

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS**

**CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NO
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE DE APOIO À
RECOMPOSIÇÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA**

MANUEL SALOMON SALAZAR JARUFE



0.223.151-5

UFSC-BU

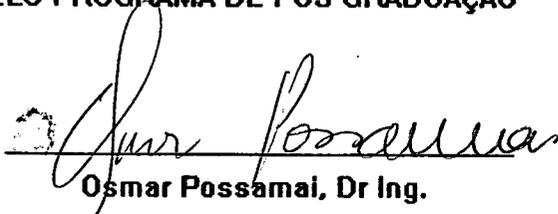
**FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA - BRASIL
MARÇO DE 1994**

**CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO NO
DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA INTELIGENTE DE APOIO À
RECOMPOSIÇÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.**

MANUEL SALOMON SALAZAR JARUFE

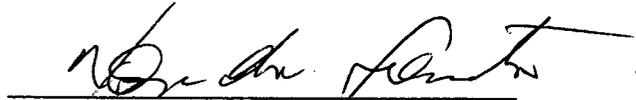
**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA**

**ESPECIALIDADE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA FORMA
FINAL PELO PROGRAMA DE POS-GRADUAÇÃO**

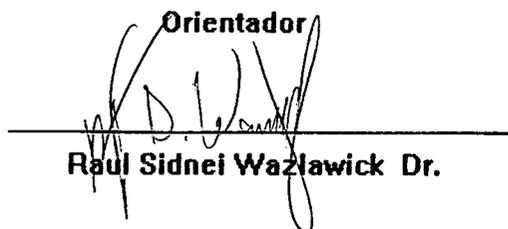

Osmar Possamai, Dr Ing.

Coordenador

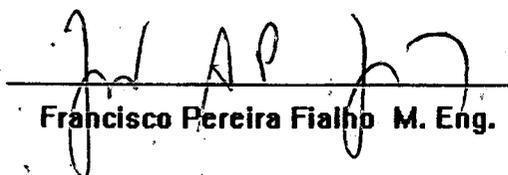
BANCA EXAMINADORA:


Neri dos Santos, Dr. Ing.

Orientador


Raul Sidnei Wazlawick Dr.


Leila Amaral Gontijo, Dra.


Francisco Pereira Fialho M. Eng.

*A minha companheira Gladys.
Ao fruto de nossa união, Manoel.
A meus padres Saiome e Manuel.*

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina e à sociedade brasileira pela oportunidade de realizar o curso de pós-graduação.

Ao professor Neri dos Santos, pela orientação e estímulo.

Aos professores e colegas do departamento de Engenharia de Produção, pelos conhecimentos adquiridos e a colaboração.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões e críticas construtivas.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

Aos funcionários do departamento, em especial a Zelita e Claudia, pelos serviços prestados.

Ao pessoal da CELESC, pelo apoio oferecido no desenvolvimento desta pesquisa; assim como à ELETROSUL e COPEL.

A Diva Garcia pelo significativo apoio prestado.

A Rosa Salazar pelo incentivo moral dado.

A Yovanna e Claudia pelo constante estímulo.

SUMÁRIO

	pag.
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.1 Introdução e justificativa	1
1.2 Hipóteses	4
1.3 Objetivos	4
1.4 Delimitação do trabalho	5
1.5 Organização do trabalho	5
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
2.1 Algumas considerações gerais sobre ergonomia	8
2.1.1 Definição de ergonomia	8
2.1.2 Ergonomia cognitiva	9
2.2 A ergonomia e as suas diversas áreas de aplicação dentro da atividade humana	10
2.3 Aspectos fundamentais da psicologia cognitiva relacionados com o desenvolvimento da atividade de trabalho	12
2.3.1 A arquitetura cognitiva	13
2.3.2 Funções do sistema cognitivo relacionadas com a tarefa	15
2.3.2.1 Construção de estruturas cognitivas permanentes	15
2.3.2.2 Construção de estruturas cognitivas transitórias: as representações e imagem operativa	15
2.3.2.3 Produção de inferências (raciocínio)	17
2.3.2.4 Tratamento da informação	17
2.3.2.5 Elaboração das decisões de ação	18
2.3.2.6 Orientação das atividades mentais: função de regulação e controle da atividade	18
2.3.3 As características da memória de trabalho	19
2.3.4 O fenômeno da experiência e automatismo	20
2.3.5 Etapas no desenvolvimento da tarefa	20
2.4 Considerações sobre sistemas especialistas	21
2.5 Ergonomia e sistemas especialistas	23
2.6 Metodologia	24

2.6.1	Metodologia da análise ergonômica da atividade cognitiva do trabalho.....	24
2.6.2	Metodologia para a elaboração de um modelo de desenvolvimento do sistema de apoio à função de recomposição	27
3.	BREVE DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO ELÉTRICA.....	28
3.1.	O sistema de transmissão elétrica	28
3.2	Estrutura e configuração das subestações	29
3.3	Proteções do Sistema	29
3.4	Descrição do sistema "supervisor" ou sistema automatizado para controle e operação do sistema elétrico	31
3.5	Futuro Centro de Operação do Sistema (COS)	32
4.	ANÁLISE ERGONÔMICA.....	33
4.1	Contexto e delimitação do sistema homem-tarefa objeto da análise.....	33
4.1.1	O sistema elétrico no Brasil e a CELESC	33
4.1.2	Organização da operação na empresa	34
4.1.3	Projeto de automação do Centro de Operação do Sistema de transmissão elétrica. (COS)	36
4.1.4	Delimitação do sistema homem-tarefa a ser analisado	36
4.2	Análise da tarefa prescrita	37
4.2.1	O pessoal do COS	37
4.2.2	Estrutura física do posto de trabalho	37
4.2.3	O trabalho em turnos	37
4.2.4	Organização do trabalho e a função de recomposição do sistema	38
4.3	Avaliação das exigências do trabalho	42
4.4	Análise das atividades em termos dos processos cognitivos	42
4.4.1	Deteção e discriminação das informações	42
4.4.2	Tratamento da informação e tomada de decisões	43
4.4.3	Caracterização dos erros de operação	51
4.4.4	Conclusões	52
4.5	Análise das situações de referência automatizadas	53
4.5.1	A ELETROSUL e o "Sistema Supervisor"	53
4.5.2	Análise das atividades efetivas relacionadas com a recomposição do sistema	56
4.6	Prognóstico da atividade futura provável: conclusões e recomendações	59

4.7	Considerações e justificativas para o desenvolvimento de um sistema inteligente de apoio à função de recomposição do sistema de transmissão.....	61
5.	MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE APOIO À FUNÇÃO DE RECOMPOSIÇÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. DESENVOLVIMENTO E TESTE DA MAQUETE DEMONSTRATIVA.....	63
5.1	Considerações preliminares.....	63
5.2	Etapas no desenvolvimento do sistema de apoio à operação - SAO.....	65
5.3	Determinação dos objetivos e requisitos do "sistema de apoio à operação"	65
5.3.1	Objetivo do sistema	67
5.3.2	Requisitos do sistema SAO	67
5.4	Modelo de desenvolvimento do sistema de apoio à função de recomposição. Abordagem e desenvolvimento da maquete demonstrativa.....	69
5.4.1	Considerações sobre o desenvolvimento da maquete	69
5.4.2	Base de conhecimento	70
5.4.2.1	Informações fornecidas ao sistema de apoio à operação.....	71
5.4.2.2	Informações próprias do sistema (ou fatos)	71
5.4.3	Representação do conhecimento	72
5.4.3.1	Frames ou triplas Objeto-Atributos-Valores	72
5.4.3.2	Regras de Produção	72
5.4.4	Estrutura funcional do sistema SAO	76
5.4.4.1	Composição do sistema SAO	76
5.4.4.2	Interface com o usuário.....	79
5.4.4.3	Processo de inferência.....	83
5.5	Teste e avaliação da maquete do sistema SAO	84
5.5.1	CrITÉrios de avaliação da maquete	84
5.5.2	Testes	84
5.5.3	Conclusões	85
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	86
6.1	Conclusões e recomendações relativas às contribuições da análise ergonômica no desenvolvimento de sistemas inteligentes de apoio à operação (SAO).....	86

6.2	Conclusões relativas à utilização de sistemas de apoio à operação na melhoria das condições de trabalho e eficiência operativa.....	87
6.3	Recomendações e sugestões de futuros trabalhos	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	90
	BIBLIOGRAFIA.....	92
	ANEXO 1 - Diagrama unifilar da subestação.	
	ANEXO 2 - Sistema de transmissão elétrica de Santa Catarina.	
	ANEXO 3 - Áreas de abrangência das divisões de operação e manutenção.	
	ANEXO 4 - Estudo de prioridades de cargas.	
	ANEXO 5 - Principais regras utilizadas na implementação da maquete demonstrativa.	

LISTA DE FIGURAS

	pag.
FIGURA 1.1 - Esquema geral da organização do trabalho	6
FIGURA 2.1 - Esquema da arquitetura do processo cognitivo	14
FIGURA 4.1 - Organização da operação do sistema na empresa CELESC	35
FIGURA 4.2 - Estrutura física do posto de trabalho - COS	38
FIGURA 4.3 - Trabalho prescrito de recomposição do sistema de transmissão elétrica	40
FIGURA 4.4 - Relações de comunicação entre os setores envolvidos na recomposição do sistema de transmissão	41
FIGURA 4.5 - Procedimentos operativos efetivos quando da atuação da proteção dos transformadores - CELESC	46
FIGURA 4.6 - Procedimentos operativos efetivos quando da sinalização da proteção dos transformadores - CELESC	47
FIGURA 4.7 - Procedimento efetivo de remanejamento de carga de transformadores	48
FIGURA 4.8 - Remanejamento de carga para linhas de transmissão	50
FIGURA 4.9 - Organograma do COS da ELETROSUL	55
FIGURA 5.1 - O sistema SAO dentro da estrutura de trabalho na situação automatizada	64
FIGURA 5.2 - Etapas no desenvolvimento de um sistema de apoio à função de recomposição elétrica	66
FIGURA 5.3 - Fluxograma dos tratamentos de informação básicos para recomposição da subestação Coqueiros (1)	73
FIGURA 5.4 - Fluxograma dos tratamentos de informação básicos para recomposição da subestação Coqueiros (2)	74

FIGURA 5.5 - Fluxograma dos tratamentos de informação básicos para recomposição da subestação Coqueiros (3)	75
FIGURA 5.6 - Estrutura do sistema SAO	77
FIGURA 5.7 - Sequência de controle das telas	80
FIGURA 5.8 - Tela três: Região geolétrica de Florianópolis (ativada a partir de sua seleção na tela dois)	81
FIGURA 5.9 - Tela para ingresso dos dados da ocorrência por manipulação direta no diagrama unifilar	82

RESUMO

Nos postos de trabalho de controle e regulação de sistemas complexos, o potencial de uso de sistemas especialistas de apoio ao operador humano no desenvolvimento de sua atividade, principalmente na tomada de decisão e no tratamento de informação, é considerável. No entanto, estes sistemas apresentam diversas limitações de caráter técnico, devido principalmente a não consideração das características fisiológicas e psicológicas do operador e do trabalho realmente desenvolvido, levando muitas vezes, a não obtenção do sucesso esperado.

Neste sentido, a análise ergonômica do trabalho pode contribuir em muito para enriquecer o conhecimento em relação ao operador e sua atividade. Assim, pode-se modelar os processos de resolução de problemas, numa estrutura conceptual ou informatizada, coerente com as estruturas da ação e limitações humanas.

O estudo aqui apresentado, foi realizado no Centro de Operação do Sistema da CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), onde está em processo de implementação um sistema automatizado de supervisão do sistema. Este trabalho estabelece a partir da análise ergonômica do trabalho, um modelo de desenvolvimento de um sistema inteligente de apoio à operação, que deverá indicar e orientar a aplicação de procedimentos e instruções relacionados com a função de recomposição do sistema de transmissão elétrica, em casos de ocorrências imprevistas.

A partir de uma análise inicial, foi delimitado o trabalho em função dos aspectos mais relevantes. Em seguida, aplicou-se a metodologia de análise ergonômica na situação atual (CELESC), assim como nas situações de referência automatizadas (ELETROSUL, COPEL), visando levantar principalmente a atividade real, os seus aspectos críticos, condicionantes e determinantes e a influência destes no desempenho dos supervisores do sistema, para finalmente, realizar a reconstituição da atividade futura provável. Baseados nestes resultados são determinados os objetivos e requisitos do sistema de apoio à operação. No modelo de desenvolvimento desse sistema, são descritas as principais características da possível estrutura funcional do sistema, isto é, representação do conhecimento, interface e processo de inferência. Para fins de teste e avaliação, foi desenvolvida uma maquete do sistema de apoio à operação. Por último, são apresentadas as conclusões e recomendações.

PALAVRAS CHAVES: Análise ergonômica do trabalho, sistema especialista de apoio à operação, atividade futura provável, atividade real, recomposição da transmissão elétrica.

ABSTRACT

At the working control and regulation posts for complex systems, the usage potential of experts systems of support to the human operator during the conduction of his/her activity, mostly as it regards decision making and data treatment, is considerable. However, such systems present several limitations of a technical character, mainly on account of not taking into consideration the physiological and psychological characteristics of the operator and of the work actually developed, falling short of obtaining the expected success.

In this sense, work ergonomic analysis can markedly contribute towards enriching the knowledge about the operator and his/her activity. Thus, problem solving processes can be modeled into a conceptual or scientifically treated information framework coherent with the structures of human action and limitations.

The present study was conducted at CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina) System Operation Center where an automatized design of system supervision is currently being implemented. Based on the ergonomic analysis of work, this study establishes a development model for a intelligent support system to the operation. Such model must be capable of indicating and guiding the application of procedures and instructions related to the function of reinstating the electric transmission system whenever unexpected circumstances take place.

Based on an initial analysis, work was delimited as a function of its most relevant aspects. The ergonomic analysis methodology was then applied to the present situation (CELESC), as well as to the automatized referential situations (ELETROSUL, COPEL), in a effort to assess mainly the actual activity, its critical aspects, conditioning factors and determinants, and their influence upon system supervisors performance. Hence, probable future activity could finally be reformulated. Having such results as a basis, objectives and requirements of the support system to the operation are then determined. In the development model for this system, the main characteristics of the possible functional structure of the system are described, that is, knowledge representation, interface and inference process. For test and evaluation purposes, a simulated model of the support system to the operation was developed. Lastly, conclusions and recommendations are presented.

KEY WORDS: Work ergonomic analysis, operation support expert system, prospective future activity, actual activity, electrical transmission reinstatement.

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS.

1.1. Introdução e justificativa.

Nos postos de trabalho de controle e regulação, caracterizados pela centralização dos dispositivos de controle e comando, assim como pela existência de um sistema técnico sofisticado, cujos parâmetros devem ser mantidos pelo operador dentro de limites que variam segundo as condições e estados dinâmicos deste sistema, são necessários processos cognitivos complexos no desenvolvimento da atividade de controle e regulação do sistema. Como refere Iida (1990), preliminarmente, o treinamento para operar sistemas mecânicos era baseado no desenvolvimento de habilidades ou destrezas. Atualmente os sistemas eletrônicos são caixas pretas que contêm relações "invisíveis" que precisam ser não só visualizadas, mas entendidas, exigindo maior compreensão e trabalho cognitivo.

Segundo Wisner (1988), uma das implicações mais importantes do progresso tecnológico é a necessidade de adaptar os recursos humanos às novas exigências que são geradas. Assim, as principais dificuldades no desenvolvimento da atividade, podem ser causadas pelas exigências de detecção, interpretação e tratamento de um grande volume de informações, geralmente apresentadas ao operador em forma codificada e confusa, aumentando a sua carga mental de trabalho. Outras dificuldades, podem ser causadas pela falta de adaptação do operador humano ao sistema técnico, muitas vezes, porque a lógica de funcionamento do sistema concebido pelo projetista, difere significativamente da lógica do usuário dessa tecnologia. Tudo isso, pode levar ao operador a cometer falhas, erros e lentidão na operação do sistema, provocando o uso deficiente ou incorreto da tecnologia, deterioração das instalações, aumento de custos, sofrimento mental, etc.

As novas exigências do desenvolvimento tecnológico, provocou grandes mudanças conceituais na operação e treinamento, passando a se utilizar ferramentas auxiliares adaptadas à atividade, desde simples sistemas informatizados até sistemas especialistas de treinamento e apoio à operação, sendo os mais sofisticados auxiliados por tecnologia moderna como multimídia e estruturas hipertexto.

Segundo Mielke (1991), a utilização de ferramentas auxiliares de apoio à decisão e controle operativo, como sistemas computacionais, estão ligados às limitações humanas. Assim, sabe-se que o homem é um fraco gerador de alternativas e,

frequentemente, esquece de aspectos importantes que devem ser considerados na operação dos sistemas. A principal vantagem do computador, neste caso, está na capacidade de processar grande número de informações, de forma rápida e consistente, sem esquecer nenhuma variável, sendo capaz de gerar todas as hipóteses e alternativas necessárias que vão permitir uma realimentação (feed-back). Ainda, como refere Salvendy (1982), sabe-se que uma realimentação imediata de informações serve como estímulo reforçador durante o treinamento. Além disso demonstrou-se que essas realimentações produzem efeito benéfico à saúde dos trabalhadores reduzindo, o "stress" pela aquisição de maior segurança na operação do sistema técnico.

Portanto, o potencial de uso de sistemas de apoio à operação ou sistemas especialistas (S.E.), como ferramenta de apoio ao homem no desenvolvimento de sua atividade, principalmente na tomada de decisão e no tratamento de informações, é muito importante. Porém, devido às diversas limitações de caráter técnico, que ainda apresentam estes sistemas, tendo em vista a não consideração das características fisiológicas e psicológicas do operador humano e da atividade realmente desenvolvida por eles, muitas vezes, não tem tido o sucesso esperado.

Duas disciplinas que podem contribuir em muito para enriquecer o conhecimento em relação ao usuário e sua atividade, são a ergonomia e a psicologia cognitiva. Todavia, é necessária uma aproximação entre estas duas disciplinas e a inteligência artificial, através da análise ergonômica da atividade cognitiva, que permite predizer de uma maneira causal o comportamento dos operadores com diferentes características (nível de experiência, conhecimento operativo e teórico, modelo mental do sistema ou processo). Assim, pode-se resgatar a tarefa efetiva dos operários, que vão modelar suas atividades cognitivas de trabalho, segundo suas próprias características pessoais, procurando melhor se adaptar às exigências da tarefa e, conseqüentemente, melhorando o seu desempenho. Neste sentido, pode-se modelar os processos de resolução de problemas, numa estrutura conceptual ou informatizada, coerentes com as estruturas da ação e limitações humanas.

O estudo aqui apresentado, foi realizado no Centro de Operação do Sistema (C.O.S.), da CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), onde existe um projeto para a implantação de um "*sistema supervisor*", que é um sistema automatizado de controle e operação elétrica.

No presente trabalho, estuda-se principalmente os processos de tratamento de informações e tomada de decisão, relacionados com a função de recomposição do

sistema de transmissão elétrica, de responsabilidade do C.O.S. Esta função, consiste em recompor equipamentos e instalações, que compreendem, principalmente, uma subestação de transmissão, quando ocorre um desligamento automático ou uma anormalidade no sistema, de forma a restabelecer o fornecimento de energia elétrica no setor urbano afetado ou a normalidade do sistema, no menor tempo possível.

Assim, na situação atual, na aplicação dos procedimentos de recomposição ou restabelecimento, o supervisor do sistema, baseado nas informações sobre o estado de equipamentos proporcionadas via telefone pelos operadores de cada subestação, tem que consultar um extenso material escrito, ler, reler, procurar e verificar os procedimentos, tomar decisões, etc. Neste sentido, os manuais de operação são muitas vezes ineficientes. Sobretudo, quando dificultam a compreensão operativa do sistema técnico, pela forma seqüencial e descritiva como são apresentados os conteúdos, isto é, um saber não operativo, o que pode provocar falhas, erros e lentidão na recomposição da subestação.

Da mesma forma, com a automação do processo e, conseqüente, redução do pessoal efetivo de operação, o problema pode continuar, devido principalmente ao aumento do volume e tratamento de informações, envolvendo processos cognitivos mais complexos. A automação, basicamente, vai consistir em substituir o sistema de informações via telefone, por um sistema computadorizado de informação eletrônica e automática do estado dos equipamentos e instalações, assim como das diversas grandezas que envolve o controle e a operação do sistema elétrico, em tempo real.

Portanto, justifica-se o desenvolvimento de um sistema especialista, baseado nos resultados da análise ergonômica do trabalho, que permita apoiar a operação mediante o estabelecimento do diagnóstico da ocorrência e a apresentação de informações procedurais previamente avaliadas e selecionadas pelo sistema.

Outra vantagem da aplicação de Sistemas Especialistas de apoio à operação, está relacionada a existência de poucos especialistas humanos, para ocupar todos os postos de trabalho de controle e comando, enquanto um sistema especialista pode ser multiplicado em varias cópias.

Pode-se concluir que o emprego de novas ferramentas de apoio à operação e treinamento, adaptados às características da atividade e do usuário, que promovam a participação ativa do operador e o desenvolvimento dos seus processos cognitivos, é

necessário para uma correta utilização da tecnologia em condições adequadas de trabalho.

1.2. Hipóteses.

Como hipótese fundamental, considera-se que a análise ergonômica do trabalho, permite desenvolver ferramentas de apoio à operação, melhor adaptadas às características do usuário e da atividade, isto é: lógica de funcionamento do sistema coerente com a lógica de utilização do usuário; apoio nas situações onde apresenta-se elevada possibilidade de erro ou falha por parte do operador; informações oportunas e específicas; compatibilidade entre a estrutura funcional do sistema com a estrutura de ação do operador, ou seja, interpretação de informações, representação e diagnóstico da situação, planejamento e controle da ação, etc.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo geral.

Estabelecer a partir da análise ergonômica do trabalho, um modelo de desenvolvimento de um sistema inteligente de apoio à função de recomposição do sistema de transmissão de energia elétrica, baseado numa maquete previamente implementada.

1.3.2. Objetivos específicos.

Desenvolver a análise ergonômica da situação atual e da situação de referência automatizada, visando identificar os aspectos mais críticos da gestão operacional e as principais características da atividade real dos operadores a nível cognitivo.

Estabelecer os objetivos e requisitos de um sistema de apoio à operação baseado nos resultados da análise ergonômica.

Desenvolver uma maquete demonstrativa do sistema de apoio à operação. Avaliar a compatibilidade desta maquete, em relação ao operador do sistema e a tarefa.

Estabelecer um modelo de desenvolvimento de um sistema de apoio à operação, baseado nos resultados da análise ergonômica e nas experiências com a maquete.

1.4. Delimitação do trabalho.

A análise ergonômica foi realizada sobre as atividades relacionadas com a função de recomposição da transmissão de energia elétrica, uma das mais importantes do supervisor do sistema, principalmente no que se refere ao análise dos processos cognitivos de resolução de problemas.

Não são abordados nesta análise, os aspectos físicos-ambientais do trabalho, por não estarem relacionados com os objetivos do estudo.

A maquete do sistema inteligente de apoio à operação, só testa a interface e os principais aspectos da função de recomposição do sistema de transmissão, pela complexidade que implica o desenvolvimento de um sistema especialista com todas as características necessárias. Assim, pode-se prever o desenvolvimento de uma estrutura computacional de apoio à aprendizagem, baseada num ambiente de hipertexto, rotinas computacionais com interface gráfica para atualização de dados, comunicação com banco de dados e programas complementares, entre outros.

Por outro lado, no modelo de desenvolvimento de sistema de apoio à operação, são indicadas só diretrizes gerais. Isto porque o desenvolvimento deste tipo de sistema requer constante realimentação e reformulação do projeto.

1.5. Organização do trabalho.

Um esquema geral da organização do trabalho é mostrado na figura 1.1. O trabalho está estruturado em seis capítulos, cujo conteúdo é brevemente mencionado a seguir:

O capítulo I, apresenta a introdução e a justificativa do trabalho, hipótese, objetivos, delimitação e organização do trabalho.

O capítulo II, trata dos fundamentos teóricos do trabalho, onde são apresentadas algumas considerações sobre ergonomia, cognição, psicologia cognitiva, sistemas especialistas, a metodologia da análise ergonômica do trabalho e para a determinação dos objetivos, requisitos e estrutura funcional básica do sistema de apoio à operação.

O capítulo III, descreve brevemente aspectos técnicos do sistema de transmissão de energia elétrica.

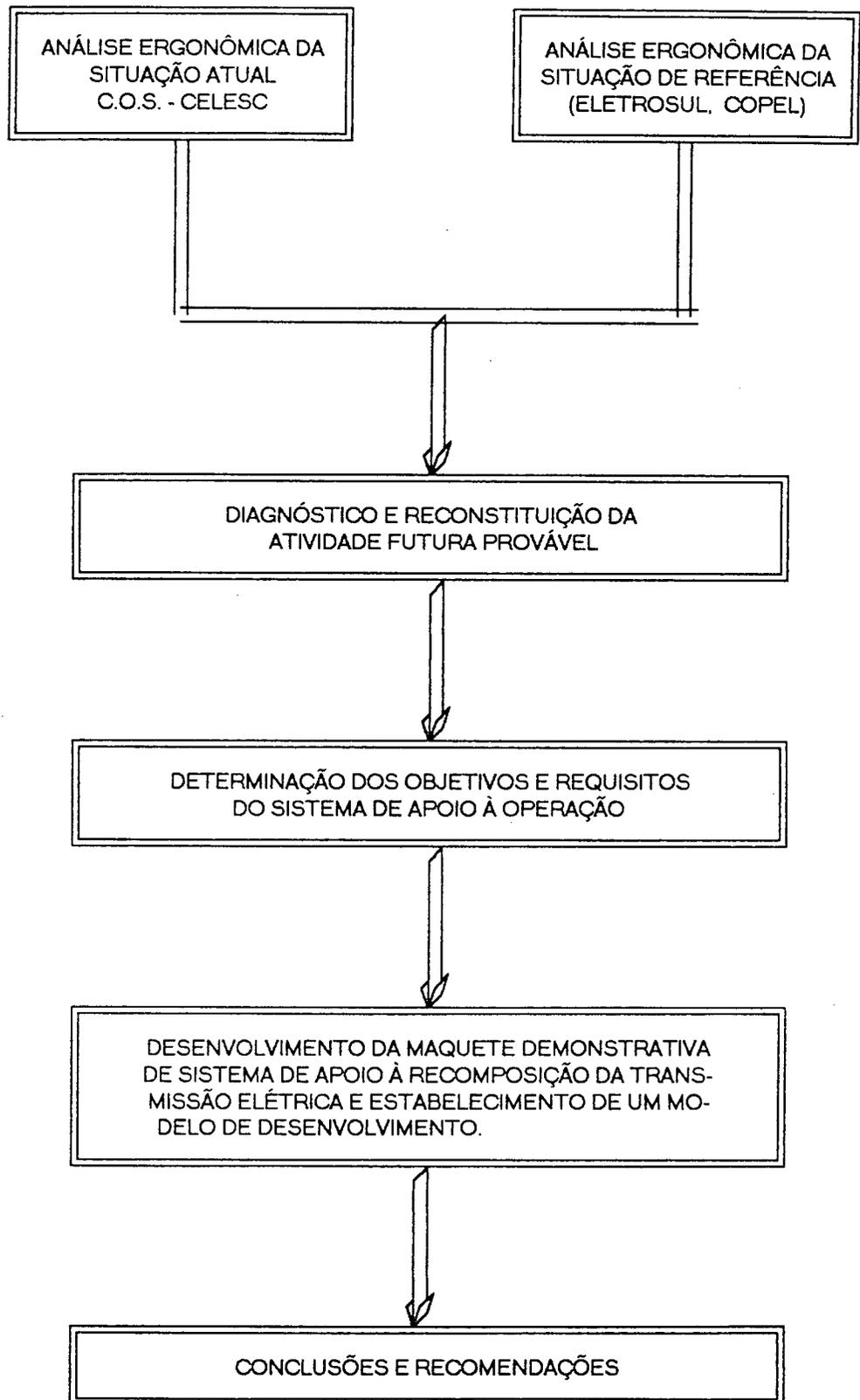


Figura 1.1 - Esquema geral da organização do trabalho.

No capítulo IV, a partir de uma análise inicial, o trabalho foi delimitado em função dos aspectos mais relevantes e em concordância com os objetivos. Em seguida, aplicou-se a metodologia da análise ergonômica do trabalho na situação atual (CELESC), assim como nas situações de referência automatizadas (ELETROSUL, COPEL), visando levantar principalmente a atividade real, os seus aspectos críticos, condicionantes e a influência destes no desempenho dos supervisores do sistema, para finalmente, realizar a reconstituição da atividade futura provável, através de conclusões e recomendações.

No capítulo V, são determinados os objetivos e requisitos do sistema de apoio à operação, em função principalmente dos resultados da análise ergonômica. Da mesma forma, é implementada uma maquete e estabelecido um modelo de desenvolvimento do sistema de apoio à operação, considerando, a base de conhecimento, representação do conhecimento e a estrutura funcional. Por último, são apresentados os resultados dos testes com a maquete e as conclusões.

Finalmente, no capítulo VI, são apresentadas as conclusões e recomendações gerais e sugestões para futuros trabalhos.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS E METODOLOGIA.

Neste capítulo são feitas as considerações sobre os fundamentos teóricos que servirão de base ao trabalho. Primeiramente, são apresentadas considerações gerais sobre ergonomia e as suas diversas áreas de aplicação na atividade humana. Em seguida, são examinados os aspectos fundamentais da psicologia cognitiva relacionados com a atividade no trabalho. Também são tratados aspectos gerais sobre sistemas especialistas. Da mesma forma, é apresentada a relação entre ergonomia e sistemas especialistas. Finalmente, é discutida a metodologia da análise ergonômica do trabalho e, também, a metodologia para modelagem de um sistema especialista de apoio à função de recomposição do sistema.

2.1. Algumas considerações gerais sobre ergonomia.

2.1.1. Definição de ergonomia.

A Ergonomia, definida pela Sociedade de Ergonomia de Língua Francesa (SELF), como "uma disciplina que agrupa os conhecimentos da fisiologia, da psicologia e das ciências conexas aplicadas ao trabalho humano em vistas de uma melhor adaptação dos métodos, dos meios e do ambiente de trabalho ao homem" (Wisner,1988).

Atualmente, a ergonomia é considerada uma disciplina autônoma, baseada em resultados experimentais, obtidos a partir do estudo empírico e que pode proporcionar informações certas para modificar as instalações, as máquinas, equipamentos, ferramentas e softwares, assim como a tecnologia para adaptar melhor o trabalho ao homem.

A ergonomia serve para fins múltiplos: em primeiro lugar, para reduzir ou eliminar os riscos profissionais à saúde, em segundo lugar, para melhorar as condições de trabalho, com a finalidade de evitar um incremento da fadiga provocada pela elevada carga global de trabalho em suas varias dimensões: carga física derivada do esforço muscular, carga psíquica e carga cognitiva; finalmente, para permitir uma maior eficiência das atividades produtivas.

Segundo Dos Santos (1991a), com frequência, a experiência e as vivências dos trabalhadores podem contribuir nas suas atividades, efetuando aportes decisivos para a melhoria das condições e do meio ambiente de trabalho, uma vez identificados os aspectos críticos e detectado cientificamente suas causas e origens.

As transformações operadas no processo de trabalho, pela introdução das novas tecnologias informatizadas e automatizadas, ampliam substancialmente o campo de ação da ergonomia e colocam em relêvo a existência de uma importante atividade cognitiva por parte dos trabalhadores, sem a qual os novos equipamentos e os "softwares", seriam incapazes de desenvolver todas as suas potencialidades.

2.1.2. Ergonomia Cognitiva.

A ergonomia cognitiva preocupa-se com os aspectos da atividade mental realizada pelo operador. Assim, a aplicação da análise ergonômica da atividade mental visa adequar as exigências cognitivas da tarefa ao usuário. A ergonomia cognitiva permitirá a otimização do esforço dispendido para compreender e desenvolver a tarefa, facilitando o processo mental para a tomada de decisões e execução de determinada ação.

Assim, segundo Hoc (1988), A ergonomia cognitiva tem uma finalidade social, de melhorar as condições de trabalho, especialmente no contexto do trabalho computadorizado. Para isto, existe a necessidade de adotar um enfoque multidisciplinar, abordando principalmente duas classes de problemas: treinamento no uso dos softwares e apoio ao trabalho cognitivo humano mediante sistemas de informação.

Como refere Dos Santos (1991b), o ser humano ao desenvolver um trabalho, desenvolve uma atividade física e mental; o trabalho mental não se opõe ao trabalho físico, ele o complementa e diz respeito a todos os aspectos do trabalho humano que implicam um tratamento da informação.

Segundo Wisner (1987), as atividades mentais têm pelo menos dois aspectos: Cognitivo e psíquico, sendo que qualquer um pode determinar uma sobrecarga, o sofrimento. A dimensão cognitiva refere-se aos processos mentais relacionados com a atividade, por exemplo, temos as atividades de inspeção, seleção, controle, planejamento, etc. A dimensão psíquica, pode ser definida em termos de "níveis de conflitos", isto é, o nível em que a carga de trabalho, ou outro fator, pode

determinar alterações afetivas. O aspecto psíquico da tarefa está às vezes, oculto, mas, às vezes, é predominante: atitude agressiva, desânimo, etc. A análise no presente estudo considerará principalmente os aspectos cognitivos no desenvolvimento da atividade.

Kalsbeek (1985), afirma que, em relação ao conteúdo cognitivo da tarefa, o principal aspecto é a tomada de decisão, por ser a que pode produzir maior sobrecarga. Porém, as tomadas de decisão estão longe de ser os únicos componentes da atividade cognitiva, devem-se considerar também o aspecto perceptivo, relacionado principalmente com as atividades de identificação e reconhecimento, a análise da informação (raciocínio sob todas as suas formas), etc. O aspecto mais crítico é provavelmente a memória que pode ser de curto ou longo prazo. A memória de curto termo requer de um esforço mental durante todo o período de memorização. Trata-se de uma memória ativa se comparada com a memória passiva dos computadores. Com respeito à memória de longo termo, a atividade crítica é a procura necessária para encontrar a informação desejada.

Segundo Rutenfranz (1989), as capacidades de memorização são baixas em indivíduos cansados ou com sono. Um esforço cognitivo no período que precede ao período de repouso noturno produz dificuldades no sono.

2.2. A ergonomia e as suas diversas áreas de aplicação dentro da atividade humana.

As tarefas estudadas sob o termo geral de "trabalho cognitivo" são muito variadas, entre elas temos: as tarefas de diagnóstico (medicina, enfermagem, manutenção, etc.), as tarefas de controle de qualidade, as tarefas de controle de tráfego (aéreo, marítimo, ferroviário e rodoviário), tarefas de vigilância e regulação de processos automáticos, as tarefas de pilotagem, as tarefas de concepção de produtos, as tarefas de comando à distância, tarefas administrativas (automação de escritórios), etc.

A ergonomia de produto está relacionada com a concepção do objeto fabricado, considerando os dados ergonômicos correspondentes aos usuários (adaptação do produto ao consumidor). No entanto a ergonomia da "produção" envolve um vasto campo relacionado com os meios de produção e de serviços, preocupando-se essencialmente com as características e condições da situação de

trabalho, visando a diminuição do sofrimento do operador e de sua carga de trabalho e, conseqüentemente, o aumento da produtividade.

A ergonomia da informática, por sua vez, envolve os setores: dos materiais propriamente ditos (telas, teclado, periféricos, etc), do ambiente de trabalho, da organização do trabalho, ergonomia de software e/ou ergonomia de assistência aos operadores.

Dentro do enfoque da ergonomia de produção, destaca-se o setor da ergonomia dos processos contínuos. Segundo Sperandio (1989), a produção do tipo processo contínuo, encontrada em centrais elétricas, indústria petroquímica, etc., é geralmente regulado por um sistema informático centralizado que toma conta dos controles de regulação, mas que deixa ao operador uma parte importante do trabalho de vigilância e de regulação. O operador humano pode ter como tarefa essencial, a manutenção do funcionamento normal de um determinado processo. Neste caso, o homem age para restabelecer a estabilidade em caso de anormalidade. Aqui os pontos principais da intervenção ergonômica são: a implantação física da sala de controle, a configuração sinóptica de visualização e a assistência cognitiva ao operador.

Com relação a assistência cognitiva ao operador, pensa-se em primeiro lugar na contribuição potencial da inteligência artificial. Existem já alguns sistemas especialistas que realizam tarefas de diagnóstico ou de tomada de decisão. Pelas limitações técnicas das máquinas em relação ao homem, não é recomendável a substituição completa do operador. "Uma assistência inteligente ao operador para as tarefas que apresentam a necessidade de escolher um grande número de informações num tempo curto antes de tomar uma decisão, poderá ser a escolha previa destas informações pelo computador; o diagnóstico final e sobretudo a decisão final permanecem no operador humano." (Sperandio, 1989).

Por outro lado, segundo Dos Santos (1991a), a ergonomia de software preocupa-se, não só, com os aspectos externos do software, ou seja, as características da utilização do sistema desenvolvido, como da apresentação de informações adequadas, controle do programa e diálogo facilitado, etc. Também, é necessária a intervenção ergonômica na fase de desenvolvimento do programa, isto porque, é muito difícil modificar as características de utilização de um software, previamente desenvolvido, ou estabelecer recomendações adequadas, anteriores ao seu desenvolvimento.

Com relação a concepção de softwares para sistemas complexos, segundo Richard (1983) e Falzon (1989), a concepção e adaptação dos softwares às características de funcionamento do homem atende a dois aspectos:

- A adaptação às características psicofisiológicas gerais do ser humano, levando-se em conta as mais desfavoráveis situações de trabalho. Neste sentido, procura-se uma adequada apresentação das telas do sistema, evitando dificuldades na percepção visual ou na compreensão da lógica de utilização. Da mesma forma, procura-se limitar as solicitações da memória de curto termo e respeitar os estereótipos mais corriqueiros

- A adaptação do sistema de apresentação da informação e de diálogo à dinâmica das ações do operador. Segundo Falzon (1989), este aspecto não pode ser abordado apenas a partir de uma consideração de dados e recomendações disponíveis na literatura. Ao contrário, trata-se de, para cada situação de trabalho a ser concebida, procurar meios de prever as características pertinentes da estrutura da ação futura dos operadores.

Portanto, a análise das atividades no posto de trabalho, é necessária para estas adaptações. Também permite estabelecer as funcionalidades de que o software deve dispor e a forma de codificar as informações.

2.3. Aspectos fundamentais da psicologia cognitiva relacionados com o desenvolvimento da atividade de trabalho.

Segundo Sperandio (1989), a psicologia cognitiva, é a parte da psicologia que se interessa, principalmente, pela maneira como o homem resolve problemas. O desenvolvimento da psicologia no campo dos processos intelectuais, contribuiu consideravelmente no desenvolvimento das pesquisas em psicologia cognitiva e de suas bases metodológicas e teóricas, bases nas quais se apoia a análise ergonômica da atividade cognitiva.

Com relação aos sistemas computacionais, as bases da psicologia cognitiva, são importantes na concepção das interfaces dos sistemas computacionais, para que se possa compreender as representações mentais do usuário e para auxiliar o analista na sua concepção de aplicações interativas.

A princípio, pensou-se que as atividades mentais poderiam ser percebidas através de uma forma particular de observação, a observação interior ou introspecção. A corrente behaviorista finalmente impôs a idéia de que os únicos métodos de observação com valor científico são os que se referem aos comportamentos, o que é aceitável, desde que se considere a atividade verbal como um comportamento.

Portanto, as atividades mentais podem ser inferidas a partir dos comportamentos e verbalizações e podem ser simuladas pelos modelos de tratamento da informação. Elas têm, então, características que lhes permitem ser testadas empiricamente, como o conteúdo de toda teoria científica.

2.3.1. A arquitetura cognitiva.

Segundo Richard (1990), a arquitetura cognitiva é a descrição dos diferentes elementos que constituem o sistema cognitivo e de suas relações. Trata-se de uma arquitetura funcional na medida em que, não conhecemos as estruturas neuro-anatômicas que correspondem a estes elementos. A arquitetura funcional é uma descrição estática das diferentes funções do sistema cognitivo (construção das representações, regulação, elaboração de decisões, etc.), ou, também, uma descrição do tratamento dado pelo homem a essas funções. Neste sentido, o funcionamento cognitivo deve ser considerado como o funcionamento de um sistema.

A descrição funcional de um sistema, num primeiro nível, comporta a descrição dos elementos do sistema e a descrição das relações entre estes elementos. Neste sentido, na figura 2.1, observa-se as funções ou elementos do sistema e setas para designar as relações entre estas funções. A descrição do funcionamento cognitivo consiste em precisar o significado destas setas. Esta descrição representa a atividade mental.

Anderson (1983), afirma que as funções do sistema cognitivo, são desenvolvidas através dos fenômenos mentais, que se manifestam através de diversos tipos de atos: atos inteligentes, atos reflexos, atos instintivos e atos habituais, enquanto a inteligência está constituída por processos de aquisição (percepção), processos de conservação (memória) e, por último, por processos de elaboração complexos (generalização, abstração, raciocínio, juízo, imaginação, análise, etc.).

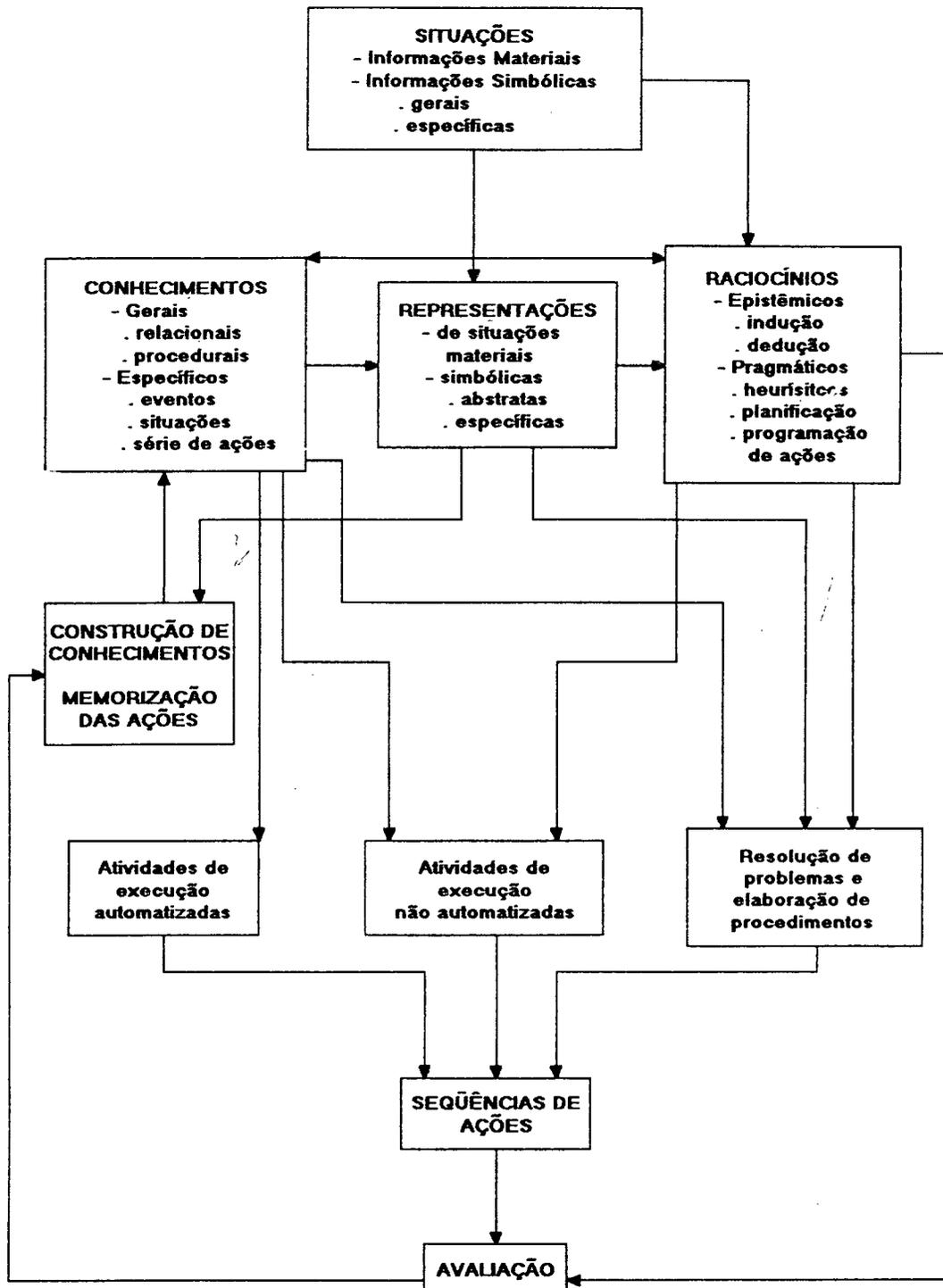


Figura 2.1 - Esquema da Arquitetura do Processo Cognitivo.
(Richard, 1990)

Com respeito à afetividade, ela se manifesta através do prazer, sentimentos, tendências. Uma observação importante acerca dos processos afetivos é que impulsionam e direcionam os processos intelectuais. Assim; a motivação é o estímulo mais poderoso, até hoje descoberto, para levar o indivíduo a novos e mais árduos esforços.

2.3.2. Funções do sistema cognitivo relacionadas com a tarefa.

Em relação ao sistema cognitivo, segundo Richard (1990), distinguimos seis grandes funções: 1) a construção de estruturas cognitivas permanentes (conhecimentos, crenças); 2) construção das estruturas cognitivas transitórias (representações e imagem operativa); 3) produção de inferências; 4) tratamento da informação; 5) elaboração das decisões de ação e 6) funções de diagnóstico, regulação e controle.

2.3.2.1. Construção de estruturas cognitivas permanentes.

Os conhecimentos são estruturas cognitivas permanentes. Esta função garante a evolução do sistema cognitivo permitindo o enriquecimento através de experiências. Existem dois modos de construção dos conhecimentos que, em geral, contribuem para a aprendizagem. Os conhecimentos podem ser construídos a partir de informações simbólicas veiculadas pelos textos ou ser construídos pela ação e experiência, à partir da resolução de problemas. O primeiro modo produz principalmente (mas não exclusivamente) conhecimentos declarativos ou relacionais, o segundo sobretudo conhecimentos procedurais.

Quando falamos em conhecimentos, não lhes atribuímos simplesmente um caráter de verdade: eles são verdadeiros ou falsos dependendo do referencial; o que é importante é que eles estejam na memória do indivíduo, e que possam tornar-se eficientes.

2.3.2.2. Construção de estruturas cognitivas transitórias: as representações e imagem operativa.

Representação é a utilização dos conhecimentos para dar significado de conjunto aos elementos percebidos numa determinada situação de determinada tarefa, bem como dar significado particular para cada elemento. A representação

permite compreender a tarefa numa determinada situação, permitindo estabelecer sequências de ações (planejamento) e regular o desenvolvimento da tarefa.

São construções que constituem o conjunto das informações levadas em conta pelo sistema cognitivo na realização da tarefa. Elas desempenham, então, um papel central na elaboração de decisões, visto que são as únicas informações referentes à situação e à tarefa, a partir das quais são elaboradas as decisões de ação.

As representações são elaboradas a partir das informações provenientes da situação e das inferências realizadas, devendo ter estas, compatibilidade com as informações contidas na memória.

As representações levam em conta o conjunto dos elementos da situação e da tarefa, são portanto muito particularizadas, ocasionais e precárias por natureza. É suficiente que a situação mude ou que um elemento não observado da situação seja agora levado em conta para que a representação seja modificada. Elas são por natureza transitórias: uma vez terminada a tarefa, são substituídas por outras representações ligadas a outras tarefas.

Do ponto de vista do funcionamento cognitivo, a diferença entre conhecimento e representações é que os conhecimentos têm necessidade de serem ativados para serem eficientes, enquanto que as representações são imediatamente eficientes. Isto porque as representações constituem o conteúdo da memória operacional, a saber, as informações gravadas na memória de trabalho e as informações ativadas da memória de longo termo.

Os conhecimentos, ao contrário, são gravados na Memória de Longo Termo (MLT). Nem todas as informações na MLT estão disponíveis, só uma pequena parte delas: as que têm um nível de ativação suficiente ou que são objeto de uma busca bem sucedida na memória.

Segundo Dos Santos apud Ochanine (1991b), a imagem operativa, é uma função reguladora que permite a ação. Assim, a função cognitiva tende a acumular o máximo de informações sobre os objetos e conduz, então, a uma superabundância informacional, não compatível com a ação rápida e eficaz. Neste sentido, a imagem operativa desenvolve um papel regulador, refletindo apenas algumas partes dos objetos, aquelas que são mais diretamente úteis, ou seja, a escolha de informações, se faz, sobre critérios de finalidade de tarefa. Praticamente, a operatividade se

traduz, no plano cognitivo, por uma filtragem seletiva dessas informações e, no plano da ação, por uma "concordância" adaptativa.

A noção de representação é mais central em psicologia cognitiva. Entretanto, está longe de ser clara e, segundo os autores, apresenta concepções bastante diferentes.

2.3.2.3. Produção de inferências (raciocínio).

As inferências consistem na produção de novas informações a partir das informações existentes na memória, ou seja, os conhecimentos e as informações procedentes da situação. Elas são de dois tipos: epistêmicas e pragmáticas. As epistêmicas, tem por finalidade a compreensão (o porque) e contribuem para as representações. Ex: chuveiro que não esquentar. Conforme nossos conhecimentos e a verificação de condicionantes para o fato, conclui-se: "queimou a resistência". As Pragmáticas, produzem os objetivos da ação, planificação ou série de ações e decisões. Ex: -Objetivo: fazer chuveiro funcionar; -Planificação: listagem e avaliação de alternativas (comprar chuveiro novo, trocar resistência, etc).

2.3.2.4. Tratamento da informação.

Tratamento de informação é lhe dar um sentido ou transformá-la. Em geral temos os seguintes tipos de tratamento de informação: algoritmos, heurísticas e estratégias.

O algoritmo é um conjunto de regras precisas, que define um procedimento, destinado a obter um resultado determinado, a partir de certos dados iniciais. Sua utilização é pouco comum no homem. Ex: controladores de navegação aérea.

A heurística é uma sequência de pensamento ou raciocínio probabilístico. Não sabemos onde se dirige exatamente. Geralmente, o raciocínio está baseado na experiência e em casos análogos. Pode-se revelar mais rápida. Seu uso é muito comum no homem. Ex: controle com radar; procurar causa de um defeito.

Por último a estratégia, é definida como a maneira de agir própria do saber-fazer de cada indivíduo.

Em geral a informação submete-se a processos de detecção, discriminação e interpretação, o que nos permite a elaboração de respostas. Enquanto ao controle do tratamento ou processo, pode ser de vários tipos: por conceitos (acontecimentos), controle por dados ou sinais, por programas (procedimento pré-determinado).

É necessário ressaltar o compromisso funcional entre memória e o tratamento da informação. Assim temos que, para evitar refazer muitas vezes os mesmos tratamentos, é preciso memorizar os resultados sobre uma forma facilmente acessível. Ao contrário para ser aliviado o estoque de material memorizado devem ser refeitos os tratamentos. Por último, temos, o tempo compartilhado, que permite fazer vários tratamentos, quase ao mesmo tempo, aproveitando-se intervalos entre exigências específicas.

2.3.2.5. Elaboração das decisões de ação.

As decisões de ação constituem as produções do sistema cognitivo. Sua elaboração corresponde a três tipos de tarefas para o sistema cognitivo:

- Tarefas de resolução de problemas, isto é, a elaboração de procedimentos que dependem da representação da situação;
- Tarefas de execução não automatizadas, que correspondem a situações para as quais existem procedimentos gerais na memória, que devem ser adaptados ao caso particular mediante a elaboração de uma representação e imagem operativa;
- Tarefas de execução automatizadas, mediante a ativação dos processos cognitivos específicos, já existentes na memória;

Estas três tarefas correspondem a níveis diferentes de elaboração das decisões e se diferenciam pelo papel, maior ou menor, que os conhecimentos estocados na memória desempenham nesta elaboração.

2.3.2.6. Orientação das atividades mentais: função de regulação e controle da atividade.

Esta função é difícil de representar num esquema estático, porque ela está ao mesmo tempo na entrada e na saída das outras funções. Convém distinguir duas componentes: A primeira, é o que nós chamamos da regulação da atividade; que

consiste em selecionar as tarefas a realizar e em ordená-las no tempo em função das condicionantes e objetivos da atividade, a segunda componente; é o controle, que se refere à realização da tarefa e seu bom desenvolvimento e apresenta ele mesmo um duplo aspecto. Antes da realização, o controle garante a planificação; e depois dela, ela garante a avaliação dos resultados da ação. Neste sentido pode ser a origem de uma reorientação da atividade para o restabelecimento da representação da situação, ou pode dar lugar à formulação de novos objetivos, como a recuperação de erros ou de incidentes.

2.3.3. As características da memória de trabalho.

A memória de trabalho, é a que contém informações operativas, isto é, informações que estão disponíveis para a tarefa e para os tratamentos aferentes. As informações da memória de trabalho são mantidas ativas durante o desenvolvimento da tarefa.

Segundo Dos Santos (1991b), a memória de trabalho, por sua vez, divide-se em memória sensorial que registra as informações entre 0,1 e 0,5 segundos e depois desaparece e a memória de curto termo ou de trabalho propriamente dita, que é acionada continuamente no desenvolvimento da atividade e permite reter em memória 7 itens durante só 2 segundos, constituindo-se um limite para o ser humano.

Consideram-se três características da memória de trabalho (MT) segundo Cohen (1986), que têm uma importância maior para os tratamentos cognitivos: a capacidade de armazenamento ou rapidez de codificação; a caducidade da informação na M.T.; e a recuperação da informação na M.T.

Com relação à capacidade de armazenamento ou rapidez de codificação, Richard (1990), refere que, de acordo com várias pesquisas desenvolvidas em diferentes grupos (Chi 1976, Cohen 1977, Dempster 1978), pode-se concluir que: "quanto mais é preciso atenção para identificar os itens, mais é difícil retê-los na memória". Também podemos dizer que a taxa de retenção na MT, é determinada pela rapidez de codificação da informação.

No que diz respeito à caducidade da informação na memória de trabalho, podemos dizer que, "o esquecimento é rápido na MT quando a repetição mental é impossível" (Richard, 1990). Isto pode ser experimentado quando se é interrompido

em uma operação de cálculo de maior complexidade, onde o indivíduo esquece o resultado do último cálculo que acabou de fazer e, frequentemente, também esquece onde estava dentro da operação. Este é um fato muito experimentado em nosso cotidiano.

Finalmente, como fora ressaltado por Cohen (1986), diversas pesquisas estabeleceram de modo particularmente convincente o caráter sequencial da recuperação da informação na MT. Pode-se dizer, também, que o tempo desempenha um papel importante na eficiência cognitiva, porque num tempo determinado o valor da recuperação da informação na MT vai variar.

2.3.4. O fenômeno de experiência e automatismo.

Segundo Wisner (1988), a representação da tarefa de um operário experiente, é diferenciada daquela de um operário inexperiente. O operário experiente tem maior facilidade na criação de estratégias, este tem já incorporados diversos automatismos.

O operário que repete frequentemente as mesmas tarefas, por períodos suficientemente longos, adquire automatismos que lhe permitem executar as tarefas mais rapidamente e com uma mobilização mínima de seus processos conscientes. As atividades mentais com mais performance são em geral muito automatizadas.

Num plano de formação é necessário criar no indivíduo o máximo de automatismos, para todas as tarefas repetitivas com a finalidade de permitir alocar o máximo de tempo para as atividades mais complexas, que precisam desenvolver prática no uso das ferramentas cognitivas.

Por outro lado, assim como a experiência e conhecimentos anteriores podem facilitar a aprendizagem, também podem trazer dificuldades, por interferir ou entrar em contradição com os novos conhecimentos, numa situação nova de trabalho. Neste caso, precisa-se um período para "desaprender".

2.3.5. Etapas no desenvolvimento da tarefa.

Segundo o modelo de Rasmussen (1980), podem se distinguir seis etapas no desenvolvimento da tarefa:

-Detecção: O operador toma conhecimento de um fato que pode ser normal ou anormal.

-Discriminação: Fase de aquisição seletiva de informações, o operador focaliza sua atenção sobre os valores assumidos por certos parâmetros e sobre sua evolução.

-Diagnóstico: O operador tenta atribuir um significado aos dados da situação que ele julga pertinente e interpreta o estado do processo.

-Resolução de Problemas: Quando o diagnóstico foi estabelecido, o operador examina, em função dos objetivos pré-estabelecidos e de um certo número de outros critérios, as estratégias a serem desenvolvidas.

-Tomada de decisão: O operador escolhe uma estratégia de ação e planifica sua atividade de maneira a atingir o objetivo que ele fixou.

-Ação: O operador executa seu plano de ação, regula e controla o resultado de sua atividade.

2.4. Considerações sobre sistemas especialistas.

Os sistemas especialistas são ferramentas computacionais baseadas em conhecimento e ajudam as pessoas a analisar problemas e a tomar decisões.

Como referem Harmon e King (1988), um sistema especialista (S.E.) pode ser caracterizado como um sistema que reproduz e explora os conhecimentos fornecidos por especialistas em determinadas áreas de conhecimento. Estes especialistas têm a capacidade de resolver problemas difíceis, explicar resultados obtidos, aprender a reestruturar conhecimentos, etc. Os S.E. por sua vez, com a tecnologia disponível atualmente, são bem mais limitados, eles procuram mimetizar a solução dos problemas e são capazes de explicar alguns aspectos ligados à solução encontrada. Estes problemas são difíceis de serem representados, pois os especialistas têm dificuldades em explicitar o seu modo de raciocínio de uma maneira analítica.

No que diz respeito a estrutura básica de um S.E., ela é composta, em primeiro lugar por uma base de conhecimentos que contém dados (fatos do sistema)

e regras (fatos condicionais), ou outra representação destes fatos e, em segundo lugar, por um mecanismo de inferência, que são procedimentos gerais que controlam o uso da base de conhecimento, na procura de uma solução para um problema. O mecanismo de inferência, também contém módulos de diálogo e coleção de dados, módulo global que registra o status e histórico do problema em determinado ponto da execução e um módulo explicativo. Alguns autores, separam os módulos mencionados do mecanismo de inferência.

Com relação às etapas de desenvolvimento de sistemas especialistas, segundo Neto (1988), um processo geral está constituído pelas seguintes etapas: a) análise das características do problema e aquisição do conhecimento; b) representação do conhecimento; c) elaboração do protótipo; d) teste e avaliação do protótipo; e) versão melhorada. Cabe ressaltar, que quando necessário, deve-se realimentar e reformular cada etapa do processo.

A representação ou codificação do conhecimento, é uma das tarefas principais na construção de Sistemas especialistas, porque através dele o sistema realiza inferências, diagnósticos e tomada de decisões. Segundo Harmon e King (1988), as maneiras mais comuns de representar o conhecimento são : as redes semânticas, expressões lógicas, frames e regras de produção. No presente estudo serão consideradas as duas ultimas formas de representação, por ser as mais populares e flexíveis.

Os frames, estão constituídos por objetos, que representam entidades físicas ou conceituais. A descrição de cada objeto é feita mediante "slots". Slots, são espaços a serem preenchidos com valores de atributos ou características do objeto. Assim os slots podem armazenar valores, sendo que na ausência deles podem ser assumidos valores "default". A seguir exemplifica-se este tipo de representação de conhecimento.

Objeto: Transformador.	
Atributos	Valores
Código	T T 3
Estado	Ligado
Capacidade	25 MVA.

Segundo Waterman (1985), a regra de produção, é a maneira mais popular de representação do conhecimento. São expressas em sentenças do tipo SE - ENTÃO. Num sistema especialista as regras de produção representam fatos, alternativas de ação ou diretivas, recomendações, etc. Elas adicionam novos fatos à base de conhecimentos, realizam inferências e conduzem o processo até chegar a uma conclusão sobre o problema tratado.

2.5. Ergonomia e sistemas especialistas.

Geralmente no desenvolvimento de S.E. são analisados os problemas, reduzindo sua solução a uma questão de proceder a uma sequência pré-especificada de passos, afetando sua flexibilidade e adaptabilidade. Isto faz com que se torne mais difícil adaptar os sistemas especialistas desenvolvidos às características humanas e da atividade, reduzindo sua eficiência.

Segundo Hoc (1988), a ergonomia pode trazer uma ajuda metodológica na análise do trabalho, para extrair e analisar os conhecimentos do operador quando se quer construir S.E. Não se pode recolher os conhecimentos só com uma conversa muito longa. Precisa-se o emprego de uma metodologia rigorosa, que decorre da metodologia experimental. "Muitos analistas e programadores acreditam equivocadamente que podem eles mesmos, sem preparação metodológica adequada, realizar este trabalho de recolhimento, que necessita de uma boa prática de entrevistas individuais dirigidas numa perspectiva de análise cognitiva" (Sperandio, 1989).

Assim, o S.E., que é uma ferramenta para ser usada por humanos, deve apresentar a as características ergonômicas exigidas para todo software: funcionalidades, representação representações mentais implicadas, diálogos facilitados, apresentação clara, lógica de utilização coerente com a lógica do usuário, linguagem natural da situação de trabalho, entre outras.

Enfim, a última etapa onde a ergonomia poderá ser útil, é na avaliação do S.E. junto aos usuários, como se deve fazer para qualquer outra ferramenta.

2.6. Metodologia.

2.6.1. Metodologia da análise ergonômica da atividade cognitiva do trabalho.

A análise ergonômica do trabalho é uma metodologia que permite definir melhor a realidade e condições de trabalho.

Em síntese, os principais objetivos da análise ergonômica da atividade mental são: levantar a atividade real, formalizando as heurísticas, algoritmos e estratégias empregados durante as diversas fases da atividade; mostrar os mecanismos de regulação da ação, em função das características da tarefa e do homem; levantar os aspectos críticos e condicionantes da atividade; adaptar as ferramentas de trabalho às características levantadas procurando uma maior eficiência para o menor custo humano, no desenvolvimento das atividades. Enfim, a ergonomia se interessa então por tudo o que possa influenciar a atividade do usuário.

Segundo Mielke (1991), para levantar a atividade ou processo mental real, é necessário compreender o que se passa na mente do operador, quando ele está executando a sua tarefa. Também, devemos conhecer seu saber declarativo e procedural, a representação mental que ele tem de sua tarefa e dos objetos sobre os quais ele opera.

Scapin (1986), diz que, objetivamente, a análise ergonômica do trabalho mental procura evidenciar através dos comportamentos manifestos, situações onde o sujeito recebe mais informações do que consegue tratar, ou em que recebe informações que ele representa de uma maneira que o leva a cometer erros.

Assim, para fins metodológicos, a ergonomia, procura evidenciar a distinção entre o trabalho prescrito, comumente chamado *tarefa*, definida pela direção aos trabalhadores, e o trabalho real ou *atividade*, que é o que efetivamente realiza o trabalhador em seu posto de trabalho.

A análise da tarefa compreende três fases inter-relacionadas: a primeira consiste em situar e delimitar o sistema homem-tarefa a ser analisado, no contexto da empresa. Também são definidos os aspectos que serão abordados prioritariamente dentro do sistema delimitado. A segunda fase é a descrição do sistema homem-tarefa, isto é a identificação das exigências de trabalho, (descrição

do operador, organização do trabalho e dos turnos, funções e atividades, etc.) . Por último, realiza-se uma avaliação de cada exigência identificada.

Com respeito à análise da atividade, segunda etapa do método, esta consiste na análise do trabalho efetivamente realizado ou "real", visando compreender como o homem desenvolve sua atividade no trabalho, ou seja, como ele detecta, identifica, decodifica, representa, imagina, resolve problemas, organiza estratégias, toma decisão e age. Todavía, a ergonomia, não procura elaborar teorias que devam ser coerentes com os fatos observados. A ergonomia contenta-se com modelos, ou seja, analogias aproximadas, que diz respeito a alguns aspectos da atividade analisada. Segundo Dos Santos (1991b), do ponto de vista metodológico, a ergonomia parte de uma análise de comportamento, isto significa que a atividade cognitiva, somente pode ser conhecida através de procedimentos manifestos ou traços observáveis.

Neste sentido, pode-se então classificar, para efeito da análise, os comportamentos do homem no trabalho, em quatro grandes categorias: comportamentos não verbais espontâneos, comportamentos não verbais provocados, comportamentos verbais não provocados e comportamentos verbais provocados.

Os comportamentos não verbais espontâneos, são levantados junto as atividades do operador, tal como elas são efetuadas sem a presença do analista . Pode-se observar ações , movimentos, posturas,etc.

Os comportamentos não verbais provocados, se referem principalmente à experimentação e simulação em laboratório Esta técnica não é muito útil na análise ergonômica do trabalho . Não foi utilizada esta técnica no presente estudo.

A análise dos comportamentos verbais, é uma técnica que dá melhores resultados, sobretudo; quando aplicado nas atividades de predominância cognitiva. Assim,temos os comportamentos constituídos pelas verbalizações espontâneas durante o desenvolvimento da atividade. Infelizmente; os comportamentos verbais no trabalho geralmente devem ser provocados, devido principalmente às limitações temporais, o que limita sua utilidade como técnica de análise. Segundo Anderson (1983), os comportamentos verbais provocados têm uma participação importante na análise da atividade.

O presente estudo, baseou-se principalmente na análise dos comportamentos verbais provocados. Esta análise, foi realizada com extremo senso crítico, para evitar criar condições artificiais ao interrogado.

Por outro lado, sabe-se, que as pessoas não são sempre, capazes de explicar seus procedimentos de trabalho, sobretudo quando elas desenvolvem procedimentos automáticos. Neste sentido, o levantamento de dados foi complementado com observações sistemáticas e diretas das atividades, desenvolvidas pelo homem no trabalho, em diferentes horários e situações, levantando-se as operações realmente efetuadas, frequência e modos operativos.

Algumas técnicas complementares, para evidenciar essa atividade cognitiva, consistiram em apresentar ao operador situações problema, observando-se suas reações, analisando os conhecimentos prévios e fatores motivantes, observando e analisando seus erros, esquecimentos, incidentes, as informações que ele dá preferência para alcançar determinado objetivo e em que ordem e com que frequência, informações que levam a erros, a influência dos objetivos nas estratégias empregadas pelos operadores, analisando assim a interação entre o operador e o sistema.

Baseados nestas técnicas, foi levantada a atividade efetiva, os processos de comportamento e cognitivos dos sujeitos e as dificuldades encontradas durante o desenvolvimento da função de recomposição do sistema de transmissão elétrica .

Os principais tópicos abordados foram: a) Detecção e discriminação das informações: processo de tomada de informações, e b) Análise do tratamento das informações: codificação, interpretação e tomada de decisão.

Com relação ao levantamento inicial de dados, este foi feito através de entrevistas, observação e consulta bibliográfica a documentos, normas e arquivos. Este levantamento inicial permitiu direccionar e delimitar o estudo.

Esta metodologia de análise foi aplicada na situação atual (CELESC) e nas situações de referência automatizadas (ELETROSUL e COPEL), o que possibilitou a reconstituição da atividade futura provável, que permitiu identificar os aspectos mais críticos da gestão operacional e suas condicionantes.

2.6.2. Metodologia para a elaboração de um modelo de desenvolvimento do sistema de apoio à função de recomposição.

Baseado na análise ergonômica da situação atual e das situações de referência, assim como na base de conhecimentos da função; foram estabelecidos os objetivos e requisitos do sistema de apoio à operação da função de recomposição do sistema de transmissão de energia elétrica (SAO).

Na etapa seguinte realizou-se, parcialmente, a representação do conhecimento mediante "frames" e "regras de produção".

Em seguida, determinou-se a estrutura funcional do SAO, isto é interface usuário-sistema, processo de inferência, banco de dados e ou programas complementares, baseados principalmente nos objetivos e requisitos estabelecidos no capítulo V.

Finalmente, desenvolveu-se uma maquete demonstrativa do sistema inteligente de apoio à função de recomposição do sistema (SAO). A elaboração do modelo de desenvolvimento do sistema, foi auxiliada por esta maquete, que submetida a testes e avaliações permitiu realimentar e reformular o modelo.

3. BREVE DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO ELÉTRICA.

3.1. O sistema de transmissão elétrica.

A transmissão elétrica de força e de sinais é talvez a contribuição de maior importância que a tecnologia de engenharia ofereceu à civilização moderna. Entre suas visíveis manifestações, as mais expressivas são as linhas de transmissão de alta tensão sobre elevadas torres de aço que cruzam grandes extensões territoriais em todas as direções transportando milhares de megawatts de energia, estas linhas integram as estações geradoras distantes dos centros urbanos com as subestações de distribuição urbana, possibilitando ainda interligar sistemas vizinhos, auferindo daí benefícios técnicos e econômicos. A estrutura descrita conforma o Sistema de transmissão de energia elétrica (ver anexo 2).

Igualmente importantes e expressivos são os milhões de quilômetros de linhas de poste que correm paralelamente às ruas das cidades, rodovias e ferrovias que além de fornecer energia aos usuários domésticos e industriais, podem estar transmitindo sinais de telefonia ou de telegrafia. Esta estrutura constitui o Sistema de distribuição elétrica. O sistema de distribuição é similar, na sua concepção básica e estrutural, ao sistema de transmissão, embora ocupando área bem menor.

O objetivo final de um sistema de energia elétrica consiste em fornecer aos consumidores um produto (energia elétrica) de boa qualidade e economicamente acessível, procurando ao mesmo tempo minimizar possíveis impactos ecológicos. Entende-se aqui como "produto de boa qualidade o fornecimento contínuo de energia elétrica dentro de certos padrões ou faixas previamente especificadas.

De um modo geral a energia elétrica é gerada e transmitida em grandes blocos por unidades geradoras impulsionadas por turbinas a vapor, hidráulicas, carvão ou a gás e ligadas a estruturas adequadas de transmissão.

Toda esta estrutura é gerenciada e monitorada continuamente em modernos centros de despacho de carga mediante sofisticada aparelhagem de controle, verificando o desempenho e segurança da rede, de modo a manter adequados os padrões de qualidade e quantidade de energia suprida ao longo do tempo.

3.2. Estrutura e configuração das subestações.

Basicamente temos dois tipos de subestações: geradoras e de transmissão. As primeiras produzem energia elétrica; as segundas, permitem conduzir e distribuir a energia elétrica produzida.

Do ponto de vista técnico e funcional, todas as subestações apresentam a mesma configuração, envolvendo três setores: setor de alta tensão, setor dos transformadores de potência e setor da baixa tensão.

Os setores de alta e baixa tensão apresentam barramentos principais e de transferência. Barramento é a linha de energia elétrica com magnitudes controladas, que vão alimentar através dela varias outras linhas. Em todos os setores da subestação temos módulos de manobra, proteção e medição. Um módulo de manobra, esta constituído pelos seguintes equipamentos de manobra: uma chave seccionadora, para isolar o barramento, uma chave seccionadora para isolar a linha (transformador), uma chave seccionadora de transferência, chamada também de "by", por ser um caminho alternativo para a energia. Como equipamentos de proteção temos diferentes tipos de relés que acusam qualquer defeito, para-raios, etc. No que respeita à medição temos transformadores de medição de corrente (TC) e transformadores de medição de potencial (TP) entre outros.

Outros equipamentos que se encontram na subestação são: os disjuntores, religadores e alimentadores. Os disjuntores são equipamentos que desligam/ligam outros equipamentos ou instalações quando da atuação da proteção. O religador, é um equipamento que desliga elementos elétricos quando se apresenta uma anormalidade. Se as condições anormais desaparecem dentro de um breve e pre-especificado lapso de tempo, ele volta a ligar ou religar os elementos elétricos de forma automática. Finalmente, os alimentadores, são os pontos de fornecimento de energia elétrica, na saída da subestação , para o sistema de distribuição elétrica.

3.3. Proteções do sistema.

A função principal dos equipamentos de proteção , denominados de relés, é promover uma rápida retirada de serviço de um elemento de um sistema de potência quando ele sofre um curto circuito ou quando começa a operar de modo anormal, evitando assim causar danos no equipamento ou, de outra forma, interferir com a correta operação do resto do sistema. Os relés são auxiliados neste objetivo pelos

disjuntores que devem ser capazes de desconectar o elemento em falta quando da atuação da proteção.

Os disjuntores são geralmente localizados de tal forma que cada gerador, transformador, barramento, linha de transmissão, etc., possa ser completamente desconectado do resto do sistema. Esses disjuntores devem ter suficiente capacidade para conduzir momentaneamente a máxima corrente de curto circuito que possa fluir através dos mesmos e então interromper essa corrente.

Uma função secundária da proteção é promover a indicação da localização e do tipo de defeito, dependendo do tipo de relé ou dos relés que atuaram podemos determinar o tipo e a localização do defeito contando para isto também com o auxílio dos registradores oscilográficos.

Se realizou um levantamento das principais proteções utilizadas na CELESC, assim no que se refere às proteções do transformador temos:

a) Relé 20 - Válvula de pressão elétrica .- Tem a função de reduzir a pressão em tubulações de vácuo, ar, gases, óleo, água ou similares. Só atua quando a pressão é muito alta. Opera por meio de um solenóide.

b) Relé 26 - Relé de temperatura (de óleo).- Opera para valores desejados de temperatura no equipamento onde está aplicado. Na CELESC é usado principalmente para controlar a temperatura do óleo.

c) Relé 49 - Relé térmico .- Opera quando a temperatura do transformador de potência ou retificador de potência, etc. excede um valor pré-determinado. Especificamente controla a temperatura do enrolamento.

d) Relé 50/51. Relé 50 ou relé de sobrecorrente instantâneo: Opera instantaneamente para uma corrente acima de um valor pré-determinado. Relé 51 ou relé de sobrecorrente temporizado: Opera em função de uma característica de tempo definida, quando a corrente ultrapassa o valor pre-fixado, em circuito de corrente alterna. O relé é 50/51N, quando a fase neutra está aterrada.

e) Relé 63 - Relé Buchholz - Opera para um dado valor de pressão de líquido ou gás ou para uma dada taxa de variação destes valores.

f) Relé 64 - Relé de proteção de terra ou de carcaça - Opera em caso de defeito no isolamento do transformador ou outro equipamento, mediante um transformador de corrente ligado na carcaça.

g) Relé 71 - Relé de nível de gás ou líquido - Opera para determinados valores de nível de gás ou líquido ou taxas de variações destes valores. Na CELESC é usado para controlar o nível de óleo.

h) Relé 86 - Chave de bloqueio ou relé de bloqueio de religamento.- Opera eletricamente de modo a desligar e bloquear um equipamento no caso de ocorrência de condições anormais. Este relé é acionado pela atuação anterior de qualquer outro relé ligado a esta chave. Pode ter rearme manual ou elétrico.

i) Relé 87 - Relé diferencial .- Opera em função da diferença proveniente de desequilíbrio existente entre duas ou mais correntes ou outras grandezas elétricas quaisquer medidas nos pontos extremos da área protegida.

No que respeita aos relés de linha temos os seguintes:

a) Relé 67 - Relé de sobrecorrente direcional.- Opera para uma corrente acima de um valor pré-determinado, desligando só num sentido ou direção também pré-determinado

b) Relé 81 - Relé de frequência.- Opera para um pré-determinado valor de frequência ou taxa de variação de frequência.

3.4. Descrição do "sistema supervisor", ou sistema automatizado para controle e operação do sistema elétrico.

O sistema supervisor é um sistema digital de supervisão e controle para o sistema elétrico de potência. Na CELESC, este sistema é constituído por dois subsistemas: o Subsistema de Telecontrole (STC) e o Subsistema de Aquisição de Dados Via Discagem automática do sistema de proteção.(SADDA P).

O Subsistema de Telecontrole (STC), esta dedicado à supervisão e ao controle da operação do sistema elétrico de potência, isto é, subestações e linhas de transmissão. O telecontrole é o processo pelo qual o operador de uma subestação central opera,

através de um terminal de computador, uma ou mais subestações remotas, as quais passam a dispensar, em tempo parcial ou integral, a necessidade de operadores.

O subsistema SADDA P, por outro lado, destina-se a atender necessidades de supervisão do sistema de proteção: atuação de relés de proteção e de dispositivos pertencentes às subestações da CELESC, aquisição da sequência de eventos nas principais subestações. Algumas subestações ficarão desassistidas (subestações com controle humano centralizado a distancia), em decorrência da implantação do Sistema Supervisor.

3.5. O futuro Centro de Operação do Sistema (C.O.S.).

O Centro de Operação do Sistema será dotado de suporte de informática para efetuar a coordenação global da Operação do sistema elétrico de transmissão e estará sediado em Florianópolis. Além da função global da operação do sistema elétrico de transmissão, terá sob sua responsabilidade as atividades seguintes: organizar e tratar os dados coletados em tempo real e inseri-los, quando necessário, nos diversos arquivos de apoio; executar funções avançadas de estudos e análise de rede à medida que forem sendo implantadas; executar as programações de operação; elaboração de instruções normativas; análise das ocorrências verificadas no sistema; emitir relatórios com informações, que servirão de base para estudos de outras áreas da empresa.

Sob a ótica de controle, o sistema elétrico de transmissão da CELESC será dividido em três regiões geoeletricas, ou três "Centros de Operação de área" (C.O.A.), subordinados ao Centro de Operação do Sistema (COS), ou ainda três áreas (Sudeste, Norte e Oeste). O critério básico desta divisão é a independência com que cada Centro de Operação pode exercer as ações de controle sobre as respectivas áreas ou subsistemas, nestas, toda e qualquer ação de comando e monitoramento não afetará nem será afetada pelas ações das áreas vizinhas.

Os "Centros de Operação de Área", (COAs), têm a função de monitorar e controlar em tempo real os equipamentos instalados nas subestações situadas na sua jurisdição, apoiando a recomposição do sistema em caso de desligamento. Outras funções são: inserir no banco de dados as informações relativas às instalações de sua área; trocar informações operativas com os Postos de Atendimento, (pessoal de plantão que se desloca as subestações numa ocorrência); Centro de Operação de Distribuição (C.O.D), Divisão de Operação e Manutenção - (DVOM).

4. ANÁLISE ERGONÔMICA.

Neste capítulo é realizada a análise ergonômica dos processos cognitivos relacionados com a função de recomposição do sistema de transmissão de energia elétrica, principalmente nas ocorrências imprevistas, quando o operador passa de um estado de desmobilização para um estado de mobilização total sobre o sistema. A análise constou de quatro etapas: a situação e delimitação do trabalho, análise ergonômica do trabalho na situação atual (CELESC), análise ergonômica das situações de referência (ELETROSUL, COPEL), e por último, o prognóstico da atividade futura provável. Também, foram levantadas algumas considerações e justificativas para o desenvolvimento de um sistema computacional de apoio à referida função de recomposição.

4.1. Contexto e delimitação do sistema homem-tarefa objeto da análise.

4.1.1. O sistema elétrico no Brasil e a CELESC (Centrais elétricas de Santa Catarina).

O sistema brasileiro de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, é controlado a nível nacional pela ELETROBRÁS, empresa estatal, constituída por concessionárias regionais: ELETRONORTE na região norte do país, CHESF no nordeste, FURNAS no centro-este e ELETROSUL, que é responsável pela geração e transmissão de energia elétrica nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. A transmissão, em níveis mais baixos de tensão e a distribuição de energia elétrica, estão sob o controle de concessionárias estaduais.

A CELESC (Centrais Elétricas de Santa Catarina), que é a empresa concessionária para o estado de Santa Catarina, foi fundada em 1955, iniciando suas atividades como empresa de energia elétrica em abril de 1956. Sua área de atuação é: a geração, com uma potência instalada de 69.87 Mw, transmissão e distribuição de energia elétrica. De fato, a CELESC é considerada, muito mais, como empresa distribuidora. Assim, ela opera uma rede de transmissão de 138 Kv, 69 Kv, 44Kv e 34.5Kv, alimentando cento e oitenta e quatro subestações, agrupadas em sete regiões geoeletricas. Na maior parte das subestações a tensão é rebaixada de 69 Kv para 13.8 Kv, alimentando a rede de distribuição.

As atividades relacionadas com o sistema de transmissão elétrica são a operação e gerenciamento dos diversos equipamentos e instalações, principalmente os que se encontram dentro das subestações, para alimentar a rede de distribuição que fornece energia aos diversos setores da cidade.

4.1.2. Organização da operação na empresa.

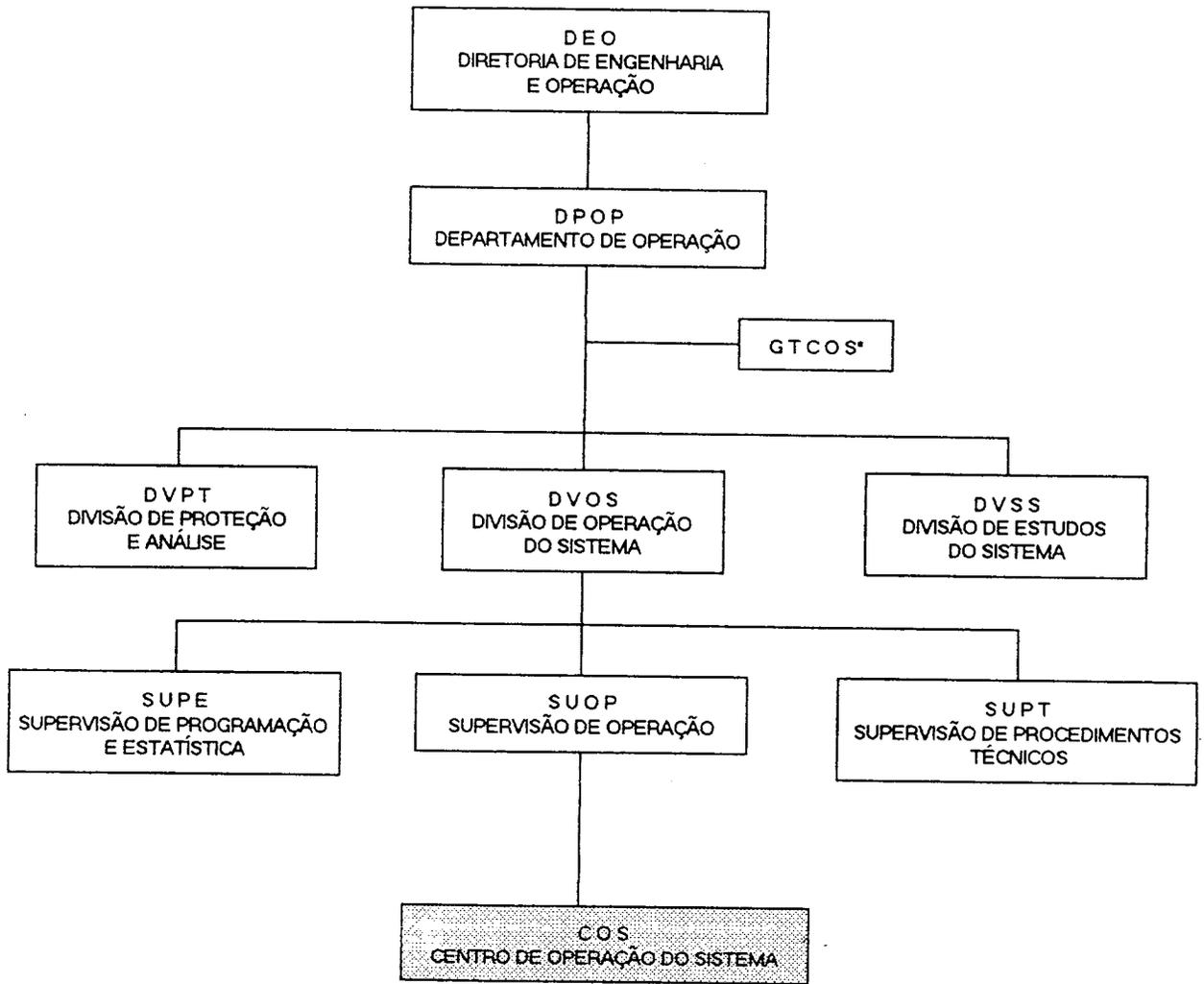
Face ao crescimento do sistema elétrico, a diretoria de engenharia e operação adquiriu uma estrutura que se desenvolveu a partir da necessidade da execução de uma série de tarefas necessárias à operação do sistema, conforme a figura 4.1 Diretamente subordinada a operação, temos a divisão de operação do sistema (DVOS), composta pelas supervisões de programação e estatística, de procedimentos técnicos e a supervisão de operação. O Centro de operação do Sistema, posto de trabalho objeto do presente estudo, está subordinado diretamente a esta última supervisão. As principais atividades até então desenvolvidas por cada seção, são as seguintes:

- Supervisão de programação e estatística.: é responsável pela programação de desligamentos; programação de geração própria e intercâmbio de energia; elaboração do manual de operação; emissão de dados estatísticos operacionais; controle de faturamento por energia das interligações; dados hidrológicos; acompanhamento mensal de reserva de potência, etc;

- Supervisão de procedimentos técnicos: elaboração, atualização e implantação do diagrama unifilar operacional; elaboração, atualização e implantação de instruções de operação; nomenclatura e numeração operacional do sistema; acompanhamento das atividades para a energização de novas instalações;

- Supervisão de operação: responsável pela implantação de instruções de operação; implantação de diagramas unifilares operacionais; análise de estudos de operação e de projetos básicos de subestações; análise operacional das ocorrências; elaboração do relatório de ocorrência do sistema interligado; elaboração do acompanhamento de carga própria de demanda e recebimento de demanda;

- Centro de operação do sistema: as funções básicas do C.O.S. são controle de tensão e frequência do sistema; coordenação da recomposição do sistema em caso de distúrbios; supervisão de manobras; orientação aos operadores; tomada de decisões operacionais; relatório diário de ocorrências do sistema de transmissão; coleta de dados de intercâmbio e hidrológicos.



* GTCOS-Grupo de trabalho do centro de operação do sistema

FIGURA 4.1 - ORGANIZAÇÃO DA OPERAÇÃO DO SISTEMA NA EMPRESA CELESC

4.1.3. Projeto de automação do Centro de Operação do Sistema de transmissão elétrica (COS).

O sistema de transmissão elétrica esta passando por um processo de automação, visando implantar o que se denomina "Sistema Supervisor", sistema informatizado e digitalizado de operação do sistema de transmissão, que será composto por "Centros Regionais de Supervisão" ou Centros de Operação de Área, que desenvolverão as tarefas de aquisição e tratamento de dados, o controle remoto ou telecomando de um grupo de trinta e seis subestações, nove interligadoras (Celesc-Eletrosul) e o supervisionamento à distância das demais subestações do Estado.

A estes centros estariam vinculadas equipes móveis de operadores ou postos de atendimento, que entrariam em ação quando necessário, nas subestações da sua jurisdição. Estes centros regionais serão gerenciados e coordenados pelo Centro de Operação do Sistema (C.O.S.). O Sistema supervisor permite a aquisição de dados em tempo real, o que permitirá o melhor aproveitamento da capacidade instalada e a redução dos tempos de religamento, melhorando também o serviço.

Por outro lado pretende-se deslocar aproximadamente 20 % do quadro de operadores para outras funções, principalmente de manutenção, os demais seriam agrupados em equipes móveis vinculadas aos Centros Regionais de Supervisão

4.1.4. Delimitação do sistema homem-tarefa a ser analisado.

O posto de trabalho, objeto do estudo, é o "Centro de operação do sistema (C.O.S) da CELESC. O estudo foi delimitado à função de recomposição do sistema, por ser a de maior importância deste posto de trabalho no produto final da empresa, ou seja, o fornecimento de energia sob condições de confiabilidade, qualidade e economia. Da mesma forma, por ser a função que envolve processos cognitivos mais complexos e elevada responsabilidade, isto porque qualquer falha ou erro pode provocar prejuízos consideráveis.

O pessoal do C.O.S. é composto pelos "despachantes de carga", denominados também de "supervisores do sistema", que é o pessoal responsável, entre outras funções, pelo restabelecimento ou recomposição do sistema e, conseqüentemente, pelo fornecimento normal de energia elétrica, em coordenação, principalmente, com os operadores das diversas subestações.

4.2. Análise da tarefa prescrita.

A análise será efetuada mediante a descrição do sistema homem-tarefa, isto é as exigências do trabalho, para posteriormente realizar uma avaliação destas exigências.

4.2.1. O pessoal do C.O.S.

Os despachantes de carga, denominados "supervisores", na sua maioria foram operadores de subestação, que, pela sua experiência e destaque foram promovidos para o despacho de carga (C.O.S.). Em um número menos expressivo temos o pessoal que têm curso técnico, numa área relacionada com a operação elétrica e que também desenvolve as funções de supervisor do sistema. Ambos recebem cursos de reciclagem.

A maior parte dos supervisores superam os 35 anos de idade e os 15 anos de serviço na empresa.

4.2.2. Estrutura física do posto de trabalho.

A estrutura física do posto, está composta por: módulos para o pessoal, providos de gavetas contendo registros e manuais; um painel estático representando todo o sistema de transmissão elétrica do estado; um sistema de comunicação via terminal de rede de microcomputadores e dois sistemas de rede telefônica: um próprio da Celesc e o sistema convencional ou público. (ver figura 4.2).

4.2.3. O trabalho em turnos.

Há um total de onze despachantes de carga no atual C.O.S., que vamos denominar de "supervisores", trabalhando em turnos ininterruptos, visando o funcionamento contínuo do sistema de transmissão elétrica. Dois operadores trabalham simultaneamente por turno, praticamente com as mesmas funções, em horários permanentes de 6:00 às 14:00, de 14:00 às 22:00 e de 22:00 às 6:00. Temos 5 equipes, cada uma com dois operadores, ficando um operador de reserva. A regra de alternância das equipes é explicado mediante o quadro seguinte:

TURNO \ DIA	2da.	3ça	4ta.	5ta.	6ta.	Sab.	Dom.	2da.	3ça	4ta.	5ta.
Matutino	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A
Vespertino		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Noturno			A	B	C	D	E	A	B	C	D

As letras A, B, C, D e E, representam as cinco equipes de operadores. Cada equipe tem dois dias de folga.

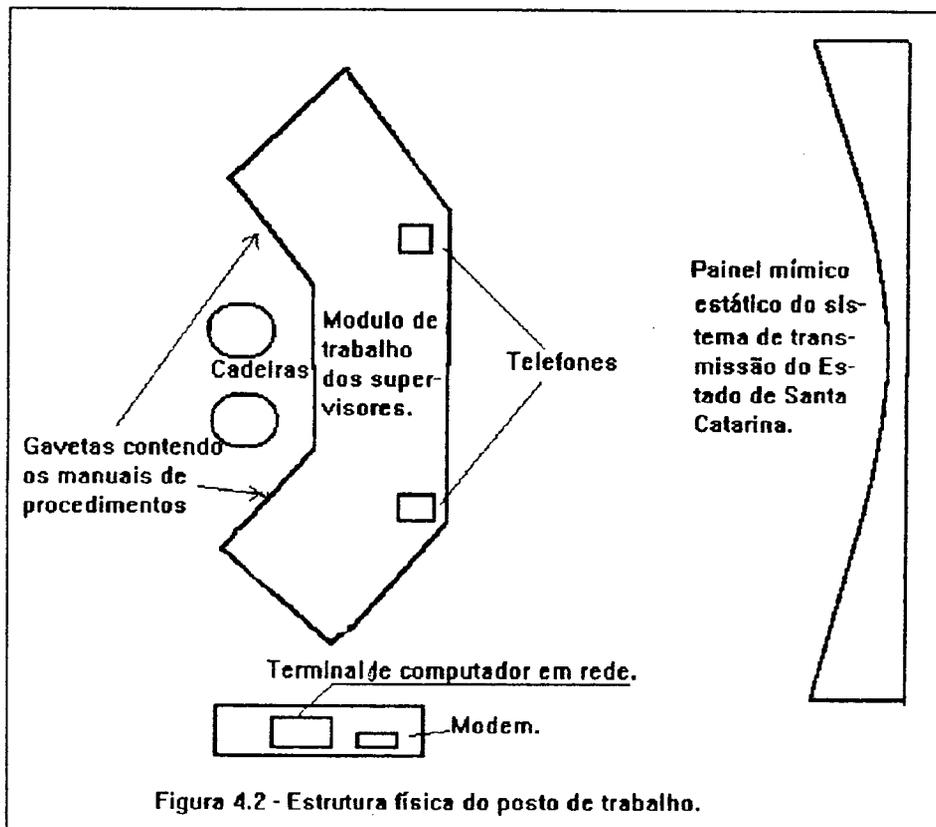


Figura 4.2 - Estrutura física do posto de trabalho.

4.2.4. Organização do trabalho e a função de recomposição do sistema.

No dia a dia as atividades do C.O.S. são desenvolvidas em coordenação com a supervisão de operação, supervisão de programação e estatística, e a supervisão de procedimentos técnicos, cujas funções foram descritas anteriormente. Com respeito à função de recomposição do sistema, em síntese, consiste no restabelecimento coordenado do sistema em caso de distúrbios, neste sentido, um conjunto de procedimentos cuidadosamente estudados são aplicados principalmente para o restabelecimento das subestações, que em número de 184, formam o sistema de

transmissão do Estado de Santa Catarina, ditas subestações estão ligadas por uma complexa rede de linhas de transmissão, algumas das quais estão interligadas a subestações da ELETROSUL.

Assim, quando se tem uma ocorrência, esta pode ser resolvida num primeiro estágio pelo próprio operador da subestação baseado no manual de instruções de operação, (se o problema não comporta maior complexidade). Quando o problema ou ocorrência envolve tratamento de informações e tomada de decisões mais complexas, é então que o operador da subestação recorre ao C.O.S. Neste caso, o supervisor de turno orienta ao operador via telefone e toma as decisões operacionais necessárias para a recomposição do sistema, em condições de segurança tanto para o pessoal, bem como para equipamentos e instalações, no menor tempo possível.

O trabalho prescrito desenvolvido pelo supervisor do C.O.S. (esquematizado na figura 4.3) se inicia com o aviso de ocorrência via telefone. Imediatamente, procede-se a identificação da subestação ou subestações envolvidas, a região geoeletrica com as características da respectiva malha de transmissão, os desligamentos e condições anormais. Baseado nas características levantadas da situação se aplicam procedimentos e/ou instruções adequadas.

As principais instruções e procedimentos de operação utilizados pelo supervisor do sistema são: a) instruções de operação para recomposição de subestações, utilizados também pelos operadores de subestação e que consiste na realização de manobras principalmente sobre disjuntores transformadores, religadores, barramentos, etc. b) Por outro lado, temos o diagrama unifilar operacional(ver anexo 1), onde estão representados equipamentos e demais instalações das subestações. c) O estudo de operação para o controle de carga, tensão e frequência do sistema, remanejamento de cargas de transformadores, estudo de prioridade de carga, entre outros , d) instrução para equilíbrio de carga em caso de perda de um transformador em paralelo. e) Instrução de operação para o restabelecimento das interligações ELETROSUL - CELESC, em caso de desligamento.f) Procedimentos para religamento de transformadores, quando da atuação da sua proteção.g) Instrução para restauração de cargas rejeitadas pelos relés de frequência 81.

Durante a aplicação dos procedimentos, o supervisor deve tomar uma série de decisões operacionais, visando a recomposição do sistema , em coordenação com as diversas áreas envolvidas: subestações, o centro de operação de distribuição (COD), a divisão de operação e manutenção (DVOM) e a ELETROSUL (ver figura 4.4).

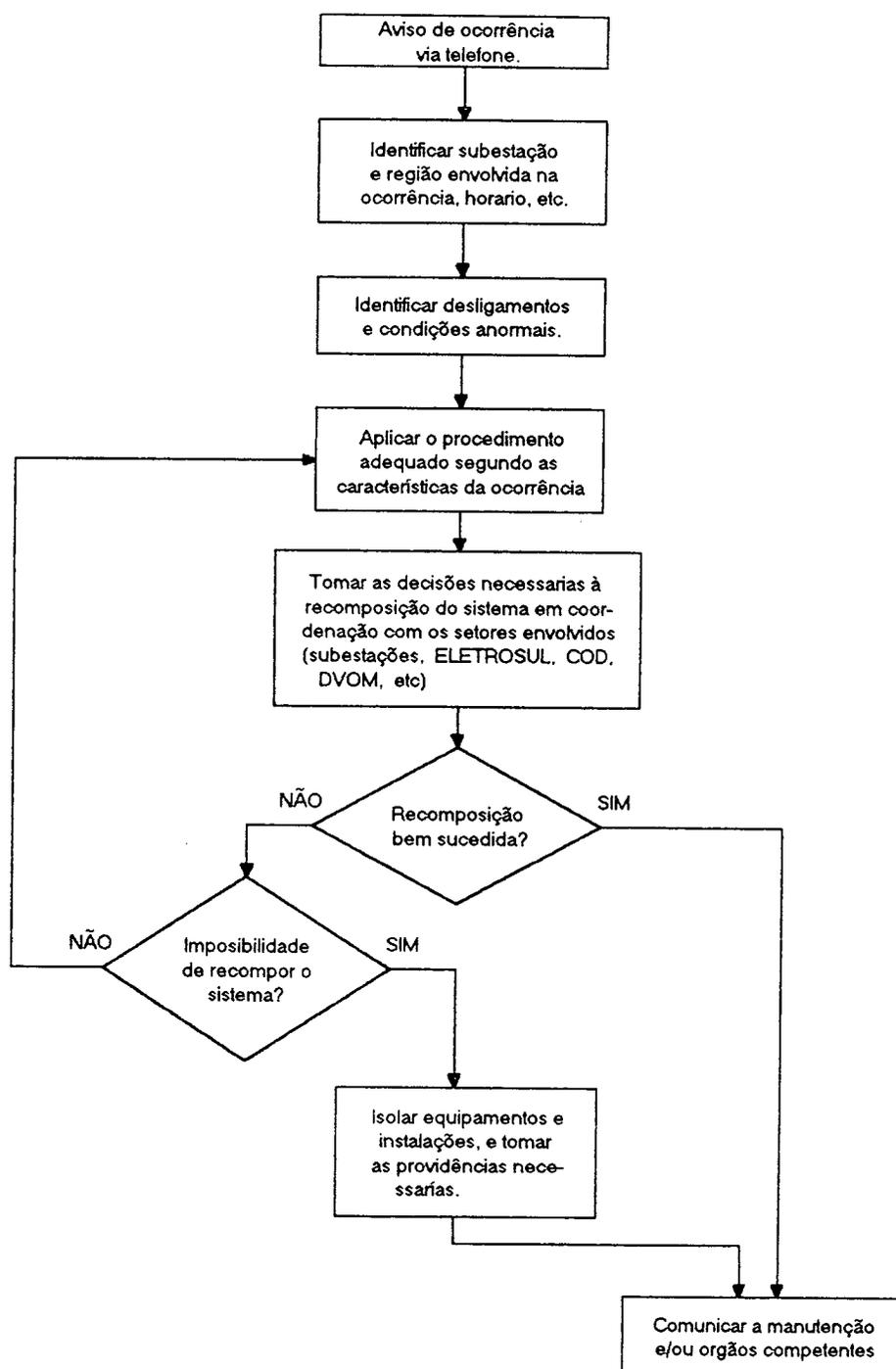


Figura 4.3 - Trabalho prescrito de recomposição do sistema de transmissão elétrica

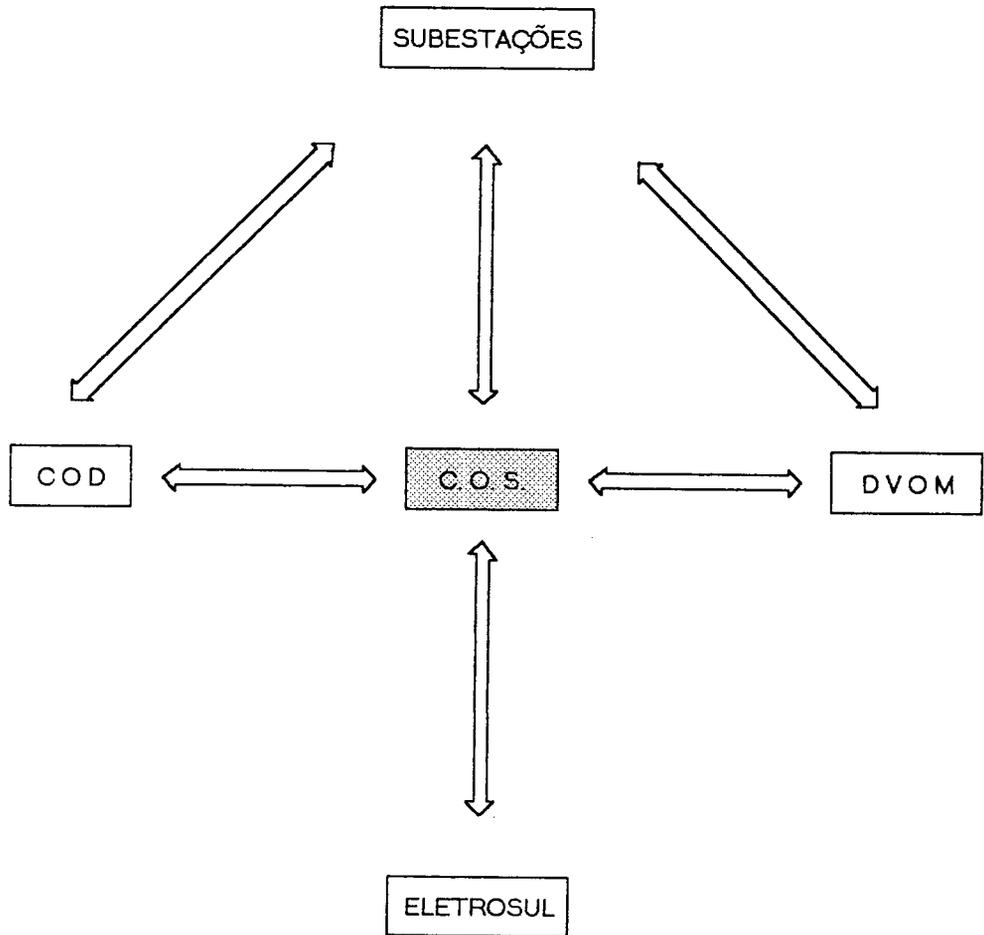


Figura 4.4.-Relações de comunicação entre os setores envolvidos na recomposição do sistema de transmissão

Conseguindo ou não recompor o sistema, o supervisor deverá comunicar a ocorrência à manutenção e/ou outros órgãos competentes, além de registrar a ocorrência para posterior estudo.

4.3 Avaliação das exigências do trabalho.

- Exigências sensoriais: a principal exigência sensorial é de audição da voz via telefone, que chega desde os diversos setores envolvidos, exigência que pode ser crítica se o sistema de comunicação for deficiente.

Por outro lado, pode-se detectar uma certa exigência visual, pois o supervisor tem que focalizar num painel estático a representação simbólica, correspondente ao setor do sistema de transmissão envolvido na ocorrência. Além disso, deve interpretar diagramas, procedimentos e instruções.

- Exigências cognitivas: o supervisor do sistema deve considerar uma série de informações provenientes tanto da memória de longo tempo como a de curto tempo, indicar um conjunto de procedimentos que envolvem tratamentos da informação, tomada de decisões, acompanhamento de manobras para recompor o sistema, orientação aos operadores, etc.

O volume de informações é considerável, o que dificulta ao supervisor de guardar todo esse acúmulo de informações, exigindo longas consultas a manuais com com instruções, procedimentos e outras informações utilizadas nas tarefas do supervisor do sistema.

- Exigências do sistema técnico: temos, exigências de segurança para equipamentos e pessoas, pois qualquer manobra incorreta pode causar graves danos. Por outro lado, existe uma exigência temporal no sentido de restabelecer no menor tempo possível o fornecimento de energia. Por outro lado o sistema exige um processo contínuo.

4.4. Análise das atividades em termos dos processos cognitivos.

4.4.1. Detecção e discriminação de informações.

A detecção de informações é feita a partir de duas fontes. Num primeiro momento a informação provém de contato telefônico, geralmente do operador da

subestação, comunicando uma ocorrência. Assim, em função da representação da situação, o supervisor consulta manuais de procedimentos, quadros de carga, tensão, etc.. Quando a ocorrência envolve linhas de transmissão ligadas ou interligadas a outras subestações, geralmente é consultado o quadro sinóptico estático, que representa o sistema de transmissão do estado.

Em termos de discriminação de informações, foram observadas freqüentes dificuldades de comunicação nos contatos telefônicos, pela deficiente recepção auditiva, o que gera insegurança no supervisor. Via telefone são comunicadas ocorrências, principalmente, da atuação de proteções de disjuntores e transformadores, desligamento de disjuntores, religadores, barramentos e linhas.

Da mesma forma, foram observadas dificuldades na percepção visual com varios supervisores, quando é consultado o quadro sinóptico do sistema de transmissão. Assim, algumas vezes, o supervisor é obrigado a se levantar e se aproximar ao quadro para discriminar as informações. Outras vezes, o supervisor percebe os traços mais claros do diagrama e os associa à informação memorizada, para orientar a execução das manobras.

4.4.2. Tratamento da informação e tomada de decisões.

Quando ocorre algum problema, deixando fora de operação equipamentos e linhas do sistema de transmissão, a solução adotada atualmente constitui-se em um conjunto de regras de operação. Estas regras, descrevem o que deverá ser executado para recompor o sistema de transmissão dando proteção principalmente aos equipamentos das subestações, linhas de transmissão e propriedade privada. Tal conjunto de regras estão parcialmente padronizadas. No entanto, os processos de resolução de problemas mais complexos, variam de um supervisor para outro, isto é, não existem regras ou procedimentos formalizados.

Para determinar o conjunto de regras de operação a ser aplicado, em primeiro lugar, se estabeleceu que o supervisor do sistema, após a comunicação da ocorrência, elabora rapidamente uma representação da estrutura da região geoeletrica envolvida, isto é, as diversas subestações e suas ligações e interligações. O supervisor geralmente reforça sua representação, observando o painel mimico estático, representando o sistema de transmissão do estado. As informações dadas, geralmente, pelo operador da subestação, principalmente sobre as sinalizações das proteções e o estado dos

equipamentos, são confrontadas com as informações da memória de longo termo e depois de um diagnóstico inicial, é determinado o procedimento a ser aplicado.

Assim, os procedimentos iniciais, para recomposição de uma subestação, são em geral padronizados, existindo um manual de instruções para cada uma das 184 subestações. Sendo os princípios técnicos dos procedimentos, praticamente os mesmos.

Inicialmente, após a ocorrência, são utilizados um ou mais dos seguintes documentos, *diagrama unifilar da subestação*, *a instrução de operação de subestações e o estudo de operação*. Dentro destes, segundo os supervisores do sistema, o *diagrama unifilar* é o que mais contribui na compreensão das condições e características da ocorrência permitindo a elaboração da representação da situação e o planejamento das ações.

Num segundo estágio e com menor frequência são utilizadas as instruções de operação de "*religamento de transformadores quando da atuação da sua proteção*"(IO-009); "*restabelecimento de transformadores em paralelo*"(IO-001); "*restauração de cargas rejeitadas pelo relé 81*"(IO-011); "*restabelecimento de interligações ELETROSUL-CELESC*"; "*tabela de carga para os barramentos por período*".

A consulta nos documentos citados, geralmente é tediosa e até complicada, pois além de selecionar o documento, os supervisores têm que procurar instruções e outras informações, especificamente relacionadas com a ocorrência, informações que normalmente se encontram em diferentes manuais de instruções ou fontes. A atividade do supervisor se complica ainda mais se consideramos as exigências do sistema, isto é, restabelecer o sistema no menor tempo possível e com o maior cuidado para proteção de equipamentos e instalações do sistema, provocando ansiedade no supervisor do sistema.

Com relação aos procedimentos não formalizados ou que não estão presentes nos manuais de procedimentos, estes apresentam maior complexidade em termos operativos e de processo cognitivo, principalmente os procedimentos com os transformadores de subestação, onde se têm, às vezes, extensos tratamentos de informação, para executar manobras como: normalizar as condições de equipamentos, tomada de decisão sobre as alternativas de religar o transformador ou deixar fora de operação, remanejamento de carga de transformadores, etc.

Assim, mediante a aplicação da metodologia de análise, procedeu-se ao levantamento dos procedimentos efetivos. Neste sentido, temos os procedimentos relacionados, com as atividades para o restabelecimento da normalidade dos transformadores de subestações, em primeiro lugar, quando da atuação de sua proteção, desligando automaticamente o transformador. Em segundo lugar, levantou-se os procedimentos quando acontece só a sinalização da proteção, sem desligamento. Estes procedimentos, que envolvem principalmente processos cognitivos de tratamento de informação e tomada de decisões, apresentaram ligeiras variações de um supervisor para outro. Com a finalidade de estabelecer um procedimento operativo padrão, estes processos foram avaliados em função das exigências técnicas do sistema, sob a supervisão do pessoal da CELESC. Em especial, foi considerada, a exigência de segurança do pessoal, assim como de instalações e equipamentos.

Como resultado, são descritos em forma esquemática, os procedimentos operativos recomendados, baseados na atividade efetivamente realizada e as restrições técnicas do sistema. Assim, temos o procedimento de recomposição quando da atuação da proteção do transformador, esquematizado na figura 4.5, e o procedimento para restabelecimento da normalidade quando da sinalização da proteção do transformador, na figura 4.6.

De forma complementar é mostrado o processo decisório de remanejamento da carga de transformadores (ver figura 4.7). Aqui são necessários dados relativos ao transformador que vai receber a carga, como são potência máxima (MVA_{max}), potência utilizada atual (MVA_{real}) e potência impedida como resultado do desligamento de um transformador (MVA_{imp}). Também é necessário conhecer a prioridade dos alimentadores, em caso de racionamento de carga.

Cabe mencionar que, alguns supervisores decidiam mais facilmente que outros, com processos de tomada de decisão mais superficiais, pela alternativa de deixar fora de operação transformadores e outros equipamentos, possivelmente, para não correr riscos de tomar decisões errôneas, e danificar equipamentos e instalações. Porém, as vezes, com esta decisão o supervisor pode deixar setores do sistema elétrico fora de operação sem existir necessidade real.

Considera-se de risco, a aplicação de procedimentos, cujas consequências não foram ainda avaliadas. Por outro lado, se consideramos a possibilidade de que alguns dos procedimentos não formalizados poderiam estar corretos, então se estaria perdendo em eficiência no funcionamento do sistema.

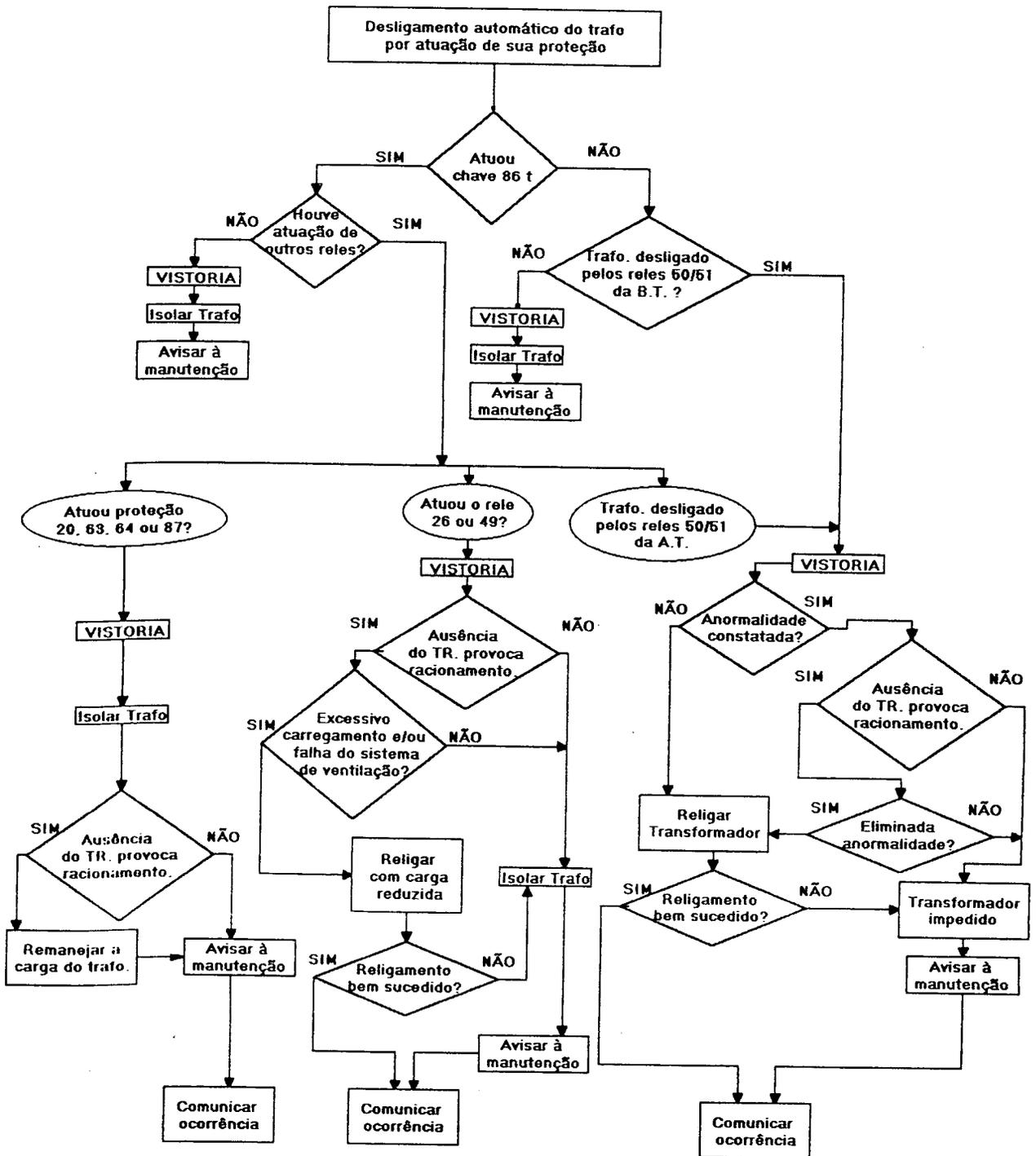


Figura 4.5 - Procedimentos operativos efetivos quando da atuação da proteção dos transformadores. - CELESC.

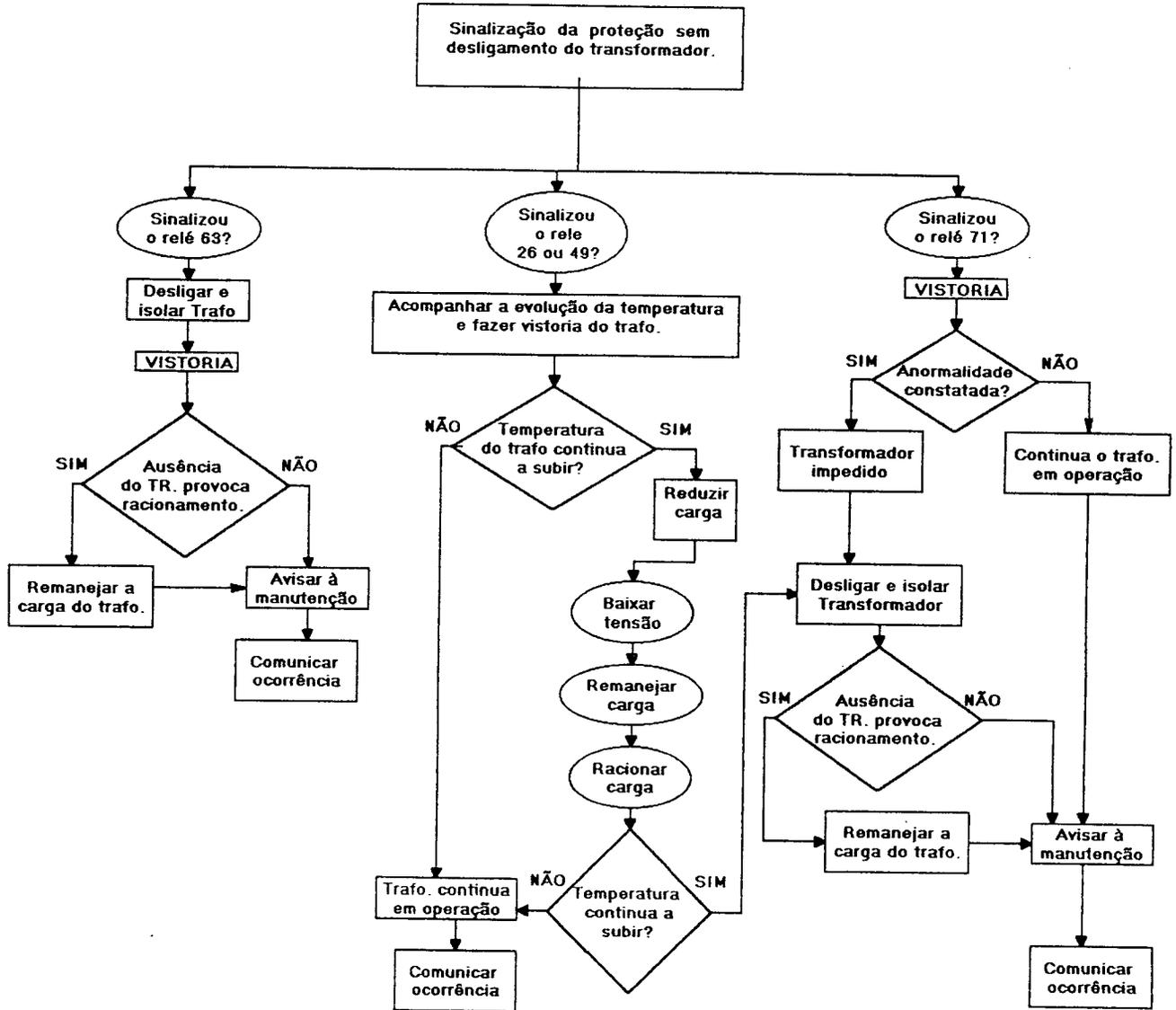


Figura 4.6 - Procedimentos operativos efetivos quando da sinalização da proteção dos transformadores. - CELESC.

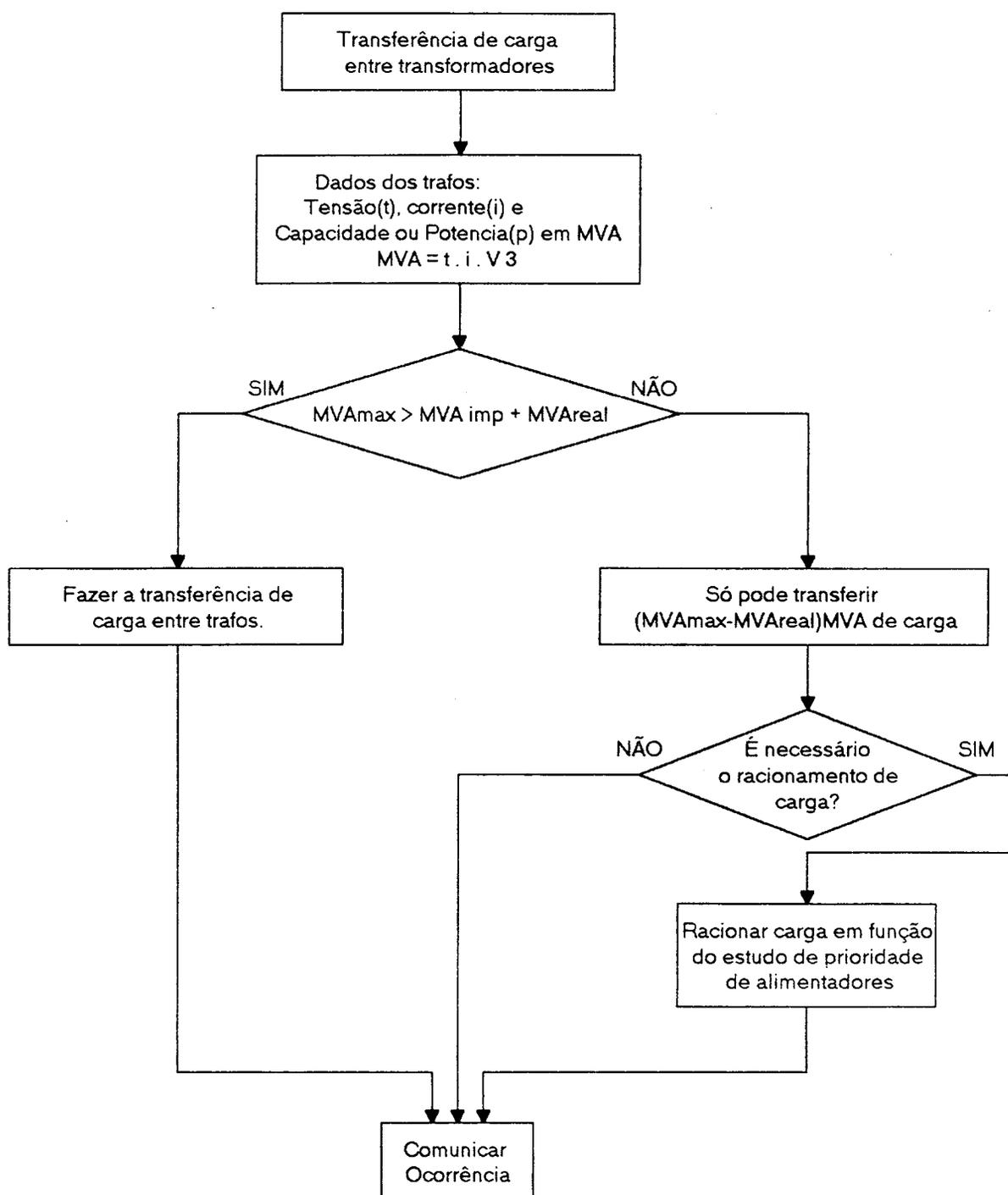


Figura 4.7 - Procedimento efetivo de remanejamento de carga de transformadores.

Outro procedimento efetivo, se refere ao remanejamento de linhas de transmissão, quando ficam fora de operação ou quando aumenta a demanda de energia elétrica. O primeiro passo consiste em determinar a demanda de energia estimada para a linha, baseados no seu histórico. Geralmente é adotada a demanda correspondente ao mesmo dia e hora da semana anterior. Este dado não está diretamente disponível, pelo que tem que ser procurado, principalmente, junto aos operadores de subestação. Em relação ao comportamento da demanda, deve-se considerar que no período de tempo tomado como referência, se esteve algum alimentador fora de operação, a informação sobre demanda de energia será imprecisa e poderá trazer graves consequências.

Por outro lado às vezes não estão disponíveis diretamente outros dados como cargas atuais, limite de carga por linha, isto é, valor máximo de corrente do cabo ou do transformador de corrente, geração, situação dos correspondentes TAPs de transformadores, etc. Na figura 4.8, é mostrado o fluxograma dos tratamentos de informação, ou procedimento efetivo, para o remanejamento de carga entre linhas de transmissão, onde Q_r é a carga a remanejar; Q_e é a carga estimada; Q_{lim} é a carga limite da linha e Q_i é a carga atual da linha. Os valores das variáveis Q_{lim} e Q_i , correspondem à linha receptora da carga a remanejar.

No desenvolvimento desta atividade, observou-se algumas vezes, que o difícil acesso às informações fez perder a sequência de raciocínio nos tratamentos de informação realizados pelo operador, provocando erros e lentidão nas atividades de recomposição do sistema.

Percebe-se que, a colocação de forma escrita de procedimentos como os descritos anteriormente, é complicada, o que implica dificuldade por parte dos supervisores na interpretação das instruções. Isto, pode representar um obstáculo para a formalização dos procedimentos.

Também observou-se que, em decorrência de longos períodos de normalidade, aparece o fenômeno da monotonia no trabalho, onde o supervisor às vezes depois de um longo período de desmobilização cognitiva, passa, quando da ocorrência de anormalidades, a uma atividade cognitiva total. De fato, ao nível dos supervisores, existe marcada preocupação com o aspecto rotineiro da tarefa e a necessidade de uma rápida e precisa intervenção em eventos aleatórios.

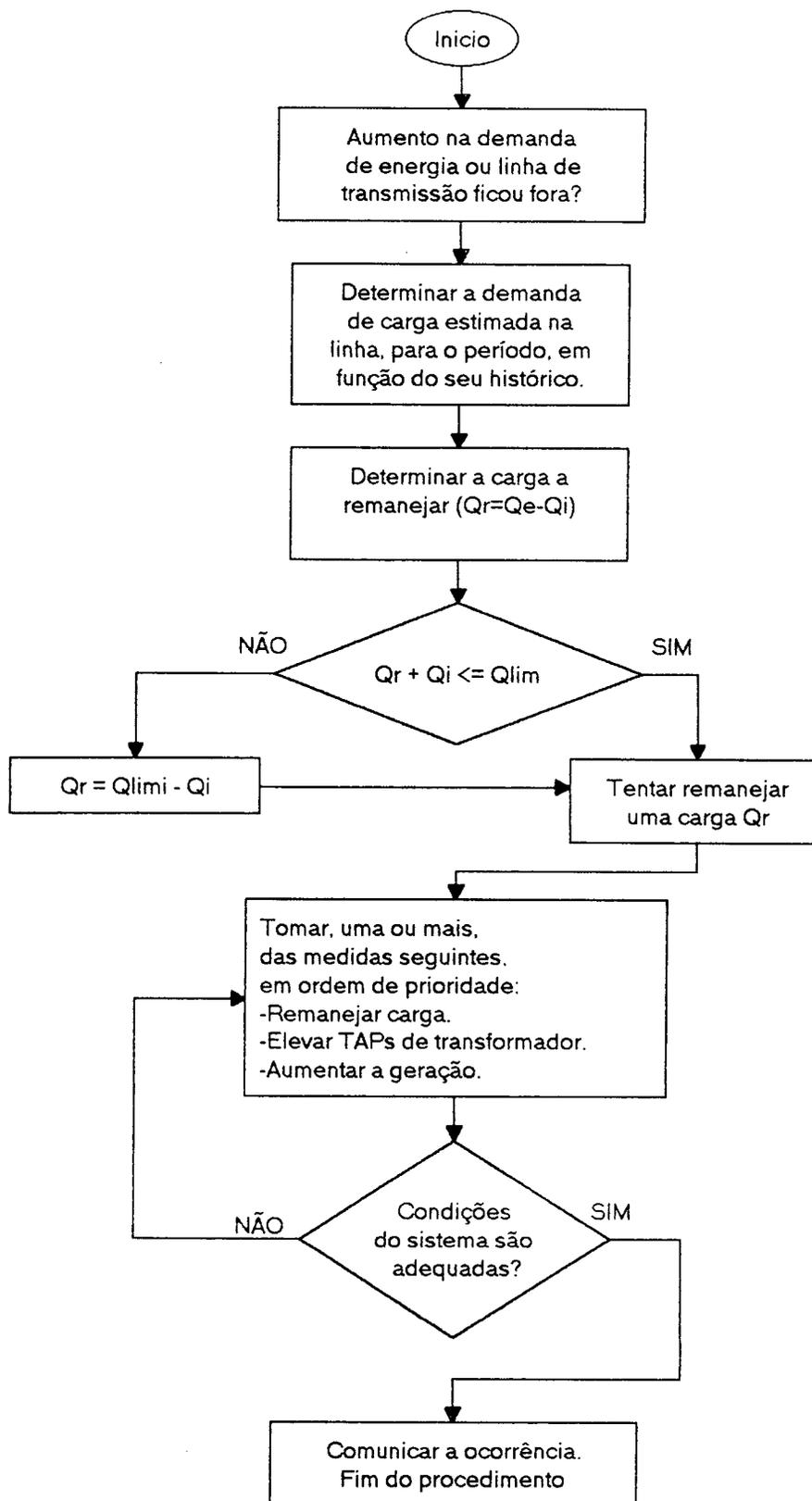


Figura 4.8 - Remanejamento de carga para linhas de transmissão.

Outro aspecto crítico, é a dificuldade na atualização do estado (equipamentos ligados, desligados, em manutenção, etc) e condições do sistema, no painel mímico estático pela complexidade que apresenta, sendo feita a atualização de forma totalmente manual, mediante objetos que representam os diversos estados e condições.

Constatou-se também, após varias observações e análise dos informes da manutenção sobre os equipamentos , que existe marcada reincidência dos defeitos nas instalações e nos respectivos equipamentos. Portanto, a análise de defeitos anteriores permite, muitas vezes, inferir a causa do último defeito mais rapidamente. Existe uma estatística dos defeitos que pode ser consultada pelo terminal da rede, mas, segundo os supervisores é de difícil acesso e portanto muito pouco utilizada.

4.4.3. Caracterização dos erros de operação.

Os erros de operação mais frequentes, podem ser os seguintes:

- Interpretação errônea do sentido da energia elétrica, principalmente em contingências envolvendo varias subestações, o que provoca sobrecarga, as vezes crítica, no sistema de transmissão elétrica;
- Religamento indevido de equipamentos, principalmente de transformadores, quando da atuação de uma proteção impeditiva, provocando danos nos equipamentos;
- Inadequado remanejamento de carga, sobrecargando linhas e equipamentos;
- Fornecer potência inferior à requerida por uma ou mais subestações, provocando sobrecarga de operação nos equipamentos. A principal causa é a não consideração do comportamento da demanda de energia durante o período;
- Desligar ou isolar equipamentos e linhas sem medir as consequências, sobre as diversas grandezas a controlar, como tensão, carga, frequência, etc.
- Engano na sequência da manobra. Este erro pode ser causado porque no manual de instruções o supervisor é levado de um item para outro, dentro do texto, segundo a evolução da manobra. Também pode acontecer por um conflito de normas.

Foi constatado através da análise dos registros de ocorrência que, os principais erros de operação aconteceram quando o supervisor, evitando a procura da informação

em manuais de procedimentos, toma a responsabilidade de elaborar seus próprios procedimentos, ou tenta lembrar os procedimentos prescritos, mas geralmente confunde a situação e suas características. Também, se produzem erros quando se executam procedimentos de manobras ainda não formalizados, onde o supervisor usa os seus conhecimentos, experiência e critério próprio para determinar as suas ações. Também são frequentes os erros quando na execução dos procedimentos prescritos, o sistema não evoluiu como o esperado, evoluindo para uma situação incidental, onde geralmente não estão definidos os fatores que intervieram. Outros fatores que contribuem nos erros de operação é a dificuldade que tem o supervisor para atualizar os dados sobre as condições e características do sistema, às vezes, a falta de informações ou informações incorretas.

Com relação às falhas de operação, estas são causadas principalmente por problemas de comunicação oral ou nos meios de comunicação. Outra causa é a existência de instalações e equipamentos em situação anormal.

4.4.4. Conclusões .

A análise das atividades, evidenciou a necessidade do operador de construir uma imagem do processo, a partir de uma representação da realidade, sobre a qual serão estruturadas as suas ações. Diagramas e esquemas do sistema elétrico facilitam a construção dessas imagens e representações, que são necessárias para o desenvolvimento da atividade.

A baixa qualidade na recepção das comunicações, faz com que seja, muitas vezes, difícil de entender as consultas feitas ao supervisor, podendo acontecer falhas e/ou erros graves na operação.

Os atuais manuais de procedimentos se apresentam como um fator a mais no aumento da complexidade do sistema. Segundo as condições de uma situação anormal a procura das instruções nos manuais e outras informações, pode ser complicada, atrasando a recomposição do sistema. Por outro lado, a organização do conteúdo dos documentos, pode provocar erros na interpretação dos procedimentos e na sequência das manobras.

Outro aspecto, que pode provocar sérios problemas no sistema de transmissão elétrica, é a aplicação incorreta dos procedimentos não formalizados, procedimentos

que escapam ao controle da organização pelo caráter informal.. Os procedimentos não formalizados são também os mais complexos a nível de processos cognitivos.

A consulta ao histórico do equipamento facilita a elaboração do diagnóstico da situação e a correta tomada de decisões.

As exigências de recompor o sistema no menor tempo possível, maximizando a proteção de equipamentos, pode provocar além do stress, erros de operação pela pressão psicológica a que esta sujeito o supervisor, relacionado ao difícil acesso às informações ou falta delas.

Outra consequência que pode ocorrer é deixar fora de operação parte do sistema sem necessidade real, quando o supervisor limita sua responsabilidade para evitar o risco de tomar decisões erradas.

Existe muita dificuldade em atualizar e organizar os dados sobre as condições e características do sistema.

No desenvolvimento das atividades de recomposição do sistema, o supervisor, deve ser nutrido das informações e orientações necessárias e precisas, que otimizem a função.

4.5. Análise das situações de referência automatizadas.

4.5.1. A ELETROSUL e o sistema supervisor.

Foi escolhida como situação de referência para análise o *Centro de Operação do Sistema da ELETROSUL*, por ser a mais próxima, atuar no mesmo âmbito e em coordenação com a CELESC. De forma complementar, foram realizadas observações e levantamento de dados, no *Centro de Operação do Sistema da "Companhia Paranaense de Eletricidade" - COPEL*.

A Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. (ELETROSUL), é uma empresa de âmbito regional, concessionária do grupo ELETROBRAS, fundada em 1968, com área de atuação nos Estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul.

Tem como missão assegurar o suprimento de energia elétrica, através de estudos, projetos, construção e operação de usinas e linhas de transmissão. Atende as demandas das demais regiões do país através do Sistema interligado e está expandindo sua área de atuação ao âmbito internacional.

O sistema DETRE (despacho de energia em tempo real da Eletrosul) é um sistema informatizado de gerenciamento de energia, que executa as seguintes funções: aquisição de dados, telecomandos de disjuntores, tapes e transformadores, controle automático de geração, análise de segurança e apoio ao pré e pós-despacho. Fisicamente o sistema é constituído pela estação central (E.C.) localizado no COSI em Curitiba e pelas unidades terminais remotas localizadas nas diversas subestações e usinas da ELETROSUL ou de outras companhias. A estação Central é constituída por 4 computadores que executam as atividades de processamento de dados necessárias ao desempenho das várias funções do sistema.

Em relação à organização da operação, conforme a figura 4.9, a estrutura organizativa do C.O.S. está composta pela direção do COS, supervisões, pessoal de apoio e despachantes ou supervisores do sistema.

De forma geral, temos como funções básicas do C.O.S.: o controle de tensão, controle de carga e frequência, controle de serviços (preparação do sistema, autorização de manobras, acionamento da manutenção e outros serviços), coleta de dados e recomposição do sistema. A análise concentrou-se nesta última função.

A estrutura funcional do sistema automatizado de supervisão e controle, esta composto principalmente por dois subsistemas:

- Subsistema de interface homem-máquina: é encarregado de tornar disponíveis (externas) as informações processadas pelo sistema supervisor e contidas no banco de dados aos usuários, permitindo uma interferência sobre alguns parâmetros e configurações do sistema elétrico e sistema supervisor. Está constituído pelos seguintes equipamentos: 5 consoles de despachante ou supervisor do sistema, 01 console de operação remota (Florianópolis), Painel mímico dinâmico, painel mímico estático, 30 registradores gráficos, impressoras seriais e remotas e 3 mostradores digitais.

- Subsistema de aquisição de dados: este subsistema, está encarregado das tarefas de comunicação da estação central, com as unidades terminais remotas (UTRs),

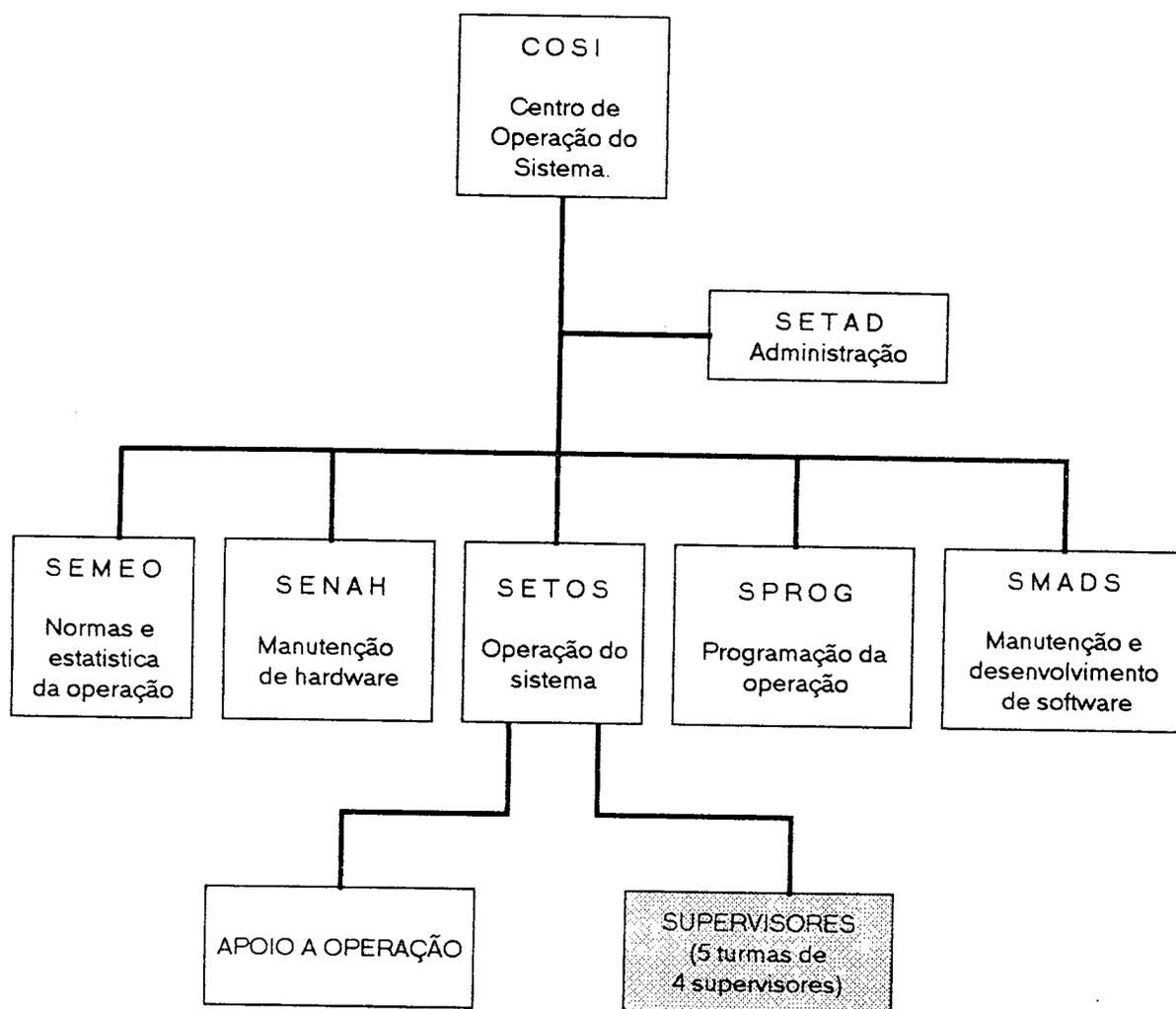


Figura 4.9 - Organograma do COS da ELETROSUL

através das várias linhas de comunicação disponíveis, compostos por processadores, line buffers, driver's, processadores para conexão dos modems.

São coletados (supervisionados) os seguintes dados do processo: estado de posição (ligado, desligado), bloqueio e comando de disjuntores; estado de posição de seccionadoras; estado de bloqueio de barras, transformadores de potência e reatores; estado de operação de geradores, conversores de frequência e compensadores síncronos; sequência de eventos da operação dos esquemas de proteção de linhas de transmissão e equipamentos; medição de intercâmbio de energia e de energia gerada; valores analógicos de: corrente, tensão, frequência, potência ativa e reativa, tap de transformador, níveis de água de reservatório, abertura de comporta e de distribuidor de gerador.

4.5.2. Análise das atividades efetivas relacionadas com a recomposição do sistema.

Quando acontece uma situação anormal, são indicados na tela da console a(s) subestação(ções) envolvida(s) na ocorrência, mediante o código da subestação. Também é indicada a anormalidade mediante o painel mímico dinâmico, onde fica acesa uma luz no retângulo que representa a subestação envolvida, indicando que houve alguma ocorrência nessa subestação. Na tela da console, o supervisor seleciona uma subestação e é mostrado o diagrama unifilar da subestação. Neste diagrama, o supervisor dispõe de três tipos de informação: a) status: mostra o estado (ligado ou desligado) principalmente de disjuntores, religadores e transformadores; b) a sequência de eventos de operação: consiste em supervisionar as proteções, mostrando a sequência em que se sucedem a atuação das proteções; e c) medidas analógicas para cada equipamento, (linhas, barramentos, disjuntor, religador, etc), como potência Ativa (MW), potência reativa (MVar), tensão (Volts) e intensidade (Amp.).

Com estes dados e a consulta aos manuais de procedimentos é realizada a recomposição do sistema, quando acontece um desligamento. Geralmente, as decisões e manobras a serem executadas são transmitidas ao encarregado da recomposição, na subestação, via rádio ou telefone. Alguns procedimentos, sobretudo os de maior complexidade, não estão prescritos. Neste caso, o supervisor elabora seus próprios procedimentos. Da mesma forma que na situação atual (CELESC), existem dificuldades na procura e interpretação das instruções, contidas nos manuais, em função da complexidade da ocorrência.

A excessiva centralização da supervisão, do sistema de informações em tempo real, junto com o comando de subestações à distância, são do ponto de vista funcional ineficientes. E as vezes, até inviáveis pelos constantes bloqueios do sistema, principalmente quando se dão varias ocorrências de forma simultânea e o fluxo de informações é maior. Neste sentido, várias empresas concessionárias de energia elétrica, como a COPEL de Parana e a CESP de São Paulo entre outras, estão partindo para os centros de operação regionais descentralizados, que executam as atividades de operação, propriamente ditas, entre elas a recomposição do sistema, isto, em coordenação com um centro de operação do sistema central.

Com relação ao telecomando de subestações, a sua aplicação está restrita, pelo menos na ELETROSUL e na COPEL, empresas objeto da presente análise. Isto se explica porque, quando acontece uma ocorrência, geralmente se faz necessária a intervenção humana no local (subestação), vistoriando, avaliando e diagnosticando sobre os aspectos envolvidos na ocorrência para, só depois, tomar as decisões necessárias. Por estas e outras razões, o sistema DETRE atualmente não realiza funções de telecomando de subestações, só realiza supervisão e controle. Cabe ressaltar que nos projetos de automação, tanto da ELETROSUL como COPEL, estava previsto desassistir as subestações (subestações sem operador), o que foi realizado num nível muito inferior do previsto.

Na COPEL, o problema está sendo focado, aplicando-se o que se denomina de "recomposição fluente", que consiste em que cada operador da subestação realiza todas as manobras necessárias para a recomposição, com um mínimo de consultas e orientações. Na empresa, ainda são frequentes as consultas aos supervisores. Precisa-se nutrir de informações e orientar ao operador de subestação no momento da ocorrência, para o desenvolvimento eficiente e autônomo de sua função.

Apesar do centro de operação do sistema da ELETROSUL, contar com um painel mímico dinâmico, os supervisores continuam utilizando o painel mímico estático, que era usado antes da implementação do Sistema Supervisor e que não está considerado no projeto do sistema atual. Isto se explica pela seguinte razão: a representação que o supervisor elabora sobre o sistema elétrico, está fortemente ligada às características do antigo painel mímico. Por outro lado, o painel mímico dinâmico não contém todas as informações que o supervisor do sistema precisa para construir a sua representação da situação e poder assim estruturar as suas ações. De fato, constata-se que faltam informações, como níveis de tensão, estado e condições de linhas e

equipamentos como sentido da corrente, equipamentos impedidos ou desligados, linha viva, condições das proteções, etc.

Problema similar, apresentou-se com os diagramas unifilares mostrados no monitor, pela rigidez dos elementos que compõem o dito diagrama. Tal concepção, dificulta qualquer alteração na representação, originalmente estabelecida, impossibilitando a sua atualização quando da manutenção, desativação ou substituição de equipamentos. Na única linha de anotações que existe, ficam muito imprecisas as anotações registradas. A representação rígida, obriga os operadores a memorizarem ou anotar em folhas de papel, de maneira informal, as alterações ou mudanças ocorridas. Também é utilizado o painel mímico estático, para representar algumas modificações nas características do sistema.

Em outros casos, verificou-se que realmente não existia falta de informações. O que acontecia era a dificuldade em confrontar a informação da memória, de longo termo, com a informação que o sistema fornece, a qual era apresentada de diferentes formas ou precisava ser feita alguma dedução, para poder assim, permitir elaborar a representação da situação e o plano de ação. Como exemplo, temos os erros na interpretação do sentido da energia da rede elétrica.

Com relação à confiabilidade do sistema, observou-se serias deficiências. Assim, muitas vezes, o sistema informava dados errôneos ou faltavam as informações necessárias à elaboração do diagnóstico do sistema. A "análise de segurança", ainda em desenvolvimento visa, corrigir estes problemas.

Constatou-se, também, que o sistema não indica claramente quando as condições de operação são normais, críticas ou degradadas, exigindo do supervisor maior tratamento e interpretação das informações relacionadas com as condições do sistema.

No que diz respeito às comunicações, estas quase não sofreram mudanças significativas com relação à situação não automatizada, isto porque os contactos telefônicos são ainda frequentes pela falta de informações. Por outro lado, observou-se problemas eventuais na compreensão das verbalizações via telefone. Estes problemas podem ser normais num processo de implementação.

Por último, cabe mencionar que, estudos realizados pela Empresa Paranaense de energia elétrica (COPEL) apontam a existência de muitos procedimentos similares,

tanto na recomposição do sistema como no isolamento de equipamentos e linhas, o que permitiria desenvolver módulos de procedimentos aplicáveis a diversas situações e condições. Esta afirmação é válida para qualquer sistema elétrico.

4.6. Prognóstico da atividade futura provável: conclusões e recomendações.

A análise ergonômica da situação atual, assim como, das situações de referência permitiu estabelecer conclusões e recomendações sobre a atividade futura provável relacionada com a função de recomposição do sistema. Assim, temos que:

A função de recomposição do sistema será realizado pelos *Centros de Operação de Área (C.O.A.)* em coordenação, principalmente, com o *Centro de Operação do Sistema (C.O.S.)*, *Postos de Atendimento e operadores de subestação*. São considerados os operadores de subestação, porque nas subestações mais complexas é necessário o controle contínuo do processo por parte do operador, pelo menos nas primeiras etapas da operação do futuro sistema automatizado.

Por outro lado, a arquitetura funcional básica do sistema supervisor, praticamente vai ser a mesma que do sistema da ELETROSUL ou da COPEL. A diferença pode ser a maior flexibilidade e eficiência decorrente da tecnologia mais moderna que se implantará na CELESC. Portanto, é provável que se apresentem problemas similares, pelo menos no que diz respeito à função de recomposição do sistema.

Se por um lado, a detecção de informações, pode ser facilitada, o mesmo não se pode afirmar em relação a interpretação e o tratamento das informações e tomada de decisões, que deverão exigir processos cognitivos mais complexos. Isto, devido à centralização do controle do sistema, que exige o acompanhamento contínuo do processo e a utilização de uma quantidade significativa de dados, que irão sobrecarregar de informações os monitores de controle.

O supervisor do sistema, portanto, deverá lidar na situação futura com um número muito maior de informações. Além disso, é muito provável, que no período inicial de operação do sistema supervisor, as informações não sejam muito confiáveis, sendo necessário para dar continuidade ao processo, analisar a consistência dos dados e/ou estimar os seus valores quando estão faltando, mediante o que se conhece como "sistema computacional de segurança de dados".

Um aspecto que ocorre na situação atual e continuará na situação futura são as consultas aos manuais de instruções e documentos, especificamente para a recomposição do sistema. Pela complexidade do sistema elétrico, a procura de instruções específicas para determinada ocorrência com determinadas características, pode ser complicada, atrasando a recomposição do sistema. Por outro lado, as limitações dos materiais escritos para dar uma sequência operativa e lógica aos conteúdos, pode afetar a correta interpretação dos procedimentos. A solução neste caso é a apresentação de procedimentos mediante esquemas, diagramas ou sistemas computacionais de apoio à operação. Tudo isso deve ser considerado durante o processo de automação.

Da mesma forma, na execução dos procedimentos nem sempre o sistema evolui como o esperado. Portanto, é necessário que o sistema permita a verificação, a qualquer instante, dos resultados da ação e da situação do sistema.

No sistema automatizado ou sistema supervisor, a representação rígida do sistema elétrico, através de diagramas unifilares, painéis mímicos da rede elétrica, etc., pode dificultar a atualização das mudanças sofridas pelo sistema ao longo do tempo. Isto obriga aos operadores a memorizarem ou, salvaguardar de alguma maneira, alterações ou mudanças ocorridas, o que pode levar a erros de compreensão e interpretação durante a execução de procedimentos para o restabelecimento do sistema.

Neste sentido, recomenda-se implementar no monitor, uma área de anotações relacionadas com as ocorrências e ligado ao diagrama unifilar da subestação ou da região elétrica. Também, recomenda-se a elaboração de diagramas do sistema elétrico, com a flexibilidade necessária para atualizar e indicar dados do sistema sem sobrecarga de informação. Estes diagramas facilitam a compreensão das condições do problema.

Uma maneira de otimizar o sistema, é indicar claramente ao supervisor as condições de operação, normal, crítica ou degradada. De preferência possibilitando a leitura qualitativa das variáveis. Isto pode ser feito mediante o uso de cores e figuras. Também, recomenda-se indicar o comportamento da demanda e fornecimento de energia através do seu histórico, capacidade de linhas e equipamentos, etc.

As comunicações via telefone ou rádio, apresentam, muitas vezes, problemas técnicos que impedem a adequada emissão e recepção de informações. É recomendável portanto reforçar as comunicações escritas, via terminal de computador, fax ou outros meios.

Deve-se considerar o desenvolvimento de módulos de procedimentos, aplicáveis a diversas situações e condições, para a recomposição do sistema e o isolamento de equipamentos e linhas, visando diminuir a complexidade no gerenciamento das informações.

Por outro lado, faz-se necessário um estudo de viabilidade econômica e técnica do uso de telecomando, principalmente em subestações com alguma complexidade, onde se mostrou em alguns casos inviável, como acontece na ELETROSUL e COPEL, por não ter o suporte de informações necessário para decidir pela execução.

É importante também, avaliar os benefícios da aplicação do sistema de recomposição fluente, que pode ser realizada pelo operador da subestação ou pela equipe móbil dos postos de atendimento. A recomposição fluente permite restabelecer o sistema em menor tempo, descentralizar a operação, diminuindo a carga de trabalho nos centros de supervisão da operação do sistema, reduzir erros de operação por informações erradas, entre outros benefícios. O requisito principal é ter pessoal altamente treinado e em número razoável.

4.7. Considerações e justificativas para o desenvolvimento de um sistema inteligente de apoio à função de recomposição do sistema de transmissão.

Baseados no prognóstico da atividade futura provável um sistema de apoio à operação poderia ser aplicado, principalmente, para otimizar as seguintes atividades : elaboração de diagnósticos da situação em caso de contingência, acesso às informações contidas nos manuais de instruções de operação, interpretação e aplicação de procedimentos para o restabelecimento da normalidade do sistema e atualização dos seus dados. Tudo isso com a flexibilidade necessária para adaptar-se a qualquer estrutura técnico-organizacional.

Um sistema de apoio à operação, baseado em técnicas de inteligência artificial, pode efetuar uma filtragem "inteligente" dos dados pertinentes para determinada ocorrência. Portanto, o sistema minimiza o trabalho de procura de instruções, de informações e seleção de alternativas, nutrindo o supervisor de informações faltantes e necessárias para uma correta tomada de decisão. O sistema dispensa os processos de inferência e tratamento de informação mais simples, liberando mais tempo para os processos cognitivos complexos.

No que diz respeito ao investimento para o desenvolvimento de um sistema SAO, este se justifica, se consideramos que está previsto para um futuro próximo a automação de grande parte das manobras executadas atualmente pelos operadores, o que precisaria levantar principalmente os tratamentos de informação e tomada de decisão humana, formalizar e avaliar procedimentos, trabalho que poderia ser integralmente aproveitado do sistema SAO a desenvolver e ser implementado progressivamente em função dos recursos disponíveis.

Finalmente, a atual tendência de descentralizar a operação do sistema, faz com que, principalmente, a função de recomposição do sistema, seja de responsabilidade em alguns casos de equipes móveis que atendem as subestações; em outros casos, do próprio operador de subestação, ou de Centros regionais de Operação. Isto envolve um número maior de pessoal, que muitas vezes não está suficientemente qualificado para desenvolver a função, pois o pessoal especializado e corretamente treinado, geralmente é um grupo reduzido. Portanto, o uso de sistemas de apoio à operação ou tomada de decisão, se justifica, visando contribuir na melhoria da eficiência na operação.

5. MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE APOIO À FUNÇÃO DE RECOMPOSIÇÃO DA TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. DESENVOLVIMENTO E TESTE DA MAQUETE DEMONSTRATIVA.

No presente capítulo, são apresentadas as principais características de um sistema de apoio à função de recomposição do sistema de transmissão (ou, simplesmente, sistema de apoio à operação - SAO). Assim, são apresentadas as etapas sugeridas para desenvolvimento do sistema SAO e os seus objetivos e requisitos funcionais para o seu futuro desenvolvimento. Por outro lado, é apresentado um modelo de desenvolvimento do sistema SAO baseado numa maquete demonstrativa previamente implementada que permitiu realimentar e reformular o modelo. No modelo são abordados aspectos como: base de conhecimento; representação do conhecimento; estrutura funcional do sistema, constituída pela interface, processo de inferência e módulos do sistema. Finalmente são indicados os resultados dos testes com a maquete e as respectivas conclusões.

5.1. Considerações preliminares.

O presente Sistema de "Apoio à operação" (SAO), aplica-se à recomposição de subestações e linhas do sistema de transmissão elétrica, quando ocorrer desligamento automático de equipamentos e/ou instalações. Também, aplica-se, para o restabelecimento à normalidade, quando da sinalização (indicação de anormalidade sem desligamento) das proteções dos equipamentos.

Basicamente, o Sistema de apoio à operação, deverá realizar inicialmente um tratamento das informações, isto é: sinais emitidos pelos equipamentos e outras instalações, fornecidos pelo sistema supervisor na situação automatizada, dados próprios do sistema e dados fornecidos pelo usuário. Como resultado desse tratamento o sistema elaborará um diagnóstico e apresentará ao usuário as instruções de operação dentro de uma sequência e através de diálogos inteligentes, acompanhados quando necessário de outros dados escritos ou esquematizados, como magnitudes elétricas, configuração do sistema, comportamento da demanda de energia, etc. Neste sentido, a figura 5.1 mostra o sistema SAO inserido dentro da estrutura de trabalho na situação automatizada.

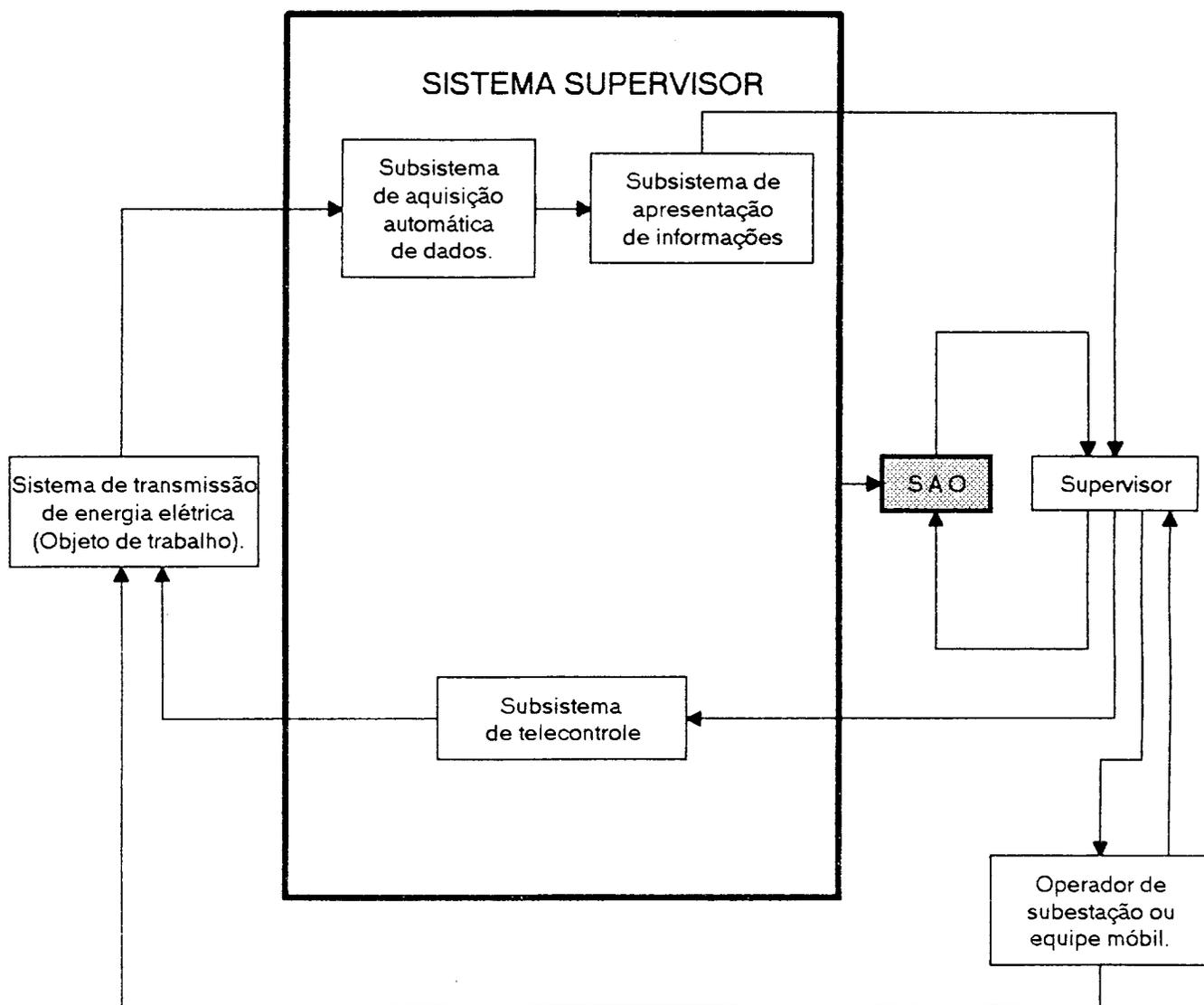


Figura 5.1 - O sistema SAO dentro da estrutura de trabalho na situação automatizada.

5.2. Etapas no desenvolvimento do sistema de apoio à operação -SAO.

Baseados nas etapas de desenvolvimento de sistemas segundo Neto (1988), foram adaptadas e estabelecidas as seguintes etapas para o desenvolvimento do sistema de apoio à operação (ver figura 5.2):

1) Análise ergonômica do trabalho de recomposição do sistema e aquisição do conhecimento relacionado com a atividade;

2) Determinação dos objetivos e requisitos do sistema, baseados nos resultados da análise ergonômica e nos conhecimentos adquiridos sobre a atividade dos supervisores;

3) Representação do conhecimento, mediante frames (triplos Objeto-Atributos-Valores) e Regras de Produção;

4) Determinação da estrutura funcional do sistema SAO, baseada nos resultados das etapas anteriores, consistindo na definição das características da interface usuário-sistema, do processo de inferência e de uso de módulos, banco de dados e funções complementares;

5) Desenvolvimento do protótipo;

6) Teste e avaliação. Previamente devem ser determinados os critérios de avaliação;

7) Versão melhorada baseada na realimentação e redefinição das etapas 2,3,4,5,6.

5.3. Determinação dos objetivos e requisitos do sistema de apoio à operação.

Os objetivos e requisitos do sistema SAO, foram determinados em função dos resultados da análise ergonômica do trabalho e o conhecimento adquirido.

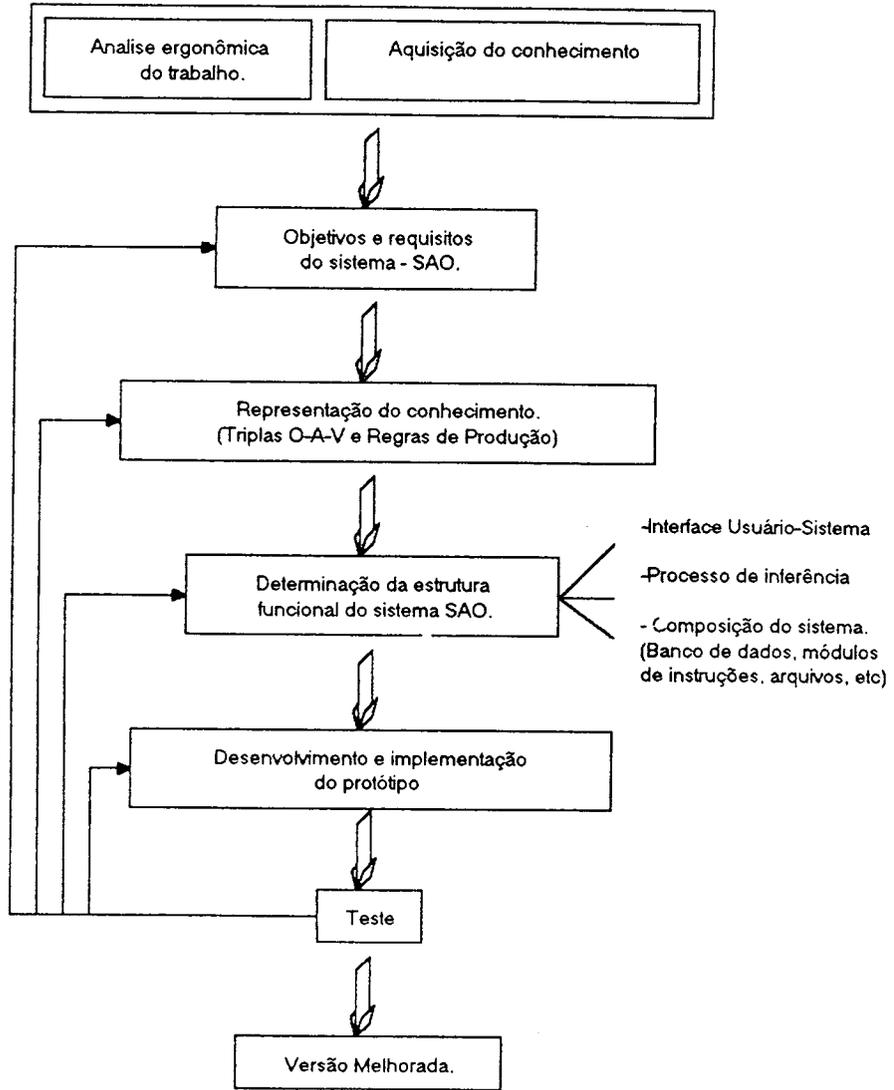


Figura 5.2 - Etapas no desenvolvimento de um sistema de apoio à função de recomposição elétrica.

5.3.1. Objetivo do sistema.

Apoiar na função de recomposição ou restabelecimento da normalidade do sistema de transmissão de energia elétrica, mediante o fornecimento de informações claras, oportunas e específicas ao supervisor, dentro de uma sequência operativa, visando minimizar: a) os possíveis erros cometidos pelos operadores; b) os tempos de resposta do operador e, portanto, o tempo de interrupção do fornecimento de energia; c) a carga de trabalho, sobretudo cognitiva.

Além disso, o uso desta ferramenta, será útil na pesquisa para otimização de procedimentos de operação e apresentação de informações.

O objetivo final, é contribuir na melhoria da eficiência operativa e condições de trabalho.

5.3.2. Requisitos do sistema SAO.

Foram estabelecidos os seguintes requisitos para o sistema de apoio à função de recomposição:

- A interface e estrutura funcional do sistema de apoio à operação, deverá ser coerente com as estruturas e processos de ação reais dos supervisores do sistema, no desenvolvimento da atividade.

- Compatibilizar lógica de utilização com lógica de funcionamento do sistema.

- Permitir selecionar a subestação envolvida numa ocorrência. O sistema deverá carregar e apresentar a configuração e os dados da referida subestação e, pelo menos, a configuração básica da rede de transmissão elétrica da região à que pertence a subestação.

- O sistema deverá fazer uso de diagramas, símbolos e cores para registro e apresentação de informações diretamente relacionadas com a ocorrência ou situação anormal.

- O sistema deverá registrar todas as "sinalizações" e outros dados da ocorrência. Estas informações deverão ser fornecidas ao sistema pelo usuário através de um adequado terminal de comunicação. Também o sistema poderá adquirir e registrar a

informação de forma automática, quando da implantação do sistema automatizado de supervisão do sistema, via computador central, isto permitiria também a verificação dos resultados das ações e situação do sistema.

- Registradas as sinalizações, o sistema deverá diagnosticar com máxima certeza a ocorrência, possibilitando a compreensão do problema por parte do operador, dando mais segurança às suas ações.

- Imediatamente, após o diagnóstico, o sistema deverá guiar o operador, na execução do procedimento, com segurança e rapidez, fornecendo as informações necessárias. Também deverá avaliar as consequências das ações executadas e evitar qualquer erro que poderá cometer o operador.

- O sistema exigirá o acompanhamento racional do processo por parte do usuário, ficando com este as atividades mais complexas de tratamento de informação e tomada de decisão.

- Apresentado mais de um problema, o sistema deverá guiar a tarefa de recomposição para cada ocorrência numa sequência ou ordem de abordagem, para a qual se maximize a segurança da manobra.

- O sistema deve ser flexível, possibilitando a sua rápida reutilização e/ou reinicialização em caso de mudança de condições, dando novas diretrizes na tarefa de recomposição.

- Implementar no sistema, os procedimentos não formalizados, selecionando as melhores estratégias e modos operativos.

- O sistema deverá permitir o acesso a bancos de dados com: a) histórico de defeitos e manutenção de equipamento, assim como registros de mudanças na estrutura ou configuração; b) com histórico de operação e demanda de energia, principalmente para linhas de transmissão, alimentadores e transformadores, indicando o estado (ligado, desligado, em manutenção), níveis de potência, carga (corrente), tensão. Recomenda-se implementar uma rotina computacional para estimar estas grandezas num período determinado.

- Outras informações que o sistema deve fornecer são as capacidades limite de linhas e equipamentos, principalmente para as grandezas de carga, tensão e potência.

Também, deve-se indicar as prioridades de linhas e alimentadores quando precisa-se racionar carga.

- O sistema deverá contar com uma rotina para "segurança de dados", que avalie e estime a informação.

- O sistema deve permitir a implementação de um mecanismo para alteração da configuração e condições das subestações, representadas no diagrama unifilar, além de uma área de anotações, tudo isso visando a atualização das possíveis mudanças.

- Deve-se reforçar as comunicações escritas entre as áreas envolvidas. Portanto, no desenvolvimento do sistema, deve-se considerar a comunicação em rede via computador ou outro meio.

- O projeto deve considerar a implementação computacional de módulos de procedimentos aplicáveis a diversas situações e condições.

- O sistema também deverá adaptar-se para o uso do pessoal menos especializado e/ou treinado.

- Todas as sinalizações e ocorrências devem ser cuidadosamente registradas para posterior estudo.

5.4. Modelo de desenvolvimento do sistema de apoio à função de recomposição. Abordagem e desenvolvimento da maquete demonstrativa.

O presente modelo descreve uma estrutura para o sistema de apoio à função de recomposição. São detalhadas algumas características dessa estrutura, assim como, indicações para a sua construção.

O desenvolvimento de uma maquete deste sistema de apoio, permitiu elaborar um modelo mais coerente com os objetivos e requisitos estabelecidos. Assim, esta maquete submetida a testes, possibilitou a realimentação e reformulação do modelo.

5.4.1. Considerações sobre o desenvolvimento da maquete.

A presente maquete, foi desenvolvida como contribuição inicial para o desenvolvimento de um sistema de apoio à função de recomposição ou

restabelecimento da transmissão de energia elétrica, baseado em técnicas de inteligência artificial.

Esta maquete precisa de uma interface com apresentações gráficas, por isso utilizou-se um ambiente de desenvolvimento de sistemas especialistas (KAPPA), onde foi modelado o conhecimento na linguagem própria do software (KAL) e em vários módulos ou rotinas.

O sistema de transmissão elétrica da CELESC, conta com 184 subestações, cuja estrutura funcional básica é a mesma, ou seja, linhas de transmissão, barramentos, transformadores, disjuntores, religadores, aparelhos de medição e de proteção. Portanto, foi selecionada uma subestação estruturalmente representativa do conjunto e que facilite o estudo e desenvolvimento de uma maquete demonstrativa (situação, pessoal para consulta, informação disponível, etc). Trata-se da subestação "*Coqueiros*" da CELESC, localizada no bairro do mesmo nome e pertencente à região geoeletrica de Florianópolis.

Na maquete, a interface é considerada importante, pois, do grau de adaptação da mesma às características do usuário e da atividade, depende a correta utilização do sistema e o apoio eficiente na operação. Também foram implementados os diagnósticos e instruções de operação das principais e mais frequentes ocorrências. Da mesma forma, podemos considerar que foi formalizado através do sistema alguns dos mais importantes processos operatórios como a recomposição ou restabelecimento de transformadores.

Portanto, nesta maquete resta ainda a implementação de diversos módulos de procedimentos e de programas complementares, especialmente de rotinas que possibilitem a comunicação com bancos de dados, que indiquem outras informações como o comportamento da demanda de energia, históricos de operação com valores de geração, carga e tensão para equipamentos e linhas, histórico de manutenção de equipamentos, análise de segurança de dados, entre os principais.

5.4.2. Base de conhecimento.

As informações contidas na base de conhecimento são divididas em duas categorias: informações fornecidas ao sistema e informações próprias do sistema.

5.4.2.1. Informações fornecidas ao sistema de apoio à operação.

As informações podem ser fornecidas pelo usuário do sistema ou pelo sistema automatizado de aquisição de dados. As informações são as seguintes:

- Subestação envolvida no desligamento e o horário do mesmo.

- Informação sobre os estados dos equipamentos (ligado, desligado, em manutenção). Os principais equipamentos considerados no sistema são os transformadores, disjuntores, religadores e linhas de transmissão. Cabe indicar que podem desligar um ou mais equipamentos, mas só atua uma proteção por desligamento, em condições normais.

- A proteção que atuou desligando um equipamento ou linha.

- Sinalização de proteções sem desligamento de equipamentos.

- Dados sobre históricos de manutenção, operação, demanda de energia.

- As grandezas do sistema como: tensão, corrente, potência, frequência, etc., principalmente para linhas de transmissão, transformadores e alimentadores.

5.4.2.2. Informações próprias do sistema (ou fatos).

Em geral temos informações sobre implicações e consequências para cada uma das combinações de eventos (desligamento de equipamentos e instalações e atuação de proteções). Também, temos os procedimentos respectivos de recomposição do sistema, com suas variações em função dos resultados das manobras e de novos dados ingressados ao sistema e, por último, a ordem e sequência de eventos a serem abordados. Estes dados correspondem aos tratamentos de informação realizados pelos supervisores, levantados mediante a análise ergonômica.

Por outro lado, temos dados sobre as características de linhas e equipamentos, como capacidades máximas, condição, situação, prioridade de linhas e alimentadores, pontos de inter conexão e configuração da rede.

Na maquete demonstrativa foram implementados diversos tratamentos de informação, considerando a sequência operativa real no desenvolvimento da função de

recomposição na subestação de Coqueiros. Os tratamentos de informação básicos estão representados nos fluxogramas das figuras 5.3, 5.4 e 5.5. Estes fluxogramas facilitaram muito a representação do conhecimento mediante frames e regras de produção. Uma vez implementados computacionalmente, permitem a verificação da validade dos conhecimentos modelados.

5.4.3. Representação do conhecimento.

O conhecimento é modelado mediante frames ou triplas Objeto-Atributos-Valores (OAV) e regras de produção.

5.4.3.1. Frames ou triplas Objeto-Atributos-Valores.

Os "objetos" definidos na maquete são: a "subestação" (*sistema total*), *equipamentos e instalações da subestação, isto é, os transformadores, os disjuntores, os religadores, barramentos e linhas de transmissão.*

Por outro lado, estes objetos possuem atributos, que podem ter diversos valores. Para cada um dos equipamentos e instalações da subestação temos os seguintes atributos: "status" cujos valores indicam o estado ligado ou desligado e o atributo "proteção" cujos valores indicam o tipo de proteção que atuou ou sinalizou (valores representados por códigos). Outros atributos, tanto para linhas como para equipamentos, são: capacidade limite, nível de carga, tensão ou potência num instante qualquer.

5.4.3.2. Regras de Produção.

Os eventos são informados ao sistema ingressando os valores respectivos dos atributos mencionados. As diferentes combinações de eventos geram uma diversidade de ocorrências e, portanto, de procedimentos. Este conhecimento denominado como "fatos" é operacionalizado mediante modelagem por regras de produção. Assim temos por exemplo:

Se desligou o Disjuntor 272 e atuou a proteção 51N. (Valores dados a atributos ou Slots),

Então Desligou o Dj da baixa tensão do transformador # 1. (Conclui num "fato").

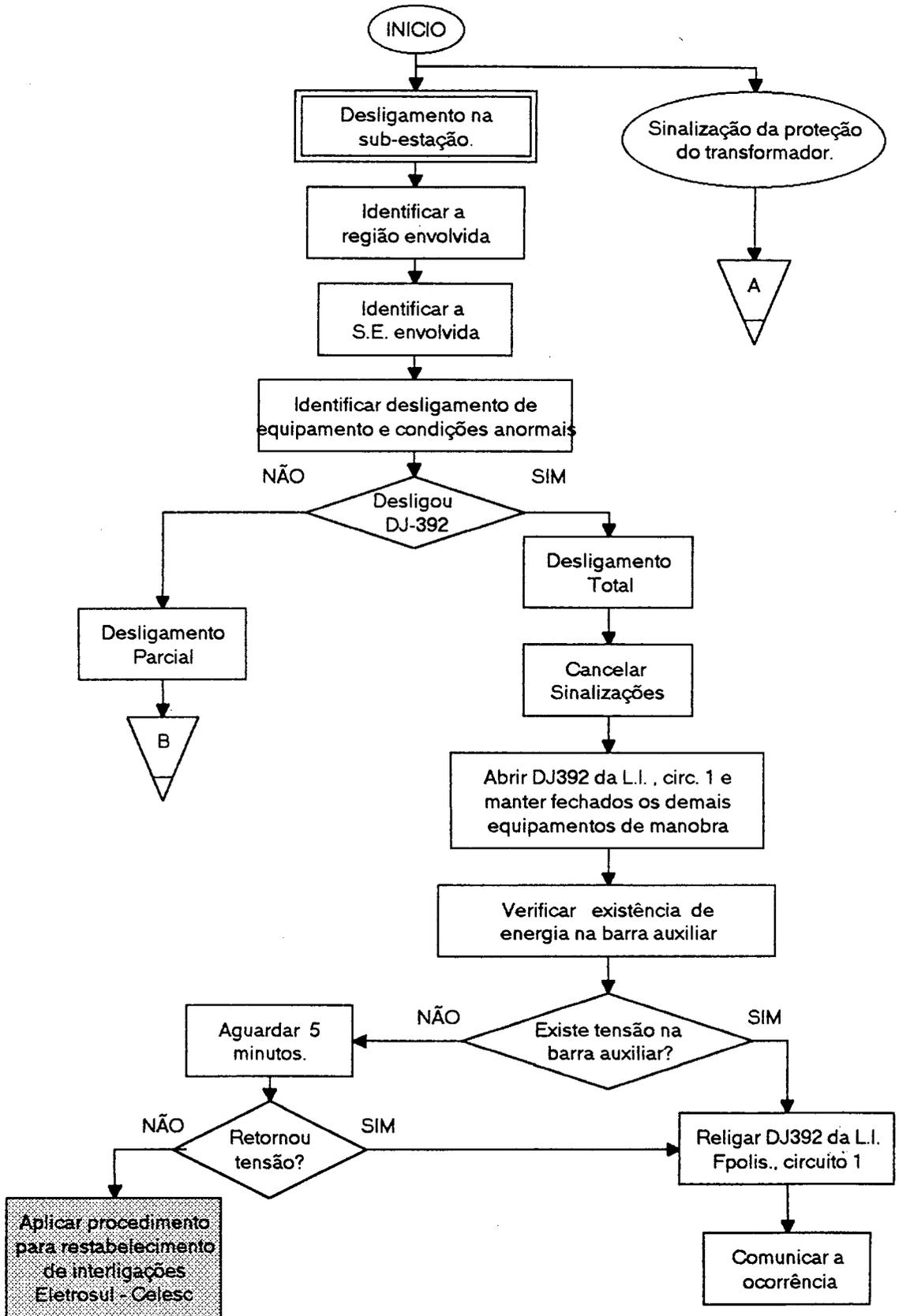


Figura 5.3 - Fluxograma dos tratamentos de informação básicos para recomposição da subestação Coqueiros (1).

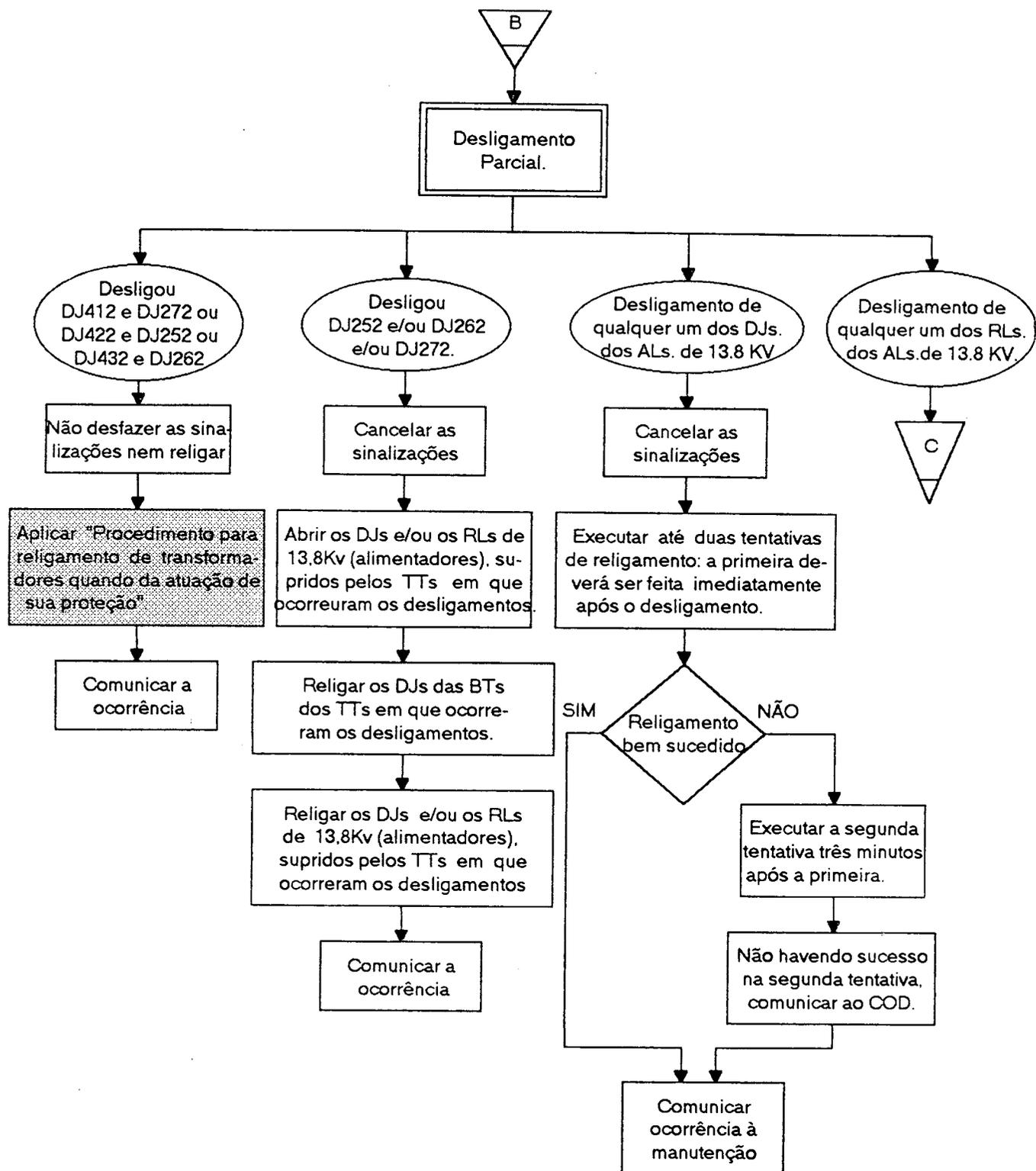


Figura 5.4 - Fluxograma dos tratamentos de informação básicos para recomposição da subestação Coqueiros (2).

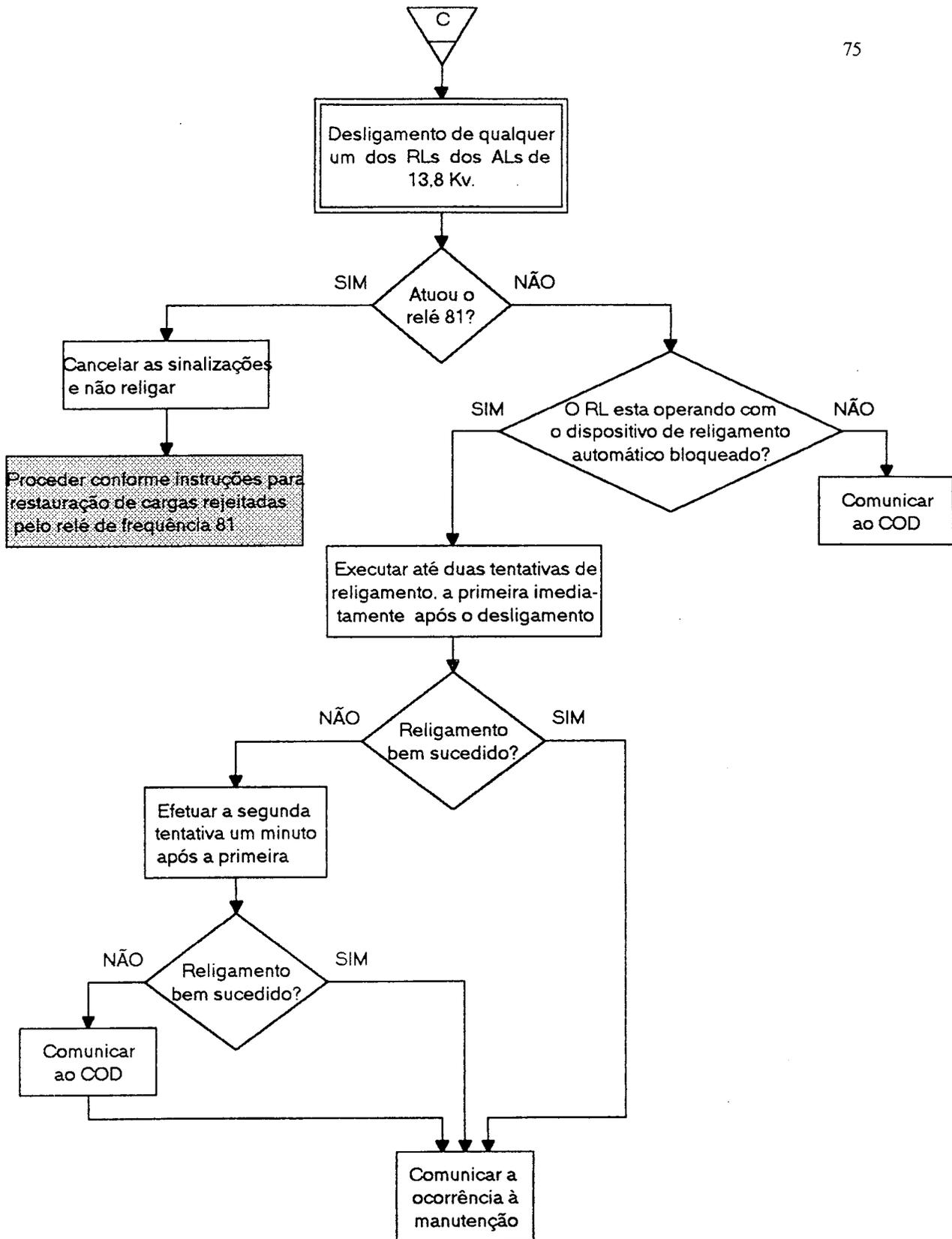


Figura 5.5 - Fluxograma dos tratamentos de informação básicos para recomposição da subestação Coqueiros (3).

As regras de produção implementadas na maquete, são mostradas no anexo número 5.

5.4.4. Estrutura funcional do sistema SAO.

5.4.4.1. Composição do sistema SAO.

O sistema SAO, deve ser implementado em diversos módulos contendo rotinas de programação aplicadas a casos específicos de operação. No que diz respeito aos diagramas, principalmente do sistema elétrico, estes devem ser armazenados em arquivos gráficos. Tudo isso visando facilitar as atualizações ou mudanças no sistema.

O programa de controle, módulo principal do sistema, é responsável pelo gerenciamento dos diversos módulos relacionados principalmente com os procedimentos de operação, e pela interação operador-sistema.

Cabe indicar que a recomposição do sistema pode ser auxiliada por módulos, sendo cada um deles, aplicáveis a diversas situações ou condições de características similares. Isto diminuiria substancialmente o volume de informações, facilitaria a implementação computacional do sistema e o controle dessas informações, assim como a atualização de instruções quando das mudanças nas características do sistema. Também podem ser de grande benefício o uso de módulos de procedimentos para isolar equipamentos.

Outros módulos, (ver figura 5.6) que deverão ser implementados no sistema SAO a desenvolver, são:

- módulo implementado com interface gráfica para atualização de dados temporários nos próprios diagramas do sistema elétrico.

- módulo para indicação de prioridade de linhas de transmissão e alimentadores e, inclusive, informações sobre as características dos principais consumidores, para assim apoiar a tomada de decisão em situações especiais, quando do racionamento de carga. Uma classificação de prioridades de carga é mostrada no anexo 4.

- módulo de ajuda ou informações complementares, que poderá ser ativado em qualquer estágio do processo. Recomenda-se desenvolver este módulo dentro de uma

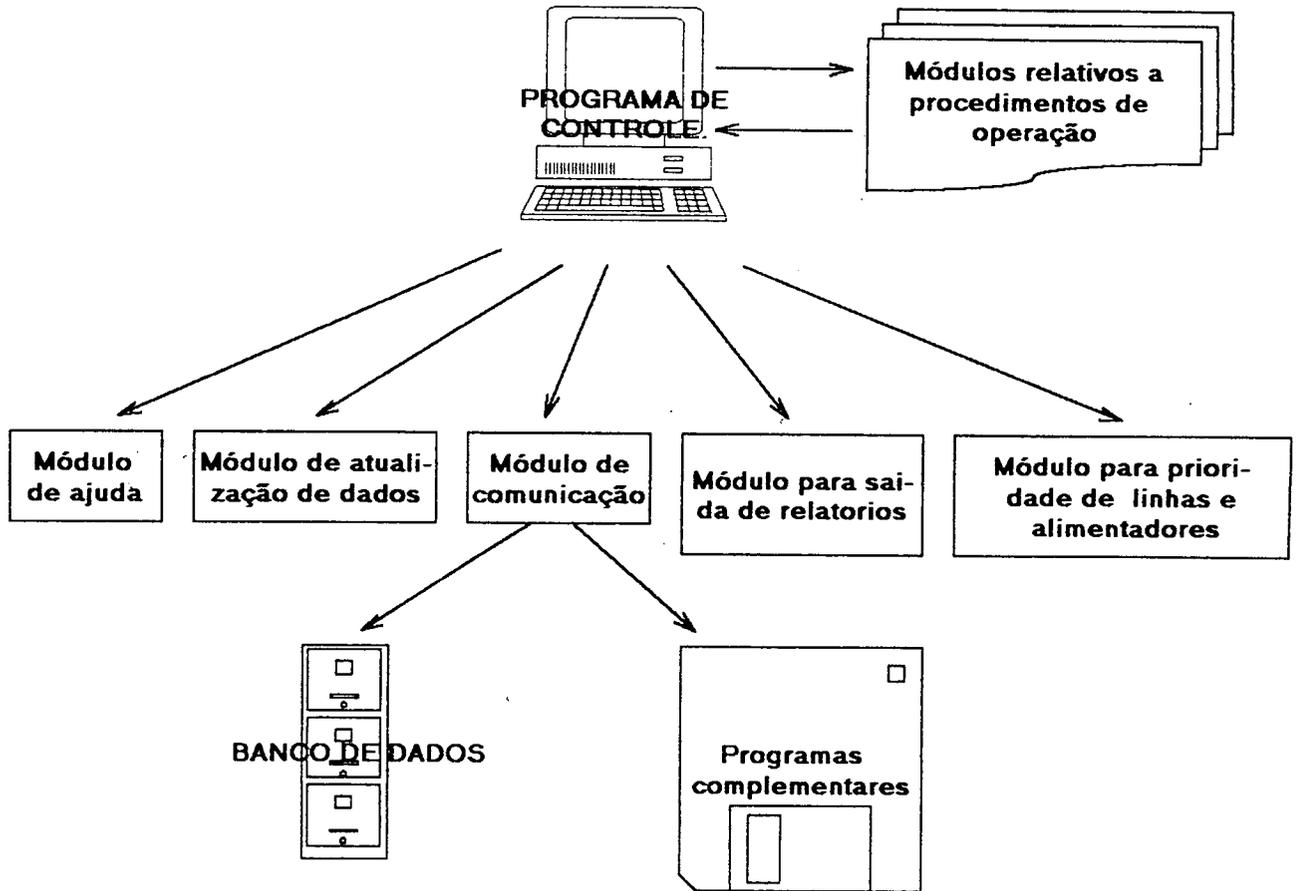


Figura 5.6 - Estrutura do sistema SAO

estrutura hipertexto que se adapte ao nível de experiência dos supervisores ou utilizadores do sistema.

- módulo para saída de relatórios, principalmente relacionados com os procedimentos aplicados.

- módulo de comunicação com banco de dados e programas complementares.

As rotinas para consulta a bancos de dados, devem ser implementados com menus adequados, que facilitem a procura e apresentação de informações. Assim, o sistema SAO deverá permitir, quando necessário, a consulta aos seguintes bancos de dados:

- Banco de dados com breves históricos da manutenção corretiva e preventiva, dos equipamentos e registros das mudanças na estrutura e configuração do sistema.

- Banco de dados com histórico de operação, principalmente, de linhas de transmissão, transformadores, alimentadores. Isto é, dados indicando os períodos de operação ou inatividade, comportamento das diversas grandezas durante o período de operação.

Recomenda-se também, implementar a comunicação com módulos ou programas externos: que estimem o comportamento da demanda e dos valores das diversas grandezas envolvidas, para determinado equipamento ou linha de transmissão, num período ou momento qualquer. Também, é necessária a comunicação com um programa de análise de segurança de dados, que analisa a consistência dos dados e pode estimá-los quando necessário.

Considerando a possibilidade do sistema utilizar informações digitalizadas, de forma automática, se recomendaria o desenvolvimento e aplicação dos seguintes módulos de programas:

- alimentação automática de informações ao sistema quando acontece uma ocorrência;

- programa que determina se as condições ou estados da subestação permite a execução do procedimento. Se não permite, indica as medidas necessárias para a preparação da subestação;

- módulo ou programa que indique quando as condições do sistema são normais, degradadas ou críticas.

5.4.4.2. Interface com o usuário.

Na maquete, a interface com o usuário foi concebida numa estrutura de manipulação direta, que pode ser operada quase totalmente com o "mouse", o que facilita o seu uso. A maquete consta de cinco "telas" para interface, cuja sequência de controle é mostrada na figura 5.7. A seguir, são descritas as telas:

A primeira tela no monitor solicita para inicializar o processo. A segunda, apresenta o mapa do estado de Santa Catarina, dividido em áreas ou regiões geoeletricas. O usuário deverá "clique" sobre a região envolvida no desligamento e onde se encontra a subestação a recompor .

A terceira tela mostra o diagrama da região geoeletrica, selecionada anteriormente, permitindo ao supervisor aprimorar a sua representação da situação, assim como recompor linhas de transmissão. Aqui o usuário, também, deve indicar a subestação a recompor ou restabelecer, mediante um "clique" sobre o símbolo da subestação. (ver figura 5.8).

A quarta tela apresenta o diagrama unifilar com todas as informações necessárias, inclusive utilizando figuras e cores. O sistema pede para ingressar as "sinalizações" ou dados, assim o usuário "clique" (usando o mouse), sobre os equipamentos que desligaram, logo se ativa um menu para ingressar as proteções que atuaram sobre esses equipamentos. No caso de transformadores, deve-se indicar também as proteções que sinalizaram. O próprio diagrama unifilar da subestação, é utilizado para o ingresso de dados ao sistema, isto é, por manipulação direta, facilitando a compreensão e utilização do sistema por parte do operador (ver figura 5.9).

O usuário pode observar, enquanto ingressa os dados, a representação e situação dos equipamentos que desligaram. Em caso do usuário errar e precisar re-ingressar dados, o "botão" de "Inicializar Sinais" facilita a sua tarefa. Por outro lado se o supervisor precisa observar novamente a região geoeletrica correspondente, só precisa "clique" no botão nomeado "sistema de transmissão" e logo retornar. Terminado este procedimento, o usuário pode iniciar o processo de inferência, mediante o "botão-executar".

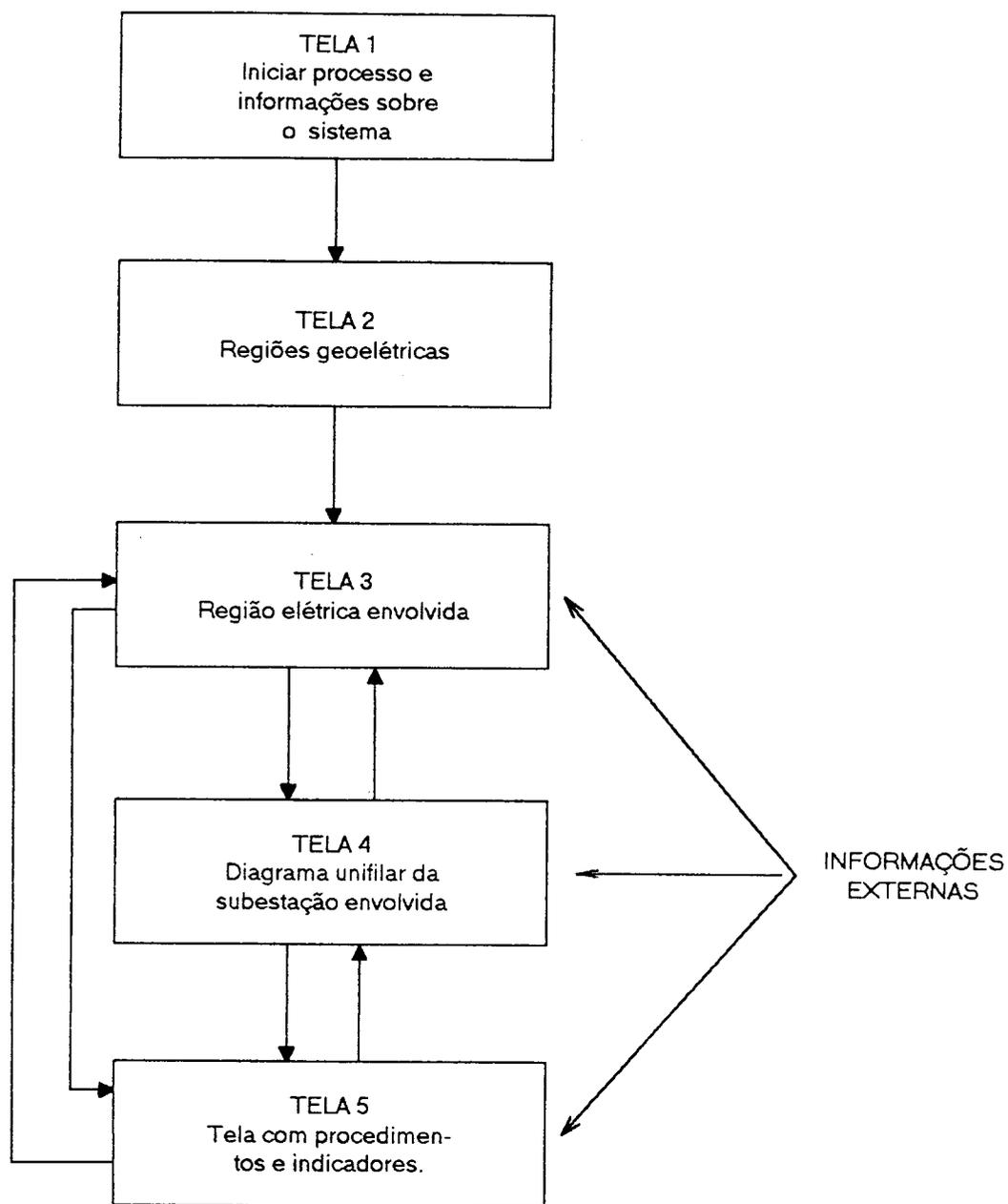


Figura 5.7 - Sequência de controle das "telas".

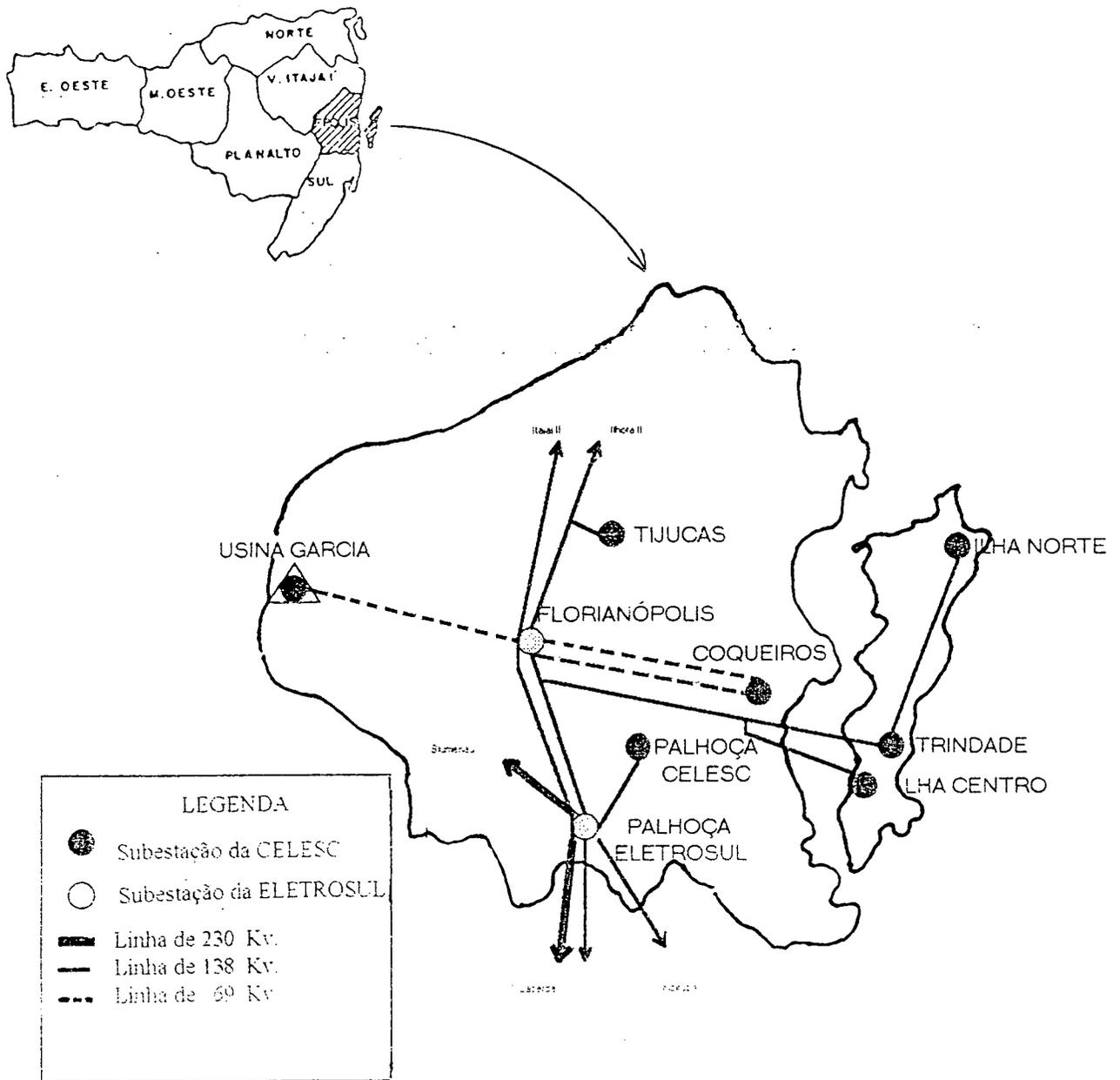


Figura 5.8 - Tela três: Região geoeétrica de Florianópolis (ativada a partir de sua seleção na tela dois)

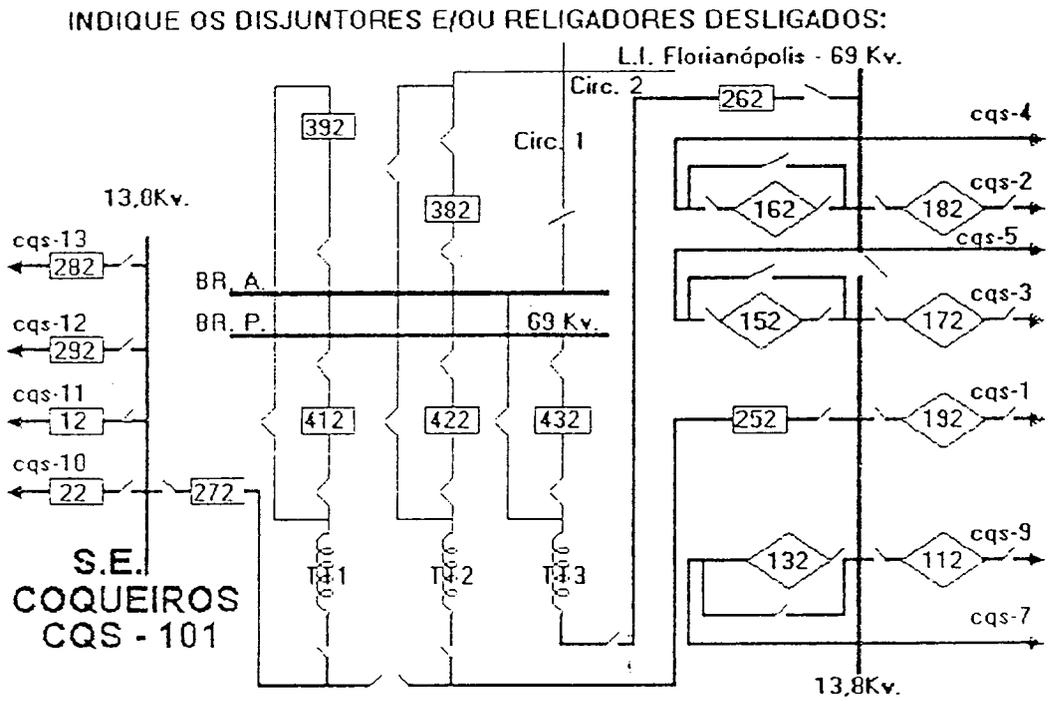


Figura 5.9 - Tela para Ingresso dos dados da ocorrência por manipulação direta no diagrama unifilar

Por outro lado, deve ser implementado na quarta tela uma área de anotações relacionada com ocorrências e anormalidades, assim como uma rotina computacional que permita deixar notas ou indicações simbólicas no próprio diagrama unifilar.

A quinta tela ativada com o botão "*executar*", apresenta um diagnóstico da ocorrência e as instruções e informações necessárias, para a tarefa de recomposição, dentro de uma sequência operativa. Eventualmente, durante este último processo, a maquete solicita novas informações que ativaram novos "*métodos ou rotinas computacionais*".

A maquete permite mudar os eventos ou condições do sistema elétrico, ativando quando necessário, o menu de ingresso de informação (tela 3), mediante o botão "*ir a menu sinais*". Assim, o sistema retorna novos resultados. Por último, tem-se na parte inferior da tela, um botão para sair do sistema terminando a sessão, onde pode-se ter a opção de guardar as informações ingressadas.

Na tela número 2, deve-se implementar os procedimentos de recomposição e remanejamento, para toda a rede elétrica da região envolvida. Nesta tela, assim como na tela número 3 e 5, serão colocados menus para a consulta de banco de dados.

5.4.4.3. Processo de inferência.

O processo se inicia por indicação do usuário, através do sistema. Primeiramente, o sistema pede a informação necessária sobre a ocorrência de eventos na respectiva subestação ou linha de transmissão. Em seguida, o sistema designa valores aos atributos dos objetos. A seguir, aguardam a ordem de executar o processo de inferência. Este processo, funciona da seguinte maneira: a partir dos dados ingressados, uma primeira regra manda o controle para rotinas correspondentes a um desligamento total ou parcial. Num primeiro nível, o sistema identifica as diferentes combinações de eventos. Para cada combinação, o sistema ativa um método que executa um procedimento. Se o procedimento for complexo o sistema ativa outros métodos, a partir do método inicial (sempre ligados ao equipamento envolvido), solicitando ao usuário, em alguns casos, novos dados. As regras que identificam estas combinações, estão ordenadas de maneira a permitir ativar métodos, numa ordem para execução de procedimentos, que dê máxima segurança e facilidade à manobra.

Devem ser consideradas também, dentro deste processo, as comunicações com banco de dados e programas complementares. Estes bancos, deverão estar disponíveis

para consulta, quando necessário, e em qualquer estágio do processo de recomposição do sistema. Esta consulta seria através de um menu que solicite informações como código do equipamento, data, e tipo de informação. Em seguida, seriam apresentadas as informações de forma clara e precisa, ocupando parcialmente a tela do computador ou terminal. Da mesma forma, deverão ser utilizados os programas complementares.

5.5. Teste e avaliação da maquete do sistema SAO.

5.5.1. Critérios de avaliação da maquete.

Baseado em Sperandio (1989), foram utilizados os seguintes critérios de avaliação para o sistema SAO :

- A extensão das tarefas que o utilizador deve e pode efetuar;
- a duração da aprendizagem necessária;
- a facilidade de utilização sem aprendizagem;
- a tolerância do sistema aos erros dos utilizadores;
- a facilidade de modificação das ações empreendidas;
- o tempo necessário à execução de um conjunto de tarefas;
- o número e a gravidade de erros cometidos pelo utilizador;
- a extensibilidade (a adaptabilidade) a novas tarefas;
- a aceitação pelo utilizador.

5.5.2. Testes.

O sistema foi testado com supervisores (02) e engenheiros (02) do centro de operação do sistema da CELESC. Neste sentido ocorrências simuladas foram propostas, para ser resolvidas pelo pessoal. O analista realizou o papel de operador de subestação, fornecendo informações, também simuladas e cuidadosamente estudadas. Assim, a experiência foi bem sucedida, na medida que se realizaram ações simuladas, tecnicamente corretas, conseguindo-se hipoteticamente recompor o sistema. Após as primeiras tentativas, os usuários familiarizaram-se com a maquete sem aprendizagem prévia. As reclamações foram no sentido de se ter mais informações complementares de apoio e emitir resumos globais dos processos realizados, tanto dos eventos como dos resultados do processo. Em casos eventuais se deu a necessidade de voltar atrás na sequência do processo. Com relação a erros, só aconteceram no início com o uso dos botões, por dificuldades na discriminação de suas funções. Por outro lado, quando

acontecem erros no fornecimento de dados ao sistema, este, não permite a modificação rápida da ação empreendida.

5.5.3. Conclusões.

A partir dos testes e avaliação realizados, pode-se concluir o seguinte:

- Os diagnósticos e procedimentos emitidos pelo programa são acertados, portanto cumpre a sua função;

- A interface é amigável pela rápida adaptação por parte dos operadores. As modificações não serão importantes;

- As informações oportunas e precisas, a orientação na aplicação dos procedimentos e a avaliação dos resultados das manobras, podem ajudar a minimizar os erros de operação.

- O operador realizou mais rápido e com mais facilidade, de forma simulada, o respectivo procedimento. Nessas situações o tempo de resposta e portanto de interrupção do fornecimento de energia se reduzem notoriamente.

- A maquete, ainda tem dificuldades para: adaptar-se a eventos ou situações especiais, tolerar alguns erros e modificar as ações empreendidas.

- Os operadores não habituados com o uso de sistemas de apoio, precisam de informações complementares (de ajuda, seqüências de utilização, descrição de funções, comandos, diagramas e símbolos, etc) que deveram ser apresentadas em forma escrita e/ou gráfica, para facilitar a compreensão e utilização do sistema.

- O uso de diagramas, símbolos e cores, facilita a compreensão da situação e condições da ocorrência. Assim, por exemplo, o uso de cores para indicar circuitos elétricos independentes, facilita a elaboração da imagem operativa;

- Finalmente, podemos concluir que o uso de Sistemas de apoio à operação nas atividades de "recomposição do sistema de transmissão elétrica", é uma ferramenta útil e poderosa. A presente maquete deverá seguir um processo de implementação e otimização, principalmente mediante "feed back".

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.

6.1. Conclusões e recomendações relativas às contribuições da análise ergonômica no desenvolvimento de sistemas inteligentes de apoio à operação (S.A.O.).

A contribuição da análise ergonômica do trabalho para o desenvolvimento de um sistema SAO, é muito importante. Neste sentido, são apresentadas as seguintes conclusões:

- No desenvolvimento de sistemas SAO, é necessário compreender como o homem desenvolve sua atividade no trabalho, isto é, como ele detecta, identifica e decodifica as informações, como representa a tarefa e os seus objetos relacionados, planifica e controla a atividade, como e porque aplica determinados procedimentos e estratégias, como resolve problemas, toma decisões e age. Neste aspecto, a contribuição da metodologia da análise ergonômica, foi muito importante. Assim, permitiu a elaboração de um modelo de desenvolvimento adaptado às características psicofisiológicas do operador e da atividade realmente desenvolvida, levando-se em conta as mais desfavoráveis situações de trabalho.

- A análise ergonômica, permitiu, compatibilizar a lógica de funcionamento da maquete do sistema SAO, com a lógica de utilização do usuário. De fato, a consideração da lógica do usuário facilita a utilização do sistema.

- As características das informações e comunicações, levantadas no ambiente de trabalho, mediante a análise ergonômica, permitiram determinar as características da linguagem operativa a ser utilizada no sistema SAO.

Algumas recomendações, tiradas da experiência no desenvolvimento do presente estudo são:

- O sistema SAO deve lidar com a construção de representações, relacionadas principalmente com a interpretação e tratamento de informações operativas, a serem realizadas durante o desenvolvimento da atividade.

- A utilização, neste tipo de sistemas, de esquemas, figuras, cores, etc. ajuda na comunicação usuário-sistema e facilita a compreensão das condições do problema, assim como, da lógica de utilização do sistema.

- As informações apresentadas e solicitadas pelo sistema SAO devem ser coerentes com as informações que o operador guarda na memória, ou seja, com a sua representação conceitual dessas informações.

- A influência dos objetivos nas estratégias empregadas pelos operadores, também deve ser considerada para conseguir desenvolver um sistema flexível.

- Adaptar, prioritariamente, as características da interface, isto é, diálogo, apresentação da informação e controle do programa, à dinâmica das ações do operador.

- Fazer com que o usuário compreenda o processo de resolução de problemas e não só chegar ao resultado, avaliar as respostas do usuário para retroalimentar o sistema e dar novas informações.

- Determinar as limitações do sistema SAO, dando as orientações necessárias ao usuário para dar continuidade ao processo de solução. Determinar ainda quando é mais produtiva ou necessária a intervenção humana com seus processos mentais (compatibilizando homem e máquina).

- Também, deve-se determinar quais informações e processos do sistema SAO devem ser opcionais, considerando os níveis de experiência e especialização.

- Considerar a técnica de "simulação cognitiva", no desenvolvimento de sistemas especialistas de treinamento e apoio à operação, pela sua afinidade com a realidade da situação de trabalho.

6.2. Conclusões relativas à utilização de sistemas de apoio à operação na melhoria das condições de trabalho e eficiência operativa.

O sistema SAO pode facilitar a correta tomada de decisões e tratamentos da informação, pelo suporte informacional e a condução do processo de raciocínio dentro de uma sequência operativa. Com relação ao suporte informacional, um sistema SAO, centraliza as informações, atualmente dispersas e originárias de fontes distintas. Também, permite "*filtrar*" as informações, mediante prévia avaliação e seleção.

Portanto, o sistema SAO, permitirá dispor só das informações necessárias para determinado estágio da sequência operativa, em maior quantidade e em menor tempo. Nesse sentido, podemos concluir, com relação ao sistema SAO, que:

- A carga de trabalho mental do supervisor do sistema deverá ser menor;
- reduz o tempo de recomposição do sistema, principalmente pela rapidez das consultas. Isto significa ganhos econômicos, se consideramos que a empresa não cobra durante o tempo que é interrompido o fornecimento de energia. Além disso, são minimizados os prejuízos dos consumidores;
- por outro lado, a sequência lógica que daria um sistema de apoio, aos tratamentos de informação e tomada de decisões, diminui a possibilidade de erro ou falhas humanas. O usuário não só executa as instruções do sistema, como participa na elaboração de diagnósticos e tomada de decisões, sendo necessário o acompanhamento racional do processo;
- diminuirá o número de comunicações via telefone ou rádio, principalmente, entre supervisores e operadores. Isto é positivo, considerando a baixa qualidade na recepção da voz através do atual sistema de comunicação;
- o sistema SAO, reúne os requisitos necessários, para servir de base no projeto e implantação de um sistema totalmente automatizado de recomposição de subestações;
- por último, este sistema, pode contribuir na redução do tempo de treinamento do pessoal;

6.3. Recomendações e sugestões de futuros trabalhos.

Avaliar as implicações organizacionais e estratégicas na empresa decorrentes da implantação de um sistema SAO.

Estudar a configuração de hardware e software para o desenvolvimento do sistema SAO completo.

Estudos de utilização inteligente, por parte do sistema SAO, bancos de dados, principalmente com históricos de operação e manutenção.

Desenvolvimento de interface gráfica para atualização de diagramas de redes elétricas, com auxílio de mesas digitalizadoras e editores gráficos.

Avaliação de benefícios técnicos e econômicos em aplicação do sistema SAO na recomposição fluente.

Adaptação do sistema SAO para o treinamento do pessoal relacionado com a função de recomposição do sistema.

Finalmente, desenvolver uma metodologia específica para o desenvolvimento de sistemas de apoio à operação, baseado na análise ergonômica do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANDERSON, J. R. The architecture of cognition. Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1983.
- COHEN, G. "Problem Solving" em the psychology of cognitive, New York : Academic Press, 1986. p.46-71.
- DOS SANTOS, Neri. Ergonomia da Automação da Produção. UFSC, Florianópolis. 1991a. Mimeo.
- _____. Ergonomia Cognitiva. UFSC, Florianópolis. 1991b. Mimeo.
- FALZON, Pierre. Ergonomie Cognitive du Dialogue. Paris: Presses Universitaires de Grenoble, 1989. p.151-164.
- HARMON, Paul, KING, David. Expert Systems. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1988.
- HOC, Michel. Psychologie Cognitive du Traitement de l'Information Symbolique: ECCE4, Cambridge: CNRS - Université de Paris 8, Sept., 1988. p. 3-8.
- KALSBECK, J. "Etude de la surcharge informatique sur le comportement et l'état émotionnel", en: DEJOURS, VEIL, WISNER, Psychopathologie du Travail, Paris: Entreprise Moderne D'Édition, 1985. p. 168-171.
- LIDA, I. Ergonomia: Projeto e Produção, São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda, 1990.
- MIELKE, Fernando Luiz. Ensino assistido por computador: algumas considerações teóricas da ergonomia e da inteligência artificial num ambiente hipertexto. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1991.
- NETO, Jesse. Um sistema de treinamento para operadores de reservatórios baseados em técnicas de inteligência artificial. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1988.

- RASMUSSEN, J.R., & JENSEN, A. Mental Procedures in Real-Life Task: A Case Study of Electronic Trouble Shooting in Ergonomics. 17,3., 1980. p.295 - 300.
- RICHARD J. F. Logique du fonctionnement et logique dell utilisation. Rapports de recherche 202, France: Roquencourt, 1983.
- _____. "As atividades mentais: compreender, raciocinar, encontrar soluções". UFSC, Florianópolis, 1990. Tradução mimeo.
- RUTENFRANZ, Joseph. Trabalho em Turnos e Noturno. São Paulo: Oboré/FTD., 1989.
- SCAPIN, D. L., Guide ergonomique de conception des interfaces homme - machine. Rocquencourt, 1986.
- SPERANDIO, J. C. Análise psicológica - contribuições contemporâneas da psicologia cognitiva e da inteligência artificial para a ergonomia da informática, Paris, 1989. p.231 - 243.
- WATERMAN A., Donald. A guide to expert systems. Wesley: Ed. Addison, 1985. p.63-79,
- WISNER, Alain. Por dentro do trabalho: Ergonomia: métodos e técnicas. São Paulo: Oboré/FTD, 1987. p. 35-45.
- _____. Ergonomia y condiciones de trabajo. Buenos Aires: Ed. Hvmalitas, 1988. 318p., p. 57-83.

BIBLIOGRAFIA

- BORGHI, DAMAS, ARIEIRO, Simulador de redes para treinamento da operação de distribuição, XI seminário nacional de energia elétrica, Blumenau, 1992.
- COLLINS, Allan e SMITH, Edward E. Cognitive science: a perspective from psychology and artificial intelligence. California: Kaufmann Publishers, Inc., 1988. 661p.
- DOS SANTOS, Neri. Análise Ergonomica do Trabalho. UFSC, Florianópolis, 1991. Mimeo.
- DOS SANTOS, N., CYBIS, W. A confiabilidade de sistemas homem-computador em controle de processos em tempo real, EPS/UFSC, 1989.
- _____. Metodologia de análise do trabalho dos operadores de sistemas automatizados, EPS/UFSC, 1990.
- FIALHO, Francisco, ALMEIDA, Ronaldo. O Sistema DETRE. ELETROSUL DOS/GPIC., 1980. 106p.
- HARMON, Paul, KING, David. Sistemas especialistas. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 304p.
- HERNANDEZ V., Walter. Resolução de problemas baseados no conhecimento humano: as contribuições da psicologia e da inteligência artificial à Ergonomia Cognitiva. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós- Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1990. 124p.
- HOC J. M. Le problème de la planification dans la construction d'un programme informatique, Le travail humain, 1979.
- KITAJIMA, M. A formal representation system for the human-computer interaction process, Japon, 1987.
- LAVILLE, A. Ergonomia. São Paulo: EPU/USP, 1977.

Manuais de instrução de operação para recomposição de subestações elétricas da CELESC. Florianópolis: CELESC., 1992.

MÁSCIA, Fausto Leopoldo. Análise ergonômica da gestão informatizada - o projeto SIGO da RFFSA. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós - Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1991. 135 p.

NORIEGA, Mariano. Processo de produção e saúde e desgaste operário. São Paulo: HUCITEC, 1989.

PALMER, C. Ergonomia. Rio de Janeiro: Ed. Fund. Getúlio Vargas, 1976.

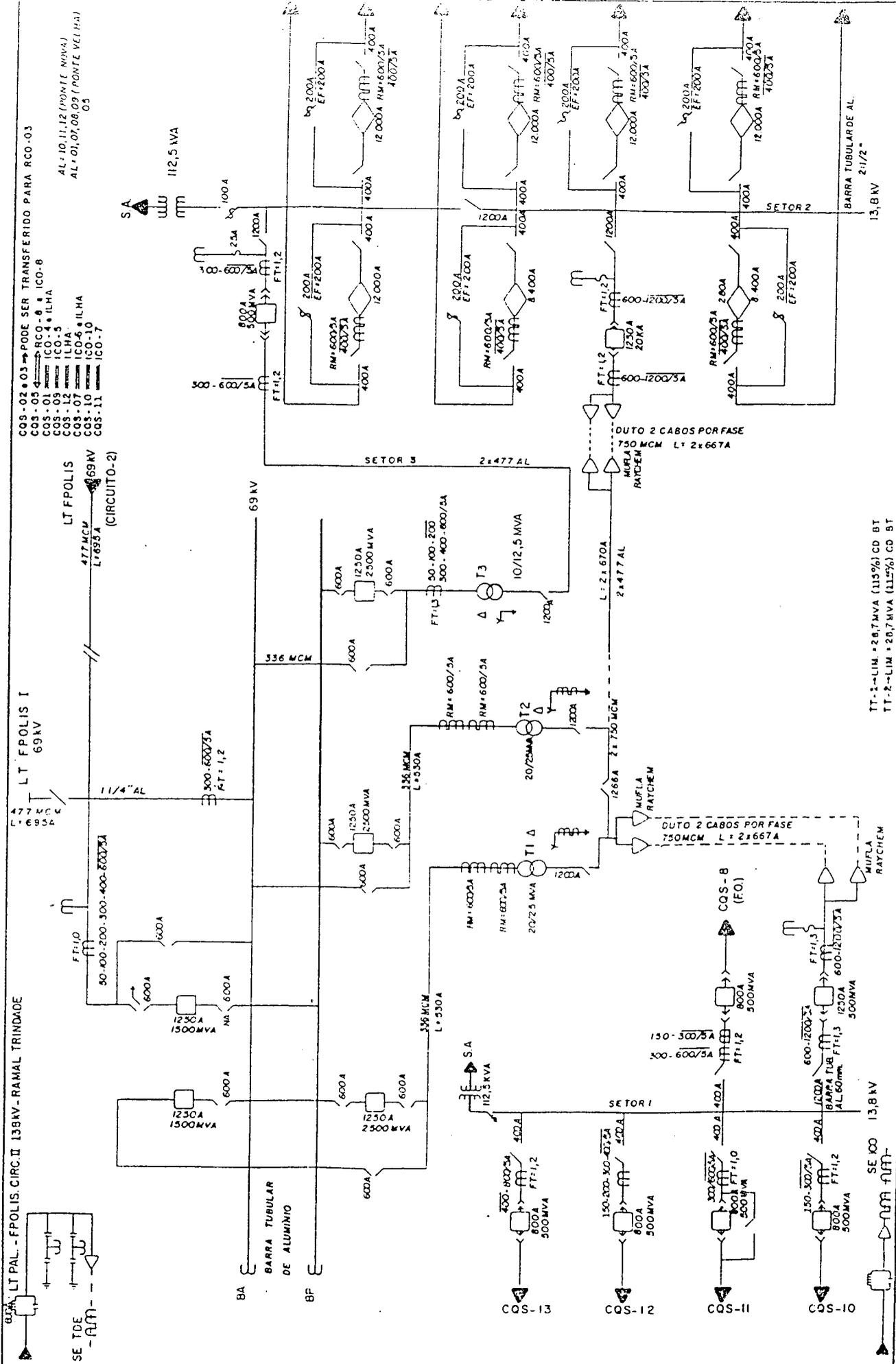
PIRES, et al, Sistema de apoio à operação, XI seminário nacional de energia elétrica, Blumenau, 1992.

SALAZAR, Manuel, VELEZ, Gladys. Análise ergonômica das condições de trabalho dos técnicos e auxiliares de enfermagem da C.M.M. do H.U. - UFSC. Trabalho de conclusão da Disciplina do Curso de Mestrado - Engenharia do Trabalho - UFSC., Florianópolis, 1991. Mimeo.

SIMON, H., NEWELL, A. Human problem solving. New Jersey: Prentice Hall Inc., 1972.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA - ABERGO - Anais do IV Seminário. Rio de Janeiro. 1989.

ANEXO 1 - Diagrama unifilar da subestação "Coqueiros"



DPOP-DVSS

IOI- SE COQUEIROS

DATA:

CQS-02 a 03 -> PODE SER TRANSFERIDO PARA RCO-03

- CQS-05 a 08 -> RCO-08 e ICO-8
- CQS-01 -> ICO-4 e ILHA
- CQS-09 -> ICO-5
- CQS-12 -> ILHA
- CQS-07 -> ICO-6 e ILHA
- CQS-10 -> ICO-10
- CQS-11 -> ICO-7

AL-10,11,12 (PONTE MVA-1)
AL-01,02,03 (PONTE VELHA)
OS

SA 112,5 NVA

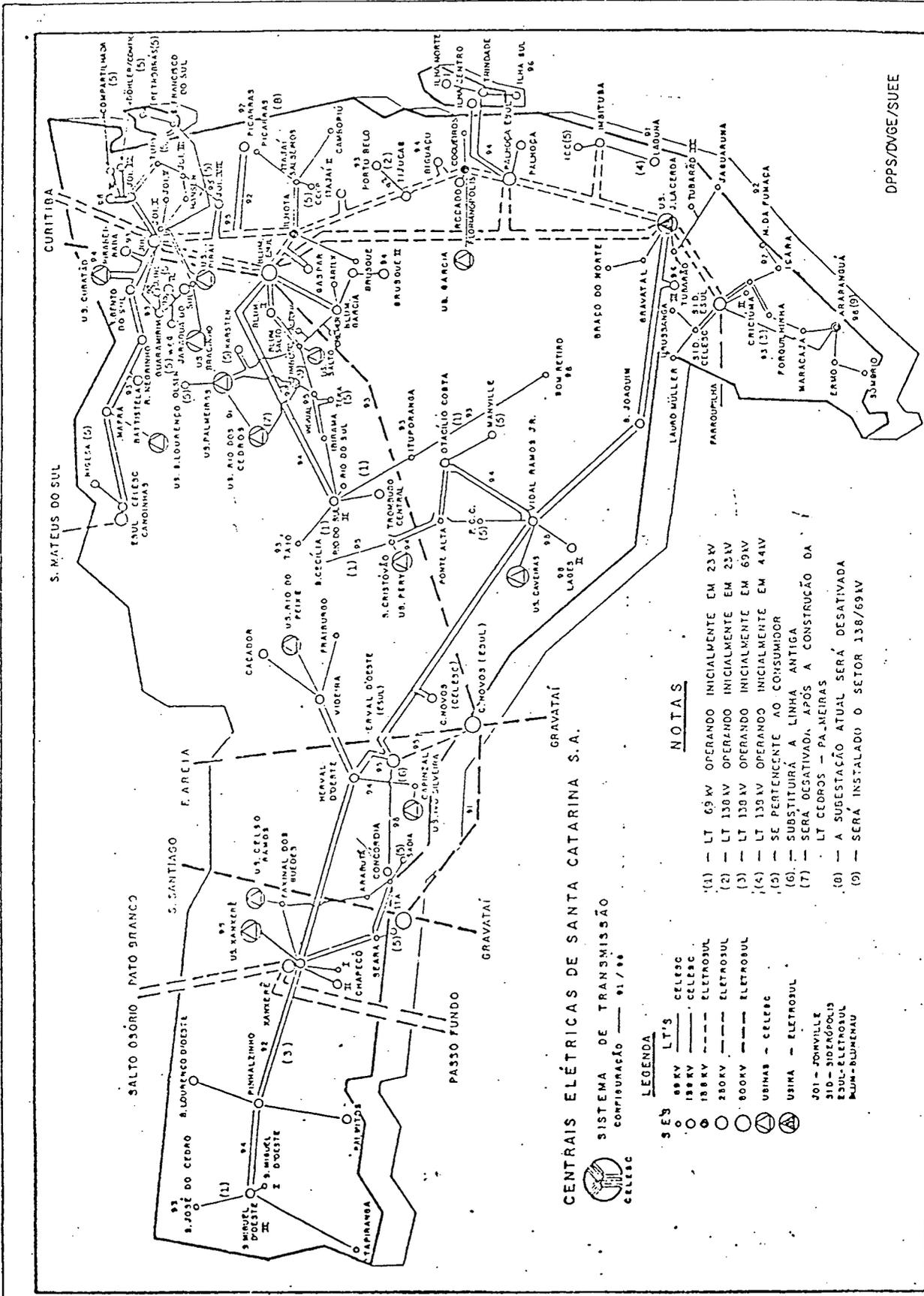
SETOR 2

BARRA TUBULAR DE AL.
2 1/2"

TT-1 - LIM. + 26,7 MVA (115%) CD BT
TT-2 - LIM. + 20,7 MVA (115%) CD ST

SE 100
13,8 kV

ANEXO 2 - Sistema de transmissão elétrica de Santa Catarina



CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A.
SISTEMA DE TRANSMISSÃO
 CONFIGURAÇÃO - 91/98

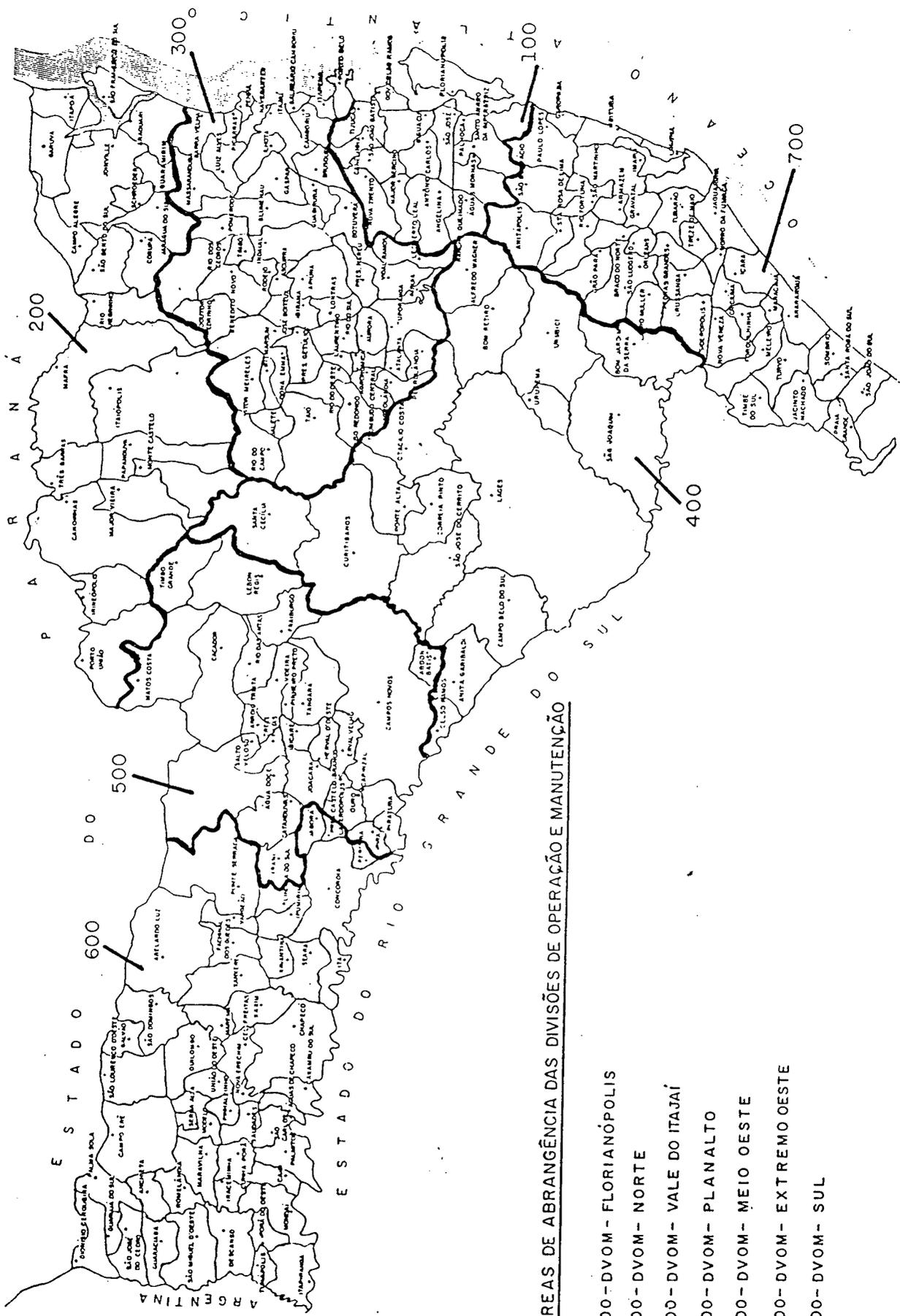
LEGENDA

- SEES**
- 69KV LT'S CELESC
 - 188KV CELESC
 - 230KV ELETROSUL
 - 300KV ELETROSUL
 - USINAS - CELESC
 - USINA - ELETROSUL
 - JOL - JORNILLE
 - SID - SIDRAPOLIS
 - ESUL - ELETROSUL
 - MUM - BLUMENAU

NOTAS

- (1) - LT 69KV OPERANDO INICIALMENTE EM 23KV
- (2) - LT 130KV OPERANDO INICIALMENTE EM 23KV
- (3) - LT 130KV OPERANDO INICIALMENTE EM 69KV
- (4) - LT 130KV OPERANDO INICIALMENTE EM 44KV
- (5) - SE PERTENCENTE AO CONSUMIDOR
- (6) - SUBSTITUIRÁ A LINHA ANTIGA
- (7) - SERÁ DESATIVADA, APÓS A CONSTRUÇÃO DA
- (8) - LT CEOROS - PA-NEIRAS
- (9) - A SUBESTAÇÃO ATUAL SERÁ DESATIVADA
- (9) - SERÁ INSTALADO O SETOR 138/691V

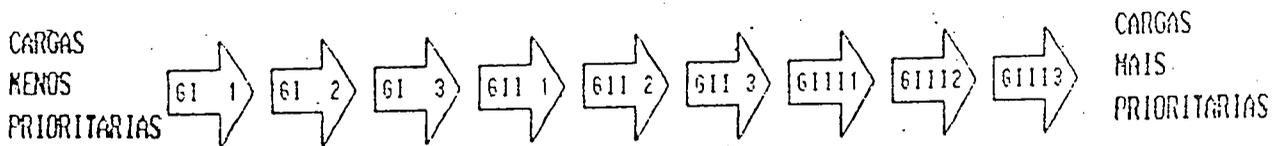
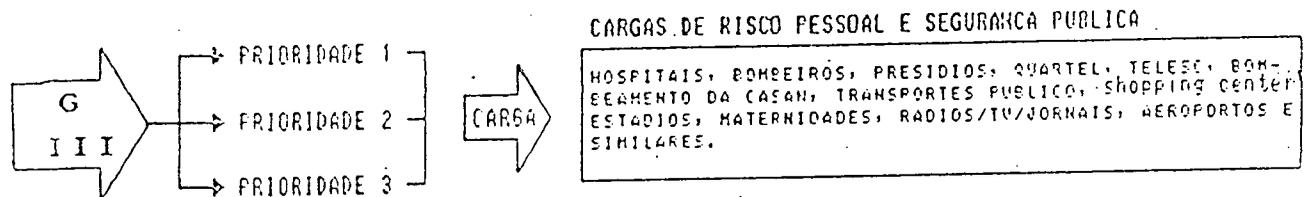
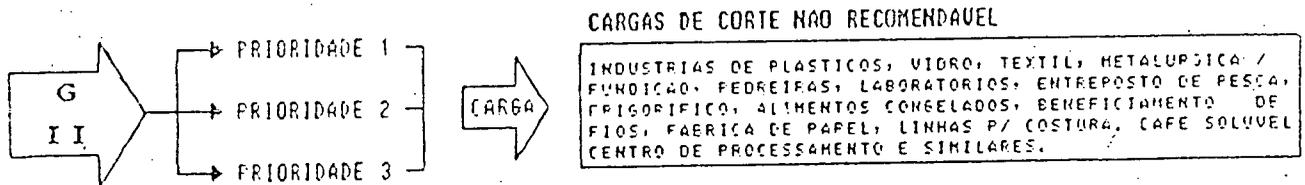
ANEXO 3 - Áreas de abrangência das divisões de
operação e manutenção



ÁREAS DE ABRANGÊNCIA DAS DIVISÕES DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

- 100 - DVOM - FLORIANÓPOLIS
- 200 - DVOM - NORTE
- 300 - DVOM - VALE DO ITAJAÍ
- 400 - DVOM - PLANALTO
- 500 - DVOM - MEIO OESTE
- 600 - DVOM - EXTREMO OESTE
- 700 - DVOM - SUL

GRUPOS DE CARGAS



ANEXO 4 - ESTUDO DE PRIORIDADE DE CARGAS

ANEXO 5 - Principais regras utilizadas na implementação
da maquete demonstrativa

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```
{
If { DJ412:SDJ412 # = 412 And { DJ272:SDJ272 # = 272 } }
  Then SetValue( Trafos:Tdesli, TT1. ) And SendMessage( Desligamento,
    Deslitt );
If { DJ422:SDJ422 # = 422 And DJ252:SDJ252 # = 252 }
  Then SetValue( Trafos:Tdesli, TT2. ) And SendMessage( Desligamento,
    Deslitt );
If { DJ432:SDJ432 # = 432 And DJ262:SDJ262 # = 262 }
  Then SetValue( Trafos:Tdesli, TT3. ) And SendMessage( Desligamento,
    Deslitt );
Hidelmage( Text4 );
SetValue( DJ272:T1, - );
SetValue( DJ252:T2, - );
SetValue( DJ262:T3, - );
If { DJ272:SDJ272 # = 272 And { DJ412:SDJ412 # = L } }
  Then SetValue( DJ272:T1, TT1 );
If { DJ252:SDJ252 # = 252 And { DJ422:SDJ422 # = L } }
  Then SetValue( DJ252:T2, &TT2 );
If { DJ262:SDJ262 # = 262 And { DJ432:SDJ432 # = L } }
  Then SetValue( DJ262:T3, &TT3 );
}
```

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```
If { DJ272:SDJ272 # = 272 And { DJ412:SDJ412 # = L } }
  Then SetValue( DJ272:T1, TT1 );
If { DJ252:SDJ252 # = 252 And { DJ422:SDJ422 # = L } }
  Then SetValue( DJ252:T2, &TT2 );
If { DJ262:SDJ262 # = 262 And { DJ432:SDJ432 # = L } }
  Then SetValue( DJ262:T3, &TT3 );
If { { DJ272:T1 # = TT1 } Or { DJ252:T2 # = &TT2 }
  Or { DJ262:T3 # = &TT3 } }
  Then SendMessage( DJ, DJ2 );
If { { DJ422:SDJ422 # = 422 And DJ252:SDJ252 # = L }
  Or { DJ412:SDJ412 # = 412 And DJ272:SDJ272 # = L }
  Or { DJ432:SDJ432 # = 432 And DJ262:SDJ262 # = L } }
  Then PostMessage( "ERRO: NÃO É POSSÍVEL O DESLIGAMENTO ISOLADO DE UM DJ DE A
If { DJ282:SDJ282 # = 282 Or DJ292:SDJ292 # = 292 Or DJ12:SDJ12
  # = 12 Or DJ22:SDJ22 # = 22 }
  Then SendMessage( DJ, Mdj1 );
If Null?( RL:Rdesl )
  Then SetValue( S.F:Suhestacan. cms )
```

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```

{
If { Trafos:Rele # = 50.51 }
Then PostMessage["Iniciando procedimento de recomposição por atuação do relé da alta "
# Trafos:Rele ] And SendMessage{ Trafos,
M5051 };
If { { Trafos:Rele # = 20 } Or { Trafos:Rele # = 63 }
Or { Trafos:Rele # = 64 } Or { Trafos:Rele # =
87 } }
Then PostMessage["Iniciar procedimento de recomp. por atuação do relé:"
# Trafos:Rele ] And PostMessage["Realizar vistoria do transformador"]
And Beep[ ] And PostMessage["Transformador impedido: Isolar!"]
And { If { PostMenu["Ausência do TR. provoca racionamento?"]
SIM, NÃO } # = SIM }
Then { Beep[ ] And PostMessage["REMANEJAR A CARGA DO TRANSFORMADOR"]
Else PostMessage["Avisar à manutenção e outros órgãos envolvidos"] };
If { { Trafos:Rele # = 26 } Or { Trafos:Rele # = 49 } }
Then PostMessage["Iniciar procedimento de recomp. por atuação do relé:"
# Trafos:Rele ] And SendMessage{ Trafos,
Relinatth I:

```

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```

{
If { PostMenu["Ausência do TR. provoca racionamento?"]
SIM, NÃO } # = SIM }
Then { If { PostMenu["Excessivo carregamento e/ou falha do sistema de ventilação?"]
SIM, NÃO } # = SIM }
Then { PostMessage["Religar com carga reduzida"]
And { If { PostMenu["Religamento bem sucedido?"]
SIM, NÃO } # = NÃO }
Then SendMessage{ Trafos,
Religattc }
Else PostMessage["Recomposição concluída!. Informar à manutenção"]
Else SendMessage{ Trafos, Religattc } }
Else SendMessage{ Trafos, Religattc };
};

```

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```

{
PostMessage("Realizar uma vistoria detalhada do transformador");
If ( PostMenu("Existe anormalidade constatada?", SIM,
NÃO ) #= SIM )
Then ( If ( PostMenu("Ausência do trafo provoca racionamento?",
SIM, NÃO ) #= SIM )
Then ( PostMessage("Tentar eliminar anormalidade no transformador")
And ( If ( PostMenu("Eliminada anormalidade",
SIM, NÃO ) #= NÃO )
Then ( Beep( ) And PostMessage("Transformador impedido")
And PostMessage("Avisar à manutenção e órgãos envolvidos" ) )
Else SendMessage( Trafos,
M5051A ) ) )
Else Beep( ) And PostMessage("Transformador impedido")
And PostMessage("Avisar à manutenção e órgãos envolvidos" ) )
Else SendMessage( Trafos, M5051A );
};

```

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```

{
PostMessage("RELIGAR O TRANSFORMADOR");
If ( PostMenu("Religamento foi bem sucedido?", SIM, NÃO )
#=# NÃO )
Then ( Beep( ) And PostMessage("TRANSFORMADOR ESTÁ IMPEDIDO")
And PostMessage("Avisar à manutenção e órgãos envolvidos" ) )
Else PostMessage("Recomposição concluída. Comunicar Ocorrência");
};

```

Update Edit Search Options

Arguments:



Body:

```
{
If { Trafos:Tdesli #= TT1. }
Then PostInputForm( "TRANSFORMADOR TT1", TT1, PTT1,
    "Indique a proteçao que atuou:" )
And { Trafos:Rele = TT1:PTT1 }
And SendMessage( Trafos, Religatt );
If { Trafos:Tdesli #= TT2. }
Then PostInputForm( "TRANSFORMADOR TT2", TT2, PTT2, "Indique a proteçao que atuou:" )
And { Trafos:Rele = TT2:PTT2 }
And SendMessage( Trafos, Religatt );
If { Trafos:Tdesli #= TT3. }
Then PostInputForm( "TRANSFORMADOR TT3", TT3, PTT3, "Indique a proteçao que atuou:" )
And { Trafos:Rele = TT3:PTT3 }
And SendMessage( Trafos, Religatt );
};
```

Update Edit Search Options

Arguments:



Body:

```
{
ShowImage( Text3 );
SetPostMessageTitle( "Recomposiçao da Subestação" );
PostMessage( "ABRIR DJ-392 DA LI FLORIANOPOLIS-69KV, CIR. 1 E MANTER FECHADOS OS" );
If { PostMenu( "EXISTE TENSAO NA BARRA AUXILIAR?:"; SIM,
    NAO ) #= SIM }
Then { PostMessage( "RELIGAR DJ-392 DA LI-FLO., CIR.1 E COMUNICAR A OCORRÊNCIA
    FIM DO PROCEDIMENTO" )
And HidelImage( Text3 ) }
Else SendMessage( Desligamento, 1009b );
};
```

Method Editor: Desligamento: Desli

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```
{
ShowImage( Text4 );
SetPostMessageTitle( "Religamento de transformadores" );
PostMessage( "NÃO DESFAZER AS SINALIZAÇÕES, NEM RELIGAR OS EQUIPAMENTOS" );
PostMessage( "Iniciar procedimento para religamento do transformador."
# Trafos:Tdesli );
If ( PostMenu( "Atuou chave 86t?", SIM, NÃO )
# = NÃO )
Then ( If ( PostMenu( "Trafo desligado pelos relés 50/51 da B.T.?",
SIM, NÃO ) # = NÃO )
Then ( PostMessage( "REALIZAR VISTORIA DO TRANSFORMADOR" )
And PostMessage( "Isolar Transformador e, posteriormente, entregar à manute
Else SendMessage( Trafos, M5051 ) )
Else If ( PostMenu( "Houve atuação de outro relé?", SIM,
NÃO ) # = NÃO )
Then ( PostMessage( "REALIZAR VISTORIA DO TRANSFORMADOR" )
And PostMessage( "Isolar Transformador e, posteriormente, entregar à manuten
Else SendMessage( Desligamento, Relett );
};
```

Method Editor: DJ: COD

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```
{
PostMessage( "CANCELAR AS SINALIZAÇÕES" );
If ( PostMenu( "O RELIGADOR ESTA OPERANDO COM O DISPOSITIVO DE RELIGAMENTO AU
SIM, NÃO ) # = NÃO )
Then PostMessage( "COMUNICAR AO COD E DVOM, DA REGIÃO FLORIANÓPOLIS" )
Else SendMessage( DJ, M545 );
};
```

Method Editor: DJ(VOM)

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```
{
ShowImage[ Text2 ];
SetPostMessageTitle[ "Recomposição de DJ. de Alimentador" ];
PostMessage[ "CANCELAR AS SINALIZAÇÕES" ];
PostMessage[ "EXECUTAR ATÉ DUAS TENTATIVAS DE RELIGAMENTO: A PRIMEIRA DEVERÁ
If { PostMenu[ "RELIGAMENTO BEM SUCEDIDO", SIM, NÃO ]
    #= NÃO }
    Then PostMessage[ "EXECUTAR A SEGUNDA TENTATIVA TRÊS MINUTOS APÓS A PRIMEIR
        And PostMessage[ "NÃO HAVENDO SUCESSO NA SEGUNDA TENTATIVA, COMUNICAR
PostMessage[ "COMUNICAR OCORRÊNCIA À MANUTENÇÃO(DVOM)"];
PostMessage[ "FIM DO PROCEDIMENTO" ];
HidelImage[ Text2 ];
};
```

Method Editor: Desligamento:Parcial

Update Edit Search Options

Method Editor: Desligamento:1009b

Update Edit Search Options



Arguments:

Body:

```
{
PostMessage[ "AGUARDAR 5 MINUTOS" ];
If { PostMenu[ "RETORNOU A TENSÃO NA BARRA AUXILIAR?",
    SIM, NÃO ] #= SIM }
    Then PostMessage[ "RELIGAR DJ-392 CIRCUITO 1" ]
    Else PostMessage[ "Aplicar procedimento para restabelecer Interligações ELETROSUL- CE
PostMessage[ "FIM DO PROCEDIMENTO" ];
HidelImage[ Text3 ];
};
```