1 (destinatário)	Sem sinalização
Estado 2 (destinatário)	Com sinalização
Instrumentos	Voz, mãos

RESETAR = EFETUAR RESET	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador]
Destinatário	[botoeira reset]
Estado 1 (destinatário)	botoeira reset não acionada
Estado 2 (destinatário)	botoeira reset acionada
Instrumentos	mãos

DEVOLVER	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador, Equipe]
Destinatário	[Equipamentos e Linhas]
Estado 1 (destinatário)	Equipamentos e Linhas não devolvido
Estado 2 (destinatário)	Equipamentos e Linhas devolvido
Instrumentos	

SUPRIR CARGAS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador]
Destinatário	[Equipamentos e Linhas]
Estado 1 (destinatário)	Equipamentos e Linhas com cargas
Estado 2 (destinatário)	Equipamentos e Linhas sem cargas
Instrumentos	Dispositivos de interação, mãos

CONECTAR / DESCONECTAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador, dispositivo]
Destinatário	[Equipamentos e Linhas, dispositivo]
Estado 1 (destinatário)	Equipamentos e Linhas conectado; Dispositivo conectado
Estado 2 (destinatário)	Equipamentos e Linhas desconectado; Dispositivo desconectado
Instrumentos	Contato, mãos, dispositivo de interação

EXPEDIR / ENVIAR DOCUMENTOS	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador, dispositivo]
Destinatário	[Equipamento, dispositivo]
Estado 1 (destinatário)	Sem documentos
Estado 2 (destinatário)	Com documentos
Instrumentos	

CONFIRMAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador]
Destinatário	[Operador, Objetos de Interação]
Estado 1 (destinatário)	Operador sem confirmação
Estado 2 (destinatário)	Operador com confirmação
Instrumentos	Ouvidos, olhos

CALÇAR	
Componentes	Valores
Executor da ação	[Operador]
Destinatário	[luvas, botas]
Estado 1 (destinatário)	Operador sem luvas; Operador sem botas
Estado 2 (destinatário)	Operador com luvas; Operador com botas
Instrumentos	mãos

Apêndice G : Resultado – Validação da Corretude

A) COMO VOCÊ CLASSIFICARIA OS TERMOS ABAIXO?

1) Religador

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: Religador se classifica em Equipamentos e Linhas

2) Linha de transmissão

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: Linha de Transmissão se classifica em Equipamentos e Linhas

3) Barramento

(6/9) Equipamentos e Linhas (3/9) Outros

RESULTADO: Barramento se classifica em Equipamentos e Linhas

4) Relé

(4/9) Equipamentos e Linhas (5/9) Outros

RESULTADO: Relé se classifica em Equipamentos e Linhas pois mesmos para quem respondeu OUTROS, eles afirmam que pode ser considerado um equipamento, mas faz parte dos outros equipamentos

5) Banco de Transformadores

(9/9) Equipamentos e Linhas () Outros

RESULTADO: Banco de Transformadores se classifica em Equipamentos e Linhas

6) Transformador de Potência

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: Transformador de Potência se classifica em Equipamentos e Linhas

7) Disjuntor

(9/9) Equipamentos e Linhas () Outros

RESULTADO: Disjuntor se classifica em Equipamentos e Linhas

8) Compensador estático

(9/9) Equipamentos e Linhas () Outros

RESULTADO: Compensador estático se classifica em Equipamentos e Linhas

9) Seccionadora

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: Seccionadora se classifica em Equipamentos e Linhas

10) Chave terra

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: Chave Terra se classifica em Equipamentos e Linhas

11) Banco de Capacitores

(9/9) Equipamentos e Linhas () Outros

RESULTADO: Banco de Capacitores se classifica em Equipamentos e Linhas

12) Circuito

(7/9) Equipamentos e Linhas (4/9) Outros

PARA OUTROS, trata-se de um conjunto de equipamentos, um BAY

RESULTADO: Circuito se classifica em Equipamentos e Linhas, pois em termos de conceito ele faz parte dessa classificação, mesmo que seja um conjunto de equipamentos

13) Chave fusível

(7/9) Equipamentos e Linhas (3/9) Outros

RESULTADO: Chave Fusível se classifica em Equipamentos e Linhas pois mesmos para quem respondeu OUTROS, eles afirmam que pode ser considerado um equipamento, mas faz parte dos outros equipamentos

14) Reator

(9/9) Equipamentos e Linhas () Outros

RESULTADO: Reator se classifica em Equipamentos e Linhas

15) Osciloscópio

(5/9) Equipamentos e Linhas (4/9) Outros

PARA OUTROS, ele não faz parte dos equipamentos do sistema elétrico, mas não deixa de ser um equipamento

RESULTADO: Este termo foi retirado de sua classificação original sendo colocado em OUTROS, pois não apresenta as mesmas características do Conceito EQUIPAMENTOS e LINHAS.

16) Compensador síncrono

(9/9) Equipamentos e Linhas () Outros

RESULTADO: Compensador Síncrono se classifica em Equipamentos e Linhas

17) Cabo

(1/9) Equipamentos e Linhas (8/9) Outros

RESULTADO: Cabo se classifica em Outros

18) Contato

() Equipamentos e Linhas (9/9) Outros

RESULTADO: Contato se classifica em Outros

19) Conexão

() Equipamentos e Linhas (9/9) Outros

RESULTADO: Conexão se classifica em Outros

20) Alimentação

() Equipamentos e Linhas (9/9) Outros

RESULTADO: Alimentação se classifica em Outros

21) Retificador

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: Retificador se classifica em Equipamentos e Linhas

22) Banco de Baterias

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: banco de baterias se classifica em Equipamentos e Linhas

23) Serviços Auxiliares

(6/9) Equipamentos e Linhas (3/9) Outros

RESULTADO: Serviços Auxiliares se classifica em Equipamentos e Linhas

24) Alimentador

(9/9) Equipamentos e Linhas () Outros

RESULTADO: Alimentador se classifica em Equipamentos e Linhas.

25) Grupo Gerador de Emergência

(8/9) Equipamentos e Linhas (1/9) Outros

RESULTADO: Grupo Gerador de Emergência se classifica em Equipamentos e Linhas

B) ASSINALE OS TERMOS e EXPRESSÕES QUE NÃO SÃO CONHECIDOS E UTILIZADOS NUMA SUBESTAÇÃO NO PROCESSO DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA:

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Cabo | <input type="checkbox"/> Painel de Comando |
| (1/9) Contato | <input type="checkbox"/> Quadro sinótico |
| <input type="checkbox"/> Conexão | <input type="checkbox"/> Botoeira |
| <input type="checkbox"/> Alimentação | (2/9) Chave de ajuste (usada pela equipe de proteção) |
| <input type="checkbox"/> Manual de Operação | <input type="checkbox"/> Chave de teste de buzina |
| <input type="checkbox"/> RTM | (4/9) Chave de pressão |
| <input type="checkbox"/> PGM | <input type="checkbox"/> Cartão de restrição |
| (9/9) PMP | <input type="checkbox"/> Led |
| <input type="checkbox"/> SM | (3/9) Chave de estado |
| (3/9) Ordem de serviço | <input type="checkbox"/> Chave LOC/TEL |
| <input type="checkbox"/> Rádio Interno/Rádio Móvel/ VHF | (6/9) OS |
| (2/9) Telefone comando | <input type="checkbox"/> Roteiro de Manobras |
| <input type="checkbox"/> Mesa de Operação | <input type="checkbox"/> Programa de Manobras |
| <input type="checkbox"/> Chave 101 | (2/9) Programa de Manutenção Preventiva |
| <input type="checkbox"/> Chave Normal/ by pass | <input type="checkbox"/> Solicitação de manutenção |
| <input type="checkbox"/> Chave de comando | <input type="checkbox"/> Chave 43 |
| <input type="checkbox"/> Chave CLT | <input type="checkbox"/> Chave LRM |
| (1/9) Pulo do contato fixo | <input type="checkbox"/> SI |
| <input type="checkbox"/> Solicitação de Intervenção | <input type="checkbox"/> Anunciador de Eventos |
| (1/9) Anel | <input type="checkbox"/> AI |
| <input type="checkbox"/> Grupo Gerador de emergência | <input type="checkbox"/> Autorização de Intervenção |
| <input type="checkbox"/> Quadro Anunciador | <input type="checkbox"/> Grupo Gerador de Emergência |
| <input type="checkbox"/> Retificador | <input type="checkbox"/> Alimentador |
| <input type="checkbox"/> Reator | <input type="checkbox"/> Retificador |

RESULTADO: não devem ser usadas siglas, nem sempre os operadores conhecem.

C) ASSINALE A ALTERNATIVA QUE VOCÊ ACHA MAIS ADEQUADA:

1) O Painel de Comando de um disjuntor se localiza:

No pátio (8/9) Na sala de comando (1/9) em ambos

RESULTADO: O Painel de Comando se localiza na sala de comando.

2) O Armário de um disjuntor se localiza:

(9/9) No pátio () Na sala de comando

RESULTADO: O Armário se localiza no pátio

3) Linha de Transmissão é um Alimentador?

(5/9) Sim (4/9) Não

LT de baixa tensão é, para alimentação direta para o consumidor

Eles consideram o religador um alimentador

RESULTADO: Percebeu-se que Alimentador é um nome genérico para outros equipamentos, dessa forma optou-se por retirá-lo da ontologia, evitando assim problema na identificação do equipamento

4) Grupo Gerador de emergência faz parte dos Serviços Auxiliares?

(9/9) Sim () Não

RESULTADO: O Grupo Gerador de Emergência faz parte dos serviços auxiliares

5) Barramento

(7/9) Ponto de distribuição de energia, onde linhas de entrada, equipamentos e linhas de saída são conectadas.

() Circuito constituído por condutores de impedância desprezível, ao qual são ligados linhas e equipamentos

(2/9) Concordo com as duas definições citadas acima

() NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

RESULTADO :A 1ª definição é aceita

6) Circuito

(3/9) Conjunto de corpos ou de meios no qual pode haver corrente ou conjunto de componentes da instalação alimentados a partir de uma mesma origem e protegidos contra sobrecorrentes pelos mesmos dispositivos de proteção.

(3/9) Conjunto de linhas + equipamentos ou equipamentos + equipamentos interconectados. Forma uma rede de conexões.

(3/9) Concordo com as duas definições citadas acima

(1/9) NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

RESULTADO :A 1ª definição é aceita.

7) Dispositivo para visualização de sinalizações de equipamentos e dispositivos do sistema elétrico.

() Quadro Anunciador (1/9) Quadro Sinótico

(1/9) Anunciador de Eventos (8/9) Todos os itens () nenhum dos itens

RESULTADO :Todas as respostas são sinônimos e conhecidos pelos operadores.

D) ASSINALE A ALTERNATIVA QUE ACHA MAIS ADEQUADA PARA DEFINIR A EXPRESSÃO:

1) Normalizar Equipamento

(2/9) Recolocar o equipamento em funcionamento

(3/9) Voltar ao estado normal do equipamento (esse estado normal depende de cada contexto)

(4/9) Concordo com as duas definições citadas acima

() NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

RESULTADO :A 2ª definição é aceita.

2) Bloquear Equipamento

(2/9) impedir a utilização do equipamento

(3/9) impedir o funcionamento do equipamento

(4/9) Concordo com as duas definições citadas acima

() NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

RESULTADO: A definição é aceita é : Impedir a utilização do equipamento para determinada situação

3) Liberar Equipamento

(6/9) deixar o equipamento disponível para outra equipe, seja desligado, isolado ou ligado (depende do contexto)

() desligar o equipamento

(1/9) Concordo com as duas definições citadas acima

(2/9) NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é:

RESULTADO :A definição é aceita é : Desenergizar, isolar com chaves associadas abertas para entregar a equipe de manutenção

4) Desligar Disjuntor

(1/9) tirar o indício de tensão no disjuntor

(8/9) abrir o disjuntor

() Concordo com as duas definições citadas acima

() NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

e isolar o equipamento protegido por ele

RESULTADO : A definição é aceita é : Abrir o disjuntor

5) Abrir Disjuntor

(2/9) tirar o disjuntor de funcionamento

(2/9) Desarmar disjuntor

(3/9) Concordo com as duas definições citadas acima

(2/9) NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é ____

Abrir seria realizado pelo homem, desarmar pela proteção, mesmo que desligar

RESULTADO : A definição é aceita é : Desligar o disjuntor

6) Armar Disjuntor

(7/9) fechar o disjuntor

() abrir o disjuntor

() Concordo com as duas definições citadas acima

(2/9) NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

Predispor a operar, apto para operação

Predispor o disjuntor para energização

RESULTADO : A definição é aceita é : fechar o disjuntor, predispondo- o a operação

7) Acionar relé

() abrir relé

() fechar relé

(1/9) Concordo com as duas definições citadas acima

(8/9) NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

- Fechar contatos / Fechar ou abrir contatos / Executar testes em relé
- Abrir ou fechar o contato do relé / Fechar contatos
- Dar partida para que ele atue
- Alimentar o relé através de Chave 43 ou similar ou provocar sua atuação voluntariamente eletricamente ou manualmente
- Mudar o estado de funcionamento do relé, exemplo ativar ou desativar

RESULTADO : A definição é aceita é : Abrir ou fechar o contato do relé

8) Mudar a posição da chave

(4/9) comutar a chave

() posicionar a chave

(5/9) Concordo com as duas definições citadas acima

() NÃO concordo com as definições citadas acima. A definição correta é

RESULTADO : As duas definições são aceitas