

Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção

METODOLOGIA PARA ESPECIFICAÇÃO DE
TELECONTROLE EM SUBESTAÇÕES DE
ENERGIA ELÉTRICA

Gilberto Grandi

Tese apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
Como requisito parcial para obtenção
do título de Doutor em
Engenharia de Produção

Orientador

Prof. Fernando Á. O. Gauthier, Dr.

Florianópolis - SC, Dezembro de 2000.

Gilberto Grandi

**METODOLOGIA PARA ESPECIFICAÇÃO DE TELECONTROLE EM
SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA**

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Doutor em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 18 de Dezembro de 2000.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. Fernando Álvaro Ostuni Gauthier, Dr.
Orientador

Prof. Edilberto Pereira Teixeira, Dr.

Prof.^a. Elizabeth Sueli Specialski, Dr.^a.

Prof. Malcon Anderson Tafner, Dr.

Prof. João Bosco da Mota Alves, Dr.

Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.

Para Rô.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter-me dado o direito à vida, à saúde, a capacidade de pensar e energia para vencer mais esta etapa.

Agradeço a minha família por ter-me proporcionado um ambiente propício para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos amigos pela ausência e pela compreensão em determinadas ocasiões em que este trabalho teve prioridade.

Agradeço as universidades, por terem disponibilizado pessoas com notáveis conhecimentos e paciência para orientar-me através do melhor caminho.

Agradeço as empresas que souberam relevar alguns momentos usados para refletir sobre o trabalho (não àquele do dia-a-dia), mas este, que preencheu um espaço durante alguns anos de doutorado. Agradeço também o tempo que dispensaram com idéias, dicas, material e acima de tudo, experiência.

Agradeço as instituições que colaboraram financeiramente para a realização deste trabalho.

Agradeço a todos aqueles que colaboraram, direta ou indiretamente com opiniões e com incentivos para que esta tese chegasse ao seu final.

Sem citar nomes, empresas ou instituições, quem trabalhou, quem prestigiou e ajudou sabe disso, o meu agradecimento a todos, de coração, muito obrigado.

AS BASES

“É fácil evitar as críticas:

não faça nada,

não diga nada,

não seja ninguém”.

Elbert Hublard

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	xii
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS GERAIS	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO	3
1.4 JUSTIFICATIVAS	4
1.5 LIMITAÇÕES	4
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2 ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS e TELETRABALHO	6
2.1 ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS	6
2.1.1 INTRODUÇÃO	6
2.1.2 CARACTERÍSTICAS DAS ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS	7
2.1.3 BENEFÍCIOS OFERECIDOS PELAS ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS	8
2.1.4 DIFICULDADES DAS ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS	8
2.1.5 CICLO DE VIDA DE UMA ORGANIZAÇÃO VIRTUAL	9
2.2 TELETRABALHO	10
2.2.1 INTRODUÇÃO	10
2.2.2 DIFERENÇAS ENTRE TRABALHO E TELETRABALHO	10
2.2.3 ASPECTOS PSICOSOCIAIS DO TELETRABALHO	12
2.2.3.1 O LOCAL DE TRABALHO	12
2.2.3.2 O ISOLAMENTO DO INDIVÍDUO	13
2.2.3.3 O HORÁRIO FLEXÍVEL	13
3 AUTOMOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES	14
3.1 INTRODUÇÃO	14
3.2 MONITORAÇÃO – O CAMINHO PARA A AUTOMAÇÃO	14
3.2.1 A FONTE DE DADOS DE UMA SUBESTAÇÃO	16
3.3 TELECONTROLE	16
3.3.1 FUNÇÕES BÁSICAS	17
3.4 FERRAMENTAS PARA AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES	21
3.4.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	22

3.4.1.1	Sistemas Especialistas	23
3.4.1.2	Algoritmos Genéticos	25
3.4.1.3	Agentes	25
3.4.1.4	Raciocínio Baseado Em Casos	26
3.4.1.5	Redes Neurais	26
3.4.2	SOFTWARE PADRÃO PARA PROCESSOS	27
3.4.3	LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO PARA PROCESSOS	28
3.4.3.1	Function Block Diagram	28
3.4.3.2	Instruction List	28
3.4.3.3	Ladder Diagram	28
3.4.3.4	Sequential Function Chart	29
3.4.3.5	Structured Text	29
3.5	AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES	29
3.5.1	O PROCESSO DE AUTOMAÇÃO	31
4	METODOLOGIA PARA ESPECIFICAÇÃO DE TELECONTROLE EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA	36
4.1	PLANEJAMENTO DA METODOLOGIA	36
4.1.1	INTRODUÇÃO	36
4.1.2	AS NECESSIDADES DE CADA EMPRESA	36
4.1.3	A ESCOLHA DO SISTEMA SCADA	37
4.1.4	A DEFINIÇÃO DO SOFTWARE	38
4.1.5	A SELEÇÃO DO HARDWARE	39
4.1.6	A ESPECIFICAÇÃO DA UNIDADE TERMINAL REMOTA	39
4.1.7	IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PILOTO	40
4.1.8	O PLANEJAMENTO DE IMPLANTAÇÃO	40
4.1.8.1	Projeto de Engenharia	40
4.1.8.2	Execução do Projeto de Engenharia	40
4.1.9	CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA SCADA	41
4.1.10	CONFIGURAÇÃO DA UTR	44
4.1.11	COMISSIONAMENTO	44
4.1.12	OPERAÇÃO LOCAL DA SUBESTAÇÃO	44
4.1.13	DOCUMENTAÇÃO	45
4.1.14	TREINAMENTO	45
4.1.15	TRANSFERÊNCIA DA PLATAFORMA	45
4.2	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	46
4.2.1	INTRODUÇÃO	46
4.2.2	REQUISITOS GERAIS	46
4.2.2.1	Requisitos da Arquitetura Global	46
4.2.2.2	Características	48
4.2.2.3	Principais Funções do Sistema	50
4.2.2.4	Normas e Tecnologia	51
4.2.2.5	Requisitos de Tolerância a Falhas	52
4.2.2.6	Dimensionamento do Sistema Computacional	52
4.2.2.7	Desempenho do Sistema	58
4.2.2.8	Disponibilidade do Sistema	63
4.2.2.9	Failover e Restart do Sistema	64

4.2.2.10	Escopo do Sistema _____	65
4.2.3	REQUISITOS de HARDWARE _____	65
4.2.3.1	Introdução _____	65
4.2.3.2	Princípios Básicos do Projeto _____	65
4.2.3.3	Requisitos Gerais dos Servidores _____	67
4.2.3.4	Equipamentos Periféricos dos Servidores _____	67
4.2.3.5	Comunicação de Dados _____	69
4.2.3.6	Redundância e Failover do Sistema _____	71
4.2.3.7	Configuração “On-line e Hot Standby” _____	71
4.2.3.8	Redes de Dados Locais (LANs) _____	72
4.2.3.9	Subsistema de Interface do Usuário _____	73
4.2.3.10	Subsistema de Tempo _____	74
4.2.3.11	Subsistema de Frequência e Desvio de Tempo _____	75
4.2.3.12	Sistema de Projeção de Displays _____	76
4.2.3.13	Interface com Registradores Gráficos em Vídeo _____	76
4.2.3.14	Interface de Entrada/Saída Local _____	76
4.2.3.15	Peças de Reserva _____	77
4.2.3.16	Equipamentos de Testes e Ferramentas Especiais _____	77
4.2.3.17	Requisitos Gerais de Equipamentos e Instalações _____	77
4.2.4	SOFTWARE do SISTEMA _____	79
4.2.4.1	Requisitos Gerais _____	79
4.2.4.2	Sistema Operacional _____	80
4.2.4.3	Ferramentas de Desenvolvimento e Manutenção de software _____	81
4.2.4.4	Utilitários Gerais _____	83
4.2.4.5	Programas de Monitoração e Diagnóstico do Sistema _____	83
4.2.4.6	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados _____	84
4.2.4.7	Integração com Aplicações Baseadas em Microcomputadores _____	88
4.2.4.8	Gerenciamento da Rede de Tempo Real _____	89
4.2.5	FUNÇÕES SCADA _____	89
4.2.5.1	Aquisição de Dados _____	89
4.2.5.2	Processamento de Dados e Monitoração _____	90
4.2.5.3	Controle Supervisivo _____	97
4.2.5.4	Saídas Impressas _____	99
4.2.5.5	Análise de Pós-Perturbação _____	99
4.2.6	SOFTWARE APLICATIVO _____	100
4.2.6.1	Introdução _____	100
4.2.6.2	Descrição dos Programas _____	105
4.2.6.3	Redutor de Rede _____	111
4.2.6.4	Simulador para Treinamento de Operadores _____	118
4.2.7	INTERFACE COM O USUÁRIO _____	121
4.2.7.1	Requisitos Gerais _____	121
4.2.7.2	Consoles de Operação _____	121
4.2.7.3	Acesso do Usuário _____	122
4.2.7.4	Displays Gráficos _____	123
4.2.7.5	Diálogo com o Operador _____	125
4.2.7.6	Anotações do Operador _____	126
4.2.7.7	Recursos de Tendência _____	126
4.2.7.8	Geração de Relatórios _____	128

4.2.7.9	Recursos de “Hardcopy” de Displays	128
4.2.7.10	Configurador de Displays	129
4.2.7.11	Displays SCADA	130
4.2.7.12	Ações do Operador	132
4.2.7.13	Entrada Manual de Valores	133
4.2.7.14	Colocação ou Remoção de “Tags”	133
4.2.7.15	Displays de Aplicações	133
4.2.7.16	“Screen Saver”	134
4.2.8	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	134
4.2.8.1	Requisitos Gerais	134
4.2.8.2	Obrigações do Fornecedor	136
4.2.8.3	Documentação de Projeto do Sistema	136
4.2.8.4	Manual do Usuário	136
4.2.8.5	Manual de Manutenção	137
4.2.8.6	Instruções para Instalação do Sistema	137
4.2.8.7	Outros Documentos	139
4.2.8.8	Documentação de Subcontratados	140
4.2.8.9	Serviços de Informação e Atualização	140
4.2.8.10	Especificação dos Protocolos de Comunicação do Sistema	140
4.2.9	PLANO de TREINAMENTO	140
4.2.9.1	Requisitos Gerais	141
4.2.9.2	Conteúdos dos Cursos de Treinamento	141
4.2.10	GARANTIA de QUALIDADE, TESTES, SERVIÇOS de MANUTENÇÃO e SUPORTE	143
4.2.10.1	Garantia de Qualidade e Testes	144
4.2.10.2	Manutenção e Serviços de Suporte	145
4.2.11	GERENCIAMENTO do PROJETO	147
4.2.11.1	Organização do Projeto	147
4.2.11.2	Sistema de Gerenciamento do Projeto	148
4.2.11.3	Processo Informativo do Projeto	149
4.2.11.4	Procedimentos para Alteração de Projeto do Sistema	149
4.2.11.5	Correspondência do Projeto	149
4.2.11.6	Recursos na Instalação do Fornecedor	150
4.2.12	REQUISITOS PARA ESPECIFICAÇÃO DA UTR	150
4.2.12.1	Requisitos Gerais	150
4.2.12.2	Requisitos Técnicos	151
4.2.12.3	Inspeções, Ensaios e Testes	153
4.2.13	MEMÓRIA DESCRITIVA	154
5	CONCLUSÃO	158
5.1	TRABALHOS FUTUROS	159
6	GLOSSÁRIO	160
7	FONTES BIBLIOGRÁFICAS	161
7.1	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
7.2	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	165

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Função de monitoração _____	17
Figura 2	Exemplo de alarmes _____	18
Figura 3	Exemplo de dados históricos _____	18
Figura 4	Exemplo de tela do IMH de uma SE _____	20
Figura 5	Configuração dos sistemas digitais de automação _____	20
Figura 6	Estrutura da base de conhecimento _____	24
Figura 7	Interação de um sistema especialista _____	25
Figura 8	Componentes principais da automação de uma SE _____	30
Figura 9	Níveis de hierarquia envolvidos na automação de uma SE _____	30
Figura 10	Integração dos dados nas SE _____	31
Figura 11	Opções de comunicação na automação de SE _____	31
Figura 12	Exemplo de Automação na Europa _____	32
Figura 13	Exemplo de automação na América _____	32
Figura 14	Exemplo de lista de pontos _____	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Benefícios e vantagens da monitoração	15
Tabela 2	Lista de pontos das entradas digitais	42
Tabela 3	Lista de pontos das saídas digitais	42
Tabela 4	Lista de pontos das entradas analógicas	43
Tabela 5	Dicionário de mnemônicos	43
Tabela 6	Dimensões das Funções do SSC - SCADA	53
Tabela 7	Enlaces de comunicação	53
Tabela 8	Interface com o usuário	53
Tabela 9	Dimensões das Funções do SSC - SCADA	54
Tabela 10	Alarmes	54
Tabela 11	Controle automático de geração em tempo real	54
Tabela 12	Controle automático de tensão	55
Tabela 13	Modelo de rede para software aplicativo	55
Tabela 14	Banco de dados de casos salvos	56
Tabela 15	Tempo de Resposta da interface do usuário	60
Tabela 16	Exemplos de frequências de varredura e de execução de programas	62
Tabela 17	Exemplos de tempos de resposta dos programas de aplicação	63
Tabela 18	Tempos de Backup, Failover e Restart	65
Tabela 19	Interface com as UTRs existentes nos centros regionais.	70
Tabela 20	Plano de Entrega da Documentação	135
Tabela 21	Relação de eventos importantes (exemplos)	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Alternating Current (Corrente Alternada)
ACSE	Association Control Service Element
AMR	Leitura de Medidas Automáticas
API	Application Interface Module
APS	Advanced Planning and Scheduling
ASCII	American Standard Code International Interconnection
ASP	Application Service Provider
AT	Alta Tensão
BT	Baixa Tensão
CA	Corrente Alternada
CAG	Controle Automático de Geração
CAT	Controle Automático da Transmissão
CDDI	Cable Distributed Data Interface
COR	Centro de Operação Regional
COS	Centro de Operações do Sistema
COT	Centro de Operações da Transmissão
CPU	Unidade Central de Processamento
CRM	Customer Relationship Management
CRT	Tubo de Raios Catódicos (Monitor)
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access / Collision Detection
DLT	Tipo de Dispositivo de Fita Magnética
DMA	Direct Memory Access
DNP	Protocolo de Comunicação
ECA	Erro de Área de Controle
ECC	Correção de Erro e Paridade
EMS	Energy Management System
ERP	Enterprise Resource Planning
FBD	Function Block Diagram
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FDT	Transdutores de Desvio de Frequência
FFB	Bloco de Funções Flexíveis
GPS	Global Positioning System
IA	Inteligência Artificial
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
IED	Intelligent Electronic Device (Dispositivo Eletrônico Inteligente)
IEEE	Institute of Electrical Electronic Engineering
IHM	Interface Homem-Máquina
IL	Instruction List
LAN	Rede Local

LD	Ladder Diagram
LED	Light emitting Diode
LT	Linhas de Transmissão
LTC	Transformador de Tap Fixo ou Variável
MMS	Manufacturing Message Service
MRP	Materials Requirements Planning
MS	Milissegundos
MTBF	Tempo Médio de Falhas
MTTR	Tempo Médio de Reparos
NA	Contato Normalmente Aberto
NF	Contato Normalmente Fechado
NFS	Network File System
NFS	Network File System
NIM	Network Interface Modules
ODBC	Open Database Connect
OEM	Original Equipment Manufacturer
ONS	Operador Nacional do Sistema
OSI	Open System Interconnection
PC	Controladores Programáveis
PGQ	Plano de Garantia de Qualidade
PLC	Controlador Lógico Programável
RAID	Redundant Array of Inexpensive Disks
RAM	Random Access Memory
RBC	Raciocínio Baseado em Casos
RNA	Redes Neurais Artificiais
SCADA	Supervisão, Controle e Aquisição de Dados
SCC	Subsistema de Comunicação entre Centros
SE	Subestação
SFC	Sequential Function Chart
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SNMP	Simple Network Management Protocol
SOE	Seqüências de Eventos
SQL	Structured Query Language
SSC	Sistema de Supervisão e Controle
ST	Structured Text
TAC	Teste de Aceitação em Campo
TAF	Teste de Aceitação em Fábrica
TDT	Transdutores de Desvio de Tempo
TI	Tecnologia da Informação
UR	Relés Universais
UTC	Tempo Universal
UTR	Unidade Terminal Remota
WEB	Rede de Longa Distância
WMWR	Write Many, Read Many

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia para a especificação de telecontrole em subestações de energia elétrica a qual pode ser utilizada como instrumento de planejamento e execução de um projeto de telecontrole e automação de subestações.

O trabalho faz uma revisão bibliográfica descrevendo o que é automação de uma subestação e como ela deve ser efetuada. São caracterizadas as etapas e ferramentas que devem fazer parte de um projeto de automação.

O trabalho metodológico é dividido em duas partes: Planejamento da Metodologia e Especificação Técnica. O planejamento da metodologia descreve a seqüência das etapas que devem ser seguidas para a execução do projeto como um todo. A Especificação Técnica das características do hardware e software, necessárias para a implantação deste projeto, é um dos pontos relevantes do trabalho. Nele são caracterizadas as funções que o sistema deverá possuir para realizar o telecontrole de uma subestação.

ABSTRACT

This work brings out a methodology for the telecontrol specification in electrical power substations, which can be used as a planning and execution instrument for a substation telecontrol and automation project.

The work includes a review of literature which describes what a substation automation is and how it has to be done. The tools and steps needed for an automation project are characterized.

Methodology is organized in two parts: Methodology Planning and Technical Specification. The Methodology planning describes the sequence of steps which have to be followed in order to execute the project as a whole. The Technical Specification of the hardware and software characteristics needed to this project implementation is one of the most relevant subjects of the present work. The functions the system will have to have in order to achieve a substation telecontrol are being characterized in this subject.

1 INTRODUÇÃO

A cada dia que passa, o mercado fica mais competitivo e volátil. A globalização da economia e as alterações dos mercados fazem com que as organizações busquem alternativas para agilizar e baratear seus produtos e serviços.

Para fazer isso, as organizações estão alterando os métodos de trabalho, onde e quando é feito, como é organizado e qual o seu conteúdo.

Essas mudanças acontecem na organização em nível estrutural e comportamental, fazendo com que se estabeleçam arranjos interorganizacionais através da cooperação. Com isso, as estruturas organizacionais tornam-se cada vez mais distribuídas. A terceirização das tarefas e a diminuição da estrutura organizacional são uma consequência imposta pelo mercado, para que uma empresa possa se tornar competitiva.

O uso de Tecnologia da Informação (TI) permite a cooperação entre as empresas globalizadas, superando limites de tempo e distância entre seus parceiros, clientes e fornecedores, conseguindo rapidez e flexibilidade.

Assim, emergem novas formas de trabalho, com tarefas sendo conduzidas fora do escritório tradicional (como por exemplo: em hotéis, em casa, no cliente, durante viagens, etc.). Percebe-se que o trabalho está cada vez mais refletindo as necessidades do indivíduo, da organização, do negócio e do contexto em que a organização está inserida.

Desta forma, se encaixam as Organizações Virtuais e a utilização do Teletrabalho como uma das formas para atingir seus objetivos. O teletrabalho faz uso de computadores e telecomunicações em atividades, alterando a forma tradicional do trabalho. O teletrabalhador é alguém que usa computadores e telecomunicações de modo a melhorar aspectos de custo, espaço e tempo. [TELEWORK 97]

As empresas de energia elétrica estão implementando o telecontrole em suas subestações que é uma forma de Teletrabalho, já que a operação é realizada à distância. O telecontrole visa operar uma SE remotamente, a partir de um Centro de Controle. Como a operação é realizada à distância, tem-se a noção de que uma subestação (SE) seja uma organização virtual.

A operação de uma subestação é intrinsecamente complexa, pelo elevado grau de incerteza e pelas inúmeras variáveis que manipula. As várias ações de supervisão e controle requerem a presença de um operador capaz de manipular vários tipos de dados e informações, respondendo às mais diversas solicitações de forma eficiente e efetiva em pequenos espaços de tempo. [RIBEIRO 97]

Com a introdução da tecnologia digital nas SEs e o advento da aplicação prática das técnicas de inteligência artificial, tornou-se possível um salto de qualidade no modo de operar uma SE. Toda a aplicação, anteriormente baseada na tecnologia analógica, deve ser repensada em seus conceitos básicos para que se promova uma migração inteligente e com efetivos ganhos, aproveitando toda a potencialidade das novas tecnologias. [RIBEIRO 97]

Quando se deseja automatizar uma SE, na realidade, o que se deseja é ter condições de desassistí-la (efetuar o seu controle sem a presença de operadores) sem degradação da qualidade operativa. O ambiente operativo de uma subestação se caracteriza pela possibilidade de intervenção do operador quando da ocorrência de condições anormais de operação. Assim, as funções automáticas de supervisão e controle local devem ser capazes de gerar ações artificiais preventivas e de controle, no mínimo com o mesmo valor agregado às operações humanas, melhorando a eficiência da operação e reduzindo os custos. [RIBEIRO 97]

Os novos sistemas com tecnologia digital permitirão ampliar a abrangência da automação de subestações. Os motivos para estas mudanças têm sido os requerimentos para a automação de subestações. As definições sobre automação de subestações variam dentro das empresas e dos fornecedores. Algumas considerações sobre a automação de subestações são feitas, relacionando um pouco mais o telecontrole. Outras consideram a integração de todas as subestações dentro deste contexto. As definições incluem não só estes dois, mas *“incorpora a habilidade em fazer automação na subestação, tomar decisões inteligentes com o mínimo de intervenção do usuário”*. [PROUDFOOT 99]

A partir disto, definem-se, então, as funções a serem executadas por sistemas de automação de subestações com o cuidado para permitir a interoperabilidade de dispositivos fornecidos por vários fabricantes. A definição das funções cobre todo arranjo de aplicações desde o local (*“stand alone”*) até o distribuído (junto a dois ou mais dispositivos). A definição das funções focaliza, entre outras, cinco grandes áreas: funções de sistemas, funções de manutenção, funções de controle (ou de operador), funções de monitoração e funções de proteção. A descrição das funções define as informações a serem trocadas e os itens a serem definidos para suportar a interoperabilidade.

Um dos primeiros automatismos especificados para uma SE é o telecontrole, o qual permite ao operador operar a subestação pelo computador ao invés de ser pelos painéis convencionais. A introdução de automatismo nesta área requer um amplo planejamento das fases, das necessidades de cada usuário e da forma de implementação.

Assim sendo, o trabalho aqui proposto visa auxiliar as empresas nas especificações em projetos semelhantes.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho propõe uma Metodologia para Especificação de Telecontrole em Subestações de Energia Elétrica. O telecontrole permitirá controlar e operar uma subestação à distância, fazendo uso da tecnologia da informação.

O principal objetivo que motivou a implementação desta metodologia foi a existência de várias empresas buscando formas de automatizar e/ou controlar a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Neste sentido, as organizações iniciam uma pesquisa de software, hardware e re-adequação de suas instalações para viabilizar seus objetivos. Como o escopo do projeto é muito abrangente e diversificado, gastam-se muito tempo e recursos para determinar a melhor configuração. Além disso, a escolha de produtos pode ter implicações nos resultados.

Desta maneira, a proposta desta metodologia vem ao encontro das organizações, auxiliando-as a especificar as características técnicas desse empreendimento.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver uma metodologia com os seguintes requisitos:

- Efetuar os requisitos gerais para a especificação técnica da metodologia.
- Efetuar os requisitos de hardware para a especificação técnica da metodologia.
- Efetuar os requisitos de “software” para a especificação técnica da metodologia.
- Efetuar os requisitos das funções SCADA (Supervisão, Controle e Aquisição de Dados) para a especificação técnica da metodologia.
- Efetuar os requisitos do “software” aplicativo para a especificação técnica da metodologia.
- Efetuar os requisitos da documentação técnica para a especificação técnica da metodologia.
- Efetuar os requisitos para a garantia da qualidade, testes, serviços de manutenção e suporte para a especificação técnica da metodologia.

1.3 CONTEXTUALIZAÇÃO

O contexto deste trabalho pode ter uma vasta abrangência, envolvendo um conjunto de assuntos interdisciplinares utilizados na automação de processos. No entanto, destacam-se apenas os principais assuntos:

- Computação: poderia citar um conjunto de áreas da informática, as quais são necessárias para a implementação deste trabalho, entre outras redes, linguagens de

programação, técnicas de inteligência artificial, telecomunicações, hardware e software (sistema operacional, banco de dados, editores, etc).

- Engenharia Elétrica: esta área é bastante requisitada, pois todos os componentes controlados estão relacionados ao assunto: subestações e todos os equipamentos nela instalados, redes de transmissão e seus equipamentos de controle e proteção. Estão ainda relacionados à engenharia equipamentos de controle e de aquisição de dados como relés e unidades terminais remotas.
- Telecomunicações: igualmente estão presentes neste trabalho conceitos de telecomunicações envolvendo formas de comunicação, protocolos, tipos de cabeamentos, arquiteturas de redes e todos os insumos utilizados na comunicação de dados, tais como servidores, roteadores, *hubs*, etc.

1.4 JUSTIFICATIVAS

A compilação dos requisitos técnicos e da metodologia para a especificação de telecontrole trará benefícios a sociedade, devido à inexistência de publicações abordando o assunto. Hoje, para fazer a especificação técnica de uma arquitetura de “hardware” e “software”, as empresas buscam parcerias ou contratam empresas de consultoria. As instituições universitárias não possuem materiais adequados para ensinar seus alunos, ficando restrito ao que está publicado.

Além dos custos inerentes a compra da arquitetura e da contratação de uma consultora para efetuar a especificação, muitas vezes, são colocadas características dentro da especificação técnica que privilegia empresas multinacionais do país que efetua a consultoria. Algumas empresas de consultoria possuem produtos nesta área e tentam vender sua própria mercadoria, o que poderia não ser a melhor forma.

O presente trabalho, propõe, as principais alternativas para a implementação de um projeto de telecontrole e de automatismos em subestações, indicando vantagens e desvantagens, a partir dos quais as empresas podem buscar subsídios para implementar seus projetos e as instituições de ensino podem mostrar a seus alunos um exemplo de especificação.

1.5 LIMITAÇÕES

Para desenvolver este trabalho, a maior dificuldade encontrada refere-se à bibliografia. Não foram encontrados livros abordando este assunto. Apenas um livro aborda o tema (CEGRELL, Torsten. **Power system control technology**. Sweden: Prentice/Hall International, 1986) utilizado em cursos da universidade KTH - Royal Institute of Technology, Stockholm, mesmo assim o seu conteúdo foi praticamente descartado, pois descreve técnicas e conceitos um pouco ultrapassados.

Desta forma, as principais fontes de pesquisa e de informação foram empresas relacionadas ao setor elétrico, consultoras, empresas fornecedoras de tecnologias em energia elétrica, congressos, revistas e simpósios. A coleta destas informações ocorreu através de artigos, entrevistas, acesso a relatórios, atas de reunião e especificações técnicas.

A especificação deste trabalho não possui fronteiras bem definidas quanto à metodologia. Ela pode servir para empresas de geração de energia, de transmissão e/ou de distribuição. Entende-se que muitos conceitos de automação e de processos aplicados neste setor estejam relacionados um com o outro. Neste sentido, apesar da metodologia desenvolvida ser para o controle de uma subestação, ela também referencia o controle de geração de energia.

A justificativa desta especificação está relacionada ao perfil das empresas do setor elétrico. A maioria delas, trabalha com as três atividades: geração, transmissão e distribuição de energia. Por esta razão, quando uma empresa efetua a compra de um sistema, ela necessita descrever funções para atender as três atividades.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho inicia com a introdução, onde estão descritos os objetivos e motivações para escrever esta metodologia.

Na segunda parte, faz-se uma revisão bibliográfica sobre as organizações virtuais e teletrabalho, visto que este projeto faz uso do teletrabalho para controlar uma subestação à distância. Um capítulo sobre automação de subestações demonstra a importância do processo de automação, descrevendo as principais ferramentas e funções.

Na quarta parte deste projeto, explica-se a proposta da metodologia para especificação de telecontrole em subestações de energia elétrica. Ela é dividida em duas partes: planejamento da metodologia e especificação técnica.

A conclusão está na quinta parte. O glossário e a bibliografia encerram este trabalho.

2 ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS e TELETRABALHO

2.1 ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS

2.1.1 INTRODUÇÃO

Uma organização virtual se refere a uma coleção de indivíduos ou unidades organizacionais dispersas geograficamente, pertencentes ou não a uma mesma organização e se comunicando através de “*links*” com a finalidade de completar seu processo de produção. Ela pode ser vista como uma nova forma de estruturação ou de “união” mas com o significado de cooperação entre parceiros ou entre diferentes companhias. Esta junção visa tirar vantagens de uma oportunidade de negócio compartilhando recursos, tecnologia, informação e mercado, sendo esta uma estratégia usada para competir e atuar em um ambiente de mudanças e incertezas. [TROG 97]

Uma empresa virtual é um conjunto de parceiros flexíveis que concordam em formar um grupo com a finalidade de constituir uma organização virtual. A empresa virtual é projetada para oportunidades, não sendo uma empresa temporária e tampouco permanente.

Quando a concorrência é dinâmica, ao contrário do que ocorre na produção de massa, as mudanças ocorrem rapidamente e são baseadas em oportunidades. Neste contexto a empresa virtual é um tipo de organização eficaz para enfrentar concorrentes. [GOLDMAN 95]

A organização clássica possui empregados, prédios e departamentos. Cada empregado ocupa um posto de trabalho. Uma empresa virtual serve-se principalmente do teletrabalho. Ela tende a substituir a presença física nos locais de trabalho pela participação em uma rede de comunicação, através de programas que favoreçam a cooperação.

Uma empresa virtual, via de regra, não é situada precisamente, seus elementos são nômades e dispersos, dificultando a sua localização. Uma comunidade virtual pode organizar-se por afinidade através de sistemas de comunicação. Seus membros se aglutinam por interesses comuns, pelos mesmos problemas.

Nesta metodologia, o teletrabalho será executado a partir de um centro de telecontrole, que pode ser uma SE. Uma SE controlará outras SE que estiverem próximas. No futuro, quando o projeto de telecontrole estiver implementado com segurança, um único local poderá telecontrolar todas as SE.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DAS ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS

A opção estratégica que sustenta o uso de uma organização virtual é compartilhar vantagens para todas as partes, atingindo objetivos que, de outra forma, poderiam não ser atingidos. Acredita-se que estas organizações podem realizar tarefas que em uma linha de trabalho seqüencial não seriam viáveis de serem estabelecidas. Isto porque as empresas virtuais possuem recursos, oportunidades de negócios e equipes competentes que superam as de negócios baseados em serviços ou produtos. Além de compartilhar competências, o modelo de organização adota as seguintes estratégias: [TROG 97]

- Compartilham riscos, pesquisas, infra-estrutura, tecnologia, custos e recursos humanos, a fim de ampliar o alcance geográfico, tornando-se um concorrente global, invisível e sem fronteiras.
- Os concorrentes tentam utilizar este tipo de organização para dividir, estrategicamente, mercados e clientes.
- Os membros de uma equipe virtual devem assumir o papel de confiança mútua.
- Combinam serviços e qualificações que possam atender as exigências do cliente.
- Refletem a necessidade de concorrentes dinâmicos criarem ou reunirem recursos de produção com rapidez.
- Reúnem recursos de produção de maneira freqüente e simultânea, uma vez que a vida útil de produtos e serviços vem diminuindo cada vez mais.
- Aproveitam rapidamente as oportunidades, devido à facilidade de configuração.
- Aumentam seu tamanho sem requerer um espaço físico maior.
- Fazem uso de alta tecnologia.
- Não possuem os limites de atuação (fronteira) como nas organizações normais.
- Possuem um caráter transitório, duram enquanto a tarefa estiver sendo executada.

A empresa virtual precisa ser dinâmica e adaptativa, integrando suas competências entre diversas organizações reais com a estratégia de impulsionar oportunidades com características de oportunismo, excelência, tecnologia, ausência de fronteiras e confiança. Diferente de outras estruturas, as empresas virtuais são formadas para tirar o máximo proveito de uma situação, e são desativadas depois de terminado o seu objetivo.

O termo virtual se aplica a algo que existe, apesar de faltar algum atributo real. A realidade virtual não tem estrutura física, ela só existe nos computadores. Para um observador, a realidade ou produto está existindo na mente. “Empresa” normalmente está associada a objetos duráveis, em algum lugar geográfico, com pessoas, prédios e com uma estrutura legal. Já a empresa virtual não tem estas características, mas funciona como se assim fosse.

Uma empresa virtual não é baseada em cargos, divisões ou carreiras como uma empresa tradicional. Ela é estruturada com base na multifuncionalidade.

Um trabalhador virtual fará parte de uma nova mentalidade de profissionais com capacidade de confiar e aprender para ter expectativa de crescimento e de sucesso.

O telecontrole a ser proposto nesta metodologia prevê a instalação de computadores dentro de uma SE. Uma vez testada a configuração, ela é transferida para um centro de controle regional. De lá, os teletrabalhadores controlarão a SE desassistida.

2.1.3 BENEFÍCIOS OFERECIDOS PELAS ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS

As organizações virtuais possuem os seguintes benefícios [BERTO 97]:

- Oferecem a supressão de investimentos, custos, treinamento, equipamentos, locações e estoque.
- Possuem vantagem sobre a empresa tradicional quanto à flexibilidade e à maneira rápida como ela se reorganiza.
- São flexíveis e adaptáveis, se estiver faltando alguma função, esta pode ser contratada através de um novo indivíduo ou organização, sem ter que construir ou expandir a fábrica e/ou escritório.
- A TI permite que o trabalho seja realizado à distância, em casa, ou seja, teletrabalhando.
- Companhias menores podem se aliar com outras para serem mais competitivas. Uma empresa grande teria custos elevados e certamente pressionaria os lucros.

No telecontrole têm-se os seguintes benefícios:

- A diminuição do quadro de operadores.
- A redução dos custos operacionais podendo reduzir o valor da transmissão de energia elétrica.
- Melhoria no desempenho operacional com a implementação de novas funções.
- Redução de erros humanos.
- Melhoria da qualidade da informação.
- Padronização de informações.

2.1.4 DIFICULDADES DAS ORGANIZAÇÕES VIRTUAIS

As organizações virtuais não estão isentas de problemas e/ou falhas. O seu lado negativo inicia com a comunicação que nem sempre é de boa qualidade. A incompatibilidade entre os equipamentos e a diversidade de equipamentos requer ajustes, elevando os custos.

Os trabalhadores das organizações virtuais sentem falta da presença de outras pessoas, necessitando conviver com o isolamento. A divisão do poder também deve ser compartilhada entre os gerentes, o que pode trazer conflitos de interesses.

Existem outros problemas como a segurança e a interoperabilidade entre os softwares aplicativos. Mas são de caráter organizacional os maiores problemas enfrentados por este tipo de organização. As questões dos contratos, dos direitos autorais e da divisão de riscos e custos são fatores que podem inibir o crescimento e a expansão deste tipo de organização, além de existir as diferentes culturas que estão compartilhando o trabalho. [TROG 97]

Na metodologia proposta, a maior dificuldade imposta para a implantação do telecontrole é a resistência dos empregados em aceitá-lo. Eles temem que o telecontrole seja colocado em um único lugar, trazendo desemprego. Outro fator de rejeição por parte dos operadores é que eles acabam sendo transferidos da cidade onde se localiza a SE para o centro de telecontrole ou para outra SE com carência de operadores. Estas transferências sempre causam transtornos às famílias dos operadores. [TROG 97]

Em termos de comunicação, a maioria das empresas possui sistemas próprios de microondas. Nos principais centros, a comunicação é feita por fibra ótica. Já em regiões mais isoladas, a comunicação é feita por microondas e/ou canais de rádio. Nestes pontos, a instalação do telecontrole pode ficar comprometida.

2.1.5 CICLO DE VIDA DE UMA ORGANIZAÇÃO VIRTUAL

As organizações virtuais possuem um ciclo de vida com as seguintes etapas: [TROG 97]

1. **Associação** – Nesta etapa, se inicia a busca de parceiros com os recursos e as suas competências necessárias.
2. **Definição da Estratégia** – É a busca da forma de trabalho entre seus participantes e um acordo mútuo no processo normativo para atingir os objetivos.
3. **Comprometimento** – Neste momento, os parceiros já possuem objetivos comuns e uma visão da organização virtual.
4. **Projeto** – Implementa os objetivos traçados, estabelecendo padrões entre seus parceiros. A organização virtual define a tecnologia, o processo de comunicação o controle e a logística, entre outros.
5. **Operação** – Nesta fase, a organização virtual está produzindo. O processo de controle se preocupa com desvios, problemas de qualidade e o melhoramento constante.
6. **Dissolução** – Como a organização é constituída para trabalhar em um mercado competitivo e turbulento, com o intuito de explorar uma estratégia comercial, ela tem uma cooperação temporária. A dissolução pode ocorrer devido ao término da atividade a que se propôs ou por ter falhado com seus objetivos.

2.2 TELETRABALHO

2.2.1 INTRODUÇÃO

Com a introdução do computador, muitas tarefas físicas se tornaram mentais. As tecnologias deixaram de ser utilizadas apenas para substituir nossos membros e passaram a substituir também o nosso cérebro.

“A criação de espaços com as características de Centros de Teletrabalho serão uma abordagem prática ao conceito de centro de inovação e orientação para a sociedade da informação em que, à medida que se observam novas actualidades, novas capacidades e novos perfis, se faz uma experimentação prática e informativa capaz de introduzir novas formas de viver, aprender e de fazer no dia-dia das pessoas e organizações”.[FORUM 97]

Com as novas tecnologias de comunicação e informação, surge a possibilidade de substituir os meios de transporte pelos meios de comunicação de dados. Esta alteração traz modificações no comportamento humano, especialmente nas relações de trabalho, transportes, poluição, economia e relações sociais. Este comportamento está sendo alterado pela introdução de uma nova maneira de se fazer o trabalho – O Teletrabalho. [TROG 97]

O termo teletrabalho é utilizado para designar o trabalho daqueles que utilizam um computador equipado com infraestrutura de telecomunicação, fazendo parte ou não de uma empresa como empregados, mas não comparecem ao trabalho como em uma atividade comum. Eles desempenham seu trabalho à distância. É uma modalidade de trabalho realizada com a tecnologia da informação, fora do escritório. O trabalho produzido é enviado à empresa através de transferência eletrônica de dados. [TROG 97]

O trabalho à distância pode ser considerado como descentralizado ou em domicílio. No primeiro, normalmente se têm trabalhadores assalariados exercendo sua atividade em locais descentralizados. No segundo, geralmente são trabalhadores em domicílio e sem vínculo empregatício.

Os teletrabalhadores valorizam este tipo de tarefa, devido à flexibilidade de horário, independência, possibilidade de compatibilizar o trabalho remunerado com as atividades domésticas e a obtenção de recursos econômicos.

2.2.2 DIFERENÇAS ENTRE TRABALHO E TELETRABALHO

A principais diferenças entre trabalho e teletrabalho são: [OLIVEIRA 97]

Maior responsabilidade e autonomia na tarefa executada através do teletrabalho:

- A tarefa executada, geralmente, possui um grau de independência devido a sua própria natureza de ser em domicílio.
- O teletrabalho pressupõe que o teletrabalhador necessita ter um certo nível de escolaridade e de conhecimento em informática, além de treinamento na tarefa que executa.
- O tipo de tarefa permite ao executante um certo grau de liberdade de decisão.

2. Remuneração menor, se comparada com o trabalho normal:

- O empregado, via de regra, presta serviços para várias empresas para alcançar a sua renda.
- O teletrabalhador normalmente não transmite seu serviço em tempo real. Só após ter terminado uma tarefa é que ele transmite o resultado. Desta forma, o trabalhador deixa de ser avaliado dentro do processo da atividade e passa a ser avaliado pelo seu produto final.
- Este tipo de trabalho normalmente é remunerado pela tarefa executada.

3. Isolamento do Teletrabalhador:

- Os trabalhadores em domicílios normalmente trabalham isolados de seus colegas e da sua família. Ao efetuar o trabalho em casa, ele precisa se isolar para obter uma concentração melhor.

4. Horário flexível:

- Desde que o trabalhador entregue a tarefa no prazo estipulado, para o empregador não importa o horário de trabalho, carga horária e período de descanso.

5. Mão-de-obra:

- Uma grande parte dos trabalhos executados em domicílios são de caráter ocasional, fazendo com que o empregador aumente ou diminua a mão-de-obra conforme a sua necessidade.
- O trabalhador em domicílio tem um custo laboral menor. Nele não incide alguns benefícios sociais concedidos aos trabalhadores normais como, por exemplo, FGTS, programas de assistência médica e odontológica, programas de complementação de aposentadorias.

No telecontrole, uma das principais características é a diferença entre operar e teleoperar uma SE. Para operar uma SE, o operador precisa conhecer o funcionamento da SE (seus equipamentos e processos produtivos envolvidos). O teleoperador precisa, além disso, conhecer o software utilizado.

2.2.3 ASPECTOS PSICOSOCIAIS DO TELETRABALHO

O trabalho em domicílio apresenta vantagens e desvantagens para empregados, empregadores, e a sociedade como um todo. As vantagens encontradas por um, nem sempre coincidem com as necessidades do outro, e, por vezes, ocorre um conflito entre as partes.

2.2.3.1 O LOCAL DE TRABALHO

O local de trabalho é um fator importante, pois ele implica em outros fatores ligados à qualidade de vida no trabalho. Como o teletrabalho se realiza em casa, ele difere das características do “modo trabalhista”, tendo atrativos, mas também problemas, tais como: [OLIVEIRA 97]

- Permite conciliar o trabalho com a família.
- Não há a necessidade de locomover-se para o trabalho, diminuindo o estresse provocado pelo trânsito e o tempo gasto com o deslocamento.
- O deslocamento pode ser um ponto positivo se for considerado que o empregado tem um tempo para desligar-se de uma situação (família) para concentrar-se no trabalho e vice-versa.
- Quando o trabalho se realiza em casa, muitos problemas podem ocorrer:
 1. Falta de um projeto adequado ao posto de trabalho.
 2. Confusão entre o espaço privado e o profissional.
 3. Falta de contato com outras pessoas (isolamento).
 4. Pouca preocupação com segurança de trabalho e outros aspectos sociais.
- Pode ter angústia do trabalhador quanto à interferência em seu espaço de vida, não só pelo espaço ocupado pelos equipamentos, mas também pela redução do espaço de uso da família.
- Quando o trabalho se realiza em casa, divide-se com a família o local de trabalho, da família e do lazer, tornando o ambiente em uma instituição global.
- Normalmente os postos de trabalho em domicílio não possuem preocupação com ergonomia, *design* e aproveitamento racional do espaço. Os teletrabalhadores custeiam seus próprios equipamentos.
- No trabalho em domicílio os riscos podem ameaçar não só o trabalhador, mas toda a sua família. Geralmente, as condições de segurança no trabalho não são observadas. São as horas excessivas de trabalho, os problemas ergonômicos, as temperaturas inadequadas, umidade e ruídos, entre outros. [OIT 95]
- Na metodologia proposta, o telecontrole precisará contornar os seguintes problemas: cada SE operada à distância terá uma Interface Homem-Máquina (IHM) (que pode ser composta por até três monitores de vídeo). Se não existir um operador para cada IHM, ele estará atendendo a mais de uma IHM (ou seja, teleoperando mais de uma SE), neste caso, ele pode confundir-se ao operar um

equipamento pensando que ele pertence a outra SE. Esta confusão pode gerar problemas de segurança e de confiabilidade. Um aspecto que pode aumentar esta confusão é que normalmente as mensagens e os alarmes são padronizados para todas as SEs. O operador pode ouvir um alarme e achar que ele pertence a uma SE, e, no entanto, é de outra. O operador deverá ser treinado para teleoperar todas as SE que ele irá supervisionar.

2.2.3.2 O ISOLAMENTO DO INDIVÍDUO

- O teletrabalhador normalmente realiza seu trabalho isolado, impedido de usufruir um clima de comunicação e solidariedade profissional.
- Uma pessoa trabalhando em grupo pode ser mais criativa do que trabalhando isolada, devido aos estímulos dos outros membros.
- Um problema a ser vislumbrado no projeto de telecontrole é que, a cada dia, o número de operadores diminui. Um só operador por turno pode ser suficiente, no entanto ele estaria sujeito aos problemas de isolamento.

2.2.3.3 O HORÁRIO FLEXÍVEL

- É uma característica importante do teletrabalho. Estudos apontam este item como um atrativo a mais para escolher o trabalho em casa. [OLIVEIRA 97]
- Pesquisas apontam que entre dinheiro e tempo livre, a grande maioria das pessoas opta pelo tempo, concluindo que a flexibilidade do horário de trabalho é importante.
- A possibilidade de gerenciar o horário permite trabalhar nos horários em que a produção é melhor ou em que não existem elementos que possam atrapalhar a produção como, por exemplo, crianças.
- O horário livre pode levar o trabalhador a uma carga excessiva de trabalho. Além de não ter um horário definido para a sua alimentação, lazer e descanso.
- Para evitar problemas com o horário livre, é importante estabelecer uma carga horária mínima, ou então conscientizar o trabalhador para adotar um horário padrão.
- Os operadores de SEs trabalham em turnos. As empresas do setor elétrico usam cargas horárias diferenciadas entre elas. No entanto, sabe-se que são turnos de seis ou sete horas diárias. Em algumas empresas o turno é de oito horas, mas com descanso no dia seguinte. Este tipo de carga horária permite que o operador tenha outro emprego ou outras atividades paralelas.

3 AUTOMOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES

3.1 INTRODUÇÃO

Os sistemas modernos de automação de subestações de Energia Elétrica são implementados com Arquiteturas de Sistemas Abertos, baseados em processamento distribuído, possibilitando um crescimento modular do sistema.

A interface gráfica, os protocolos de comunicação e o gerenciamento da base de dados devem idealmente seguir padrões de domínio público. O gerenciamento eficiente da rede de nós independentes de um sistema aberto é de vital importância para a interoperabilidade do sistema, logo, os protocolos de comunicação a serem utilizados em cada um dos níveis de comunicação devem ser padronizados.

Para implementar um processo de automação nas SEs é necessário atualizar o parque industrial já instalado. Para isso, as SEs estão substituindo uma série de instrumentos visando a digitalização dos seus componentes. Com esta etapa implementada já é possível a instalação do telecontrole, que possibilita operar a SE a partir de um centro de controle. Para possibilitar o telecontrole é necessário ter um conjunto de medidas (monitorações) que permitem efetuar o controle e a operação da SE.

Na fase seguinte ao telecontrole, as empresas podem pensar em automatizar os seus processos produtivos, já que a maioria dos dados estarão disponíveis para isso. Esta etapa já está acontecendo em algumas empresas, onde a automação é implementada em SEs de pequeno porte. A partir das experiências adquiridas com este processo, pode-se iniciar uma fase de automação.

3.2 MONITORAÇÃO – O CAMINHO PARA A AUTOMAÇÃO

A monitoração tem sido aplicada geralmente em partes específicas de equipamentos de uma subestação, sem ter um quadro completo de todos os dados. A monitoração pode ser usada para muitas finalidades. A mais óbvia é para determinar a condição do equipamento. As coletas de dados (monitoração) a partir dos IEDs (Dispositivos Eletrônicos Inteligentes) podem ser usados para realizar diagnósticos sobre os estados dos equipamentos. Sendo assim, deve-se entender a diferença entre monitorar e diagnosticar: a primeira permite basicamente a aquisição de dados, a partir do desenvolvimento de um método para medir as condições dos equipamentos; a segunda é um passo após a monitoração, neste sentido, o diagnóstico contém a interpretação das medidas coletadas. A monitoração é a base para o diagnóstico. Sem o diagnóstico, os dados medidos seriam apenas dados.

A monitoração pode ser feita através de duas maneiras: [BERGMAN 99]

- *Off-line* que inclui uma forma manual de inspeções periódicas, requerendo muitas vezes, que o equipamento esteja desligado para coletar as informações. Ela é realizada junto ao equipamento, necessitando o deslocamento de empregados para a SE. Outra forma de realizar a monitoração é a periódica automatizada, podendo ser realizada através de instrumentos portáteis, conectados a um computador através de uma linha discada para fazer análises. Outra maneira seria o envio do equipamento para o laboratório, onde seriam realizados os diagnósticos.
- *On-line* ou contínua permite adquirir as informações enquanto o equipamento estiver operando. Pode incluir alterações de *status* e condições de alarmes, sendo mais prática e ágil.

Um sistema de monitoração deve ser desenvolvido para que o equipamento possa operar por um longo período de tempo e com alta segurança, prolongando a sua vida útil. A monitoração pode trazer benefícios que devem ser considerados de acordo com a sua evolução, exibidos na tabela 1. A implementação de um sistema de monitoração deve incluir todos os custos visíveis e intangíveis, bem como se os benefícios esperados permitem uma avaliação mais apurada dos valores monitorados.

Tabela 1 Benefícios e vantagens da monitoração

APLICAÇÃO	BENEFÍCIOS E VANTAGENS
Status operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Determina a capacidade operacional do equipamento. • Determina o <i>status</i> operacional do equipamento.
Prevenção de falhas	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia a condição do equipamento, detecta condições anormais e inicia ações para prevenir falhas.
Suporte a manutenção	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia a condição do equipamento e inicia a manutenção se estiver ocorrendo alguma degradação. • Dá assistência ao plano de manutenção. • Determina a condição de equipamento similar.
Avaliação de durabilidade	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia condições funcionais do equipamento e determina o tempo de operacionalidade do mesmo. • Determina condições anormais.
Otimização operacional	<ul style="list-style-type: none"> • Avalia a condição funcional do equipamento maximizando a função do equipamento. • Controla os efeitos da carga, verificando a condição do equipamento. • Otimiza a operação do equipamento no sistema.
Comissionamento e teste	<ul style="list-style-type: none"> • Confirma se a condição de instalação está correta e ajustada. • Avalia a condição do equipamento e implementa teste de aceitação. • Automatiza a coleta e preservação da condição básica dos dados e características.
Análise das falhas	<ul style="list-style-type: none"> • Provê informações prioritárias após ocorrência de falha.
Segurança dos empregados	<ul style="list-style-type: none"> • Previne as condições de insegurança das pessoas.
Segurança do ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Previne as condições de insegurança dos equipamentos.

Fonte: [BERGMAN 99]

3.2.1 A FONTE DE DADOS DE UMA SUBESTAÇÃO

As Unidades Terminais Remotas (UTRs) são fontes tradicionais de dados de uma subestação. A função primária deste equipamento é coletar os estados e as medidas da subestação, transferindo-as para um sistema localizado no centro de controle, o qual realiza a supervisão, controle e aquisição de dados (SCADA), facilitando, desta forma, o controle remoto. [PROUDFOOT 99]

Para realizar esta tarefa, os fornecedores de UTRs e suprimentos para o centro de controle criaram protocolos de comunicação para transportar os dados e as mensagens. Eles eram planejados para trabalhar em tempo-real. Por este motivo, precisavam efetuar a sua missão de maneira rápida e eficaz. As mensagens necessitavam trafegar com muita otimização já que as linhas de comunicação trabalhavam com uma largura de banda entre 1,2 e 9,6 BPS. [PROUDFOOT 99]

Com o surgimento dos equipamentos secundários de base-microprocessada, tais como: relés de proteção, Relés Universais (UR), Medidores de gases dissolvidos em transformadores, reguladores de voltagem, Oscilógrafos, medidores de energia, introduziram-se equipamentos com capacidade de comunicação dentro da subestação. Comerciantes destes Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs) adicionaram capacidade de comunicação para permitir a sua conexão com o controlador programável. Com esta conexão, pode-se configurar, recuperar dados e efetuar diagnósticos. Equipes de manutenção podem examinar *logs* contendo a seqüência de eventos, extraindo informações para diagnosticar a ocorrência de falhas.

3.3 TELECONTROLE

Nos projetos efetuados para tornar a subestações desassistidas, verifica-se a necessidade de equipar as SEs com dispositivos de automação local, que realizam funções anteriormente executadas pelos operadores, minimizando os desligamentos e fornecendo dados úteis para a manutenção. [CARNEIRO 99]

As empresas de energia elétrica têm envidado esforços com vistas à repotencialização de seu parque de transmissão, objetivando operá-lo no limite de sua capacidade, com a segurança e confiabilidade requeridas, em virtude da aceleração do consumo de energia elétrica, agravada com a dificuldade no que tange à obtenção de recursos de investimentos. Assim, a utilização de sistemas digitais de supervisão e controle, juntamente com a implementação de sistemas de automação, tem contribuído significativamente para a melhoria da qualidade de atendimento, proporcionando recursos não só de manobra remota de equipamentos, mas também para a manipulação de grandes quantidades de informações, de maneira prática, racional e segura. A supervisão das condições dos equipamentos elétricos possibilita uma melhor e mais confiável utilização dos mesmos, ao mesmo tempo em que contribui para uma maior racionalização das rotinas de manutenção, garantindo assim, além da economia resultante, uma sobrevida aos equipamentos, sem prejuízo da sua qualidade. [MAIA 98]

A automação de subestações é obtida pela utilização criteriosa de módulos de hardware, software, transdutores e sensores, para se conseguir a funcionalidade desejada. A integração

desses equipamentos digitais é comumente denominada de sistema para Supervisão, Controle e Aquisição de Dados - SCADA.

A principal função de um sistema SCADA é a monitoração e o controle dos equipamentos em vários níveis a qual é montada através do levantamento dos requisitos das funções a serem automatizadas, seguidas pela definição da arquitetura de hardware e software a ser utilizada.

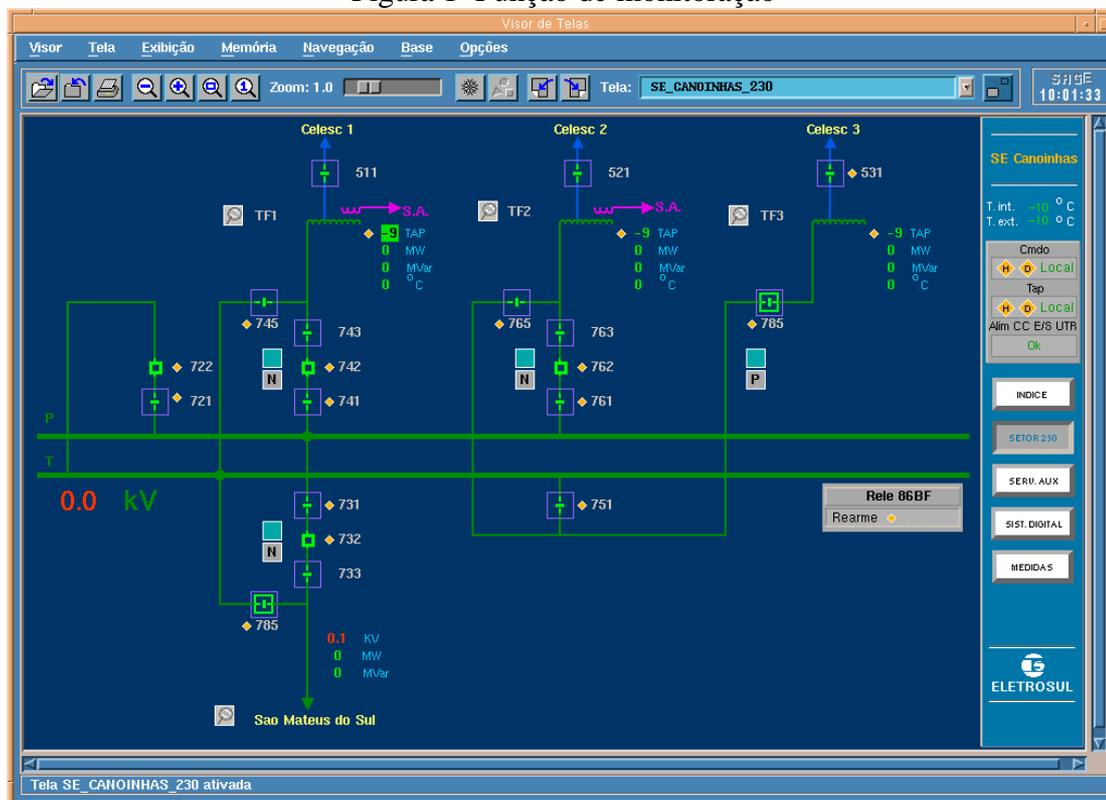
3.3.1 FUNÇÕES BÁSICAS

Um sistema digital de automação de subestações geralmente apresenta as seguintes funções básicas: [MAIA 98] [MAGRINI 97] [KAIUT 97]

1) Comando remoto: A manobra dos equipamentos deverá ser conduzida pelo operador a partir da sala de comando, através da interface gráfica onde é apresentado o diagrama unifilar da subestação. A sala de comando pode estar na própria subestação ou em casos de subestações desassistidas em um local remoto denominado Centro de Operação Regional.

2) Função de monitoração: Apresenta ao operador, sob forma gráfica ou através de desenhos esquemáticos, os valores provenientes das medições realizadas, além das indicações de estado dos disjuntores, chaves seccionadoras e demais equipamentos de interesse. As medições podem ser obtidas por meio de transdutores conectados às entradas analógicas das UTRs ou controladores programáveis, ou ainda através de equipamentos dedicados que promovam a transferência entre analógico/digital. A figura 1 exemplifica uma tela do IHM com o unifilar de uma SE, construída pelo Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia.

Figura 1 Função de monitoração



Fonte: [ELETROSUL 00]

3) Alarmes: É uma notificação para o operador sobre a ocorrência de alterações espontâneas da configuração da malha elétrica, ou uma irregularidade funcional de algum equipamento, ou ocorrências no sistema digital, ou ainda, a ocorrência de violações de limites operativos de medições. Quando ocorre uma situação de alarme, o operador deve adotar um procedimento para reconhecer o mesmo. A figura 2 mostra um exemplo de alarmes com mensagens reconhecidas.

Figura 2 Exemplo de alarmes

Visor	Ação	Reconhecer	Eliminar	Tela	Anotacao	Lista Ger
Lista: GERAL	*** CONGELADA ***	Som: Habilitado	Totais: (Alarmes: 10	Urgência: 2	
10:22:58	Alarme	CA_SA480_FT2_UT00	CAN_SA480	Subtensao		
09:42:38	Retornou a regioa inferior de urgencia	CA_GRL_FREQ_REF	CAN_GRL	Frequencia rei		
09:20:38	Normal	CA_LTSM_C43	CAN_LTSM	Selecao de ty		
09:20:38	Ligado	CA_DJ732_C43N	CAN_DJ732	Chave de tra		
09:20:38	Desligado	CA_DJ732_C43I	CAN_DJ732	Chave de tra		
09:11:35	Retornou a regioa normal	CA_TF01_230_TENR	CAN_TF01	Temperatura e		
09:11:30	Retornou a regioa normal	CA_TF01_230_AMP_A	CAN_TF01	230 Corrente		
09:11:30	Retornou a regioa normal	CA_LTSM_AMP_A	CAN_LTSM	Corrente fase		
09:11:29	Retornou a regioa normal	CA_TF01_TAP	CAN_TF01	Tap		
09:09:18	Novo dia e	4 Mar				

Fonte: [ELETROSUL 00]

4) Registro seqüencial de eventos: deverá registrar a atuação de relés de proteção, abertura e fechamento de disjuntores e chaves seccionadoras e outras indicações de estado de interesse, com precisão de até um milissegundo, possibilitando o encadeamento histórico das ocorrências. Devido à elevada precisão, a aquisição desses dados é efetuada normalmente por equipamentos autônomos, que se comunicam com o centro de controle e demandam um dispositivo de sincronização de tempo.

5) Função proteção: É uma função realizada por equipamentos autônomos e redundantes, em face da sua importância e velocidade com que devem atuar. É composta por relés de proteção que podem ser digitais ou convencionais, sendo que esses últimos podem ser eletromecânicos ou de estado sólido. O sistema de automação é responsável apenas pela monitoração da atuação dos relés, que, no caso de relés convencionais, é efetuada por meio de contatos auxiliares. Já os relés numéricos apresentam a possibilidade de transferência dessa informação via canal de comunicação de dados, além de poderem transferir, adicionalmente, o estado operativo do relé, por meio de rotinas de autodiagnóstico.

6) Armazenamento de dados históricos: Todas as medições, indicações de estado, alarmes e ações executados pelo operador devem ser armazenados, a fim de permitir a análise ou auditoria posterior. A figura 3 mostra um exemplo de alarmes e ações executadas.

Figura 3 Exemplo de dados históricos

08:35:23	Service calc assumiu estado primario no No esul52			
08:35:35	Login do usuario supervisor no no' esul52 (esul52)			
08:35:38	Ligacao operacional	CALC_LSC		Ligacao de Calcu
08:37:27	Controle indisponivel, inibido ou ja ativo	CM_UTR22_DESAB_TC		CMO UTR22 Desabi
08:38:46	Controle indisponivel, inibido ou ja ativo	CM_CCS733		CMO CS733 Seccid
08:39:00	Controle indisponivel, inibido ou ja ativo	CM_CDJ782_LSIN		CMO DJ782 Ligar
08:39:30	Controle indisponivel, inibido ou ja ativo	CM_CDJ772		CMO DJ772 Disju

Fonte: [ELETROSUL 00]

7) Gráficos de tendências: Devem possibilitar ao operador observar a evolução das grandezas analógicas no tempo em que durar a monitoração. Também deve ser possível observar tendências analógicas extraídas a partir de dados históricos.

8) Intertravamento: Devem efetuar o bloqueio ou liberação de ações de comando em chaves, disjuntores ou seccionadoras em função da topologia da subestação, visando à segurança operativa desses equipamentos.

9) Religamento automático: É um algoritmo de controle que tenta restabelecer automaticamente a topologia da subestação no caso de abertura espontânea de disjuntor. Esta é uma função que introduz automatismos no sistema. Estes automatismos são elaborados com técnicas de inteligência artificial, descritas em Automação de Subestações.

10) Controle de tensão e reativos: É uma lógica de controle que visa manter o nível de tensão e o fluxo de reativos nos barramentos, dentro de limites preestabelecidos, através da alteração automática de "tapes" de transformadores e a inserção ou retirada parcial ou total de banco de capacitores. Esta função também introduz automatismos no sistema.

11) Recomposição: Entende-se por recomposição o restabelecimento de uma SE em caso de pane ou perturbação. A perturbação [RODRIGUES 97] é um distúrbio ocorrido na rede elétrica que altera os parâmetros de tensão ou corrente. Uma falta é uma perturbação caracterizada pela interrupção do fluxo de energia. Após uma perturbação geral [MARTINO 97] em uma subestação, pode ser necessário restabelecer o processo de carga, fazendo-o de forma rápida e segura. Para o restabelecimento do sistema existem duas fases: fluente e coordenada.

Define-se por fluente a primeira fase da recomposição que inicia com a sincronização de unidades geradoras ou recebimento de tensão em circuitos, a partir dos quais se sucederão a energização de transformadores e outras linhas de transmissão, conforme a sua prioridade. Este procedimento é realizado nas subestações pelos operadores sob coordenação de um Centro de Operações Regionais (COR) ou Centro de Operações do Sistema (COS). Após o término da fase fluente, o operador comunica o Centro de Operação, iniciando então a fase coordenada. Nesta fase, dar-se-ão a energização dos demais equipamentos, as liberações de tomada de carga adicionais e, conforme o caso, o fechamento paralelo e/ou em anel das áreas que não foram interligadas durante a fase fluente.

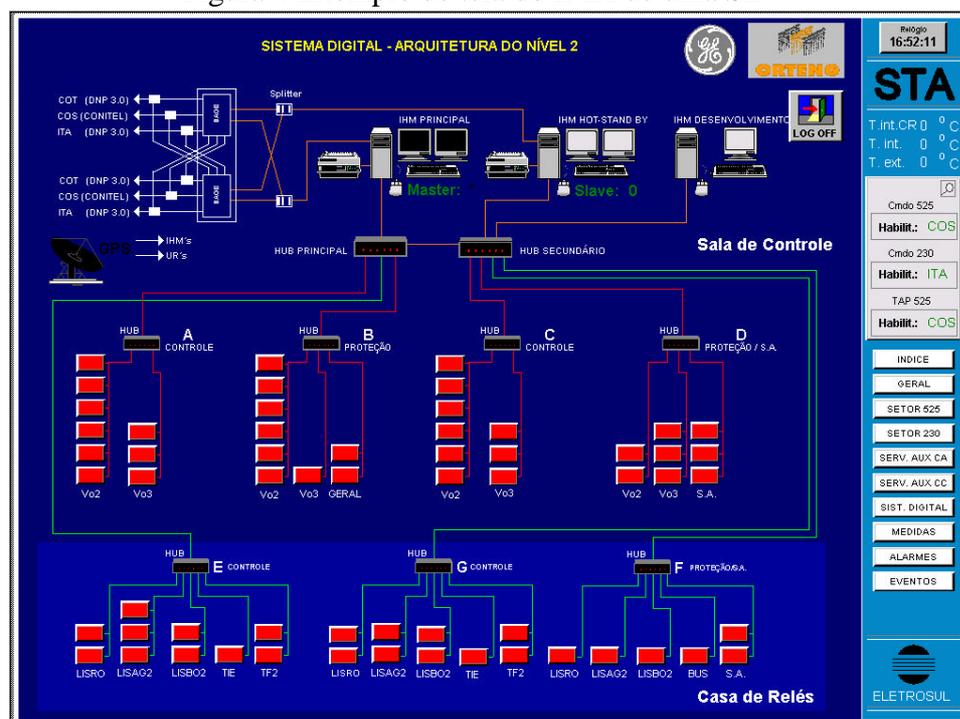
12) Sincronização: O sincronismo é usado para sincronizar duas fontes. Ele é executado com um sincronoscópio no qual o operador visualiza a Tensão, a Freqüência e o Ângulo. Quando os valores da fonte A estiverem próximos da fonte B, o operador efetua o sincronismo.

Outros requisitos funcionais de um sistema digital de automação deverão oferecer, ainda as seguintes facilidades:

1) Subestações desassistidas: Devem permitir que a subestação opere sem a presença do operador, sendo que nesse caso, sua operação passará a ser efetuada remotamente por outro centro de operação. Assim, o sistema deverá redirecionar as informações locais para um console remoto, através de um canal de comunicação de dados.

2) Interface homem-máquina: A IHM deverá oferecer recursos gráficos de animação que permitam ao operador, via de regra, pouco familiarizado com informática, reconhecer de imediato os estados dos equipamentos, as medições realizadas e as sinalizações de alarmes. A interface deve ser projetada com requisitos de ergonomia de software para que esta seja amigável ao operador. A figura 4 exemplifica uma tela do IHM com a estrutura de relés de uma SE, construída pelo sistema Cimplicity da General Electric.

Figura 4 Exemplo de tela do IMH de uma SE



Fonte: [ELETROSUL 00]

3) Diversidade de equipamentos: O sistema deve ser flexível para permitir a integração com equipamentos de aquisição de dados e controle, como Unidades de Terminais Remotas (UTR), Controladores Programáveis (CP), equipamentos de medição digital e relés digitais, provenientes de diferentes fornecedores. A figura 5 mostra o fluxo de dados entre os dispositivos e demais funções.

Figura 5 Configuração dos sistemas digitais de automação



Fonte: [SILVEIRA 00]

4) Biblioteca de protocolos:

O sistema deve ser capaz de operar com os diversos tipos de protocolos disponíveis no mercado. Este é um requisito necessário para integrar os diversos sistemas e equipamentos que operam com protocolos diferentes. Por exemplo, o sistema utilizado na SE de Santo Ângelo possui um *gateway* para conversar com o protocolo DNP utilizado pela ELETROSUL e a subestação de Itá, Conitel usado pelo Operador Nacional do Sistema e IEC usado pelo Cimplicity.

5) Interligação em rede:

O sistema deverá apresentar facilidades de utilização de rede de forma a permitir a integração futura com outros módulos.

3.4 FERRAMENTAS PARA AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES

Os benefícios advindos com a automação de processos também são conhecidos nas empresas, fazendo com que algumas indústrias tenham um grau elevado de automatização dos seus processos. Os benefícios incluem aumento de produtividade, eficiência nos processos, redução de erros operacionais, melhoria nas condições de segurança, qualidade do produto, redução de custos e mão-de-obra.

Existem vários sistemas de gestão para executar funções administrativas e industriais permitindo a sua integração. Os sistemas, entre outros, que executam estas funções são: [FERREIRA 00]

- ERP - Enterprise Resource Planning é uma categoria de sistemas de gestão empresarial que abrange as principais funções do negócio da empresa.
- ASP – Application Service Provider executam funções remotas de aplicativos de gestão empresarial.
- APS - Advanced Planning and Scheduling é uma categoria de sistemas de programação avançada que utiliza algoritmos complexos para otimizar planos de produção, suprimentos e transportes. Esta categoria se integra aos ERPs para obter informações necessárias para a programação.
- CRM – Customer Relationship Management refere-se a uma categoria de sistemas para gerenciar clientes de uma empresa.
- MRP – Materials Requirements Planning são sistemas de gestão de materiais, baseadas nas necessidades futuras de acordo com a produção planejada.

Para efetuar a automação de processos, pode-se usar os Sistemas Integrados de Gestão ERP, que possibilitam um fluxo de informações único, contínuo e consistente para toda a empresa, com uma única base de dados [STAMFORD 00]. Estas ferramentas podem assegurar a competitividade das empresas. Sua vantagem é oferecer uma completa integração de informações sobre os processos de negócios da empresa. Ela permite que as decisões sejam tomadas em todos os níveis, uma vez que disponibiliza dados para estas finalidades. [EGREJA 99]

Entretanto, nas empresas onde existem outros tipos de sistemas, nem sempre se convive com uma integração entre ambos. É comum observar-se sistemas ERP fazendo o planejamento e controle da produção sem integração com o sistema de automação e controle de processos produtivos.

Um ganho que as empresas têm ao integrarem sistemas ERP com o de automação é que um único lançamento efetuado no sistema gera múltiplas atualizações. Uma única entrada de um novo pedido pode disparar mudanças de planejamento da produção, aquisição de matérias-primas, fluxo de caixa, programação de entrega, interação entre departamentos envolvidos. Este sistema, portanto, gera agilidade no processo produtivo e na tomada de decisão.

A padronização de sistemas operacionais, protocolos de rede, métodos de acesso a bancos de dados e arquiteturas de hardware, entre outras, permitem a integração entre sistemas de gestão e de automação. Entretanto, a viabilidade não é suficiente para assegurar que as empresas vão efetuar a integração. Vários são os fatores que contribuem para isso: [EGREJA 99]

- Falta de uma visão integrada da empresa, pois os responsáveis pelos sistemas são geralmente de áreas diferentes. Há pouca sinergia entre estas pessoas.
- Integradores de sistemas ERP e de automação possuem pouca experiência com integração. Este desconhecimento posterga a integração, que só vai ser alcançada à medida que experiências bem sucedidas forem sendo alcançadas.
- Alguns sistemas de automação não foram preparados para a integração, eles visavam apenas o controle de processos.

Para minimizar estes problemas, instituições de pesquisas, universidades, órgãos governamentais, fornecedores de sistemas e usuários, entre outros, estão desenvolvendo padrões para poderem efetuar a integração.

A implantação de sistemas de controle de processos requer um sistema adequado para cada aplicação existente, visto que os requisitos de segurança, confiabilidade e rapidez são diferentes para cada aplicação a ser instalada e estes requisitos são imprescindíveis para as empresas. Existem duas categorias de sistemas para automação de processos utilizados para outros fins no controle de energia, telefone, gás, petróleo, água, mineração e segurança: [PEREIRA 00]

- Os sistemas SCADA – que atualmente são os preferidos na maioria das aplicações, baseadas preferencialmente em Unix.
- Os Sistemas Digitais de Controle Distribuído, sendo um concorrente do primeiro, mais flexíveis e construídos também em Windows e Linux.

3.4.1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Embora este trabalho não faça uso de técnicas de inteligência artificial, muitos programas que fazem funções de automação são elaborados com estas técnicas, portanto, elas são mencionadas apenas neste capítulo.

Com a crescente digitalização de subestações, as técnicas de inteligência artificial têm sido apontadas como uma alternativa adequada para a representação e solução dos problemas de

operação e controle de sistemas elétricos, possibilitando a substituição da decisão/ação humana por uma ação automatizada com o mesmo nível de eficácia, otimizando os processos operativos de uma subestação [RIBEIRO 97].

A Inteligência Artificial (IA) é um ramo da Ciência da Computação dedicado ao estudo das técnicas que possibilitam a representação em máquinas de algum aspecto da cognição humana (Weber, 1996). Seguindo essa linha Rich (1988), propõe que *IA é o estudo de como fazer com que a máquina possa realizar tarefas que hoje o homem faz melhor*. A IA é o ramo da Ciência da Computação que pesquisa a criação de sistemas inteligentes, possuindo duas abordagens: uma científica, voltada ao estudo da psicologia cognitiva, para compreender os processos envolvidos na inteligência, e outra tecnológica, que lida com a representação destes processos através da máquina. [CAMARGO 99]

Existem várias formas de Inteligência Artificial aplicada na construção de sistemas. Entre outras cita-se:

- Raciocínio Inexato.
- Sistemas Especialistas.
- Algoritmos Genéticos.
- Agentes.
- Raciocínio Baseado em Casos.
- Redes Neurais.

3.4.1.1 Sistemas Especialistas

A utilização de sistemas especialistas na operação de uma SE objetiva evoluir a supervisão e o controle local, otimizando os processos operativos sob o ponto de vista funcional e econômico e possibilitando a automação da operação local através da substituição da decisão/ação humana por uma ação/decisão artificial. [RIBEIRO 97]

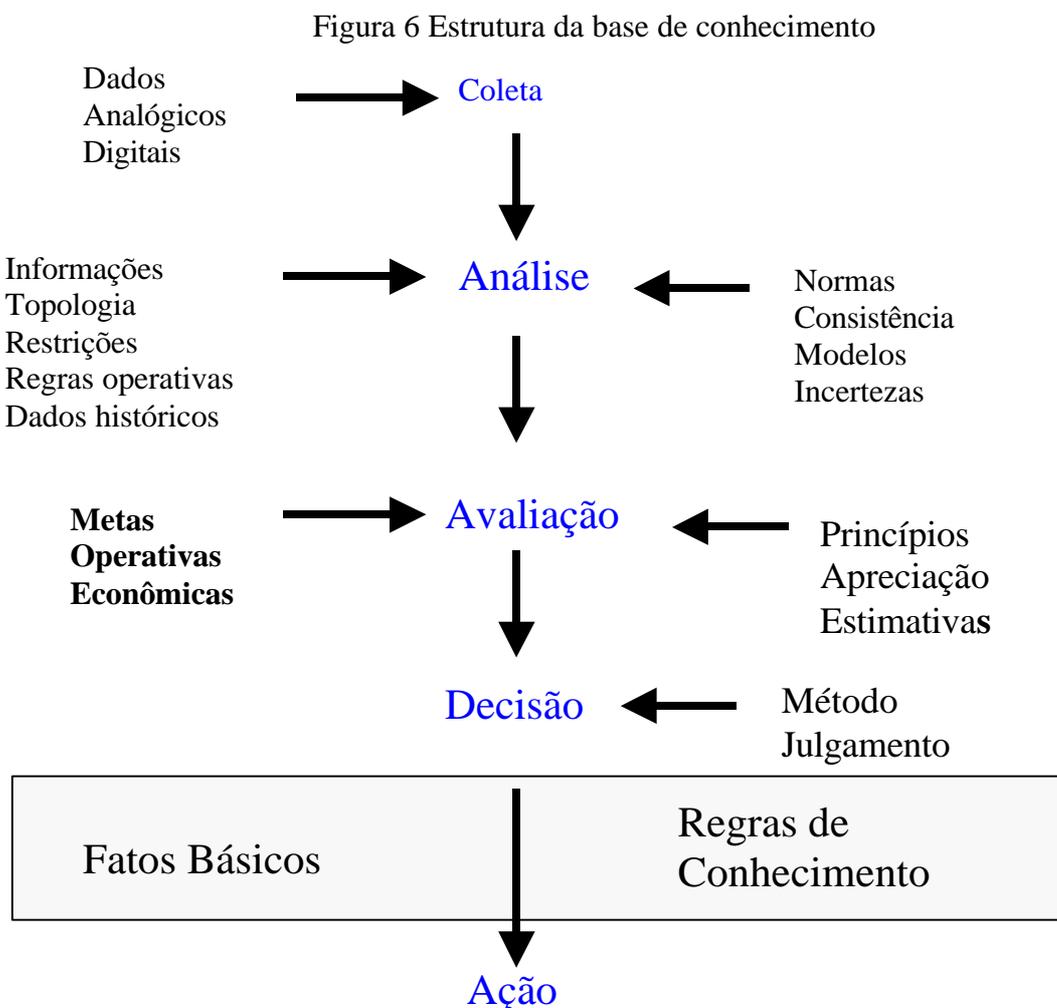
O Sistema Especialista é uma técnica de Inteligência Artificial desenvolvida para resolver problemas em um determinado domínio cujo conhecimento utilizado é obtido de pessoas que são especialistas naquele domínio. Contudo, existem casos onde o especialista humano não está disponível ou é inexistente, neste caso, pode-se compilar o conhecimento teórico e construir um sistema especialista. [CAMARGO 99]

O Sistema Especialista é projetado e desenvolvido para atender a uma aplicação determinada e limitada do conhecimento humano. É capaz de emitir uma decisão, apoiado em conhecimento justificado, a partir de uma base de informações, tal qual um especialista de determinada área do conhecimento humano.

Para tomar uma decisão sobre um determinado assunto, um especialista o faz a partir de fatos que encontra e de hipóteses que formula, buscando em sua memória um conhecimento prévio, sobre estes fatos e hipóteses, armazenado durante anos, no período de sua formação e no decorrer de sua vida profissional. Um Sistema Especialista deve, além de inferir conclusões,

ter capacidade de aprender novos conhecimentos e, deste modo, melhorar o seu desempenho de raciocínio, e a qualidade de suas decisões.

A figura 6 mostra a estrutura da base de conhecimento que um sistema especialista precisa ter para realizar a automação de uma SE e a interação existente. Mais importante do que a operação automática de uma SE em si é a estrutura de coleta, análise, avaliação e decisão, a partir das quais as ações operativas são definidas. [RIBEIRO 97]

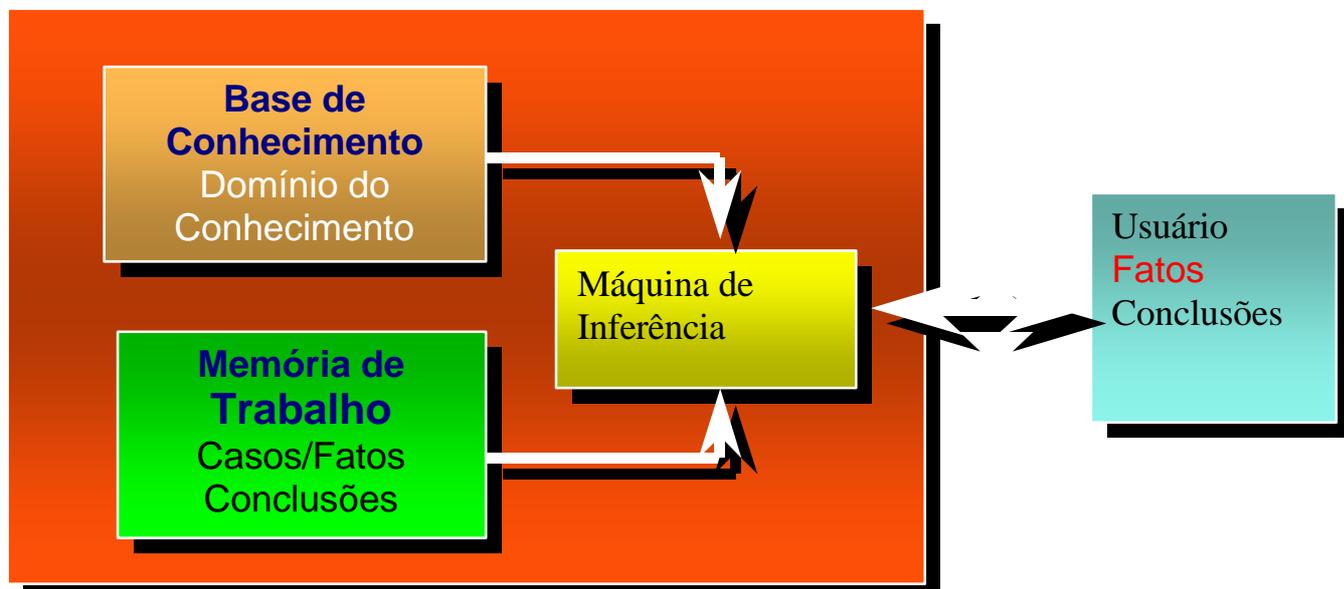


Fonte: [RIBEIRO 97b]

Uma pessoa adquire tais conhecimentos, mediante treinamento e experiência; já em um computador os conhecimentos adquiridos são gravados em sua memória, fazendo com que as técnicas de armazenamento tenham grande importância. Os Sistemas Especialistas permitem que as máquinas aprendam através da experiência de um especialista.

A representação do conhecimento (mostrado na figura 7) é feita através de regras expressas por um especialista sobre o assunto. Estas regras possuem variáveis que são testadas para obter as suas saídas, gerando, assim, o conhecimento sobre um determinado problema. A correta definição das variáveis e conclusão para cada regra facilita o encadeamento das regras, gerando sempre novos fatos e aumentando a capacidade de busca. [GRANDI 97]

Figura 7 Interação de um sistema especialista



Fonte: [SILVEIRA 00]

3.4.1.2 Algoritmos Genéticos

John Holland da Universidade de Michigan, em suas explorações dos processos adaptativos de sistemas naturais e suas possíveis aplicabilidades em projetos de software de sistemas artificiais, no final da década de 70, conseguiu incorporar características da evolução natural a um algoritmo. [MAZZUCCO 99]

A utilização do algoritmo genético na resolução de um determinado problema depende fortemente da realização de dois importantes passos iniciais: 1) encontrar uma forma adequada para se representar soluções possíveis do problema em forma de cromossomo e 2) determinar uma função de avaliação que forneça uma medida do valor (da importância) de cada cromossomo gerado, no contexto do problema.

A forma de representação das soluções possíveis em cromossomos varia de acordo com o problema. Nos trabalhos originais de Holland, essas representações eram feitas somente através de codificação utilizando cadeias de *bits*, o que é considerado por muitos como algoritmos genéticos puros. Hoje as representações são elaboradas em diversos tipos. A função de avaliação constitui-se no único elo entre o algoritmo genético e o problema a ser resolvido. Recebendo um cromossomo como entrada, essa função retorna um número ou uma lista de números que exprime uma medida do desempenho daquele cromossomo, no contexto do problema a ser resolvido. A função de avaliação, no algoritmo genético, desempenha o mesmo papel que o ambiente no processo de evolução natural. Assim, com a interação de um indivíduo com seu meio ambiente tem-se uma medida de sua aptidão, a interação de um cromossomo com uma função de avaliação também resulta em uma medida de aptidão, que o algoritmo genético utiliza na realização do processo de reprodução. [MAZZUCCO 99]

3.4.1.3 Agentes

Agentes são componentes de software que atuam autonomamente de forma a atender os interesses do usuário. São sistemas que apresentam um comportamento determinado por um processo de raciocínio baseado na representação de suas atitudes, tais como crenças, comprometerimentos e desejos. Eles acreditam que um sistema pode ser visto como um agente se ele possuir as seguintes propriedades: [COSTA 99]

- **Autonomia:** o agente deve funcionar sem intervenção humana, baseando suas ações em seu conhecimento armazenado sobre o ambiente.
- **Habilidade Social:** o agente interage com outros agentes através de uma linguagem comum.
- **Reatividade:** o agente deve ser capaz de perceber mudanças em seu ambiente e atuar de acordo com estas mudanças.
- **Pró-Atividade:** o agente não deve apenas atuar por percepção, mas deve procurar alcançar uma meta apresentando iniciativa.

3.4.1.4 Raciocínio Baseado Em Casos

Solucionar novos problemas através da adaptação de soluções que foram utilizadas em problemas semelhantes é a filosofia básica da metodologia de Raciocínio Baseado em Casos (RBC). A inspiração do modelo de RBC veio das pesquisas de Schank e Abelson (1977) sobre o armazenamento do conhecimento geral na mente humana através de *scripts*. Segundo Schank, os *scripts* ficam armazenados na memória e todas as vezes que um evento ocorre, o *script* referente a um evento similar é acessado. Os sistemas de RBC representam o ato humano de lembrar um episódio passado quando se deparam com uma situação similar, simulando assim o raciocínio analógico. [CAMARGO 99]

O RBC é uma ferramenta de IA que utiliza o conhecimento de experiências passadas para resolver problemas atuais. O que torna a técnica de RBC diferente de outras técnicas de IA é a sua capacidade de utilizar o conhecimento adquirido em uma experiência para resolver problemas manifestados em outra experiência semelhante. Os sistemas de RBC retêm cada nova solução, tornando-a disponível para a resolução de futuros problemas. [GRANDI 97]

É natural resolver problemas baseados em experiências anteriores. Os sistemas de RBC descrevem os casos em uma forma natural, e a aquisição do conhecimento pode ser feita de maneira automática, com o registro dos novos casos. Os sistemas baseados em casos podem ser construídos com sucesso onde sistemas especialistas utilizando regras do tipo IF-THEN não são eficientes.

3.4.1.5 Redes Neurais

A utilização de Redes Neurais Artificiais (RNA) é um método bastante utilizado em problemas relacionados a sistemas elétricos de potência. A técnica ajusta o comportamento de uma RNA com camadas de entrada, de saída e de outras escondidas. Cada camada pode ter uma ou mais unidades de processamento (neurônios). O neurônio recebe sua entrada através de um conjunto de *links* e o neurônio de saída propaga a saída da rede. O funcionamento da rede consiste na entrada dos dados, cálculo e saída.

Para que uma RNA possa encontrar uma saída correta, ela precisa ser treinada. Para isso, é apresentado um conjunto de dados descrevendo todas as classes envolvidas.

3.4.2 SOFTWARE PADRÃO PARA PROCESSOS

Atualmente, existem propostas de padrões em andamento no IEEE e o IEC 61850, que definem requerimentos de comunicação e especificam o tempo de entrega de mensagens entre os IEDs. Estes padrões especificam a estrutura de dados das informações de uma SE que são trocadas entre a proteção integrada, controle e aquisição de dados. [P 1525] e [IEC]

Muitos usuários de PCs possuem a experiência de que muito hardware padronizado não funciona junto com outros equipamentos. Isto é especialmente correto no software. O foco principal dos padrões tem sido as funções de comunicação e armazenamento de dados como medidor. Os padrões estimulam: [WIEBE 99]

- Competição de preços.
- Inovação em produtos e serviços oferecidos.
- Reduz os riscos na competição a fornecedores existentes no mercado.
- Variedade de componentes especialmente em comunicação.

A disponibilidade de padrões pode ter impacto na performance, preço e outros aspectos. Existem quatro tipos de padrões: [WIEBE 99]

- Propriedade fechada com fornecedor específico - Itron, Whisper, RAMAR, HUNT e Distribution Control Systems, Inc., entre outros, são exemplos de padrões proprietários fechados para rádio e linhas energizadas carrier.
- Aberto, publicado e não proprietário – Estes padrões são administrados em concordância com processos formais sob o patrocínio da indústria. Por exemplo, IEEE SC-31 subcomitê para gerenciamento de telefones.
- Aberto, publicado e proprietário - é um padrão que algumas empresas adotam. O padrão pode derivar-se se não existirem indústrias interessadas em estabelecer um grupo formal. Exemplos deste padrão são a CellNet, Dolby e DNP.
- De fato – é um padrão que evolui através de ações do mercado sendo intencional ou não. Por exemplo, Utility Transaction Systems, Inc. MV-90 produto adotado pelo comércio e indústria e, em especial, pela indústria de eletricidade. Outros exemplos de padrões são o Linux e o Unix. Eles iniciam com uma versão e depois são implementados em várias versões por empresas diferentes.

Mesmo com a existência de padrões, as empresas devem tomar cuidado com produtos e fornecedores para saber se eles podem cumprir com os seus objetivos.

Existem padrões que convivem com discussões eternas. O AMR (Automatic Meter Reading ou Leitura de Medidas Automáticas), baseado em rádio, obedece a uma dezena de diferentes padrões como ANSI, IEEE, Underwriters Laboratories, entre órgãos federais, estaduais e grupos locais.

A filosofia de padrões facilita o projeto e tem um custo reduzido para os projetos. Por exemplo, um baixo custo residencial ou em pequenas indústrias e/ou comércio orientadas por métricas como a Centron (Schlumberger) e a Altimus (Siemens). Esta tecnologia pode eliminar processadores redundantes, abastecimento de energia, pacotes e outros itens. Os vendedores de energia podem se beneficiar com: [WIEBE 99]

- Competição de preço entre fornecedores de métricas.
- Interoperabilidade destas métricas em nível de rede.
- Reutilização de métricas de comunicação.

3.4.3 LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO PARA PROCESSOS

No passado, não existia um padrão internacional em que um fabricante pudesse se basear para definir sua linguagem de programação para PLC (Programmable Logic Controller). Cada fabricante usava uma, e elas não tinham nenhum compromisso com portabilidade e compatibilidade. Os sistemas eram totalmente proprietários, dificultando as atividades para o usuário. Esta prática começou a mudar com a entrada dos PCs que utilizavam um padrão. Para não perder mercado, estes fabricantes também passaram a aderir a padrões. [CARVALHO 99]

Eles adotaram o padrão IEC (International Electrotechnical Commission) norma IEC-61131-3. Com isso, uma reposição de um PLC ou substituição por defasagem tecnológica ficou mais fácil e econômica. O treinamento de programadores foi reduzido e a construção de novos sistemas ganhou mais agilidade. A norma define cinco linguagens de programação: Function Block Diagram (FBD), Instruction List (IL), Ladder Diagram (LD), Sequential Function Chart (SFC), Structured Text (ST).

3.4.3.1 Function Block Diagram

É uma linguagem gráfica para programação de PLCs, baseada na interpretação do comportamento do sistema, podendo ser utilizada para detalhar condições de transição e ações de diagramas SFC. [CARVALHO 99]

Os elementos da linguagem devem ser interconectados por linhas de fluxo. Variáveis de entrada e de saída descrevem o processo que consiste em um conjunto de blocos elementares. As entradas e saídas são conectadas aos blocos através de linhas. Os blocos são representados por retângulos. Combinando blocos, pode-se construir uma lógica apropriada para a aplicação.

3.4.3.2 Instruction List

É usada para pequenas aplicações ou como parte delas, sendo de baixo nível e de grande eficiência. Um programa é composto por uma lista de instruções. Cada linha possui um comando e um operador, operandos são separados por vírgulas. A linguagem utiliza um registrador no qual armazena os resultados. [CARVALHO 99]

3.4.3.3 Ladder Diagram

É uma representação gráfica de equações booleanas, combinando contatos e bobinas. Os símbolos gráficos do diagrama Ladder são organizados como se fossem degraus. São limitados à esquerda e à direita por linhas verticais. Os contatos podem ser normalmente

abertos (NA) ou normalmente fechados (NF). Quando energizado, NA é forçado a fechar e NF é forçado a abrir. [CARVALHO 99]

As funções lógicas “AND” são exibidas em linha horizontal e os “OR” uma abaixo da outra verticalmente.

Esta linguagem pode representar bem os sistemas de controle lógico combinatório, mas é ineficiente para sistemas de controle seqüencial onde se necessita de controles de tempo.

3.4.3.4 Sequential Function Chart

Esta linguagem de programação é oriunda da teoria de Rede Pertri. Ela não se restringe à Engenharia, sendo usada em todos os ramos da ciência.

A SFC é simples, porém com rigorosa formalização matemática. Um programa é composto por um conjunto de *Steps*, Transições e Arcos Orientados que representam o funcionamento de um automatismo lógico. Os *steps* são ligados às ações e as transições que são associadas às receptividades. Os arcos ligam *steps* às transições e vice-versa. [CARVALHO 99]

3.4.3.5 Structured Text

É uma linguagem em forma de texto juntamente com a IL. É uma linguagem estruturada e de alto nível, semelhante ao Pascal e ao C. Foi desenvolvida para efetuar a programação de processos automatizados, onde se utilizam procedimentos complexos e difíceis de serem representados nas linguagens gráficas. A ST é a linguagem de descrição de ações do diagrama SFC. [CARVALHO 99]

A linguagem é estruturada em listas de declarações do tipo (IF, THEN, ELSE, FOR WHILE, REPEAT).

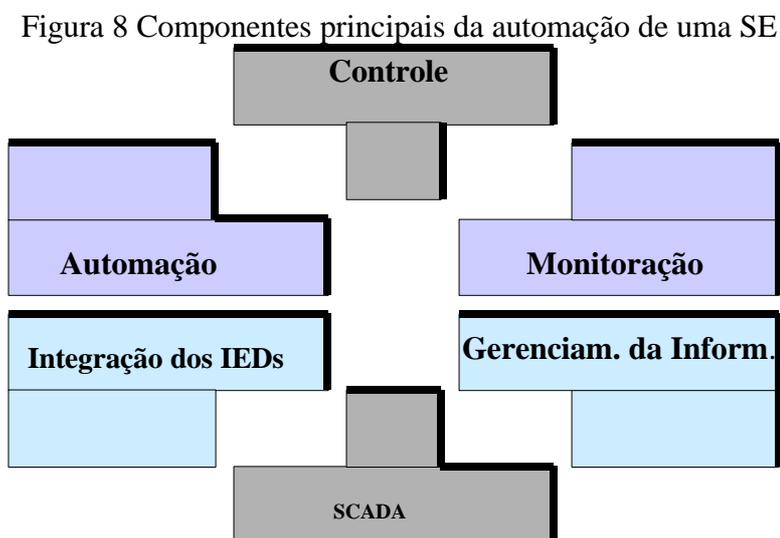
Não fazem parte da norma as linguagens: Flowchart que está sendo divulgada por empresas como uma adição à norma e o Fieldbus que será incorporado à norma através de blocos de funções flexíveis (FFB - Flexible Function Blocks).

3.5 AUTOMAÇÃO DE SUBESTAÇÕES

O setor elétrico está se adaptando às novas tendências mundiais em termos de automação. Além da redução de custos e a melhoria no desempenho, os processos implementados em subestações procuram reduzir a quantidade de cabos utilizados na fiação, os custos com operadores e o aumento da robustez do sistema.

Uma SE de energia elétrica é um tipo de instalação complexa, principalmente para efetuar a sua automação. Existe um ambiente eletromagnético agressivo, há necessidade de velocidade de processamento elevada e os processos não podem aceitar comandos involuntários e/ou medições incorretas. As SEs, em conjunto com as usinas de geração, representam um ponto chave no sistema elétrico, não permitindo a interrupção no processo de fornecimento. [SANTOS 99]

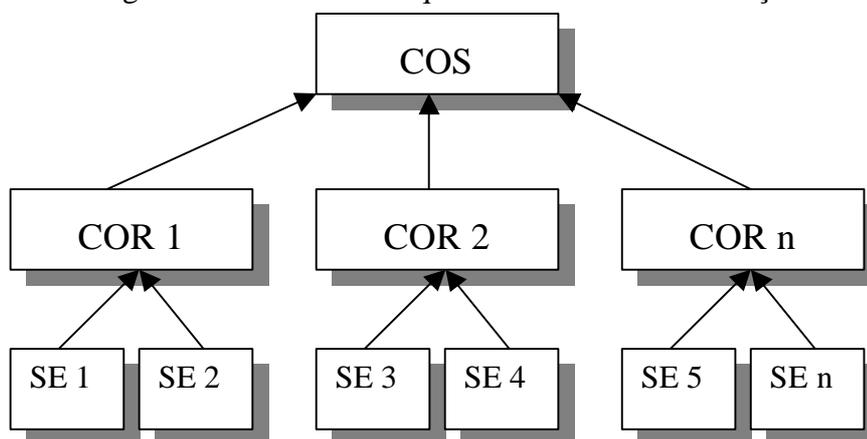
Os componentes de um processo de automação de subestações estão representados na figura 8, a reunião dos componentes determina o grau de automação existente. [SILVEIRA 00]



Fonte: [SILVEIRA 00]

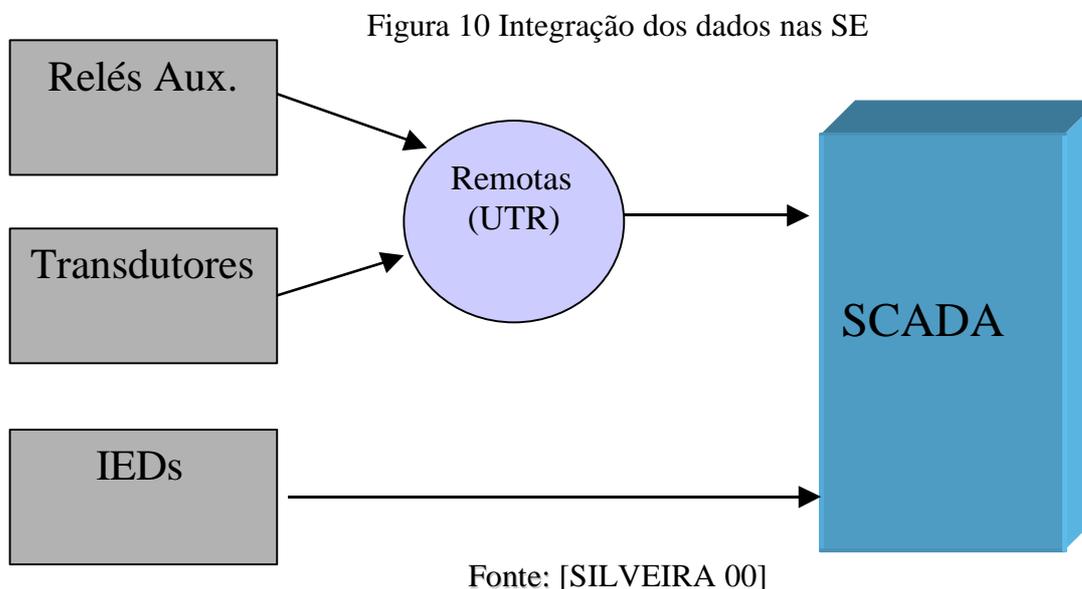
A figura 9 descreve os níveis hierárquicos de automação no setor elétrico. O nível mais baixo inicia com a automação das SE as quais enviam seus dados a um centro regional e, após, para um centro de operação do sistema.

Figura 9 Níveis de hierarquia envolvidos na automação de uma SE



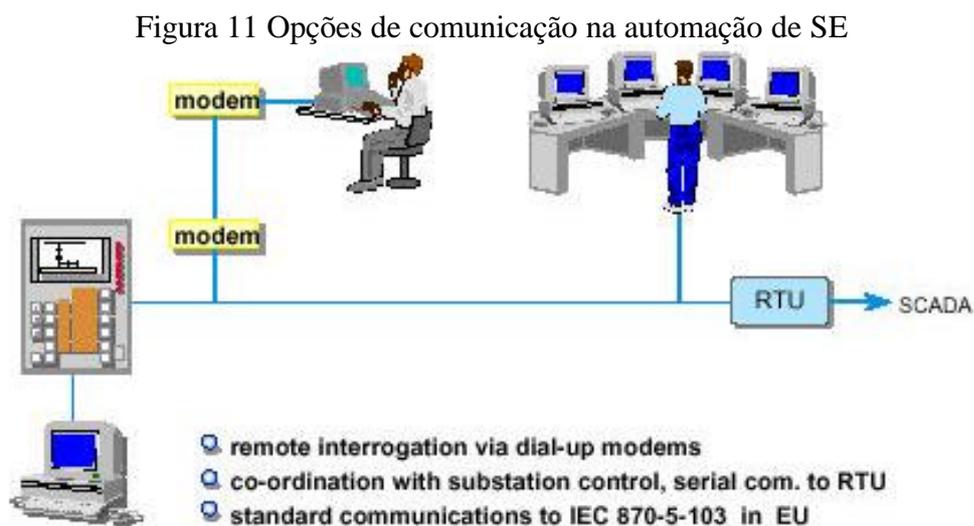
Fonte: [SILVEIRA 00]

Para efetuar a automação de uma SE é necessário coletar uma série de dados dos equipamentos. Nos sistemas atuais, que contemplam as subestações mais antigas, os dados são coletados por relés e transdutores e enviados a UTR. Alguns destes dados são processados e enviados ao sistema SCADA. Já os IEDs utilizados em SE mais modernas entregam os dados já processados diretamente ao sistema SCADA. Para cada SE é necessário efetuar um estudo para captar os dados a serem utilizados. A figura 10 mostra este tipo de integração.



3.5.1 O PROCESSO DE AUTOMAÇÃO

A rápida inovação dos microprocessadores e das telecomunicações impulsiona a automação de subestações de maneira global. Produtos com padrões mundiais (IEC, IEEE) são utilizados na construção de funções de automação. Mesmo funções eletromecânicas simples têm sido implementadas com IEDs, reduzindo custos e espaço físico necessário. A figura 11 mostra algumas opções para a implementação de telecomunicação para um projeto de automação. [ZIEGLER 00]

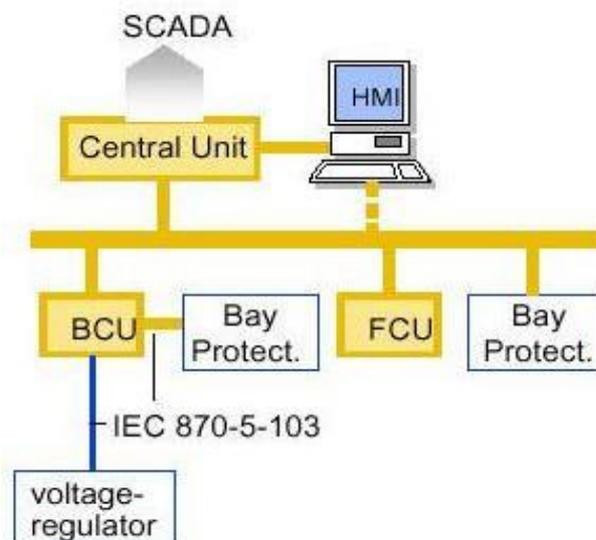


Fonte: [ZIEGLER 00]

Em um modelo de implementação utilizado na Europa, a comunicação é realizada via rede local utilizando protocolos proprietários (figura 12). A conexão SCADA é feita por emulador

de UTR que roda no computador central. O Global Positioning System (GPS) é utilizado para sincronizar o tempo e relés de proteção são conectados às unidades de controle. Uma interface de comunicação com os relés usa o protocolo padronizado pela IEC 870-5-103, sendo o mais usado na Europa. [ZIEGLER 00]

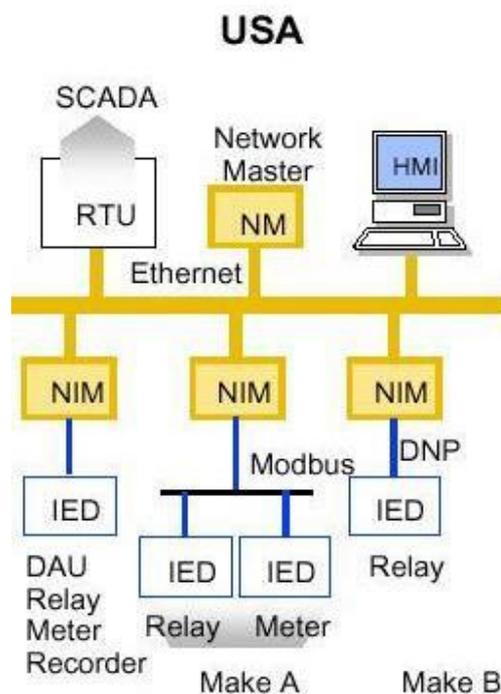
Figura 12 Exemplo de Automação na Europa



Fonte: [ZIEGLER 00]

A UTR é uma tecnologia típica para automação de subestações utilizada nos Estados Unidos. Os fabricantes deste equipamento estão estendendo a comunicação do produto com os dispositivos inteligentes de uma subestação: os IEDs. Estes produtos incluem medidores, registradores de falhas e relés de proteção. A conexão utiliza protocolo proprietário DNP3 ou Modbus. Em subestações onde o sistema de controle é maior, uma rede Ethernet é a preferida. Os IEDs de diferentes fabricantes usam um conversor de protocolo NIM (Network Interface Modules). [ZIEGLER 00]

Figura 13 Exemplo de automação na América



Fonte: [ZIEGLER 00]

Ao iniciar a implantação da automação das subestações, Fernandes, confirmou a capacidade e a confiabilidade do processamento das UTRs aproveitando todo o seu potencial tecnológico para otimizar os recursos operacionais na implementação de automatismos associados aos processos de controle e operação de SEs. [FERNANDES 99]

Para efetuar a automação, Fernandes iniciou um processo de pesquisa das necessidades operacionais e procedimentos vigentes, análise das instrumentações de operação das SE e dos estudos, avaliação e atualização de critérios de projetos elétricos das SE. Os estudos realizados apontaram a necessidade de desenvolvimento e implementação de aplicativos lógicos de automatismos que realizam tarefas anteriormente feitas pelo operador ou por equipamentos convencionais da SE. Entre os principais itens abordados estão: [FERNANDES 99]

- Regulação automática de tensão aplicada a transformadores operando isolados ou em paralelo.
- Rejeição automática de carga com monitoração de corrente e das proteções internas de temperatura dos trafos.
- Sincronismos automáticos de linhas de transmissão (LT) do anel e de interligação de usinas das Se.
- Religamento automático de LT alimentadores.
- Preparação automática da SE após perturbação geral, com restabelecimento rápido da carga.
- Restabelecimento automático de carga da SE.
- Transferência automática de disjuntores.

- Manobras de isolamento de transformadores.
- Monitoração da corrente de neutro dos alimentadores.
- Contadores de operação de equipamentos.
- Verificação da chave local/remoto e de bloqueio.

Estas implementações resultaram nos seguintes ganhos:

- Redução dos custos de instalação, operação e manutenção.
- Maior quantidade e confiabilidade das informações obtidas.
- Agilidade na disseminação de informações do sistema elétrico.
- Melhor controle da tensão.
- Melhoria na satisfação do cliente interno e externo.

Inicialmente, foram implementados na Escelsa, automatismos para o restabelecimento da SE em caso de falha geral. No entanto, após a operacionalização deste, ressaltaram-se as vantagens da automação, ampliando o leque de automatismos com grupos de trabalho para cada fim específico. A implantação dos projetos de automação através de grupos de trabalho foi dividida em:

1. RECOMPOSIÇÃO: Uma parte importante do sistema elétrico de potência é a subestação elétrica, que atende à necessidade de interconexão, transformação e controle do sistema. O restabelecimento da configuração de uma SE após a ocorrência de uma falta é executada pelo operador, e, em alguns casos, com o auxílio de sistemas automatizados de controle e supervisão. Considerando as complexidades de uma subestação, a probabilidade de ocorrência de falhas humanas, bem como a demora no restabelecimento, contribuem para a implantação de sistemas automáticos ou que auxiliem o processo. O restabelecimento [FERNANDES 99] rápido de carga automático de uma SE após uma perturbação, consta dos seguintes automatismos: [AOKI 99]

- Abertura automática de todos os disjuntores e/ou religadores da Baixa Tensão (BT) do transformador, em caso de abertura do disjuntor geral de Alta Tensão (AT) do mesmo.
- Preparo do restabelecimento da SE, assim que normalizar a tensão na barra de BT do trafo, o operador emite um controle que dispara o fechamento de todos os disjuntores e/ou religadores. Entre cada abertura e/ou fechamento, é introduzido um temporizador de cinco segundos para minimizar o desgaste do banco de baterias.
- Um automatismo trata da abertura de disjuntores e/ou religadores que estão com etiqueta de automatização para trabalho em linha viva evitando que haja religamento ou energização de LT com equipes de manutenção em trabalho de linhas, prevenindo acidentes.
- Por fim, outro automatismo abre todos os disjuntores e/ou religadores em caso de falha de tensão na SE. Existem duas lógicas para esta função: rejeição de carga e alarme de sobrecorrente.

- Na lógica de rejeição de carga, o número de aberturas dos disjuntores, emitindo alarmes em níveis pré-definidos, efetuando cortes seletivos, sendo que somente em casos extremos é que é feito o corte total da carga. Esta função é executada através da monitoração da atuação das proteções de temperatura dos trafos e das correntes de BT do mesmo.
- A lógica de alarme de sobrecorrente é o resultado da monitoração de LT e alimentadores e é realizada para ajudar na análise da atuação da proteção de sobrecorrente instantânea de AT dos transformadores.

Segundo, o processo de auxílio deve ter meios para: [AOKI 99]

- Avaliar o agente da ocorrência.
- Definir a área defeituosa que foi isolada pela atuação da proteção.
- Caracterizar se o defeito é permanente ou transitório.
- Identificar os componentes envolvidos e os afetados.

2. SINCRONISMO: A lógica opera a partir de informações de tensões trifásicas do barramento da SE, da tensão da LT a ser sincronizada e do estado do disjuntor da LT. O tratamento das informações de tensão é realizado por um cartão de transdução incorporado a UTR, com as rotinas de sincronismo gravadas em *firmware*. Os dados para esta função compreendem: a fase a ser verificada, a diferença máxima de ângulo, a diferença máxima de frequência, a tensão normal, o valor da tensão considerada morta, a máxima diferença de tensão e o tempo de espera para o sincronismo.

3. RELIGAMENTO: Executa religamentos em disjuntor ou religador conforme determinado. Esta função substitui circuitos convencionais (relés), verifica e/ou configura diversos parâmetros a serem utilizados.

4. MONITORAÇÃO DA CORRENTE DE NEUTRO: Verifica de forma automática o balanceamento de carga nos alimentadores de 15 KV, evitando atuação da proteção do neutro por desequilíbrio, detecta problemas com o banco de capacitores e manobras incompletas de chave.

5. CONTADORES DE ABERTURA: Esta lógica verifica se a proteção de um disjuntor e/ou religador operou, incrementando um contador, exibido no sistema de supervisão e controle. A indicação do número de aberturas do equipamento é útil para a programação da manutenção preventiva.

6. REGULAÇÃO AUTOMÁTICA DA TENSÃO: Mantém a tensão de um barramento dentro da faixa de tensão pré-definida para a operação. Esta lógica funciona para transformadores em paralelo ou individual, permitindo a operação automática ou manual, remota ou local.

7. ISOLAÇÃO DOS TRAFOS: Esta função verifica se todos os alimentadores estão abertos e transferidos, confirma o estado das entradas digitais e se a lógica foi ativada.

8. TRANSFERÊNCIA DO DISJUNTOR: A lógica verifica se já existe algum alimentador transferido através da chave *by-pass*, verifica o estado das entradas digitais e se a lógica foi ativada. A partir disso, a lógica inicia a transferência do alimentador.

4 METODOLOGIA PARA ESPECIFICAÇÃO DE TELECONTROLE EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

4.1 PLANEJAMENTO DA METODOLOGIA

4.1.1 INTRODUÇÃO

Neste item, estão definidos os principais passos na execução de um projeto voltado ao telecontrole de subestações. Como o assunto é bastante amplo, esta metodologia visa estabelecer as principais etapas, sem efetuar um detalhamento extenso de cada uma. Caracterizam-se aqui, os aspectos importantes que envolvem custos, características técnicas, aspectos ergonômicos e fatores de segurança.

4.1.2 AS NECESSIDADES DE CADA EMPRESA

O primeiro passo para efetuar o telecontrole de uma SE é definir quais são as necessidades da empresa em termos de controle e/ou automação. Estabelecer quais os equipamentos ou funções que serão supervisionadas e quais os processos que serão implementados. Para efetuar este planejamento pode-se utilizar os conceitos do capítulo 3 – Automação de Subestações.

Quando a experiência da empresa quanto aos aspectos de automação não estiver bem sedimentada, é prudente iniciar o processo de modo lento e gradual. Para isso, deve-se dividir o projeto em etapas, definindo o que deve ser automatizado em cada uma. Estabelecer um cronograma de atividades para cada uma das etapas e no final, efetuar uma avaliação antes de prosseguir.

Uma forma de segmentar as atividades de automação poderia ser uma divisão em níveis de automação:

- **Nível inicial** - neste nível executar funções menos importantes e pouco complexas. O primeiro passo é fundamental sob o ponto de vista empresarial. Nesta etapa, deve estar caracterizado se os resultados esperados estão sendo atingidos. É uma etapa onde se acumula experiência para as próximas fases.
- **Nível intermediário** - após a obtenção da primeira experiência, avaliar o projeto, iniciar a implementação de todas as subestações planejadas. Escolher primeiro as subestações conforme seus custos, sua importância ou característica que se deseja automatizar. Pode-se dividir as etapas a serem implementadas por ordem de

importância do empreendimento (por exemplo, optar por automatizar as linhas por ordem de grandeza: 13 Kv, 68 Kv, 230 Kv, 525 Kv e 750 Kv). Uma implementação gradual poderia, também, levar em conta os tipos de equipamentos.

- Nível final - um nível de automação maior e mais sofisticado. Nesta fase pode-se implementar automatismos nas atividades executadas pelos operadores. A grande maioria das atividades exercidas dentro de uma subestação pode ser automatizada.

4.1.3 A ESCOLHA DO SISTEMA SCADA

Escolher a modalidade de compra e/ou de licitação do software para o sistema de controle e supervisão. Nesta etapa, citam-se três aspectos para orientar a compra ou desenvolvimento do produto:

1. Decidir por um fornecedor de software para desenvolver uma solução específica para a necessidade da empresa - nesta opção a empresa contratada permanece durante toda a vida útil do sistema. Como o sistema possui uma certa dinâmica de melhoria e de aperfeiçoamento, sempre existirão manutenções e melhorias a serem executadas. Além dos custos iniciais com o desenvolvimento, há a necessidade de pagar as manutenções e correções solicitadas.
2. Adotar uma solução já existente no mercado, em uso por outras empresas - esta solução possui diversos fornecedores com produtos que atendem uma grande quantidade de opções. Escolher um sistema que atenda a maioria das necessidades da empresa pode ser uma boa solução. O custo inicial pode ser grande, mas a partir de um certo tempo de uso, os custos podem decair. Estes sistemas, por terem custos elevados, são financiados por bancos nos países de origem, em condições de pagamento durante muitos anos. O principal problema destes sistemas é que eles são construídos com técnicas proprietárias, sem o comprometimento de software padronizado e aberto. Estas características dificultam a integração do sistema adquirido com os outros subsistemas da empresa. No momento em que a empresa fornecedora distribuir uma nova versão, a compatibilização com os outros subsistemas pode estar comprometida.
3. Desenvolver o sistema SCADA com equipe própria - existe a vantagem de que o sistema desenvolvido está voltado para as necessidades da empresa. No entanto, as empresas que adotaram esta opção possuem uma equipe de programação e análise bastante elevada. Os custos com mão-de-obra ficam onerosos e o projeto como um todo pode ficar caro, se comparado com outras soluções. Como o mercado é dinâmico e passa a desenvolver novas ferramentas, há situações em que o custo é elevado e o sistema não possui a mesma qualidade de outros sistemas. Mas, também o inverso é verdadeiro.

Como recomendação, a utilização de uma empresa de pesquisa e desenvolvimento de software, custeada por várias empresas poderia ser uma boa solução a ser adotada. Cada empresa pagaria uma parte dos custos e o sistema desenvolvido teria características para atender a todos os seus usuários.

Para a escolha da modalidade, avaliar os custos, o tempo necessário, a disponibilidade de mão-de-obra, políticas futuras, dinâmicas de mercado e capacidade de investimento, entre outras.

Conforme a escolha adotada pode-se ter a necessidade de comprar um hardware específico, para suportar determinado programa de computador. Este componente pode aumentar os custos de hardware, pode-se, ainda, ter a necessidade de adquirir uma arquitetura diferenciada, talvez proprietária. Dependendo da escolha, os requisitos de hardware podem ser maiores (por exemplo: um processador mais veloz, uma quantidade de memória mais elevada). Com estes aspectos, os custos dimensionados podem não ser àqueles planejados.

Para especificar as necessidades do software SCADA, utilizar os seguintes requisitos técnicos, detalhados neste trabalho:

- Requisitos gerais;
- Software do sistema;
- Funções SCADA;
- Software aplicativo;
- Interface com o usuário;
- Documentação técnica;
- Plano de Treinamento;
- Garantia de qualidade, testes, serviços de manutenção e suporte;
- Gerenciamento do projeto.

Para gerenciar toda e qualquer etapa, utilizar as especificações contidas em “gerenciamento do projeto” desta especificação.

As empresas que trabalham com geração, transmissão e distribuição de energia, podem ter requisitos diferenciados de acordo com a sua necessidade. A especificação técnica desta metodologia atende a um conjunto variado de soluções. Para cada caso deve-se compor os itens desejados.

4.1.4 A DEFINIÇÃO DO SOFTWARE

Para executar o software SCADA é necessário adquirir um conjunto de programas para atender ao ambiente em que ele rodará. Devem ser especificados o sistema operacional, banco de dados, software de rede e os demais programas que compõem a infra-estrutura necessária. Para especificar estes componentes técnicos, utilizar os seguintes itens desta metodologia:

- Requisitos gerais;
- Software aplicativo;
- Documentação técnica;
- Plano de Treinamento;
- Garantia de qualidade, testes, serviços de manutenção e suporte;
- Gerenciamento do projeto.

4.1.5 A SELEÇÃO DO HARDWARE

Em função das necessidades de automação e do software adquirido, especifica-se, agora, a arquitetura de hardware. Para efetuar um processo de compra e/ou licitação com as características técnicas desejadas, utilizar os seguintes itens desta metodologia:

- Requisitos gerais;
- Requisitos de hardware;
- Documentação técnica;
- Garantia de qualidade, testes, serviços de manutenção e suporte;
- Gerenciamento do projeto.

A empresa que estiver fazendo este planejamento deve adquirir um sistema (software e hardware) com uma vida útil de até 15 anos, portanto, a escolha do sistema é importante. Um erro nesta etapa pode ter um custo significativo. Se a compra do software corresponder a uma cópia para cada empreendimento, então, pode-se fazer um escalonamento da compra, caso contrário o custo de software inicial pode ser bastante oneroso. Quanto à arquitetura de hardware, esta pode ser adquirida a medida em que os projetos estiverem sendo implementados.

Em alguns casos (relacionados ao custo e aos fatores de risco) é importante efetuar uma compra de toda a arquitetura de hardware e software com um único fornecedor. Muitos itens como performance, segurança e qualidade de serviços podem ficar prejudicados. Quando ocorrem problemas, os fornecedores de hardware culpam os fornecedores de software e vice-versa. Efetuando uma compra com um único fornecedor, pode-se reduzir alguns fatores de risco, mas o inverso também pode ser verdadeiro.

4.1.6 A ESPECIFICAÇÃO DA UNIDADE TERMINAL REMOTA

Este item descreve o processo de compra e/ou licitação da UTR que servirá de interface entre os equipamentos da subestação e o sistema SCADA. Nem sempre é necessário adquirir este componente. Uma subestação construída com tecnologia digital pode ter este componente substituído por relés universais. Estes componentes substituem a UTR com vantagens, pois possuem uma série de funções acopladas em um único módulo, diminuindo os custos, a manutenção e a área envolvida com painéis e fiação. No entanto, se a subestação não possuir tecnologia digital, a UTR passa a ser de vital importância na implementação da digitalização.

Existem muitos fornecedores de UTRs no mercado, com uma variada gama de funções, tamanhos, protocolos utilizados e tipos de comunicação com que operam. Variam também as aplicações nelas inseridas e a sua maneira de configurá-las. Mesmo em um mercado de microcomputadores com hardware e software com grandes variedades, por vezes, necessita-se de uma máquina específica ou de um programa com características especiais. Da mesma forma, a UTR que está no mercado pode ser adquirida. Em outros casos, ela deve ser especificada e construída conforme as características desejadas.

O item “requisitos para especificação da UTR” adiante, neste trabalho, pode ser utilizado para especificar as principais características. Embora os outros itens deste trabalho não mencionam características para as UTRs, a especificação deve estar integrada com a arquitetura de hardware, software e telecomunicações a serem utilizados. Protocolos, formas de comunicação e tipos de cálculos inseridos na UTR devem ser contemplados no software selecionado.

4.1.7 IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PILOTO

Quando todos os componentes do sistema forem adquiridos, pode-se iniciar a primeira implementação. Esta etapa visa capacitar toda a equipe com conhecimento e experiência para as próximas fases. Os aspectos de treinamento com a arquitetura de software e hardware devem ser previstos. As opções de configurações devem ser testadas para conhecer as melhores formas de implementação. Para cada tarefa executada, é importante registrar todos os fatos, problemas, custos e dificuldades encontradas.

Terminado o projeto piloto, deve-se fazer uma avaliação das estratégias, dos custos, formas de implementação, treinamento, experiência e tempo gasto com as atividades.

4.1.8 O PLANEJAMENTO DE IMPLANTAÇÃO

À medida que o projeto piloto avança, pode-se fazer um planejamento das próximas implementações. Há necessidade de especificar quais as subestações que serão atendidas nesta fase e que equipamentos serão supervisionados e comandados.

4.1.8.1 Projeto de Engenharia

O projeto de engenharia é uma atividade demorada, os engenheiros e técnicos necessitam consultar os mapas, vistas e a configuração da subestação para buscar os pontos a serem controlados. Definem-se lógicas e cálculos de instalação, constantes de conversão, cálculos e lógicas realizadas e lógicas de intertravamento, entre outros.

A empresa deve pensar na modalidade de implementação desta etapa. Uma opção poderia ser com seus próprios recursos de mão-de-obra, a segunda seria a terceirização de todo o empreendimento e/ou parte dele. Outra forma de realizar esta atividade poderia ser através de “Turnkey”.

Independentemente de quem executará esta fase, é necessário fazer um levantamento de cada subestação para conhecer em detalhe o que existe e que deve ser alterado e/ou implementado. Para entender melhor esta etapa, seguir o guia “memória descritiva”, detalhada adiante.

Para atender esta etapa, há necessidade de comprar materiais que serão instalados no pátio da subestação, principalmente cabos, fios e relés, bem como, estabelecer os tipos de comunicação utilizados, modem e hubs, entre outros.

4.1.8.2 Execução do Projeto de Engenharia

Nesta etapa, executa-se fisicamente as alterações previstas para a subestação. Esta atividade é executada a partir dos resultados da memória descritiva. Esta fase corresponde a atividades específicas de engenharia.

4.1.9 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA SCADA

Com os resultados da memória descritiva, já é possível construir a base de dados do sistema SCADA que corresponde a todos os pontos de controle e supervisão da subestação.

Além da base de dados, deve-se configurar os pontos no sistema SCADA, indicando tipos de alarmes que serão utilizados quando o ponto estiver atuado, determinar se um ponto é do tipo Sequências de Eventos (SOE) e estabelecer os tipos de cálculos necessários para externar os valores analógicos, entre outros.

Desenhar as telas contento os unifilares da subestação, onde aparecerão todos os pontos supervisionados e controlados e demais funcionalidades do sistema. Nesta etapa, serão indicados os tipos de diálogos, mensagens e alarmes que compõe a interface homem-máquina.

Deve-se definir os tipos de comunicação, modem, placas e estabelecer para cada ponto, onde ele se localizará dentro da arquitetura do protocolo em uso.

Para auxiliar a configuração, é importante utilizar formulários e/ou planilhas eletrônicas contendo os nomes dos pontos associados a régua de bornes e o endereço dentro do protocolo. As tabelas 2, 3 e 4, possuem exemplos de listas de pontos.

É importante manter um padrão de uma instalação para a outra, tanto na forma de apresentação da interface com o operador quanto os comandos, cores e mensagens. Para citar um exemplo, uma seccionadora quando opera tem sempre a mesma mensagem de abertura ou fechamento em todos os empreendimentos. Para tornar isso possível, deve-se criar um dicionário de nomes associados às mensagens, exibido na tabela 5.

A tabela 2 apresenta um exemplo de lista de pontos contendo as entradas digitais a ser utilizada como modelo. A tabela 3 exhibe uma lista com as saídas digitais configuradas. A tabela 4 apresenta as entradas analógicas e a tabela 5 um exemplo de dicionário contendo os mnemônicos associados a cada ponto.

Tabela 2 Lista de pontos das entradas digitais

SUBESTAÇÃO EXEMPLO				Bastidor A Rack 0 – Slot 2 Régua de Bornes CA										
Entradas Digitais														
A003	Disposit	Mneum	Descrição	Ocorrência	Função	G.soe	Gr-sc	Bloco	Seção	Bit	Tipo	nº DNP	Bornes	
01	DJ732	C43T	Chave de transf - Transfer - Ligado	PDS23_SNOR_LGDL_1	8							174	65 - 66	
02	DJ742	C43N	Chave de transf - Normal - Ligado	PDS23_SNOR_LGDL_1	8							175	67 - 68	
03	DJ742	C43I	Chave de transf - Intermed - Ligado	PDS23_SNOR_LGDL_1	8							176	69 - 70	
04	DJ742	C43T	Chave de transf - Transfer - Ligado	PDS23_SNOR_LGDL_1	8							177	71 - 72	
05	DJ722	SIDJ	Sincronismo - Ligado	PDS27_SA1N_LGDL_1	8							178	73 - 74	
06	DJ732	SIDJ	Sincronismo - Ligado	PDS27_SA1N_LGDL_1	8							179	75 - 76	

Fonte: [ELETROSUL 00]

Tabela 3 Lista de pontos das saídas digitais

SUBESTAÇÃO EXEMPLO				Bastidor A Rack 2 – Slot 1 Régua de Bornes EA										
Saídas Digitais														
A201	Dispositivo	Mneum.	Descrição	Função	Grupo	Disp.	DNP	Bornes			Relé			
01								1 / 2 - 3 / 4			1			
02	DJ732	C43N	Chave de transferência - Normal				1	5 / 6 - 7 / 8			2			
03	DJ732	C43I	Chave de transferência - Interm.				2	9 / 10 - 11 / 12			3			
04	DJ732	C43T	Chave de transferência - Transf.				3	13 / 14 - 15 / 16			4			
05	DJ742	C43N	Chave de transferência - Normal				4	17 / 18 - 19 / 20			5			
06	DJ742	C43I	Chave de transferência - Interm				5	21 / 22 - 23 / 24			6			
07	DJ742	C43T	Chave de transferência - Transf.				6	25 / 26 - 27 / 28			7			
08	DJ762	C43N	Chave de transferência - Normal				7	29 / 30 - 31 / 32			8			

Fonte: [ELETROSUL 00]

Tabela 4 Lista de pontos das entradas analógicas

SUBESTAÇÃO EXEMPLO				Bastidor A Rack 1 – Slot 7,8,9 Régua de Bornes DB					
Entradas Analógicas									
A107	Dispositivo	Unidade Engenharia	Descrição	Função	Grupo	Bloco	Seção	DNP	Bornes
01	LTSM	MW	Potencia ativa	10	3	1	B	000	1 - 2
02	LTSM	MVAR	Potencia reativa	10	3	2	A	001	3 - 4
03	LTSM	TAB	Tensão fase AB	8				025	5 - 6
04	TF01_230	MW	Potencia ativa	10	3	2	B	002	7 - 8
05	TF01_230	MVAR	Potencia reativa	10	3	3	A	003	9 - 10
06	TF01	TAP	Tap	10	3	4	B	006	11- 12
07	TF01_138	TAB	Tensão fase AB	10	3	5	A	007	13- 14
08	TF01	TMP_ÓLEO	Temperatura óleo	8				026	15- 16

Fonte: [ELETROSUL 00]

Tabela 5 Dicionário de mnemônicos

DICIONÁRIO DE MNEMÔNICOS						
MNEU	FUNÇÃO	EQUIPAM	DESCRIÇÃO do Mnemônico	AÇÃO	DESCRIÇÃO	OCR
ABAP		Geral	Rede de alta/baixa, alta pressão.	- Falha	Rede de alta/baixa, alta pressão - Falha	PDS12_ANCR_FLNR_1
ABPP	Evento	Disjuntor	Proteção própria		Proteção própria	PDS01_ACR1_OPNR_1
ACCD	Alim. aux.	Vão	Alim CC comando	- Falha	Alim CC comando - Falha	PDS12_ANCR_FLNR_1
ACCO	Comutador	Trafo	Acionamento do comutador		Acionamento do comutador	PDS01_ACR1_OPNR_1
ACDC		Z1(Gerador)	Alim CC disj. campo	- Falha	Alim CC disj. campo - Falha	PDS12_ANCR_FLNR_1
ACO2	Antiincendio	Geral	Aplicação de CO2		Aplicação de CO2	PDS01_ACR1_OPNR_1

Fonte: [ELETROSUL 00]

4.1.10 CONFIGURAÇÃO DA UTR

A UTR é como se fosse um microcomputador; ela também precisa de software para processar as informações nela contidas. Normalmente, a UTR recebe os estados dos equipamentos (aberto/fechado, ligado/desligado) através das entradas digitais e comanda a abertura e/ou fechamento através das saídas digitais. As entradas analógicas correspondem a medidas coletadas nos equipamentos (MVA, MW, MVAr e etc), estas são calculadas e exibidas na interface com o operador. As saídas analógicas não são utilizadas nas UTRs de subestações, pois elas indicariam uma alteração nas medidas de saída, sendo que a sua utilização ocorre, por exemplo, no controle da quantidade de energia a ser gerada (em uma usina) ou a quantidade de gás que deve passar por uma tubulação.

A UTR também possui uma base de dados (os mesmos pontos que foram configurados no sistema SCADA) que indica os pontos a serem monitorados. Todas as alterações de estado de um equipamento devem ser sinalizadas e as medidas são coletadas em intervalos de tempo definidos na configuração.

4.1.11 COMISSIONAMENTO

Quando toda a fiação que sai do equipamento, vai até ao relé e depois segue até a UTR estiver concluída, é hora de fazer o comissionamento ou testar toda a configuração. Nesta etapa são checados todos os pontos implementados. Durante o projeto que efetua inúmeras alterações dentro da subestação, podem ocorrer trocas de cabos, erros na configuração da UTR, erros na configuração da base de dados do sistema SCADA bem como na sua configuração. Os testes ponto-a-ponto visam assegurar a integridade da subestação. É uma fase demorada, dependendo do número de pontos de controle implementados. Muitos destes testes necessitam de desligamento de linhas e/ou equipamentos. Para tanto, é necessário programar os desligamentos, tendo alguma forma de evitar a indisponibilidade de energia elétrica. Em horários de grande consumo de energia normalmente não há desligamentos, eles devem ser previstos para as madrugadas e fins de semana.

4.1.12 OPERAÇÃO LOCAL DA SUBESTAÇÃO

Os testes de ponto-a-ponto são executados, tanto nos painéis convencionais como na nova interface com o operador disponibilizada através de monitores de 21" (vinte e uma polegadas). Cada microcomputador possui dois ou mais monitores para efetuar o controle da subestação.

Nestes testes, são executados todos os comandos colocados na interface (que foram alterados na subestação). À medida que os testes avançam, inicia-se a operação da subestação de modo digital.

Este tipo de operação permanece nesta modalidade por um período de tempo necessário para checar se a arquitetura está confiável e funcionando conforme o planejado.

4.1.13 DOCUMENTAÇÃO

Todos os documentos (mapas, vistas, diagramas) que foram alterados, devem ser atualizados de acordo com a nova configuração da SE. Para atualizar milhares de documentos, talvez seja viável a contratação de uma empresa especializada.

4.1.14 TREINAMENTO

Os operadores e as equipes de manutenção devem ser treinados para operar e manter os novos equipamentos. Quanto aos operadores, é importante prepará-los com a nova forma de trabalho.

A implantação do telecontrole altera a estrutura de operadores. A subestação deixa de ser operada localmente fazendo com que operadores tenham a necessidade de serem transferidos para outras localidades ou que mudem de atividade.

4.1.15 TRANSFERÊNCIA DA PLATAFORMA

Após a arquitetura e configuração estarem funcionando adequadamente, deve-se efetuar a transferência da plataforma para um centro de operação regional. Este centro pode estar localizado em qualquer lugar, desde que haja um sistema de comunicação interligado com a subestação.

As regras para determinar onde deve situar-se o controle regional varia conforme a dimensão da empresa e de suas características operacionais. Existem empresas que atuam em uma área tão vasta que poderia corresponder a vários países. O conceito de centro de controle regional pode levar em conta características como:

- Estar próximo de uma equipe de manutenção, pois em caso de falha, os técnicos de manutenção não demorariam em chegar.
- Estar situado em lugar com infra-estrutura de comunicação.

O centro de controle pode ser exercido por outra subestação, localizada nas proximidades ou, todas as subestações poderiam ser controladas a partir de um centro de controle único.

Se o centro regional estiver controlando outra(s) subestação(ões) haverá a necessidade de integrar as bases de dados e a configuração.

É importante frisar que, mesmo um sistema de telecontrole, utilizando microcomputadores, sistemas de comunicação e UTRs redundantes, está sujeito à falhas. Nestes casos, ainda necessita-se de pessoas dentro da subestação para operá-la. Considerando a importância da energia elétrica estar sempre disponível, é conveniente dispor de alternativas que possam minimizar as falhas.

4.2 ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

4.2.1 INTRODUÇÃO

Nos próximos itens, encontram-se especificações técnicas a serem utilizadas para a especificação de um sistema de supervisão e controle. As características aqui compiladas nem sempre serão usadas por qualquer especificação. Cada uma delas deve ser analisada para saber se ela deve ser aplicada ao projeto a ser implementado.

Estes requisitos foram elaborados com base nas especificações: [ANDERSSON 88], [CEPEL 99], [CESP 97], [COPEL 93], [ELETROSUL 00], [GERASUL 99], [KEMA-ECC 00], [LINDSTRÖM 88] e [ONS 2000].

4.2.2 REQUISITOS GERAIS

Nesta fase da especificação, são estabelecidos requisitos gerais e em especial definições quantitativas sobre o Subsistema de Comunicação entre Centros (SCC).

4.2.2.1 Requisitos da Arquitetura Global

Concepção Geral - os seguintes critérios são considerados essenciais na definição da concepção:

1. O sistema deve ser distribuído e construído sobre uma rede LAN redundante e de alta velocidade, facilmente expansível devido à construção modular das estruturas de hardware e software.
2. Todos os equipamentos e software básicos deverão ter capacidade de suporte para a manutenção (estoque de peças de reposição, laboratório, pessoal técnico, ferramentas e equipamentos, entre outros).
3. O sistema deve prover um ambiente com multiprotocolos e oferecer flexibilidade para instalação de novos protocolos, sem interferir na operação dos existentes.
4. Deve-se prever um sistema de comunicação de dados com o centro de operação, ou com outros centros regionais de sua área de operação. O sistema deverá dispor de protocolos de comunicação citados acima.
5. O subsistema de comunicação, incluindo a comunicação com o centro de operação, com outros centros regionais e com os centros de sua área de operação, deverá apresentar uma alta disponibilidade. Como alternativa de *backup*, o subsistema de comunicação deverá ter capacidade de operar autonomamente, garantindo, portanto, a retransmissão (“relaying”) dos dados necessários à operação do centro de operação e dos demais centros.
6. Deve possuir funções de gerenciamento de energia, completas e funcionais, com todas as facilidades de interação com usuários, já dimensionadas para uma área de abrangência. Devem, ainda, ser consideradas as conexões internacionais com os países com os quais tem-se intercâmbio.

7. A interface das funções de software deve preferencialmente utilizar o modelo definido no Application Interface Module (API), definido na norma em estudo IEC 61970.
8. Capacidade de armazenamento de dados em tempo real confiável, redundante para tolerar falhas simples, e, preferencialmente, utilizando, em tempo real, gerenciador de base de dados relacional e linguagem de acesso com suporte para o Structured Query Language (SQL).
9. Deve possuir capacidade de armazenamento, visualização e tratamento do histórico de dados e de ocorrências no Sistema de Supervisão e Controle (SSC) e a capacidade de transferência destas informações de uma forma integrada, em termos de estrutura e nomes, para uso pela pós-operação na rede corporativa dos demais centros regionais.
10. O sistema deverá possuir um servidor para suportar o desenvolvimento de aplicativos e geração/manutenção de base de dados. Este servidor poderá servir de reserva dos servidores de aplicações em tempo real.
11. Deverá ter capacidade de integração com o planejamento, programação, pré-operação e pós-operação, utilizando mecanismos de transferência automática de valores entre o ambiente de tempo real e da rede corporativa, através da leitura e escrita de diferentes estruturas de dados.
12. Deve possuir capacidade de integração com o processo de normatização do centro de operação, possibilitando a consulta e atualização das normas correntes. O operador poderá ter acesso permanente a estas normas, bem como a descrição de todos os processos inerentes a sua atividade.
13. No sentido de separar o fluxo de dados entre o sistema de tempo real e o corporativo, deve ter uma única ligação entre as duas redes deverá ser dos servidores de dados históricos. Estes servidores deverão utilizar redundâncias (tanto servidor como disco) capazes de garantir o seu funcionamento mesmo em caso de falhas simples, em quaisquer de seus componentes.
14. Deve possuir proteção contra intrusão (“Firewall”) através dos enlaces com o centro de operação e de outros centros, com os centros de operação das empresas conveniadas e com a rede corporativa. O sistema deverá detectar e bloquear esta intrusão e sinalizar a ocorrência.
15. O Subsistema IHM deverá incluir os consoles de operação, dotados de capacidade gráfica (“full graphics”) e janelas múltiplas. O operador deverá ter recursos para “trending” (tendência) de variáveis, “panning” (movimento panorâmico), “zooming” (zoom negativo ou positivo de uma parte da tela) e “decluttering” (capacidade de fazer as informações aparecerem e desaparecerem em níveis diferentes de ampliação).
16. O Subsistema de IHM deverá incluir recursos de impressão de relatórios e cópia de telas (“hardcopy”).
17. O SSC deverá ter um ambiente de testes que possibilite a execução de novas versões do sistema, sem prejuízo para a operação em tempo real.

Configuração Funcional - o nível funcional do SSC deverá possuir os seguintes blocos principais, interligados através de uma rede local redundante:

- Servidores principais de aplicação (SCADA, análise de redes, CAG (Controle Automático de Geração), CAT (Controle Automático de Transmissão)).
- Servidor do sistema de desenvolvimento (que também servirá como reserva fria dos servidores principais de aplicação).
- Servidores de comunicação com as UTR.
- Consoles e outros equipamentos de IHM.
- Servidores para o enlace de dados com o centro de operação e outros centros regionais.
- Servidores de comunicação com outros centros (incluindo *firewall*).
- Sistema de Referência de Tempo (GPS).
- Servidores de histórico e interface para rede corporativa (incluindo *firewall*).
- Servidor do simulador para treinamento de operadores.
- Servidor de I/O local.

A configuração da comunicação com centros de controle deve estar capacitada a se conectar com outros centros de controles de diferentes níveis hierárquicos (centro de operação e os centros regionais). Adicionalmente, poderão existir interligações com centros de operação internacionais.

O documento sobre a especificação dos protocolos de comunicação do sistema poderá ser elaborado como parte da documentação do “*workstatement*” o qual conterá o detalhamento de todos os protocolos de comunicação.

4.2.2.2 Características

Características gerais

O SSC deverá atender às seguintes características:

- Eficiência e eficácia, apresentando facilidades de operação, gerenciamento e manutenção, possibilitando atender aos requisitos de crescimento do sistema elétrico e permitindo incorporar novas tecnologias e funcionalidades. Deve possuir ampla conectividade entre suas partes, bem como com outros sistemas já existentes ou futuros, ainda que de diferentes fornecedores, além de permitir a disseminação eficiente de informações.
- Todos os parâmetros do SSC deverão ser definidos no banco de dados e serem ajustáveis pelo usuário. Para efeito de cálculo de desempenho deverão ser considerados valores iniciais, todas as taxas e intervalos de tempo periódicos contidos na especificação que definem estes parâmetros. Os usuários poderão modificar os parâmetros normalmente acessíveis, definidos como ajustáveis pelo usuário, através de displays. Os parâmetros ajustáveis pelos técnicos poderão ser modificados através de *displays* apenas acessíveis aos usuários. Os parâmetros

ajustáveis poderão ser modificados por qualquer tipo de usuário, dependendo dos padrões do fornecedor. Os ajustes feitos nos parâmetros pelo usuário ou programador deverão tornar-se efetivos sem ter que reconstruir e recompilar programas ou regerar todo ou parte do banco de dados.

- Todos os resultados importantes para o usuário deverão ser armazenados de uma forma acessível para visualização e impressão, bem como para aplicações desenvolvidas internamente.
- Deve possuir uma vida útil compatível com os custos de implantação e manutenção, preservando o investimento ao permitir a migração de aplicativos existentes para plataformas computacionais decorrentes de novas tecnologias, sem maiores adaptações de software.

Para atender as características acima, o produto deve ter ampla aceitação no mercado e ter comprovado desempenho no campo.

Requisitos de Concepção do Sistema – o SSC deverá contemplar soluções já disponíveis no mercado, atender aos conceitos inerentes à concepção de um sistema aberto e voltado à supervisão e controle de um sistema elétrico em tempo real. Para isto, deverá possuir conceitos, já consagrados, de portabilidade, interoperabilidade, interconectividade, modularidade e expansibilidade:

- Fazer uso de padrões internacionais e industriais que são apropriados e relevantes para aplicações de controle em tempo real de sistemas de potência.
- Possuir uma estrutura de redes com as vantagens dos últimos avanços tecnológicos existentes em termos de LAN, ligados à tecnologia de comunicação de dados.
- Utilizar protocolos de comunicação e dispositivos de interface padronizados que garantam a adição de novos nós na rede mesmo para máquinas de diferentes tipos e fabricantes.
- Possuir uma concepção distribuída que permita a utilização dos recursos de hardware, prevendo soluções padronizadas que minimizem os tipos e quantidades de módulos de reserva a serem fornecidos para manutenção.
- Fazer uso de padrões, tanto na área de comunicação como na gerência de dados, que permitam o acesso a dados e serviços implantados em plataformas distintas daquelas em que se está operando.
- Gerenciar base de dados fonte com técnicas apropriadas para modelagem em tempo real, com estruturas de dados relacionais interativas, e comunicação com a referida base de dados.
- Gerenciar e executar em nível de funções/processos de forma a permitir a alocação dinâmica destes nos diversos processadores existentes na rede.
- Fazer uso de um sistema operacional aderente a normas internacionais.
- Possuir interfaces de programas de aplicação para simplificar a incorporação e facilitar o desenvolvimento de novos aplicativos.

- Deve ter software de aplicação fornecido em módulos, de forma a permitir a implantação de novas funcionalidades, de acordo com as necessidades do usuário, garantindo a expansão, sem degradação da confiabilidade, disponibilidade e segurança do sistema, bem como a facilidade de manutenção do sistema como um todo.
- Utilizar interface gráfica do usuário utilizando a mais recente tecnologia de estações gráficas, bem como permitir acesso a qualquer aplicação por meio de recursos de janela.
- Fazer uso de linguagens de programação de alto nível padronizadas, com ambientes de desenvolvimento (compiladores, ligadores, depuradores, bibliotecas, etc.) disponíveis para as diversas plataformas computacionais (CPU e sistema operacional), evitando-se o uso de recursos proprietários e/ou somente disponíveis para uma plataforma específica.

4.2.2.3 Principais Funções do Sistema

As funções são divididas em Críticas e Não críticas:

Funções Críticas - são consideradas Funções Críticas.

- Aquisição e distribuição de dados, controle e suporte dos enlaces de dados, incluindo comunicação com:
 - UTRs com servidores de dados.
 - Centro de operação do sistema.
 - Centros de operação interligados aos centros regionais.
- Função de gerenciamento da base de dados em tempo real.
- Aquisição de dados e controle supervisão (funções SCADA).
- Processamento de dados e alarmes.
- Funções da interface do usuário, incluindo o suporte de consoles de operação e impressoras.
- Armazenamento e recuperação de dados históricos.
- Funções de Controle Automático de Geração (CAG).
- Funções de análise de rede em tempo real e em modo de estudo.
- Visualização de dados históricos através da rede de tempo real.
- Funções de Controle Automático de Tensão.
- Sistema de gerenciamento de rede.
- Sistema de gerenciamento de bancos de dados relacional.

Funções Não Críticas - são definidas como sendo Não Críticas:

- Simulador para treinamento de operadores.

- Modificação e geração dos bancos de dados.
- Modificação e geração de *displays*.
- Modificação e geração de relatórios.
- Suporte para desenvolvimento de software e para a integração de aplicações ao ambiente de tempo real.
- Configuração e geração do sistema de software.
- *Backup* do software e dados do sistema.
- Tratamento, backup e visualização de dados históricos através da rede corporativa.
- Integração do tempo real com a pré-operação e pós-operação.

4.2.2.4 Normas e Tecnologia

O conjunto de recursos de software e hardware, conectados/interconectados por uma estrutura de rede de dados, que integram o ambiente computacional do SSC, deverá atender às normas internacionais, caracterizando a arquitetura de um **sistema Aberto**. Ao se optar por um sistema, deve-se dar preferência para aquele sistema cuja concepção privilegie soluções padronizadas, em detrimento daqueles concebidos com soluções proprietárias.

O fornecedor deverá indicar, claramente, quais as normas/padrões das diferentes organizações internacionais, que as diferentes partes do sistema atendem. As normas/padrões que o sistema deve possuir, entre outros, são:

- IEEE POSIX 1003.
- X/Open XPG4.
- X Windows System, Version 11, Release 6.4.
- MOTIF/OSF para interface gráfica com o usuário.
- ISO/ANSI C, C⁺⁺ e ISO/ANSI FORTRAN.
- ISO/ANSI SQL (Structured Query Language).
- Ethernet 100 Mbps (IEEE 802.3u) e/ou 1 Gbps (IEEE 802.3x).
- OSF/MOTIF.
- FDDI /CDDI (Fiber/Copper Distributed Data Interface) ANSI X3T9.5.
- OSI/CCITT e TCP/IP protocolos para redes locais (LAN).
- Protocolos IEC 870-5 e DNP 3.0 para comunicação com UTR. [IEC870 00]
- Protocolos ICCP (IEC 870-6 TASE 2) com TCP/IP. [IEC870 00]
- ELCOM (IEC 870-6 TASE.1) com X25 [IEC870 00].
- ANSI/IEEE STD-730-1984 – padrão de qualidade e de garantia de software. [AGROSOFT 00]

4.2.2.5 Requisitos de Tolerância a Falhas

A arquitetura deverá possuir recursos e procedimentos que garantam o seu funcionamento na presença ou existência de falhas momentâneas, intermitentes, ou permanentes, simples ou múltiplas; evitando a perda do sistema como um todo. O sistema deverá possuir redundância de equipamentos, recursos de rede, dispositivos de chaveamento para casos de falhas, ou seja, tudo que for necessário para atender à confiabilidade e disponibilidade do sistema como um todo, descritos no item de requisitos gerais.

A configuração completa do sistema deverá satisfazer o requisito de que uma falha em qualquer um dos componentes, equipamentos ou uma desconexão não resulte na perda de qualquer **função crítica**.

Qualquer falha em um componente, equipamento ou módulo de software deverá ser imediatamente detectada, identificada e registrada no arquivo de histórico e de estatística.

O gerenciamento da base de dados em tempo real deverá permitir as características de distribuição e replicação da base de dados de tempo real.

A função de gerenciamento de configuração do sistema deverá, preferencialmente, permitir, em caso de falhas, o funcionamento do sistema segundo um critério hierárquico de prioridades, conforme descrito a seguir:

- **1ª Prioridade**

- Comunicação de dados com o centro de operação, centros regionais e demais centros de operação.
- Comunicação com as UTRs e servidores de dados.
- SCADA, CAG e CAT.
- Funções avançadas em tempo real, interface com o usuário e coleta de dados históricos.

- **2ª Prioridade**

- Funções avançadas em modo de estudo, interface com a programação da operação.
- Funções de pós-operação (histórico).

- **3ª Prioridade**

- Treinamento, manutenção, desenvolvimento e testes.

4.2.2.6 Dimensionamento do Sistema Computacional

O sistema deverá ser dimensionado para processar todas as funções especificadas nas respectivas dimensões finais, incluindo todos os requisitos de aquisição de dados associados com as UTRs, tanto as existentes e futuras, e enlaces de dados com servidores de dados e/ou

centros de operação. Os Testes de Aceitação em Fábrica (TAF) deverão ser executados com as funções especificadas já configuradas para as dimensões finais, através de simulação. O SSC deverá ser configurado para atendimento aos requisitos de capacidade inicial. A partir da tabela 6 são fornecidos exemplos de requisitos de capacidade do SSC (para efeito desta especificação, os dados que constam nestas tabelas são hipotéticos).

Descrever aqui os centros regionais existentes, conforme o exemplo da tabela 6.

Tabela 6 Dimensões das Funções do SSC - SCADA

Descrição	Centro X		Centro Y		Centro Z	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Canais de comunicação com UTR	10	30	50	60	20	30
Servidores de dados	0	0	1	5	0	0

Fonte: [KEMA 00]

Para descrever os enlaces de comunicação, utilizar o exemplo da tabela 7.

Tabela 7 Enlaces de comunicação

Descrição	Centro X		Centro Y		Centro Z	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Centros de operação	3	8	4	10	7	11
Centro de operação e centros regionais da empresa	1	3	1	3	1	2

Fonte: [KEMA 00]

Na interface com o usuário são descritos os equipamentos necessários para cada centro, deve-se indicar as quantidades conforme o exemplo da tabela 8.

Tabela 8 Interface com o usuário

Descrição	Centro X		Centro Y		Centro Z	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Consoles de operação com 3 vídeos	2	4	3	6	5	8
Consoles de operação com 2 vídeos	1	5	3	5	0	0
Consoles de operação com 1 vídeo	0	0	0	0	2	5
Impressora de alarmes/eventos (P&B)	0	0	3	5	3	5
Impressora de relatórios (laser colorida ou jato de cera) com interface de rede	2	4	6	6	3	7

Micros para console remota recuperação de dados históricos, edição/geração de bancos de dados, etc.	10	12	8	9	4	8
Relógio padrão	2	2	2	2	2	2

Fonte: [KEMA 00]

A dimensão necessária para o SCC deverá ser de acordo com o número de pontos de controle existentes para cada centro. A tabela 9 exibe um exemplo a ser utilizado para determinar as quantidades.

Tabela 9 Dimensões das Funções do SSC - SCADA

Descrição	Quantidade
Pontos analógicos telemedidos – via UTR	1000
Pontos analógicos não-telemedidos	400
Pontos de indicação de estado telemedidos – via UTR	2000
Pontos de indicação de estado não-telemedidos	1000
Pontos analógicos com varredura de 2 s (CAG)	250
Pontos de analógicos com varredura de 4 s	1000
Acumuladores com varredura de 15 minutos	900
Pontos de cálculo periódico	1000
Quantidade de eventos na lista de seqüência de eventos	2000
Pontos de telecomando para CAG	250
Pontos de telecomando para o CAT	500

Fonte: [KEMA 00]

Definir as quantidades de alarmes processados, conforme exemplo na tabela 10.

Tabela 10 Alarmes

Descrição	Quantidade
Buffer para mensagens de alarmes	1000
Buffer para mensagens de seqüência de eventos (soe/dia)	2000
Número de dias requeridos para buffer de alarmes e eventos	7

Fonte: [KEMA 00]

Descrever as quantidades de pontos com controle automático de geração, conforme exemplo na tabela 11.

Tabela 11 Controle automático de geração em tempo real

Descrição	Quantidade
Número de empresas com intercâmbio de energia	20
Número de dias de programação de intercâmbios	8

Número de dias de retenção de histórico horário de intercâmbio	38
Número total de unidades geradoras	150
Número total de usinas	24
Número de unidades geradoras conectadas no CAG	150
Número de usinas conectadas no CAG	24
Número de pontos de intercâmbio com outras áreas de controle	200

Fonte: [KEMA 00]

Descrever as quantidades de pontos com controle automático de tensão, conforme exemplo na tabela 12.

Tabela 12 Controle automático de tensão

Descrição	Quantidade
Número de Barras controladas	40
Número de Equipamentos de controle	120

Fonte: [KEMA 00]

Descrever o modelo de rede para os aplicativos, conforme exemplo da tabela 13.

Tabela 13 Modelo de rede para software aplicativo

Descrição	Quantidade
Número de Barras	1800
Número de Linhas	2700
Número de transformadores	800
Número de condensadores síncronos e compensadores	100
Número de unidades geradoras	350
Número de cargas individuais	1900
Número de barras com geração	350
Número de barras com carga em “não conformidade”	1000
Número de reatores/capacitores shunt comutáveis	700
Número de capacitores em série	30
Número de ilhas da rede	10
Número de pontos de interligação	200
Número de subestações	200
Número de estados de dispositivos de chaveamento	2000
Número de barras do sistema externo	3500
Número de listas de contingências armazenadas para processamento	15
Número de casos de contingências on-line para solução plena	20
Número de casos de contingências on-line para filtragem	100
Número de casos de contingências para filtragem em modo de estudo	150
Número máximo de contingências de equipamentos por caso	5
Número de variáveis de controle	1500

Número de restrições de igualdade	70
Número de restrições de desigualdade	3000
Número mínimo de segmentos da curva de custo	7

Fonte: [KEMA 00]

A tabela 14 exibe um exemplo de quantidades a serem definidas para as funções de aplicação do sistema de potência com os números de casos salvos, incluindo nestes casos, os dados de entrada e os resultados.

Tabela 14 Banco de dados de casos salvos

Descrição	Quantidade
Estimador de estado	20
Fluxo de potência	100
Fluxo de potência ótimo	20
Análise de contingências	20

Fonte: [KEMA 00]

Requisitos de Expansão do Sistema - para a implantação de funções futuras de UTR, servidores de dados e centros de operação adicionais, o sistema deverá ser projetado de forma a permitir a adição de hardware no subsistema computacional, bem como nas memórias principais e de massa. Deverá ser possível atender os requisitos de expansão somente com a adição de memória de CPU, periféricos, memória de massa e equipamentos de interface de comunicação. O fornecedor deverá demonstrar como o sistema pode atender os requisitos de expansão definidos acima.

A equipe da empresa deverá estar capacitada para executar todas as mudanças nos bancos de dados relacionadas com as adições de UTRs, de enlaces de dados adicionais, criação e integração das funções de IHM e criação de novos aplicativos, sem requerer a assistência técnica.

O sistema deverá atender os requisitos de capacidade e expansibilidade, conforme detalhado nos itens a seguir.

- **Facilidade de migração**

Se existir um sistema SSC em funcionamento, então se deve prever características de migração para a próxima versão. Todos os computadores que compõem a configuração do SSC deverão atender aos seguintes requisitos:

- Possuir condições de fácil migração para máquinas, do mesmo e de outros fabricantes, que ofereçam melhor performance, pela substituição ou adição de conjuntos de CPU, sem significativas modificações de arquitetura e software.
- Não deve ter nenhuma restrição, por parte do fabricante, para migrar a configuração de hardware para a ampliação máxima possível.

Deverá ser entregue a documentação necessária para demonstrar a capacidade de migração.

- **Armazenamento de Dados - Memória Principal e Memória de Massa**
Cada um dos computadores deverá realizar suas tarefas específicas dentro do SSC, usando no máximo 25% (vinte e cinco por cento) de sua capacidade de memória principal e 25% (vinte e cinco por cento) de sua capacidade de armazenamento em disco.

Deverá ser prevista a capacidade de expansão da memória principal e memória de massa de 100% da capacidade instalada por ocasião dos TAF.

Para facilitar a expansão dos recursos de memória de massa, deverão existir portas vagas que permitam o aumento da capacidade de armazenamento com a adição de novos discos.

- **Interfaces com UTR, comunicação com o centro de operação e servidores de dados e servidores de centros de operação.**

Durante o período de testes, o hardware dos servidores de comunicação deverá atender aos seguintes requisitos:

- Ter capacidade instalada para a execução das funções de comunicação com as UTRs bem como a dimensão final de pontos prevista a partir da tabela 6.
- Possuir implementação dos protocolos de comunicação conforme especificação.

- **Expansibilidade**

O sistema deverá prever recursos para possibilitar sua expansão, sem necessidade de substituição total, ou parcial, e sem degradação de confiabilidade, disponibilidade e performance, nos seguintes casos:

- ◆ Permitir o aumento do tráfego na rede de dados, com incremento do número de dados processados até 3 (três) vezes o previsto na configuração dos TAF.
- ◆ Permitir a adição de até 3 (três) vezes o número de nós à rede de dados (LAN) em relação ao existente na configuração dos TAF.
- ◆ Contemplar a adição de novos programas de aplicação.

Capacidade de “Upgrade” - os requisitos de expansão requeridos são baseados nas taxas de crescimento mais prováveis, adições conhecidas de aplicações e na intenção de procurar balancear o custo do sistema contra capacidades disponíveis. As seguintes características de atualização (“upgrading”) deverão ser atendidas:

- **CPUs:** o crescimento deverá ser previsto de forma que permita a atualização (“upgrading”) da capacidade computacional e de memória principal por meio de adições no campo e/ou substituição de CPU. Tais atualizações deverão ser possíveis mantendo a total compatibilidade de hardware e software.

- **Equipamentos Periféricos:** todos os equipamentos periféricos deverão ser produtos padronizados e permitirem sua substituição por modelos mais recentes e/ou poderosos.
- **Interface do Usuário:** deverá ser padronizada, beneficiando os centro de operação com produtos novos e melhorados, sem requerer alteração na arquitetura do sistema.
- **Software do sistema operacional:** a empresa deverá estar apta, porém com a assistência do fornecedor, sempre que necessário, para fazer a atualização do sistema operacional de novas versões e/ou revisões à medida que se tornem disponíveis. Estas versões não devem requerer modificações de hardware, programas de aplicação, programas de suporte ou dos próprios serviços executados (exceto aqueles fornecidos pelo do sistema computacional).

4.2.2.7 Desempenho do Sistema

Os requisitos de desempenho do sistema estabelecidos neste item e em outras partes deverão ser atendidos pelo SSC. Para fins dos requisitos de performance, o sistema deverá ser configurado com o dimensionamento inicial e testado com simulação das quantidades finais de dados, conforme definido a partir da tabela 6.

Gerenciamento da LAN - o sistema deverá monitorar e registrar a integridade da rede local (LAN), usando recursos fornecidos por um sistema de gerenciamento de redes, conforme especificação. Estes dados deverão ser acessíveis, por solicitação de pessoas autorizadas da área de manutenção do sistema.

Definição dos Níveis de Atividade do Sistema - a performance do sistema será definida com base nos seguintes níveis de atividade:

- Quando estiver no estado normal.
- Quando estiver no estado de pico.

Estado Normal - o sistema é considerado em estado normal quando durante um período de pelo menos 10 (dez) minutos ocorrer:

- O sistema está coletando e processando as medidas de estado, analógicas, dados de acumuladores e SOE de todas as UTR, dos servidores de dados, e executando todas as funções críticas e nas frequências especificadas na tabela 16. Todos os estados e dados analógicos calculados são processados em cada varredura.
- O sistema está enviando medidas de estado, analógicas, dados de acumuladores e SOE para os centros de operação nas frequências especificadas na tabela 16.
- Todos os vídeos em cores das consoles de operação sendo atualizados a cada 2 (dois) segundos. Cada vídeo estará apresentando, pelo menos, três janelas.
- Um novo *display* aleatório é solicitado a cada 30 (trinta) segundos de cada console de operação do SSC.
- Pelo menos 30 (trinta) alarmes (analógicos ou de estado) são processados a cada 60 (sessenta) segundos. Os alarmes deverão ser reconhecidos em 15 (quinze) segundos.

- Um controle supervisorio (tap) é executado a cada 60 (sessenta) segundos por console de operação dos operadores. Um controle de CAG é executado a cada 4 (quatro) segundos.
- Cinco seqüências de análise de rede em tempo real foram iniciadas.
- Pelo menos 20% (vinte por cento) de todos os pontos analógicos (incluindo os pontos coletados dos servidores de dados) estão apresentando alteração significativa em cada varredura (tabela 16), requerendo o processamento pelo sistema.
- A Seqüência de análise de redes em modo de estudo foi iniciada 1 (uma) vez.
- O programa de fluxo de potência ótimo foi iniciado 1 (uma) vez.
- Pelo menos 24 usuários acessando, simultaneamente, os servidores de histórico. Todos os dados sendo armazenados no histórico em período igual ao da varredura de aquisição dos mesmos.
- Pelo menos 8 (oito) consoles de operação remota, com uma janela, sendo atualizadas a cada 4 (quatro) segundos (item 3.9.2).

Estado de Pico - o sistema é considerado em estado de pico quando, mantendo as condições do estado normal se acrescentam outras características: A duração do estado de pico pode durar até 10 (dez) minutos:

- 40% (quarenta por cento) de todos os pontos analógicos estão apresentando alterações significativas em cada varredura (tabela 16), requerendo processamento pelo sistema.
- Um novo *display* é solicitado a cada 15 (quinze) segundos a partir de cada console de operação do SSC.
- Um controle supervisorio é executado a cada 15 (quinze) segundos por console de operação proveniente dos operadores do SSC.

Utilização do Sistema no Estado Normal - quando o sistema estiver no estado normal, e trabalhando com o dimensionamento correspondente à configuração final do sistema, a utilização média dos recursos do sistema, em qualquer período de 10 (dez) minutos, não deverá exceder:

- A utilização de CPU de cada servidor e/ou estação de trabalho *on-line* deverá ser igual ou inferior a 30% (trinta por cento).
- A utilização de redes local (LAN) não deverá ser superiores a 15% (quinze por cento) de sua banda útil de transmissão.
- Os canais de acesso a disco deverão apresentar no máximo 30% (trinta por cento) de ocupação média em qualquer intervalo de 10 (dez) segundos.

Utilização do Sistema no Estado de Pico - quando o sistema estiver no estado de pico e, trabalhando com o dimensionamento correspondente a configuração final do sistema, a utilização média dos recursos do sistema, em qualquer período de 10 (dez) minutos não deverá exceder a:

- A utilização da CPU de cada servidor e/ou estação de trabalho *on-line* deverá ser igual ou inferior a 50% (cinquenta por cento).
- As utilizações das redes locais (LAN), não deverão ser superiores a 20% (vinte por cento) de sua banda útil de transmissão.
- Os canais de acesso a disco deverão apresentar no máximo 50% (cinquenta por cento) de ocupação média em qualquer intervalo de 10 segundos.

Tempos de Resposta de Display - o tempo de resposta de *display*, nas consoles de operação, é definido como o tempo decorrido entre o instante em que é feita a solicitação do *display* pelo operador (pressionando uma tecla ou através da seleção de um “poke point”) até o instante em que o referido *display* é mostrado de forma completa na tela do vídeo. Uma vez que solicitações de *displays* idênticos resultam em diferentes tempos de resposta, dependendo da disponibilidade dos recursos computacionais no instante de cada solicitação, os requisitos de tempos de respostas de *displays* são definidos em termos estatísticos. Deste modo, o tempo de resposta para um *display* em particular deverá ser igual ou superior a uma distribuição normal (Gaussiana) com uma média estatística e um desvio padrão, visualizado na tabela 16.

Com o sistema no estado normal ou no estado de pico, os tempos de resposta para diferentes tipos de *displays* deverão atender à distribuição normal com médias e desvios padrões constantes da tabela 15.

Tabela 15 Tempo de Resposta da interface do usuário

Tipos de <i>Displays</i>	Média (s)	Desvio Padrão (s)
<i>Displays</i> de unifilares	2,0	0,75
<i>Displays</i> Tabulares	2,0	0,75
<i>Displays</i> Esquemáticos do sistema de transmissão	3,0	1,00
<i>Displays</i> de Sumários de Alarmes	3,0	1,00
<i>Displays</i> de aplicações/estudos	3,0	1,00
<i>Displays</i> de tendência de histórico	10,0	3,00
Todos outros <i>displays</i>	4,0	1,50

Fonte: [KEMA 00]

Nota: Como referência deve-se adotar o *display* que apresenta os valores históricos de uma grandeza ao longo das 24 horas de um dia armazenado no banco de dados.

Tempo de Resposta de Alarmes - com o sistema no estado normal, as ocorrências de um alarme deverão ser anunciadas de forma audível e visual, em todos os *displays* associados, dentro de 1 (um) segundo após o ponto correspondente ter sido recebido no sistema, ou dentro de pelo menos 4 (quatro) segundos após ocorrer a mudança de estado do ponto em questão no campo. Se o *display* sumário de alarmes ou o unifilar da subestação contendo o ponto de

alarme já estiver sendo mostrado no vídeo, então a entrada apropriada do *display* deverá ser atualizada dentro do tempo acima especificado.

Quando o sistema se encontra no estado de pico, a ocorrência de um alarme (analógico e/ou de estado) deverá ser anunciada de forma audível e visual dentro de, pelo menos, 2 (dois) segundos após o ponto correspondente ter sido coletado, ou dentro de, pelo menos, 6 (seis) segundos após ocorrer a mudança de estado do ponto em questão no campo. Se o *display* Sumário de Alarmes ou o unifilar da subestação contendo o ponto de alarme já estiver sendo mostrado no vídeo, então a entrada apropriada do *display* deverá ser atualizada dentro do tempo acima especificado.

Deverá ser dimensionada a capacidade para o processamento de alarmes, displays e registros associados, de tal forma que não ocorra degradação do sistema no estado de pico. Em nenhuma condição deverá haver perda de alarme ou de registro (“logging”).

Tempos de Relaying - com o sistema em estado normal ou em estado de pico, o atraso máximo admitido entre a recepção de uma medida ou sinal e sua retransmissão a outro centro, não deve ser maior do que 1 (um) segundo, medido, respectivamente, da saída de um modem à entrada de outro.

Tempo de Execução de Ações do Operador - com o sistema em estado normal, uma ação do operador deverá ser completada dentro de, pelo menos, 1 (um) segundo após tal ação ter sido solicitada. Com o sistema em estado de pico, o sistema deverá completar a ação do operador dentro de, pelo menos, 2 (dois) segundos. As ações do operador e a correspondente resposta do sistema incluem:

- Seleção de um ponto no *display* → confirmação no *display* da seleção do ponto.
- Reconhecimento de alarme → interrupção do “led” piscando ou de realce do ponto.
- Silenciar o alarme → parada do alarme sonoro.
- Validação de entrada de dado → dado verificado e entradas inaceitáveis identificadas.
- Execução de entrada de dado → novo dado introduzido e mostrado no *display*.
- Pedido de impressão → início da impressão.
- Pedido de controle → mensagem enviada para a UTR e confirmação da ação mostrada no *display*.
- Colocação de “tag” em ponto controlado → “tag” mostrado no *display*, mensagem correspondente iniciada.
- Inibição de alarme → interrupção da verificação de alarme do ponto, indicação de inibição mostrada nos *displays* apropriados.
- Execução de aplicações e/ou estudos → início do novo estudo, execução do processamento de entrada.

Frequências de Varreduras e de Execução de Programas - a tabela 16 apresenta exemplos de frequências de varreduras e de execução das principais funções do SSC. O tempo de varredura para um tipo particular de dado é definido como sendo o intervalo de tempo dentro do qual todos os dados monitorados do referido tipo de dado são coletados pelo sistema e colocados no banco de dados.

Tabela 16 Exemplos de frequências de varredura e de execução de programas

Função	Frequência de Aquisição/Execução
Aquisição de dados das Remotas e dos servidores de dados:	
Estados relacionados com CAG	
Analógicos relacionados com CAG	
Seqüência de eventos	2 (dois) segundos
Estados do sistema de transmissão	2 (dois) segundos
Analógicos do sistema de transmissão	por exceção
Leituras de acumuladores (MWh)	por exceção
Outros pontos (a serem definidos)	4 (quatro) segundos
Outros pontos (a serem definidos)	15 (quinze) minutos
Outros pontos (a serem definidos)	30 (trinta) segundos
	60 (sessenta) segundos
	5 (cinco) minutos
Comunicação (envio e recepção) de dados com os centros de operação e com os centros de operação regionais:	
Seqüência de eventos	
Estados do sistema de transmissão	
Integridade de estados	
Analógicos do sistema de transmissão	por exceção
Leituras de acumuladores (MWh)	por exceção
Outros pontos (a serem definidos)	5 (cinco) minutos
Outros pontos (a serem definidos)	5 (cinco) segundos
Outros pontos (a serem definidos)	15 (quinze) minutos
Dados Calculados	Na mesma frequência do dado componente com menor intervalo de varredura
Controle supervisorio	Por solicitação do operador
Processamento de dados e Alarmes	Após a finalização de cada varredura
Armazenamento de dados Históricos	Configurado para cada tipo de dados (1)
Funções de interface do usuário	Por ação do operador
Atualização dos vídeos	A cada 4 (quatro) segundos ou na mudança de estado ou de alarme
CAG	Erro de Controle de Área calculado a cada 2 (dois) segundos
Monitoração do CAG	A cada 10 (dez) minutos

CAT	A cada 4 (quatro) segundos
Seqüência de análise de rede em tempo real (2)	Periódica a cada 2 (dois) minutos, por evento ou por demanda do operador.

Fonte: [KEMA 00]

Tempo de Resposta dos Programas de Aplicação - os tempos máximos de respostas (tempo total decorrido) para os vários programas de aplicação do sistema de potência, considerando o estado normal e o estado de pico, são exemplificados na tabela 17.

Tabela 17 Exemplos de tempos de resposta dos programas de aplicação

Função	Tempo Total Decorrido Máximo	
	Estado Normal	Estado de Pico
Controle automático de geração	2,0 s	2,0 s
Controle automático de tensão	4,0 s	4,0 s
Seqüência de análise de rede em tempo real	1,0 min	2,0 min
Fluxo de potência ótimo	1,0 min	2,0 min
Seqüência de análise em modo de estudo	5,0 min	Suspensa

Fonte: [KEMA 00]

4.2.2.8 Disponibilidade do Sistema

O SSC deverá ter uma disponibilidade superior a 99,9% para todas as **funções críticas**, e superior a 98% para as outras funções. Para as funções de comunicação com os servidores de dados e/ou centros de operação, esta disponibilidade deve ser superior a 99,95%. Estes índices deverão ser mantidos tanto no período de teste de disponibilidade inicial quanto no período de garantia.

As falhas em sistemas ou equipamentos não abrangidos pelo fornecimento - tais como o sistema de telecomunicações, UTR, fonte ininterrupta de energia e sistemas de ar-condicionado, não serão consideradas no cálculo da disponibilidade do sistema.

Os índices de disponibilidade estabelecidos para o sistema deverão ser demonstrados com base em modelos teóricos de configuração e em valores de Tempo Médio de Falhas (MTBF) e Tempo Médio de Reparos (MTTR) de cada equipamento. Os valores assim calculados de disponibilidade do sistema deverão ser superiores aos garantidos. Deverá ser prevista uma função para calcular a disponibilidade do sistema segundo os requisitos especificados e, em particular de acordo com a fórmula apresentada no item GARANTIA de QUALIDADE, TESTES, SERVIÇOS de MANUTENÇÃO e SUPORTE.

Será aceito um número máximo anual de 60 chaveamentos de servidores automáticos (ou manuais forçados) ou reinicialização de funções com ou sem migração para outro servidor. Este índice deverá ser calculado proporcionalmente a qualquer período considerado. Caso este valor seja excedido, o fornecedor deverá tomar medidas corretivas de hardware e/ou de software.

Deverão ser fornecidos diagramas mostrando a composição de cada subsistema: computadores principais, redundâncias e reservas para substituições de unidades em falhas.

Cálculo da Disponibilidade do Sistema de Comunicação - os requisitos de disponibilidade podem ser baseados nas seguintes hipóteses:

- A comunicação entre servidores de dados, centros de operação e centros regionais funciona normalmente.
- Quanto ao hardware, cada dispositivo individualmente, inclusive os computadores, deverão apresentar disponibilidade mínima de 98%.

Cálculo da Disponibilidade do Sistema - os requisitos de disponibilidade podem ser baseados nas seguintes hipóteses:

- Todas as funções críticas devem funcionar de forma apropriada.
- Pelo menos uma LAN deve funcionar de forma apropriada.
- Os protocolos de comunicação com as UTRs e o enlace de dados com os servidores de dados e/ou centros de operação devem funcionar normalmente.
- Pelo menos duas consoles de operação dos operadores no centro regional funcionam normalmente, dentro de um nível de atividade normal.
- Pelo menos uma impressora deve funcionar normalmente.

Quanto ao hardware, cada dispositivo individualmente, inclusive os computadores, deverão apresentar disponibilidade mínima de 98%.

Tolerância a Surtos e Perturbações - para assegurar a disponibilidade, o hardware do SSC deverá ser testado de acordo com as seguintes normas:

- IEEE/ANSI C37.90 A - capacidade para suportar surtos, e
- IEC 255.4 - capacidade de suportar perturbações de alta frequência.

4.2.2.9 Failover e Restart do Sistema

O *failover* do sistema é a capacidade de automaticamente transferir as funções dos recursos principais de hardware para os recursos de backup, quando da ocorrência de uma falha detectada pela função de monitoração de falhas. O sistema de failover deverá ocorrer sem perda de dados de qualquer natureza, excetuando-se os de varredura, que serão atualizados automaticamente em períodos subseqüentes.

O *failover* ou *restart* não poderá gerar dados espúrios para qualquer função do sistema, ou distorcer cálculos de valores integralizados.

O *restart* deve envolver a capacidade de uma CPU do sistema de autodetectar um erro irreversível e de tentar uma partida a quente.

A tabela 18 especifica os requisitos de performance relativos aos tempos de Backup, *Failover* e *Restart*.

Tabela 18 Tempos de Backup, Failover e Restart

Função	Tempo
Atualização do banco de dados do sistema de backup	Conforme necessário
Entradas do operador transferidas para o sistema de backup	Quando da ocorrência
<i>Failover</i> do sistema principal para o backup	Completado dentro de 10 segundos
Partida a frio do sistema principal	Completada dentro de 5 minutos

Fonte: [KEMA 00]

4.2.2.10 Escopo do Sistema

O escopo de um sistema para efetuar o telecontrole compreende, pelo menos, os seguintes itens: hardware, software, funções de aplicação, treinamento, serviços, garantia, peças de reserva, equipamentos de testes e ferramentas especiais.

4.2.3 REQUISITOS de HARDWARE

4.2.3.1 Introdução

Definem-se, nesta parte, os **requisitos mínimos** que deverão ser atendidos pelo hardware da configuração do SSC.

A configuração de hardware, além de atender às normas internacionais relativas à concepção de um sistema com arquitetura aberta, deverá também aplicar conceitos de um sistema distribuído. Além disso, as facilidades e recursos de hardware deverão incorporar as últimas tendências do mercado.

A configuração descrita deve ser funcional, cabendo ao fornecedor a responsabilidade de definir aquela que melhor atenda aos requisitos funcionais, de performance, de confiabilidade, de expansibilidade e interoperabilidade definidas para o SSC.

4.2.3.2 Princípios Básicos do Projeto

As principais funcionalidades a serem suportadas pela configuração de hardware estão relacionadas no item de Requisitos Gerais que define as funções críticas e não críticas. Estas funções poderão ser executadas individualmente, através de máquinas dedicadas e separadas, ou através de máquinas reunindo várias destas funcionalidades desde que atenda os requisitos funcionais de performance e de segurança. Contudo, as seguintes funções deverão ser executadas em equipamentos separados:

- Aquisição de dados das UTRs e servidores de dados.
- Conexão com os centros de operação.
- Conexão com centros de operação de outras empresas.
- SCADA/Análise de redes/CAG/CAT.

- Sistema de desenvolvimento.
- Armazenamento de dados históricos.

Qualquer que seja a configuração do sistema, todos os computadores deverão estar conectados via uma rede local. Esta rede deverá ser dual e redundante, de forma a assegurar a disponibilidade necessária do sistema.

O servidor do sistema de desenvolvimento deverá ter as mesmas especificações, capacidade e dimensionamento dos servidores principais de aplicação, de modo a poder assumir como servidor principal de aplicação, através de uma partida a frio. Os seguintes princípios deverão ser levados em consideração para a definição do hardware:

1. Redundância **hot-standby** deverá ser considerada para todos os equipamentos que executem **funções críticas**, definidas no item de Requisitos Gerais, tais como:

- Aquisição de dados das UTR.
- Conexão intercentros.
- Controle automático da geração.
- software de aplicação.
- Armazenamento de dados históricos.
- Gerência de banco de dados em tempo real.
- Processos de aplicações.

Deve ser proposta uma configuração simplificada para os servidores de funções **não crítica**, definidas no item de requisitos gerais, tais como:

- Simulador para treinamento.
- Desenvolvimento e manutenção de software.

2. O sistema deverá continuar a executar todas as funções críticas, mesmo na ocorrência de uma falha simples de qualquer equipamento.
3. O uso de redes locais redundantes deverá ser generalizado. Com relação aos equipamentos periféricos, o deve-se seguir os requisitos mínimos apresentados abaixo.
4. Deverão ser usados subsistemas baseados em equipamentos separados para as seguintes funções:
 - Aquisição de dados.
 - Armazenamento de dados históricos.
 - Gerenciamento de bases de dados em tempo real.
 - Processos de aplicação.

4.2.3.3 Requisitos Gerais dos Servidores

Os requisitos devem estar compatíveis com o estado-da-arte no momento dos testes em fábrica, bem como, ser uma tecnologia consolidada no mercado.

Unidade Central de Processamento – Escolher os servidores de forma a atender os requisitos de performance, seja em estado de atividade normal ou de pico, definido no item gerenciamento da LAN. As características principais a serem atendidas são:

- Fazer uso de processadores com arquitetura de 64 *bits*.
- Fazer uso de técnica de *caching* de memória.
- Possuir relógio interno de tempo real com resolução mínima de 0,001 segundo.
- Fazer uso de recursos de *power failure* e *autorestart*.
- Fazer uso de técnicas de *pipelining*.
- Fazer uso de barramento de I/O padronizado, não proprietário, e consagrado mundialmente.
- Ter capacidade de expansão da CPU.

Memória Principal - os servidores deverão ser fornecidos com memórias RAM dedicadas, o suficiente para satisfazer todos os requisitos funcionais e de performance estabelecidos. Os servidores devem ser facilmente expandidos, de forma a atender necessidades futuras. Todas as palavras de memória deverão incluir *bits* extras, redundantes, para efeito de controle de erro. O hardware deverá decodificar todos os dados armazenados, com um código de correção de erro. Na operação de leitura o hardware ou o *firmware* deverá detectar e corrigir todos os erros de um único *bit*. Estes erros deverão ser relatados para a correspondente ação do software. O subsistema de memória deverá também estar equipado com hardware de proteção de memória. As características principais da memória principal a serem atendidas são:

- Fazer verificação de paridade e correção de erro (ECC).
- Ter capacidade de memória com requisitos de expansão de sistema, conforme definido no item de Requisitos Gerais.
- Possuir tempos de acesso menores que 10 nonosegundos.

4.2.3.4 Equipamentos Periféricos dos Servidores

Geral – Os dispositivos periféricos deverão estar conectados diretamente à rede local, via conexão LAN e serem acessíveis a partir de qualquer estação, de forma a evitar chaveamentos físicos.

Console do Sistema - cada servidor do sistema deverá ser equipado com uma console de sistema a ser utilizada para o controle operacional e execução de diagnósticos para manutenção do hardware. Esta console, deverá ser “full-graphic” e com monitores de, no mínimo, de 17 polegadas.

Através da console, deverá ser possível monitorar e controlar o estado do servidor, inicializar e parar o sistema, bem como executar todas as funções de gerenciamento do mesmo.

Todas as mensagens e comandos devem ser executados, visualizados e registrados de forma apropriada, a partir de uma única estação de gerenciamento conectada a rede. O acesso à console do servidor deverá ser protegido por meio de um sistema de segurança (senha).

Unidades de Armazenamento de Massa (Discos) - estas unidades deverão usar interfaces padronizadas, não proprietárias e consagradas no mercado. Para garantir alta disponibilidade dos dados, deve possuir soluções técnicas, tais como “mirroring” (espelhamento de dados) e RAID5 (Redundant Array of Inexpensive Disks). Qualquer manutenção no sistema de armazenamento deverá ser feita sem a interrupção das funções do SSC.

Deverá possuir soluções de forma a assegurar que todos os dados da aplicação estejam disponíveis e acessíveis através de servidores redundantes (casos salvos, dados históricos). Além disso, as seguintes características do sistema de armazenamento de massa (disco e controlador) deverão ser levadas em consideração:

- Deverá ter capacidade conforme especificado no item de Requisitos Gerais.
- Deverá possuir um tempo médio de acesso inferior a 5 (cinco) milissegundos.
- Deverá ter uma taxa de transferência de dados superior a 30 Mbytes por segundo.
- Deverá ter um mecanismo de proteção na escrita.
- Deverá possuir capacidade de verificação de erros.
- Deverá ter capacidade de diagnósticos *on-line*.

Outras Unidades de Armazenamento de Massa - para cada servidor deverão existir as seguintes unidades de armazenamento complementar:

- 1 unidade de DVD.
- 1 unidade de fita DAT de 24 Gbytes.
- 1 unidade de disquete de 3^{1/2} polegadas.
- Unidade de disco Jaz Drives de 2GB ou similar.

Deverão existir também, bibliotecas automáticas com a capacidade dimensionada de acordo com os requisitos do item de Requisitos Gerais, de forma a minimizar operações manuais compatíveis com uma das seguintes unidades de armazenamento complementar:

- Unidades de disco ótico “Write Many, Read Many” (WORM).
- Unidades DVD RAM.
- Unidades de fita DLT (35/70 Gbytes).

A quantidade de unidades deverá levar em conta os requisitos do item Requisitos Gerais.

Impressoras a Laser ou Jato de Cera - impressoras a laser serão utilizadas para a impressão colorida de relatórios e documentos, devendo possuir as seguintes características:

- Velocidade de impressão de 12 ppm.

- “Duty cycle” de, no mínimo, 15.000 páginas por mês.
- Bandeja com capacidade mínima de 250 folhas.
- Indicação de falta de papel e “paper jam”.
- Mínimo de 256 caracteres consistentes com os caracteres da interface do usuário.
- Memória de no mínimo 64 Mbytes, com possibilidade de expansão.
- Suporte ao padrão “Postscript”.
- “Downloading” de, no mínimo, 12 tipos de caracteres através de software.
- Interface com a rede local diretamente por controlador de rede incorporado à impressora.
- Resolução mínima de 720 x 720 DPI.
- Capacidade para utilizar fontes escalonáveis.
- Possibilidade de uso de fontes expandidas.
- Folhas de papéis com tamanho A3 e A4.

4.2.3.5 Comunicação de Dados

A comunicação de dados para cada centro, pode ser dividido em três subsistemas específicos:

- Comunicação de dados com as UTRs e servidores de dados.
- Comunicação de dados com o centro e os centros regionais.
- Comunicação de dados com outros centros de operação.

Para os *links* de dados com as UTRs e servidores de dados interligados com os centros de operação é desejável que os subsistemas de comunicação sejam configurados com equipamentos duplicados e dotados de um sistema de “failover” ou “load sharing” para garantir que não haverá perda de informações em caso de falha em um dos equipamentos.

A comunicação de dados entre centros de operação deve ser concebida para operar autonomamente garantindo com isto a transmissão de dados para o centro de operação, mesmo diante de uma pane generalizada do SSC.

Comunicação de Dados com as UTRs e Servidores de Dados - o equipamento deverá prever que todos os dados coletados ciclicamente das UTRs e servidores de dados atualmente existentes, pré-processar estes dados e disponibilizá-los para futuro processamento.

Os servidores de comunicação deverão ser configurados aos pares, sendo que deverá ser possível chavear individualmente cada linha de comunicação com a UTR e servidores de dados. Os dois servidores compartilham as linhas de comunicação com as UTRs e servidores de dados. Se falhar um dos componentes do par, o outro servidor deverá suportar todas as UTRs e servidores de dados do par. Cada linha de comunicação deverá ser configurável a qualquer um dos protocolos estabelecidos.

As linhas de comunicação com cada UTR e servidor de dados são denominadas primária e reserva. Deve-se providenciar um dispositivo de chaveamento para comutação de linha em caso de falhas ou erro na linha primária. O programa de software deve prever facilidade para o usuário chavear a linha de comunicação através de um *display* específico. Para as UTRs, deverão ser previstas as seguintes situações:

1. Interface com as UTR – deve ser descrita conforme exemplo da tabela 19.

Tabela 19 Interface com as UTRs existentes nos centros regionais.

Protocolo	Centro X	Centro Y	Centro Z
DNP-3	x		
TCP/IP		x	

Fonte: [KEMA 00]

2. Interface com futuras UTRs e Servidores de Dados

A comunicação de dados com as UTRs e servidores de dados deverá também atender aos requisitos de expansibilidade e ser flexível para suportar vários tipos de protocolos de comunicação com equipamentos de diferentes fornecedores, simultaneamente, sem perda de desempenho e confiabilidade.

3. Simulador de Protocolos

Deve-se prover todo software e hardware, incluindo equipamentos de teste, necessários ao suporte e simulação dos protocolos de comunicação com as UTRs e servidores de dados baseados no padrão, DNP 3.0, IEC 870-5 (com e sem TCP/IP). Deve-se indicar quais os protocolos que são suportados pelo subsistema de comunicação de dados.

Comunicação de Dados Inter-Centros - as informações a serem trocadas e os protocolos de comunicação entre os centros estão descritos no item Comunicação de Dados com os Centros.

O subsistema de comunicação deverá ser configurado com redundância. O chaveamento das linhas deverá ser feito em nível de linhas e roteadores redundantes.

O SSC deverá ser fornecido com a sua capacidade final de 2 Mbps. Deve-se incluir o hardware, software e interfaces necessárias para garantir a operacionalidade destas conexões. Deve-se descrever detalhadamente a solução de hardware e software para os enlaces de dados dos centros.

Comunicação com Outros Centros de Operação - qualquer canal de comunicação poderá ser configurado utilizando qualquer um dos protocolos especificados.

O subsistema de comunicação com seus componentes deverá ser configurado com redundância. O chaveamento das linhas deverá ser feito em nível de linhas e roteadores redundantes.

O suporte físico para a troca de dados entre cada centro de operação poderá ser constituído de duas vias de comunicação operando a uma taxa configurável de, pelo menos, 64 Kpbs para as ligações em TCP/IP.

Deve-se incluir todo o hardware, software e interfaces necessárias para garantir a operacionalidade das conexões.

Deve-se descrever detalhadamente a solução de hardware e software, incluindo a descrição dos protocolos que serão utilizados nas conexões.

4.2.3.6 Redundância e Failover do Sistema

Para garantir os requisitos de confiabilidade e disponibilidade do SSC, deve-se prever a duplicação do hardware, em configuração “hot standby”, dotado de recursos que permitam um rápido “failover” dos equipamentos que realizam as tarefas que suportem as funções definidas como críticas.

O sistema de “failover” deverá ser automaticamente ativado quando da detecção de uma falha e/ou por solicitação manual do operador.

O tempo de chaveamento de qualquer par de servidores redundantes, nos casos de “failover” manual ou automático, não deverá exceder ao tempo fixado no item de Requisitos Gerais, medidos a partir do início da detecção da falha até o restabelecimento total do sistema, preservando-se a integridade dos dados.

Para os servidores de interface com o usuário deverá ser prevista uma console redundante, para, em casos de falha, assumir o controle de unidades com falhas. Além disso, a redundância deverá funcionar com o conceito de autoridade. Para uma determinada área de autoridade, define-se uma console de backup que deverá assumir a responsabilidade da área, em caso de falha de um dos servidores. Este conceito deve ser estendido para cada servidor de interface, permitindo que ele seja configurado como backup de qualquer outro.

Para as demais tarefas, a restauração da funcionalidade, em caso de falha, será efetuada via reinicialização do servidor.

O tempo de reinicialização de qualquer servidor não deverá exceder a 10 minutos, medidos a partir do início da re-partida do servidor até o restabelecimento total do sistema.

4.2.3.7 Configuração “On-line e Hot Standby”

Os principais conceitos para processamento no modo de operação, em configuração redundante “on-line e hot standby” são:

- O computador primário controla o processo (modo *on-line*).
- O computador reserva recebe as informações do processo, mas não pode transmitir comandos (modo “hot standby”).
- Em caso de falha no computador primário, todo o controle do processo será automaticamente chaveado para o computador reserva, que deverá ter capacidade de assumir as mesmas tarefas. Todos os equipamentos que estavam previamente conectados com a LAN e alocados previamente para o computador *on-line*, deverão ser alocados para o novo computador, de modo a realizar todas as funções do equipamento anterior.

Após o reparo do computador com falha, o mesmo poderá ser reinicializado, de maneira a assumir o controle do processo, após ele ter sido atualizado com as informações do atual computador que se encontra no modo *on-line*.

O chaveamento do computador primário para o reserva deverá ser transparente para o usuário, gerando um alarme acompanhado de uma mensagem que deverá ser automaticamente registrada em um arquivo histórico e/ou estatístico. O processo de chaveamento deverá garantir a segurança de todas as informações:

- Sem perder os dados trocados entre centros, UTR e servidores de dados.
- Sem perder qualquer informação armazenada dentro da função de manutenção de registros (SCADA), exceto a possível perda do último processamento.
- Sem perder dados introduzidos manualmente, exceto a possível perda da última ação do operador.
- Sem interromper o processamento do software de aplicação.
- Sem degradar a operação e a performance do sistema.

Deve-se prever condições que garantam a total segurança dos dados do processo trocados entre o servidor de comunicação e os servidores de aplicação.

Todas as atualizações no banco de dados do computador *on-line* do servidor de aplicação deverão ser gravadas no banco de dados do computador *hot standby*.

Deve-se prever meios para garantir a segurança dos dados temporariamente estocados em filas internas de mensagens, inclusive durante uma ocorrência de perturbações no sistema de potência.

4.2.3.8 Redes de Dados Locais (LANs)

Geral - para a rede local (LAN), deverá ser um produto que esteja em conformidade com o padrão IEEE-802.3 (ou ISO 8802.3), CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), padrão industrial Fast Ethernet, Gbit-Ethernet ou FDDI/CDDI (Fiber/Cable Distributed Data Interface - 100 Mb/s - 1Gb/s).

O fornecedor deverá ser responsável pela definição precisa da configuração física das LANs, prevendo as quantidades e os tipos de LAN, bem como pelo fornecimento de todo equipamento da configuração de hardware como: “hubs“, “switches“, repetidores, roteadores, “bridges“, cabos, “LAN Analyser“, e o software necessário para garantir a comunicação através desta LAN para a rede corporativa.

A LAN deverá ser prevista em duplicidade, e cada servidor ou *workstation* do sistema deverá ser ligado a cada uma das duas redes da configuração redundante.

Redundância - a disponibilidade de troca de dados entre subsistemas de comunicação intercentros, estações de trabalho (interface do usuário) e subsistemas de comunicação de dados com as UTRs, deverão ser assegurados pela redundância das LAN.

Todo servidor e/ou estação de trabalho deverá ser conectado a cada uma das redes da configuração redundante da LAN.

Em caso de falha da LAN ativa, a troca de dados deverá ser automaticamente chaveada para a outra LAN, sem que haja qualquer interrupção da operação do sistema ou perda de informações.

4.2.3.9 Subsistema de Interface do Usuário

O subsistema de interface do usuário deverá incluir todos os equipamentos necessários, para prover os operadores de informações visuais para que estes possam operar de modo eficiente e seguro o sistema de potência (controle e monitoração). Estes equipamentos correspondem a consoles do tipo “full graphics”, impressoras, interface com painel mímico e interface com registradores gráficos digitais, entre outros.

1. Console de Operação - a console de operação deverá ser baseada em estações de trabalho, preferencialmente, de 64 bits e no mínimo 32 bits, conectada à rede local (LAN) redundante. Estas estações deverão estar equipadas com:

- 1, 2 ou 3 monitores de vídeo em cores com características “full graphics”.
- Dispositivo de controle de cursor do tipo *mouse*.
- Teclado alfanumérico 101/102 teclas, padrão ABNT 2.
- Interface com porta para saída de áudio para anunciação de alarme, com controle de volume externo.
- Interface de comunicação para conexão à rede local, dual.
- Disco rígido com capacidade de expansão conforme definido no item de Requisitos Gerais.
- Interface para disco com possibilidade de conexão de várias unidades, visando a futuras expansões.
- Interface e *drive* para multimídia (disco ótico, DVD, câmera, alto-falante e microfone).
- Memória RAM com características semelhantes às dos servidores.
- Memória *cache* para instruções e dados.

Estas estações de trabalho deverão suportar, pelo menos, as seguintes facilidades:

- Recursos de *trending*, *panning*, *zooming* e *decluttering* em, pelo menos, 8 (oito) janelas simultâneas por monitor.
- Gerar símbolos gráficos e alfanuméricos para composição de diagramas unifilares, a serem definidos durante a fase de “workstatement”.
- Apresentar caracteres e/ou símbolos expandidos e/ou piscando.
- Fazer uso do padrão “true color” 32 bits visualizáveis e selecionáveis através de paleta de cores.

- Ter resolução mínima de imagem de 1280 x 1024 pontos.

2. Monitores de Vídeo Coloridos - os vídeos coloridos deverão ter as seguintes características mínimas:

- Ser projetado para uso contínuo 24h/dia, 365 dias/ano.
- Possuir tamanho de, pelo menos, 17 polegadas.
- Ter tela plana com tratamento antiofuscante e antibrilho.
- Possuir “dot pitch” de no máximo de 0,26 mm.
- Gabinete modelo de mesa, com inclinação ajustável e base giratória para ajuste do ângulo de visão.
- O monitor deve ser acompanhado de cabos de interfaces que permitam a conexão à console e a uma interface de vídeo padrão VGA (conector DB-15) utilizado em microcomputadores.
- O monitor deve ser apropriado para operação contínua sem provocar cansaço visual (“flicker free”).

3. Alarme Sonoro - cada console de operação deverá ser equipada com um gerador de alarme sonoro, com capacidade para produzir, pelo menos, dois tipos de sons, com taxas de pulsação e “pitch” ajustáveis através de software. Uma chave que desligue o alarme sonoro ou diminua o som, deverá ser fornecida para cada console de operação.

Microcomputadores de Uso Pessoal - Os microcomputadores deverão atender funcionalmente à recuperação de dados históricos, geração/edição de bancos de dados e, também, operar como uma console de operação remota, conectados à rede de tempo real ou corporativa. Para atender este requisito, deve-se dimensionar os microcomputadores com a configuração e características apropriadas. Os microcomputadores deverão corresponder ao topo da linha disponível no mercado por ocasião do embarque dos equipamentos e devem ser fornecidos com:

- Monitores de 21 polegadas.
- Memória de 256 Mbytes.
- Disco de 12 Gbytes.
- Emulador de terminais (telnet).
- Emulador de terminal X.
- NFS (Network File System).

4.2.3.10 Subsistema de Tempo

Tempo Padrão – Deverá existir um sistema de tempo deverá ser fornecido para determinar o Tempo Universal (UTC). Este deverá ser obtido a partir de um GPS. O receptor de tempo deverá ter as seguintes características:

- Resolução de ± 1 ms.

- Possuir saídas para sincronização periódica dos relógios de tempo real do subsistema computacional.
- Mostrar o tempo UTC no formato HH:MM:SS padrão horário de 00:01 a 24:00.
- Ter opção de ajuste para compensação dos atrasos de transmissão.
- Possuir um módulo calendário com saída para dia da semana e data (dia e mês), a ser instalado no painel mímico existente.
- "Offset" para correção do tempo local.
- O receptor de tempo deverá detectar a perda de sinal do UTC. Neste caso, o recurso de tempo deverá reverter para uma base de tempo interna. Esta base deverá ter uma estabilidade superior a 1 ms por hora. Após cinco minutos do restabelecimento do sinal, o tempo deverá retornar a $\pm 1,0$ ms do UTC.
- Possuir saídas para sincronização de equipamentos remotos.
- Ter interface com computadores da rede.

Tempo de Sistema - deverá ser fornecido um relógio de tempo do sistema de potência com as seguintes características:

- *Display* no formato HH:MM:SS com padrão horário de 00:01 a 24.
- *Display* externo no formato HH:MM:SS com altura mínima de 65mm.

4.2.3.11 Subsistema de Frequência e Desvio de Tempo

Dispositivo para Determinação de Desvio de Frequência - deverão existir dois Transdutores de Desvio de Frequência (FDT) que alimentarão os dois computadores (principal e/ou reserva) com os sinais de desvio simultaneamente. Estes transdutores deverão preferencialmente ser instalados nos centros regionais. Podem existir como opcionais transdutores a serem instalados em subestações. Os FDTs deverão ter as seguintes características:

- O transdutor de desvio de frequência deverá ser um dispositivo de estado sólido, com uma frequência de referência de 60Hz.
- Possuir resolução de 0,001Hz.
- Ter estabilidade cuja variação não exceda a 0,0001Hz por ano, a 25°C.
- Possuir saída digital de 16 bits em um intervalo de ± 3 Hz para CAG.
- Ter saída analógica com precisão de 1% de escala completa, para representar um desvio de na faixa de ± 0.5 Hz.
- Fazer uso de uma saída analógica com precisão de 1% de escala completa, para representar um desvio de frequência na faixa de ± 5 Hz.

Dispositivo para Determinação de Desvio de Tempo - deverão existir dois Transdutores de Desvio de Tempo (TDT) que alimentarão os computadores (principal e/ou reserva) com os sinais de desvio simultaneamente. Estes transdutores deverão preferencialmente ser instalados

nos centros regionais. Alternativamente, podem existir, transdutores a serem instalados em subestações. Os TDT deverão ter as seguintes características:

- O transdutor de desvio de tempo deverá ser um dispositivo de estado sólido.
- Ter resolução melhor que 10ms.
- Possuir estabilidade 10ms por dia a 25°C.
- Ter saída digital de 16 *bits* na faixa de $\pm 99,99$ segundos.
- Possuir entrada digital para operação de "preset" remoto do desvio de tempo.
- Ter saída para *display* externo no formato $\pm XX,XX$ com altura mínima de 65mm.

4.2.3.12 Sistema de Projeção de Displays

Poderá existir um sistema para projeção de *displays* que seja adequado para a apresentação de todas as informações da interface do usuário de uma estação de trabalho. As imagens devem ser projetadas de forma que fiquem visíveis à luz do dia. A dimensão a ser oferecida corresponde a 2 m de altura e 6 m de largura. O sistema deve incluir todo o hardware e estrutura de alimentação de energia, e:

- Deverá ter vida útil garantida do sistema de projeção e das lâmpadas, se existirem.
- Possuir manutenção preventiva e corretiva.
- Ter modularidade (requerida para expansão horizontal e vertical).

A resolução do sistema de projeção mínimo deve ser de 1024 x 768. Poderá ser oferecida uma interface para projeção de imagens. Deve-se incluir uma interface destas saídas à rede local, sendo que a mesma deverá ser capaz de gerenciar a apresentação de *displays* disponíveis no SSC com recursos semelhantes aos *displays* das consoles.

4.2.3.13 Interface com Registradores Gráficos em Vídeo

A interligação do SSC com o controlador de registrador gráfico em vídeo pode ser feita com a utilização do protocolo TCP/IP. As características gerais desta interligação devem ser propostas pelo fornecedor. O software deverá permitir que o operador selecione qualquer grandeza do banco de dados (em tempo real ou calculada) para ser apresentada em qualquer monitor.

4.2.3.14 Interface de Entrada/Saída Local

Deverá existir uma interface de entrada/saída local para processar os dados descritos nos próximos itens. A interface de entrada/saída local deverá ser modular e expansível, através de placas adicionais em até 25% da sua capacidade instalada, com chaveamento de modo manual e automático para qualquer subsistema computacional (principal e/ou reserva).

Entradas Digitais - deverá se fornecida uma interface para 32 entradas digitais na forma de contatos secos para supervisão de estado de equipamentos, alarmes locais e supervisão dos dispositivos do sistema.

A capacidade de expansão pré-fiada deverá comportar 32 (trinta e duas) entradas digitais de reserva.

Entradas Analógicas - deverá ser fornecida uma interface para processar inicialmente 16 (dezesesseis) sinais de entrada e ter capacidade de expansão pré-fiada para 8 (oito) sinais adicionais. As entradas analógicas deverão apresentar uma rejeição de modo comum e normal de pelo menos 60 dB em 60 Hz.

O conversor analógico/digital deverá ter uma resolução não menor que 12 bits, incluindo o bit de sinal, o total de erros admitidos deve ser menor do que 0,05%.

Saídas Digitais - deverá ser fornecida uma interface para 16 (dezesesseis) saídas digitais na forma de contatos secos para controle de estado de equipamentos (sistema ar-condicionado, No-Break e alimentação principal e de emergência).

Saídas Seriais - deverá ser fornecida uma interface serial, com facilidade de transferir 80 grandezas analógicas.

Saídas para Indicadores Digitais - deverão ser fornecidas 16 (dezesesseis) saídas para indicadores digitais de 6 dígitos.

4.2.3.15 Peças de Reserva

Deve existir um conjunto de peças e módulos de reserva suficientes (pelo menos uma de cada) para manter as partes dos sistemas computacionais e periféricos do sistema, durante um período de 5 (cinco) anos, contado a partir do término do período de garantia, para assegurar os níveis de disponibilidade especificados no item de Requisitos Gerais. Caberá à empresa decidir pela compra, no todo ou em parte, ou não, as peças de reserva cotadas nas listas recomendadas, assim como diminuir as quantidades definidas, sem alteração do preço unitário.

4.2.3.16 Equipamentos de Testes e Ferramentas Especiais

Devem ser incluídas ferramentas especiais e equipamentos de testes projetados e requeridos para manter os sistemas computacionais, periféricos e outros equipamentos que compõem a configuração do SSC. Estas ferramentas incluem: conjuntos de testes, extensores de placa, cabos e “plugs” especiais, e ferramentas projetadas para ajudar as manutenções preventiva e corretiva dos equipamentos, entre outras.

As ferramentas e equipamentos de testes que estão comercialmente disponíveis e não foram especialmente projetados para a manutenção dos equipamentos a serem fornecidos não deverão ser cotados. Contudo, deverá ser fornecida uma lista destes equipamentos para orientar o trabalho das equipes de manutenção.

4.2.3.17 Requisitos Gerais de Equipamentos e Instalações

Material - todos os materiais e equipamentos que compõem o sistema deverão ser de primeira qualidade, de concepção e tecnologia atuais, de fabricação recente, sem uso e livres de defeitos e imperfeições, podendo-se exigir a substituição, sem custo adicional, daqueles que não atenderam este requisito.

Gabinetes - sempre que aplicável, os equipamentos deverão estar acomodados em gabinetes de aço, rígidos e auto-suportados. Sua montagem deverá proporcionar facilidade de acesso para cablagem e ter tampas laterais e traseiras removíveis.

Os gabinetes deverão ter ventilação por fluxo de ar forçado ou livre, para dissipação de calor, e filtros para evitar a entrada de partículas em suspensão. Cada gabinete deverá ter um terminal apropriado, soldado, para a conexão de cabo de aterramento, com capacidade para aceitar cabos com seção de até 70 mm².

Os gabinetes a serem montados diretamente sobre o piso deverão ter seus pontos de apoio ajustáveis, de forma a permitir o seu perfeito nivelamento.

Cabos:

1. Geral - todos os cabos e respectivos conectores, tanto os de sinal como os de energia, necessários à interligação dos gabinetes e/ou equipamentos componentes do SSC são de responsabilidade do fornecedor. Os cabos utilizados durante a fase de testes de aceitação em fábrica poderão ser reutilizados na fase de montagem no campo, desde que tenham sido pré-dimensionados para a instalação final e estejam em bom estado de funcionamento e conservação.

Sempre que necessário, os cabos deverão possuir blindagens, de forma a minimizar os efeitos de interferências eletromagnéticas.

Toda fiação para circuito de corrente alternada, quando não blindada, deverá fazer uso de par trançado de forma a reduzir os efeitos de acoplamento indutivo nos circuitos próximos ao mesmo.

2. Identificação - Todos os cabos de energia e de interconexão entre equipamentos deverão ser identificados de forma clara, em suas extremidades, informando os respectivos pontos de origem e destino. Estas identificações deverão ser feitas com placas plásticas usando inscrições em baixo relevo e firmemente aplicadas aos cabos, de forma a não se soltarem. Pode-se apresentar outras alternativas de identificação. Qualquer que seja o modelo adotado deverá ser submetido à aprovação.

Plaquetas de Identificação dos Equipamentos - todo equipamento deverá ter a sua respectiva plaqueta de identificação. Estas plaquetas deverão ser confeccionadas em plástico laminado preto. As legendas deverão ser grafadas em português, em baixo relevo, na cor branca e estar de acordo com o designado no projeto. Podem ser apresentadas outras alternativas de identificação dos equipamentos. Qualquer que seja o modelo adotado deverá ser submetido à aprovação.

Alimentação de Energia Elétrica - a energia elétrica do centro de controle é realizado através de 1 (um) circuito alimentador em 380 V AC. Para o caso de alimentação de emergência, o centro de controle deve dispor de um grupo gerador diesel. Os equipamentos do SSC para os centros regionais serão alimentados em 110/220 volts AC, 3 fases com neutro e terra, através de fonte ininterrupta de energia.

Requisitos Físicos e Ambientais - os equipamentos deverão operar em temperaturas que variam de 20 a 35° C e umidade relativa do ar entre 20 e 80%. Nesta faixa de temperatura, os equipamentos deverão funcionar continuamente durante 24 horas, 365 dias por ano. Entretanto, os equipamentos deverão operar continuamente, mesmo com temperaturas entre 20° C e 35° C, medidas fora do gabinete do computador, e com faixa de umidade relativa máxima de 20% e 80%, sem condensação, durante um período mínimo de 6 horas.

Os equipamentos deverão ser providos, nos seus circuitos de entrada de energia, de filtros anti-ruídos e surtos de energia. Nos circuitos de comunicação e outras fontes de entrada, deverão ser providos de proteção contra transitórios para suportar o teste “IEEE SWC Test” sem sofrer danos.

O fornecedor deve enviar para a empresa recomendações referentes ao aterramento de todos os equipamentos.

4.2.4 SOFTWARE do SISTEMA

4.2.4.1 Requisitos Gerais

O SSC deverá abranger um conjunto integrado de produtos de software consagrados e com várias cópias implantadas e em operação. O mesmo deve gerenciar aplicações em sistemas de energia, suportando as funcionalidades SCADA, interface gráfica do usuário, armazenamento/tratamento/visualização do histórico, funções tensão em tempo real, funções de análise de rede em tempo real e modo de estudo, e simulador para treinamento de operadores.

O sistema deverá possuir facilidades para novos desenvolvimentos apoiando as fases de programação, testes e implantação e, se existir um sistema anterior deve:

- Permitir a convivência com o atual sistema de supervisão e controle instalado nos Centros Regionais: Deverá existir um plano de migração, incluindo todo o hardware e software a ser fornecido, de tal forma que seja evitada a descontinuidade da operação do sistema eletro-energético (impacto nulo sobre a operação). Durante o período de migração, deverá ser possível a operação através dos dois sistemas, visando permitir comparações de resultados, adaptação da interface homem-máquina e treinamento dos operadores.
- Possibilitar a manutenção do sistema permitindo a implantação de novas versões (“upgrades”) para o banco de dados e *displays*, tanto na fase de instalação como na operação em tempo real, sem afetar a operação.
- Incluir um sistema de gerenciamento de redes.
- Proporcionar ferramentas tanto *on-line* como *off-line*, para gerenciar o sistema em tempo real e em atividades *off-line*.
- Gerenciar as transições necessárias para tratamento de fusos horários e o horário de verão.

4.2.4.2 Sistema Operacional

Requisitos Gerais - o sistema operacional em versão standard do fabricante, deverá ser compatível com os padrões e requisitos descritos no item de Requisitos Gerais, provendo meios para que o software do SSC possa atender os requisitos estabelecidos naquele item em relação à tolerância de falhas, expansibilidade, reconfiguração, migração, atualização de versões, desempenho do sistema, disponibilidade, “failover” e reinicialização. O sistema operacional deverá ser um produto padrão, correspondendo à última versão disponível.

O sistema poderá ser provido de gerenciamento de canais de entrada e saída da arquitetura de hardware, minimizando o tempo de resposta entre as transferências de dados como, por exemplo, DMA (Direct Memory Access).

Configuração do Sistema - o Sistema deverá ter recursos para executar a configuração e/ou reconfiguração sempre que for necessária. Desta forma, deverá ser permitida a configuração de periféricos, parâmetros do sistema e novos programas a serem integrados.

Partida, Repartida e “Failover” do Sistema - deverão ser obedecidos os requisitos de *failover/restart* estabelecidos no item de Requisitos Gerais. Os requisitos aqui descritos são inerentes ao gerenciamento de uma configuração “dual” em termos de software de aplicação. Os requisitos de hardware estão especificados no item de Requisitos de Hardware.

Para configurações “dual”, a função de “failover” deverá monitorar todo o hardware do sistema computacional contra falhas, passando do sistema primário para o sistema “standby”, juntamente com todos os periféricos da rede geral, sem perder informações. O “failover” deverá funcionar tanto no modo automático como no modo manual e para as configurações distribuídas, os processos devem migrar de um servidor para o outro.

Os requisitos de atualização deverão permitir cópias do banco de dados em processadores “standby”, para não haver perda de informações em tempo real. Desta forma, este mecanismo deverá permitir a cópia do conteúdo do banco de dados de um processador para outro, bem como a transferência individual de mudanças ocorridas no sistema primário para o sistema “standby”.

O sistema deve assegurar a salvaguarda em disco dos valores introduzidos manualmente e da lista de alarmes, de forma automática, em intervalo de tempo parametrizável, possibilitando a restauração dessas informações no caso de uma partida “fria”.

Interface, Utilitários e Programas de Diagnóstico - as interfaces, rotinas de acesso, chamadas e outros dispositivos de inter-relacionamento entre o sistema operacional e o software do SSC deverão estar claramente definidos e documentados, permitindo uma utilização facilitada pelas equipes de manutenção e de desenvolvimento de software.

Drivers de Dispositivos - o sistema operacional deverá prover programas de controle de dispositivos (device drivers) para todos os dispositivos e equipamentos que fazem parte da configuração do sistema.

Quando o dispositivo exigir um *driver* desenvolvido pelo fornecedor, este deverá ser elaborado de acordo com as diretrizes e normas fornecidas pelo fabricante do sistema computacional, de forma a garantir a compatibilidade com versões futuras do sistema operacional.

Todos os casos inclusos no parágrafo anterior devem ser ressaltados e os programas devem estar acompanhados do código fonte e documentação que possibilite a manutenção dos mesmos.

Sistema Operacional Operando em Microcomputador - caso exista uma versão do sistema para operar em microcomputador, este deve ter licenças incluídas no sistema operacional e outros módulos necessários, para decidir, opcionalmente, sobre a quantidade a ser adquirida.

4.2.4.3 Ferramentas de Desenvolvimento e Manutenção de software

Requisitos Gerais - o sistema deverá conter funções para manutenção, desenvolvimento de novas aplicações e testes. Este produto deverá prever, entre outros:

- Uma coleção de definições de dados do banco de dados.
- Casos salvos de banco de dados para programação, testes e implantação.
- *Displays* associados às aplicações.
- Mensagens de erro de acesso ao banco de dados e depuração de programas.
- Existência de bibliotecas de programas de suporte.
- Manipulação de uma aplicação de software como uma entidade simples dentro de todo o conjunto de aplicações.
- Existência de um ambiente de teste que permita a verificação de funcionamento de módulos alterados em um contexto o mais próximo possível do ambiente real, incluindo, no mínimo, um servidor, uma console e o acesso a dados de tempo real, sem afetar a operação normal do sistema. Este ambiente deverá compartilhar os links de comunicação com o de tempo real, acessando e distribuindo dados.
- Existência de um sistema de gerenciamento de módulos (fontes, displays, bibliotecas, executáveis) que possibilite as seguintes operações:
 1. Possuir controle e histórico de versões.
 2. Controlar a alocação de módulos fonte e displays.
 3. Definir e/ou modificar regras de dependências entre módulos.
 4. Reconstruir executáveis a partir de modificações.
 5. Controlar a geração de executáveis por ambiente.
- Suportar múltipla definição de hora do sistema computacional para permitir testes de programas em base horária, semanal, mensal e anual em um curto espaço de tempo, possibilitando que a hora seja uma fração da hora (por exemplo, 1 hora ser igual a 5 minutos).

- Possuir uma interface gráfica com o usuário para desenvolvimento e/ou manutenção do sistema, sendo responsável pela: edição de textos, construção de displays, carregamento, modelagem e configuração do banco de dados.
- Estabelecer a interface do usuário e as estações de trabalho (consoles e/ou terminais) para a operação do sistema em tempo real e procedimentos *off-line*.
- Permitir o desenvolvimento e o processamento através de ferramentas de suporte para a construção de displays das aplicações do sistema de maneira gráfica e “full-graphics” baseada nos padrões “X Windows” e/ou “Motif/OSF”. Permitir a navegação através de várias janelas na mesma tela, passagem do cursor de um vídeo a outro ou de uma estação de trabalho (console e/ou terminal) apenas com a movimentação do “mouse”.

No desenvolvimento de novas aplicações, estas ferramentas deverão permitir ao analista e/ou programador, definir mensagens de erros para auxiliar a depuração dos programas, acesso aos dados e execuções de programas, simplificando a sua implantação. Deve-se contemplar um sistema integrado com:

- Desenvolvimento e testes.
- Carregamento do banco de dados.
- Consulta e acesso ao banco de dados de tempo real.
- Construção de displays.
- Definições das estações de trabalho (consoles e/ou terminais) segundo a sua área de responsabilidade funcional e as permissões de uso.
- Mecanismos para monitoração e detecção de causas de falhas do software em tempo real, permitindo a correção do defeito do software ou do banco de dados. Este mecanismo deverá permitir ao analista e/ou programador a reinicialização do processo logo após a manutenção.

Linguagem de Comando - um completo conjunto de linguagem de comando deverá ser provido para permitir o uso em qualquer estação de trabalho (consoles e/ou terminais) permitindo, de forma interativa, a criação, modificação e depuração de programas em todas as linguagens de programação.

Linguagens de Programação - para todas as linguagens de programação utilizadas no software de aplicação deverão ser providos os respectivos ambientes de desenvolvimento, incluindo compiladores, ligadores, bibliotecas. Devem ser enviados, também, os compiladores para as linguagens C, C++ e FORTRAN.

Todos os compiladores deverão ter recursos de otimização dos módulos objetos quanto à velocidade de execução e ao uso de memória principal. Todas as linguagens deverão possuir diagnósticos dos dados, sumários de erros e listagens de referências cruzadas. As mensagens de erros deverão ser claras e abrangentes. Os procedimentos de compilação deverão ser padronizados de forma a produzir programas executáveis a partir de arquivo-fonte simples ou de um conjunto de arquivos.

“Link” e Carregamento da Aplicação - deverá ser provido um “Link Editor” permitindo ligação entre os módulos objeto em arquivos executáveis. Este programa deverá permitir a ligação de vários objetos dos vários compiladores fornecidos no sistema.

Os procedimentos de ligação deverão ser padronizados para que possam produzir programas executáveis a partir de arquivos objeto simples ou de conjunto de arquivos.

“Debug” - deverão ser providos depuradores interativos de programas, permitindo a execução de um programa em pontos pré-selecionados, leitura e modificação de registros e variáveis durante a execução, passo a passo, para todas as linguagens de programação do sistema.

4.2.4.4 Utilitários Gerais

Deverão existir os seguintes utilitários:

- Editor “full-graphics” utilizando-se linguagem de descrição de displays, preferencialmente, em código ASCII.
- Gerenciamento de bibliotecas de programas.
- Programas que permitam a cópia e impressão de qualquer informação existente no sistema computacional.
- Conversores de mídia para cópia de arquivos de discos para fitas e vice-versa.
- Comparador de arquivos.
- “Sort/Merge” de arquivos.
- Interligação padrão em rede através de uma camada de software de interface permitindo a outras aplicações estabelecer comunicação para troca de informações, tanto para leitura como para gravação.
- Utilitário para colocação de variáveis do banco de dados de tendência, permitindo aos usuários das estações de trabalho a possibilidade de definir gráficos de tendências de variáveis de qualquer banco de dados do sistema de potência, em modo “full-graphics”.
- Ferramentas para a geração de "software change reports", isto é, um dicionário de dados ativo indicando as alterações realizadas nos códigos e uma referência cruzada das entidades e atributos utilizados nos programas desenvolvidos.

4.2.4.5 Programas de Monitoração e Diagnóstico do Sistema

Monitoração do Sistema – Serão necessários programas de monitoração da performance do sistema para todos os computadores, para verificação do carregamento e performance do software aplicativo, bem como a gerência das redes de comunicação. Essas funções não deverão degradar a performance do sistema e deverão ser transparentes para a sua operação.

Deverá existir um programa para gerenciamento das funções e processos de cada servidor, permitindo a visualização e modificação do estado destas funções e/ou processos, bem como de sua alocação nos servidores.

Deve-se contemplar um programa para efetuar o cálculo de estatísticas “on-line” sobre a utilização dos computadores em ciclos básicos ou através de solicitação. As seguintes estatísticas serão necessárias:

- Utilização de tempo de CPU, incluindo a porcentagem de utilização dos processos.
- Uso de entradas e saídas do sistema.
- Uso de memória principal.
- Estatísticas sobre alocação de recursos utilizados pelas aplicações.
- Filas do sistema computacional (entradas e saídas).
- Utilização de discos, periféricos gerais e canais de comunicação.

Programas de Diagnósticos - programas de diagnósticos deverão ser contemplados para todos os componentes de hardware, funcionando tanto no modo *off-line* como *on-line*, para: estações de trabalhos, servidores de comunicação de dados, periféricos, rede local (LAN) e equipamentos de interface com o usuário.

Estes diagnósticos deverão incluir procedimentos operativos de simples consultas sobre a operação, bem como impressões e cópias dos displays (“hardcopy”), facilitando desta forma, a análise dos resultados.

São necessários, também, diagnósticos “on-line” e “off-line” para os seguintes componentes de hardware: CPU, memória principal, periféricos, unidades de disco, comunicação com as UTRs, servidores de dados e rede local de comunicação LAN, comunicação com o centro e comunicação com outros centros de controle. Adicionalmente, diagnósticos “off-line” para os equipamentos de interface do usuário e periféricos gerais.

4.2.4.6 Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

Requisitos Gerais - o subsistema de gerenciamento de banco de dados deverá ser integrado, levando em consideração todos os subsistemas existentes. Deve-se prover uma base de dados que contenha:

- Um banco de dados que mantenha uma visão atualizada do sistema supervisionado. Ele deverá permitir ao usuário observar o estado do processo, monitorando o banco de dados através de *displays* em estações de trabalho ou microcomputadores pessoais. Ele deverá contemplar: as estruturas das UTR, a estrutura de comunicação e a estrutura das subestações.
- Banco de dados para as funções de tempo real, programas de análise da rede, simulador para treinamento de operadores, entre outras funções, que mantenha uma visão para cada uma das aplicações.

O sistema deverá prever a atualização dos dados, acesso aos dados compartilhados com todas as aplicações, bem como ferramentas para criação, gerenciamento das estruturas e armazenamento da definição dos dados (dicionário). Deverá também prever ferramentas para o desenvolvimento de novas aplicações e manipulação dos dados em tempo real.

O gerenciamento do banco de dados deverá permitir todo o procedimento de modelagem off-line, bem como todos os procedimentos de gerenciamento para a operação em tempo real, que corresponde à linguagens de acesso e manutenção dos dados.

Para empresas que possuem sistemas de supervisão de centros de operação já implantados, é importante citar o banco de dados em uso e como serão as regras de migração para os dados.

O sistema deverá prover um gerenciador de banco de dados relacional, comercialmente disponível no mercado, que seja usado obrigatoriamente para gerenciamento dos bancos de dados fonte, e preferencialmente para o gerenciamento do banco de dados tempo real e histórico. Qualquer que seja a solução, o gerenciador de histórico deverá ter interface com SQL padrão e fazer uso de ODBC (Open DataBase Connect). Este gerenciador deverá possuir, preferencialmente, uma interface do tipo API (Application Program Interface).

Sob o ponto de vista do usuário, o sistema de gerenciamento de banco de dados deverá possuir modos de utilização, como:

- Modos de configuração e manutenção, os quais deverão ser usados para entrada e atualização dos dados estáticos do modelo do sistema elétrico.
- Modo de operação que deverá ser usado pelos analistas e/ou programadores para a manipulação dos dados dos processos em tempo real.

O sistema deverá prever um dicionário de dados ativo e dinâmico, integrante da base de dados relacional e um sistema de ajuda “on-line”.

Banco de Dados-Fonte Relacional do Sistema de Potência – Deverá ser previsto um gerenciador de banco de dados off-line que será utilizado para a construção do banco de dados, SCADA. A descrição do sistema de potência e a infra-estrutura de supervisão e controle deverão ser a única fonte de dados utilizados do sistema de potência tempo real.

A tecnologia do banco de dados utilizado deverá ser relacional. Ele será utilizado para manipulação, integridade e consistência do modelo armazenado. O banco deverá garantir uma única entrada para um determinado equipamento do sistema elétrico. Conseqüentemente, os seguintes requisitos deverão ser atendidos:

- Possuir um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) multiusuário com licença para, no mínimo, 30 usuários simultâneos.
- Possuir linguagem de acesso estruturada (SQL).
- Fazer uso de utilitário para exportar e/ou importar dados para outros bancos de dados disponíveis em outros servidores.
- Utilizar ferramentas de acesso aos dados do sistema de potência através de recursos de múltiplas janelas compatíveis com ambiente MS-WINDOWS e preferencialmente WEB.
- Verificar a integridade referencial e validação dos dados.
- Segurança: o acesso à modelagem deverá ser protegido através da verificação do perfil do usuário e sua senha. O sistema deverá prover meios de gerenciar as

consultas ao banco de dados, manipular os conflitos (“deadlock”) de acesso aos dados bem como entrada de dados inconsistentes.

- Os desenvolvimentos de programas utilizando linguagem SQL podem fazer uso de ODBC.
- Disponibilidade: A base de dados deve permanecer operacional mesmo em caso de falha de um servidor e/ou disco. O backup e o retorno à operação de uma parte defeituosa não devem afetar o funcionamento normal da base.
- Interface do usuário: permitir a modelagem dos dados através de microcomputadores utilizando-se ambiente compatível com MS-WINDOWS, é desejável. Essa modelagem poderá ser feita de forma interativa e a partir da leitura de arquivos em formato ASCII não necessitando de conhecimentos de linguagem de programação específica.

O sistema deverá prever uma visão geral da estrutura topológica do sistema de potência. Além disso, deverá permitir ao usuário o acesso direto do componente ao qual ele deseja inserir, suprimir e/ou modificar. O SGBD deverá prover facilidades para a implementação dos seguintes serviços:

- **Diagnóstico:** durante as manipulações dos dados, as mensagens de erros devem estar associadas com data e hora. As mensagens poderão ser apresentadas em displays ou impressas. Quando uma entrada de dados for efetuada através da interface do usuário interativa, uma mensagem deverá ser enviada imediatamente ao usuário.
- **Auditoria de dados:** as alterações no banco de dados fonte deverão gerar relatórios de logs, bem como estatísticas das intervenções.
- **Outras facilidades:** Deverá ser permitido aos usuários ter acesso ao conteúdo do banco de dados, inclusive através da WEB. Procedimentos de backup e restauração de arquivos devem ser executados com o banco de dados on-line.

Banco de Dados em Tempo Real - o sistema de gerenciamento de banco de dados em tempo real deverá ser um repositório de todos os dados originários da aquisição de dados em tempo real recebidos das UTR, dos centros regionais, de outras empresas, dados introduzidos manualmente pelos usuários e dados resultantes dos programas de aplicação e de cálculos.

O banco de dados em tempo real deverá assegurar a performance do sistema, incluindo os tempos de respostas operacionais e os requisitos de capacidade de expansão do sistema. Os seguintes requisitos básicos deverão ser atendidos:

- Assegurar uma completa independência entre os programas dos usuários e os dados, permitindo, desta forma, a evolução dos programas aplicativos (SCADA, CAG, CAT, análise de rede, simulador para treinamento de operadores).
- Possuir gerenciamento de acesso simultâneo à base de dados (lock management).
- Possuir uma organização que seja projetada para otimizar a eficiência dos programas que o utilizam.

- O tempo de acesso aos dados deverá atender às necessidades de tempo real, ou seja, o processamento de dados deverá ter um tempo coerente com os requisitos de tempo de resposta do sistema.
- Criar, substituir e suprimir conjuntos de dados.
- Permitir a verificação e gerenciamento das características dos dados.
- Verificar as entradas de dados nos campos do banco de dados para assegurar que todos os valores introduzidos pelos usuários e programas de aplicação sejam consistentes antes de serem atualizados.
- Permitir a criação de múltiplos bancos de dados.
- Conter estrutura de dados tipo “data-sets” para dados de previsão.
- Permitir a criação de diversos tipos de dados padrões das linguagens de programação FORTRAN e C, entre outras linguagens.

Banco de Dados Histórico - o banco de dados de histórico e seu software associado devem atender aos seguintes requisitos:

- Armazenar grandezas medidas (estados e dados analógicos), grandezas calculadas, dados programados, alarmes, ações do operador que foram previamente estabelecidas, seqüência de eventos e resultados de programas de tempo real (varredura, estimador, configurador, CAG, CAT, etc.):
 1. A freqüência de armazenamento deve ser parametrizada por tipo de dado, podendo ser dimensionada para o tempo de varredura do ponto (ver tabela 16), alternativamente pode-se utilizar técnicas de compressão de dados desde que não haja perda de informações históricas e de performance.
 2. O sistema deverá ser contemplado com técnicas de “buffering” no processo de amostragem de dados de tempo real para serem armazenados nos servidores de histórico de forma a evitar a perda de dados no caso de indisponibilidade dos servidores de histórico ou da rede. O “buffering” deverá ser dimensionado de acordo com a disponibilidade da solução oferecida para o histórico.
- O sistema deve ser dimensionado para manter na base, no mínimo dados históricos relativos há até 38 dias (os 8 dias mais recentes com periodicidade igual ao da varredura e o restante de minuto em minuto), além de área para a restauração de 3 dias completos.
- O sistema deve absorver automaticamente as atualizações da versão da base de dados de tempo real, sem intervenção manual.
- Visualização dos dados históricos:
 1. Através da rede corporativa, preferencialmente WEB.
 2. Através da rede de tempo real em suas consoles de operação.
- Deve permitir a apresentação em forma tabular ou gráfica de uma ou mais medidas simultaneamente. Deve prever a transferência de dados para outros aplicativos, do tipo planilha e editores de texto.

- O sistema deve prever a utilização de backup automático para o dispositivo de armazenamento de massa.
- O sistema deverá permitir a tendência de dados históricos à medida que forem sendo atualizados na base.
- O sistema deve prever a restauração automática, via comando do usuário, de dados que tenham sido retirados da base de dados.
- O usuário poderá realizar consultas utilizando diferentes períodos de amostragem, podendo integralizá-los por período (por exemplo: meia hora ou uma hora).
- O usuário poderá definir grandezas calculadas a partir das medidas e telessinais contidas no histórico.
- Permitir a utilização dos dados pelos aplicativos da rede corporativa, notadamente aqueles desenvolvidos internamente.
- O catálogo (dicionário de dados) deve permitir alterações na base histórica sem provocar instabilidade nesta base.

Estatísticas - as estatísticas devem compreender períodos horários, diários, semanais, mensais e anuais, de disponibilidade e qualidade referentes a: telemedidas e telessinais (valores e flags), telecontroles, grandezas calculadas, alarmes, estado operacional de UTRs e servidores de dados, canais de comunicação, equipamentos e processos do SSC.

O sistema deve permitir a visualização dos dados estatísticos, através de ferramentas da rede corporativa preferencialmente via WEB e da rede de tempo real através das consoles de operação.

Além disso, o sistema deve permitir a utilização dos dados pelos programas da rede corporativa, notadamente os desenvolvidos pela empresa.

A manutenção do banco de dados deverá ser transparente para os usuários. O sistema deverá demonstrar que essa capacidade não perturbará os trabalhos do sistema em tempo real.

O sistema deverá prover mecanismo de backup automático da base de dados e de restore quando comandado. As atividades de manutenção deverão ser efetuadas sem qualquer interrupção da operação do sistema ou perda de informações. Em particular, as entradas manuais efetuadas no sistema on-line deverão ser mantidas.

O sistema deverá conter recursos para emissão de relatórios de alterações e definições das estruturas lógicas e físicas.

Deverá ser previsto, software “Case” para administração da base de dados relacional, de modo a manter coerência e integridade das suas estruturas com as aplicações. Para a base de dados tempo real, deverá ser previsto um recurso similar de administração.

4.2.4.7 Integração com Aplicações Baseadas em Microcomputadores

O sistema deverá ter a capacidade para acessar qualquer dado do banco de dados (dados em tempo real, dados históricos, resultados de estudos, enfim, qualquer tipo de dado ou banco de

dados pertencente ao sistema) para microcomputadores utilizando ambiente “Microsoft Windows”. Este acesso deve, preferencialmente, utilizar facilidades do tipo ODBC.

4.2.4.8 Gerenciamento da Rede de Tempo Real

Deverá contemplar um sistema de gerenciamento de redes que inclua, no mínimo, os seguintes serviços compatíveis, preferencialmente, com Simple Network Management Protocol (SNMP):

- Ter gerenciamento da Configuração, incluindo serviços de *watch-dog*.
- Possuir recursos para manutenção do sistema: diagnósticos, registros de erros, falhas e de mensagens.
- Fazer monitoração da performance do sistema.
- Contemplar um Firewall para as ligações com os centros regionais e com a rede corporativa.
- Fazer uso de sincronização de tempo de todos os equipamentos da LAN com precisão de ± 1 ms.
- Contabilizar a utilização dos recursos do SSC.

As informações do sistema de gerenciamento de redes deverão estar acessíveis, utilizando os recursos de interface do usuário referentes a displays, alarmes e relatórios do SSC.

Gerenciamento de Consoles - a partir das consoles do SSC deverá ser possível o acesso ao ambiente corporativo e ao histórico.

Backup e Restore de Arquivos - o sistema deve prover um programa integrado para backup e restore de programas, arquivos e base de dados. Este sistema deve prever procedimentos automáticos para transferência de dados de e para dispositivos de memória de massa tais como fita, disco e outros meios magnéticos, de qualquer nó da LAN.

Serviço de Impressão - o sistema de gerenciamento dos pedidos de impressão deve ser capaz de distribuir as solicitações entre as impressoras disponíveis caso o solicitante não identifique uma impressora específica. Deve ser possível imprimir relatórios de dados históricos, de tempo real e saídas de processadores de texto.

4.2.5 FUNÇÕES SCADA

4.2.5.1 Aquisição de Dados

O subsistema de comunicação de dados de cada centro regional pode ser dividido em três subsistemas específicos:

- Comunicação de dados com as UTRs e servidores de dados.
- Comunicação de dados com os centros regionais.
- Comunicação de dados com outros centros de operação.

O subsistema de aquisição de dados deverá detectar, através do protocolo, a perda das informações trocadas com as UTRs e os servidores de dados, bem como com outros centros de controle. As perdas de comunicação deverão ser detectadas e contabilizadas pelo sistema e, em correspondência, deverão ser gerados alarmes.

Comunicação de Dados com as UTRs e Servidores de Dados - o subsistema de aquisição de dados deve coletar as informações do sistema de potência coletadas pelas UTRs instaladas e o envio de comandos. As UTRs possuem protocolo específico. Os detalhes relativos aos protocolos, UTRs e servidores de dados são descritos no item de Requisitos de Hardware.

A coleta de dados deve ser feita ciclicamente de acordo com os tempos definidos na tabela 16. O sistema deve suportar também a aquisição por exceção. Segundo o protocolo utilizado, o SSC deverá suportar todos os tipos de comunicação necessários, tais como mestre-mestre e mestre-escravo (“polling”).

Comunicação de Dados com os Outros Centros de Operação - o subsistema de comunicação de dados com os centros de operação de outras empresas poderá implementar outros protocolos. Os tipos de protocolos bem como os detalhes deverão ser abordados durante o “workstatement”.

Os dados recebidos das outras empresas devem ser processados como se fossem recebidos das UTRs. Como alguns dados poderão vir simultaneamente via enlace de dados ou via UTR, o SSC deverá gerenciar esses dados definindo as fontes principais e o backup. O chaveamento entre as fontes deverá ser automático.

4.2.5.2 Processamento de Dados e Monitoração

O software SCADA deverá processar dados telemididos provenientes das UTRs, servidores de dados, centros regionais de operação da empresa e de outros centros de operação interligados bem como, dados manuais.

Os procedimentos a serem executadas são: fazer a conversão para unidades de engenharia, verificar limites, variação de estado, dados calculados, alarmes e eventos, seqüência de eventos, atributos de qualidade de dados e invalidação de dados.

Todos os dados de operação do sistema de potência (por exemplo: estados, MW, MVAR, kV, MWh), que já não possuírem etiqueta de tempo, devem ter estas etiquetas colocadas pelo servidor de comunicação do centro de controle de forma a manter consistência para o tratamento, análise, histórico, fechamento (“settlement”), contabilização e faturamento. Deve-se resolver diferenças entre o fuso horário e as mudanças entre o horário padrão e o de verão de forma a estabelecer selos de tempo consistentes para o software de aplicação.

O sistema deverá ser capaz de selecionar um conjunto de dados a ser propagado para os outros centros, definindo se devem ser enviados os dados brutos ou tratados localmente. Esta definição poderá ser feita durante o “workstatement”.

Verificação de Limites - os valores analógicos, obtidos e calculados, deverão ser comparados com os limites superiores e inferiores. Os limites deverão ser estabelecidos para cada grandeza, podendo serem alterados dinamicamente:

- Limite superior e inferior de escala ou de razoabilidade (reasonability limits).
- Limite superior e inferior de emergência.
- Limite superior e inferior de operação. Deverá ser possível, também, alterar toda a tabela de limites, em função de situações (horários pré-estabelecidos, condições elétricas, etc.) com dados pré-estabelecidos por funções off-line, obtidos através da interface com a rede corporativa. Esta alteração deverá ser executada sem interromper o processamento normal do SSC.
- Limite máximo de taxa de variação da grandeza.

Qualquer valor de limite deve ser considerado tanto para as funções SCADA como as de aplicação, descritas nos item de Funções SCADA e Software Aplicativo. Para todos os tipos de limite deverá ser estabelecida uma banda morta (*hysteresis*).

Varição de Estado - para cada indicação de estado, deverá ser comparado com o antigo valor adquirido e armazenado no banco de dados. Se ocorrer uma mudança, um alarme deverá ser gerado e atualizado no display correspondente, devendo ser também ativado o configurador de redes.

Dados Calculados - os dados calculados deverão ser armazenados no banco de dados da mesma forma que os dados telemididos.

Valores Calculados de Dados Analógicos - os valores médios deverão ser calculados a partir das telemidões, bem como de valores estimados e/ou manualmente introduzidos pelo operador. Desta forma, a função de cálculo deverá oferecer a possibilidade de cálculo de valores analógicos, a partir de quaisquer telemidões, outros valores calculados, de limites estabelecidos ou preferencialmente de resultados de programas aplicativos.

Deverá ser prevista a possibilidade de definição dinâmica de fórmulas para os cálculos dos dados analógicos. Estas fórmulas deverão ser introduzidas via displays apropriados para este fim. As fórmulas deverão ser introduzidas a partir de configuração definida no banco de dados. A frequência do cálculo dos dados poderá ser parametrizada.

1. Indicações de Estados Calculados - a frequência de cálculo das indicações de estados calculados deverá ser parametrizável e no máximo igual à taxa de varredura dos estados.

O operador pode especificar qual é o de tempo de execução dos novos estados calculados. Esta especificação poderá ser feita através de expressões booleanas, envolvendo grandezas analógicas e estados, telemididos ou calculados, com um número variável de operandos.

2. Energia Integralizada - a energia deverá ser integralizada em período definido pelo usuário (horário, diário, semanal) a partir das telemidões coletadas em tempo real. Os valores médios deverão ser expressos em MWh e MVARh.

O intercâmbio de energia entre as empresas também deverá ser calculado por um período definido pelo usuário a partir das telemedições coletadas em tempo real. Os valores médios deverão ser expressos em MWh e MVARh, indicando o sentido do fluxo.

Os dados calculados de energia ativa e reativa das unidades geradoras, bem como a potência ativa total, consumo ativo e reativo e totalizações deverão ser apresentados aos operadores nos displays associados à operação.

3. Dados Manuais - dados manuais são processados de forma análoga aos telemedidos ou calculados. Para cada entrada de dados no “logging” deverá ser registrada a mudança, o horário e a identificação do operador.

4. Outros Cálculos - outros dados calculados e/ou usados pelos programas de aplicação e que não são coletados pelo sistema de aquisição de dados deverão ter a possibilidade de serem configurados em qualquer display utilizado pelo sistema.

Deverá ser possível criar grandezas calculadas a partir de qualquer atributo da base de dados, incluindo grandezas do sistema SCADA e produzidas por aplicações. O resultado ou parcela poderá conter os seguintes tipos: inteiro, real e booleano. As operações deverão ser:

- **Operações aritméticas:** com capacidade de cálculos envolvendo grandezas analógicas, utilizando-se as quatro operações, bem como uma biblioteca de funções matemáticas a ser definida.
- **Operações booleanas:** deverá ter a capacidade de cálculos envolvendo indicações de estados de disjuntores e outras sinalizações, utilizando-se operações booleanas (AND, OR, NOT).
- **Operações mistas:** cálculos envolvendo operações aritméticas e booleanas.
- **Cálculo de corrente:** com capacidade de cálculo de corrente a partir de telemedições pertinentes, coletadas pelo sistema em tempo real.
- **Cálculo de MVA:** o mesmo procedimento deverá ser possível para o cálculo do MVA.
- **Cálculo condicional.**
- **Contador.**
- **Cálculos estatísticos.**
- **Cálculos trigonométricos.**

Processamento de Alarmes e Eventos.

1. Geral - o sistema deve prever gerenciamento de alarmes onde seja permitido alertar o usuário sobre condições não usuais no sistema, tais como: abertura de dispositivos elétricos, ultrapassagem de limites, ocorrências no sistema de comunicação e equipamentos pertencentes à configuração computacional. O sistema de gerenciamento de alarmes deve comportar situações de avalanche de alarmes decorrentes de distúrbios no sistema elétrico,

sem que com isso haja degradação, perda de confiabilidade ou de desempenho do SSC. Para isto, o sistema deverá levar em conta:

- Métodos para notificar os operadores, nas estações de trabalho, sobre mudanças espontâneas ocorridas no sistema. As notificações deverão incluir um alarme sonoro em diferentes tons, dependendo da gravidade, bem como indicações visuais da presença de mudanças ocorridas e não reconhecidas pelos operadores. As indicações visuais deverão incluir uma região dedicada no display, a qual, a partir de pontos sensíveis (“poke point”) vinculados a outros displays, proporcionarão uma visão mais detalhada das informações acerca do estado do sistema de potência. O usuário deverá ter a possibilidade de parametrizar ou preestabelecer as formas de notificação acima descritas.
- Os alarmes devem ser funcionalmente classificados por área de responsabilidade e visualizados pelo operador de uma forma que facilite a sua identificação.
- Ter acesso às últimas mensagens de alarmes não reconhecidas.
- Reconhecer alarmes, permitindo aos operadores reconhecer e/ou suprimir as mensagens de alarmes em vários displays, incluindo os diagramas unifilares de subestações/usinas. As mensagens de alarmes deverão ser reconhecidas e/ou suprimidas nas estações de trabalho, tanto individualmente como por página de lista de alarmes, como por UTR.
- Possuir um mecanismo para silenciar o alarme sonoro.
- Permitir uma visão geral da lista de alarmes em ordem cronológica e diferenciados por cores e prioridades e espaçados de uma linha entre um alarme e outro.
- Possuir mecanismo de definição de prioridade de alarmes pré-estabelecidos.
- Permitir a impressão das mensagens por solicitação do operador. As mensagens deverão ser armazenadas para recuperação pós-operação.
- Manter um arquivamento dos alarmes para análise pós-operação, sem limitação de tempo, mas sim de espaço físico de armazenamento. Deverá ser prevista a possibilidade de elaboração de relatórios pré-estabelecidos pelos usuários.
- Possuir mecanismo para a filtragem dos eventos e/ou alarmes de modo que seja possível, por exemplo, mostrar nas telas apenas os eventos relacionados a disjuntores.

2. Processamento “Anti-Bouncing” - esta função deve prevenir um número excessivo de variações de estados e SOE provenientes de subestações e usinas devido a problemas de “bouncing” de relés. Ela deverá filtrar transições de estado, evitando que a lista de alarmes e sequência de eventos seja sobrecarregada com informações repetitivas. Quando um número máximo de transições em um determinado espaço de tempo for identificado, o ponto de estado deve ser desativado. O operador deverá ser notificado quando da ocorrência da desativação automática.

Quando, após um determinado número de varreduras, o software detectar que o “bouncing” cessou, deverá ser enviada uma mensagem de alarme notificando o operador. A reativação deverá ser manual e executada pelo operador.

3. Inibição de Alarmes Após Retorno à Operação de Enlaces de Dados ou Equipamentos

- O SSC deverá inibir durante a primeira varredura alarmes devido ao retorno à operação de enlaces de dados ou qualquer tipo de equipamentos, incluindo UTRs ou centros de operação regionais.

4. Listas de Alarmes – deverão ser reconhecidas para todo o sistema, bem como uma lista de todas as mensagens reconhecidas e não reconhecidas distribuídas por subestação/usina.

A lista de alarmes deverá também ser classificada por ordem de prioridades existentes no sistema. Deverá ser disponibilizada ao usuário a possibilidade de preestabelecer vários níveis de prioridades através de parametrização. Outros sumários deverão ser contemplados: todos os pontos fora de serviço, pontos inibidos, pontos introduzidos manualmente e os pontos que não estão em seu estado normal de operação.

5. Inibição de Alarmes - o software SCADA deverá usar diferentes ações quando um estado anormal for encontrado, conforme descrito abaixo:

- **Registrar:** quando um ponto passa para o estado anormal ou retorna ao normal, uma mensagem deverá ser registrada no registro de atividade do sistema. Se o registro da mensagem estiver inibido para o ponto correspondente, qualquer mensagem futura não deve ser registrada. Quando o registro estiver permitido, qualquer mensagem que foi bloqueada será perdida, e qualquer mensagem futura será registrada. Quando o registro estiver inibido, o reconhecimento e o alarme sonoro deverão estar inibidos. Quando o alarme de um ponto, associado a um estado ou a seqüência de eventos, estiver inibido não devem ser gerados registros de seqüência de eventos relativos a este ponto.
- **Reconhecimento:** quando um ponto passa para o estado anormal, ou em alguns casos retorna ao estado normal, o ponto deverá ficar não reconhecido até que o operador reconheça o ponto. Se o reconhecimento estiver inibido, o ponto não deverá ficar marcado como não reconhecido quando passar para o estado anormal.
- **Anormalidade:** quando um ponto passa para o estado anormal, um alarme deverá ser gerado. Quando a anormalidade estiver inibida, não deverá ser gerado o alarme.
- **Indicação anormal:** quando um ponto passa para o estado anormal, ele deverá ser marcado no banco de dados, através de uma indicação apropriada. Quando a indicação anormal estiver inibida, a indicação no banco de dados deverá ser colocada como se o ponto estivesse no estado normal, mesmo que ele esteja no estado anormal.
- **Alarme sonoro:** quando um conjunto de pontos pré-configurados passar para o estado anormal, ou retornar ao normal, o alarme sonoro deverá soar para alertar o operador sobre o ocorrido. Se o alarme sonoro estiver inibido, ele não deverá soar quando o ponto passar para o estado anormal.

6. Alarme Sonoro - tons de alarmes sonoros deverão ser definidos e parametrizados pelos usuários em cada estação de trabalho. Para cada estação de trabalho, múltiplos tons deverão estar disponíveis. Os tons deverão ser contínuos e/ou intermitentes e associados à gravidade do alarme.

Deverá ser possível associar um tom a um alarme de maneira que, por exemplo, um tom contínuo poderá ser associado com um alarme de alta prioridade e um tom intermitente com um alarme de baixa prioridade.

Seqüência de Eventos

1. Geral - o sistema deverá prever um processamento de seqüência de eventos compatível com as UTRs descritas no item de Requisitos de Hardware. Devido aos diferentes tipos de UTRs que devem ser integradas, o sistema deve estar preparado para:

- Recepcionar dados com etiqueta de tempo acurada, fornecida por um GPS local.
- Recepcionar dados sem etiqueta de tempo. O computador “front-end” deve colocar uma etiqueta de tempo, porém esta etiqueta deve ser marcada como não confiável.
- Ajustar os retardos de tempo de comunicação de acordo com meio de transmissão e tipo de protocolo de forma a compensar os tempos de retardos inerentes.

Para todos os centros de controle regionais, as fórmulas de compensação devem ser aquelas atualmente usadas nos seus sistemas atuais. Maiores detalhes serão fornecidos durante o “workstatement” do projeto.

O sistema deverá considerar que futuramente a etiqueta de tempo para os dados de seqüência de eventos possa ser colocada pela UTR ou pelo IED (Intelligent Electronic Device) mais próxima ao sistema de potência.

O sistema deverá também prover a função SOE com capacidade de tratar listas provenientes dos centros de controle, dos centros regionais ou de outro centro de operação, integrando estas informações com as provenientes das remotas.

Deve ser possível ao operador desativar a varredura de uma lista de SOE de uma determinada remota. Igualmente deverá ser possível a reativação. Para cada desativação e/ou reativação deverá ser registrado no “logging” a mudança, o horário e a identificação do operador.

O sistema deverá ser capaz de tratar listas de SOE com resolução de 1ms. Os registros de SOE deverão ser armazenados no registro histórico, acessível na rede de tempo real e corporativa.

2. Sincronismo - as remotas não são sincronizadas para efeito de SOE. O SSC deve se encarregar de calcular um fator de correção e efetuar todas as compensações necessárias para que os eventos sejam ordenados em nível sistêmico na seqüência em que ocorreram, com a resolução de 1 milissegundo.

3. Interface com o usuário - o sistema deverá prever meios para que os usuários possam visualizar os eventos ocorridos, ordenados de forma cronológica, com data e hora. Deverão existir mecanismos adicionais para que os eventos possam ser filtrados para facilitar a visualização.

Os eventos deverão ser armazenados pelo menor por 38 dias, isto é, os usuários terão acesso a estes dados diretamente sem a necessidade de restaurar o backup. Após este prazo, os dados deverão ser armazenados nos meios destinados para os backups dos dados históricos.

Atributos de Qualidade de Dados - deverão ser previstos atributos de qualidade dos dados para qualquer informação coletada e processada pelo sistema. Os atributos de qualidade deverão ser propagados no envio de dados a outros centros.

Todos os dados, incluindo os calculados, devem ter atributos associados ou incorporados. Estes atributos servem de código de qualidade ou parâmetro que indicará a confiabilidade do dado. Os atributos são do tipo:

- Dado sem indicação de erro.
- Falha de medição.
- Violação de limites.
- Dados desativados pelo operador local e remoto.
- Dado estimado.
- Substituído pelo operador e/ou usuário local ou remoto, distinguindo estas duas condições.
- Dado bruto ou não processado.
- Resultado calculado.

Os códigos de qualidade devem ser aplicados na origem do dado e transferidos para todos os usuários. O sistema deve registrar o atributo de qualidade dos dados para o histórico. O atributo do dado calculado deverá ser obtido levando em conta os atributos das parcelas que o compõe. Como exemplo, um dado calculado, que tenha pelo menos uma parcela inválida será considerado inválido. O detalhamento da propagação dos atributos deverá ser feito no “workstatement”.

Invalidação de Dados - o procedimento de controle de invalidação de dados mencionado a seguir deverá ser efetuado pelos servidores de comunicação ou pelos servidores de aplicação. Alguns desses controles deverão ser específicos dos servidores de aplicação, tais como invalidação do estimador de estado e invalidação manual, alguns deverão ser específicos do subsistema de aquisição de dados, como as perdas de comunicação com as UTR, e outros poderão ser efetuados em ambos.

1. Invalidação de Telemedições:

- **Invalidação automática:** as telemedições poderão ser invalidadas a partir do programa de aquisição de dados ou pelo estimador de estado.
- **Invalidação manual e atualização:** o operador deverá ter a capacidade de manualmente invalidar uma telemedição. Este procedimento deverá estar disponível nos displays onde as medidas puderem ser apresentadas. Se uma telemedição for invalidada manualmente, o valor coletado deverá continuar a ser tratado e armazenado com o indicador de qualidade (“flag”) associado. O operador

deverá ter a capacidade de introduzir um valor manualmente, substituindo uma telemedicação invalidada.

2. Invalidação de Indicação de Estado:

- **Invalidação automática:** as telessinalizações deverão ser invalidadas, inicialmente, a partir do programa de aquisição de dados. A ausência da informação durante o controle de verificação geral, bem como uma detecção de erro na informação deverá invalidar a indicação de estado.
- **Invalidação manual e atualização:** o operador deverá ter a capacidade de manualmente invalidar uma telessinalização. Este procedimento deverá estar disponível nos displays onde a telessinalização puder ser apresentada.

A indicação de estado invalidada deverá continuar a ser coletada e com o indicador de qualidade (“flag”) associado. O operador deverá ter a capacidade de introduzir um valor manualmente substituindo uma telessinalização invalidada.

3. Processamento de Invalidação - uma informação inválida deverá inicializar os seguintes procedimentos:

- Atualização da lista cronológica de eventos.
- Atualização de todos os displays envolvidos na invalidação, sendo que todas as informações inválidas deverão ser diferenciadas por uma indicação ou por uma cor diferente.

Se a invalidação for manual, a respectiva lista de telemédicações invalidadas ou de telessinalizações deverá ser atualizada.

4. Processamento de Revalidação - uma informação revalidada deverá inicializar os seguintes procedimentos:

- **Automática:** após o desaparecimento da falha se esta informação estiver sem o “flag” de invalidação manual.
- **Manualmente sob pedido do operador:** toda revalidação deverá provocar a atualização da lista cronológica de eventos. Deverá também ocorrer a atualização de todos os displays envolvidos na revalidação. Se a revalidação for manual, a respectiva lista de telemédicações ou de telessinalizações invalidadas deverá ser atualizada.

4.2.5.3 Controle Supervisivo

1. Requisitos Gerais - a especificação abrangente da função de controle tem por objetivo permitir a operação durante um período de transição de algum centro de operação e para eventualmente servir de redundância, para o caso de falha neste centro.

2. Envio de Comandos - o processamento no centro de controle deverá constar de duas fases:

- Fase de seleção, onde o operador seleciona o equipamento desejado para telecomandar. No final da fase de seleção, deve-se fazer verificações com o intuito de validar a seleção feita pelo operador e para autorizá-lo ou preveni-lo para passar para a fase de execução do telecomando.
- Na fase de execução, a ordem de telecomando será enviada para a UTR e para o servidor de dados e centros de operação. A correta execução do telecomando deverá ser verificada pelo sistema. Verificações deverão ser feitas durante esta fase para garantir a perfeita execução da ordem do telecomando. A emissão do comando deverá ser registrada no “logging” com o horário e a identificação do operador. O resultado deste comando deverá ser igualmente registrado. Em caso de falha na execução do comando, deverá ser gerado um alarme.

Os tipos de comandos a serem executados são:

- Abertura e fechamento de dispositivos de dois estados (por exemplo: chaves, disjuntores).
- Incremental (Raise/lower) (por exemplo: taps de transformadores, geradores): deve ser possível selecionar o equipamento e executar múltiplos comandos incrementais.
- Set point (por exemplo: transformadores, geradores, reguladores).
- Transferência de modo de controle (por exemplo: manual/automático, bloqueado/não bloqueado).

O sistema deverá prever flexibilidade para que comandos possam ser submetidos a um sistema de intertravamento, onde existirão expressões booleanas associadas a cada comando a serem calculadas de forma a autorizar o envio do comando. Caso o comando não seja autorizado, o operador deverá ser alertado.

“Tagging” - deverão ser previstos “tags” para informar ao operador sobre uma condição especial de um determinado componente do sistema elétrico de potência. Esta sinalização tem por finalidade impedir alguma ação sobre o referido dispositivo. O sistema deverá registrar o nome do operador no momento da inclusão e/ou supressão do “tag”, para identificação do usuário.

Definição de “Tagging” - a função de definição de “tag” deverá permitir ao operador definir os tipos de “tags” desejados. O tipo define o efeito que este deverá ter quando colocado sobre o equipamento desejado. Os tipos de “tags” poderão ter uma ou mais características, entre outras:

- Abertura e/ou fechamento do equipamento impedido e/ou bloqueado.
- Em manutenção.

Cada tipo de “tag” deverá também especificar a sua prioridade, permitindo a identificação dos diferentes tipos de “tags” de forma única no diagrama unifilar da subestação e/ou usina.

1. Colocação de “Tag” - a função de colocação do “tag” deverá permitir ao operador posicionar “tags” nos equipamentos para impedir a abertura e/ou fechamento, ou ainda, para

informar ao operador sobre qualquer condição especial existente. Os operadores deverão ter capacidade de entrar com textos livres, associados ao “tag”.

2. Supressão do “Tag” - a função de supressão do “tag” deverá também ser disponível ao operador. O sistema deverá registrar o nome do operador no momento da supressão do “tag”, para identificação do usuário.

4.2.5.4 Saídas Impressas

Geral - as impressões deverão ser usadas para eventos e/ou alarmes do sistema de potência, do sistema computacional, telecomandos, sistema de telecomunicação, bem como para impressões periódicas e relatórios.

Registro de Operação - os seguintes tipos de mensagens deverão ser impressos no instante da ocorrência: eventos e alarmes, inibição de alarmes e controle supervisão.

Impressões Cíclicas ou por Solicitação - o usuário deverá ter a capacidade de configurar no banco de dados os atributos de periodicidade das impressões, inclusive o cancelamento de parte das impressões. Os relatórios horários, diários e semanais deverão ser impressos (periodicamente ou por solicitação).

4.2.5.5 Análise de Pós-Perturbação

A função de análise de pós-perturbação ajudará a determinar os efeitos no sistema de potência de uma perturbação como, por exemplo, a perda de uma linha de transmissão principal. Desta forma, esta função deverá permitir a recuperação do estado do sistema monitorado em qualquer tempo, após a ocorrência.

O sistema deverá prover um conjunto de ferramentas para efetuar consultas a esses dados. Desta forma, a função de análise de pós-perturbação deverá, no mínimo, incluir dois tipos de recursos:

- Armazenamento de dados – já incorporado na função de histórico.
- Recuperação, total ou parcial, definida no tempo e/ou por tipo de informação.

Armazenamento de Dados Históricos - a função de armazenamento de dados históricos deverá armazenar, de forma constante e automática, todas as mudanças de dados pré-selecionados e calculados pelo SCADA. Este armazenamento não deverá ter limitação de tempo, quanto ao número de informações a serem pré-selecionadas para este fim. Esta limitação deve ser apenas baseada na capacidade de armazenamento do sistema.

Perdas de valores, devido ao esquema periódico da função de armazenamento, não podem acontecer. A performance deverá ser suficiente para manipular situações com grandes quantidades de mudanças em um curto espaço de tempo.

Como conseqüência, a função deverá gerenciar a alocação do espaço em disco de maneira que o operador seja informado quando o salvamento dos arquivos em outros meios magnéticos for necessário.

Recuperação de Dados - a função de recuperação de dados deverá ser capaz de recriar uma configuração já passada do sistema de potência e possibilitar uma visão geral do estado do sistema de potência em qualquer ponto histórico no tempo passado.

A função deverá recuperar do banco de dados do SCADA (a parte que foi armazenada na base de dados históricos). Deverá ser possível a visualização da recuperação das seguintes formas:

- Diagramas unifilares normais do SCADA.
- Diagramas tabulares normais do SCADA.
- Displays normais do sistema quando aplicável, isto é, quando eles incluírem dados do SCADA.

Uma vez recuperado o banco de dados SCADA, a função deverá permitir ao operador:

- Recuperar os dados para um outro momento.
- Pular para frente para um próximo momento, no qual houve mudança nas informações.
- Entrar no modo “play-back” no qual a recuperação dos dados deverá ser contínua. A velocidade de recuperação deverá ser ajustável de maneira mais rápida ou mais lenta, em relação ao período de hora normal.

Em modo “play-back”, o operador poderá selecionar valores e utilizar os recursos de curvas de tendência em vídeo. Deverá ser possível o uso do banco de dados SCADA para inicializar:

- Aplicações de análise de rede: por exemplo, deverá ser possível executar o estimador de estado com os dados recuperados.
- Simulador para treinamento de operadores: neste caso, os dados recuperados serão usados como ponto de partida de uma sessão de simulação.

4.2.6 SOFTWARE APLICATIVO

4.2.6.1 Introdução

O software aplicativo do SSC deverá incluir funções em modo de tempo real e em modo de estudo, bem como interfaces com o planejamento, programação da operação, pré-operação e pós-operação, as quais serão processadas em um ou mais servidores, simultaneamente ou de maneira independente.

As funções que compõem o software aplicativo deverão ser ativadas automaticamente em base cíclica, por evento, ou por demanda do operador.

Deverá ser possível testar todas as funções de tempo real ou na modalidade de estudo utilizando os dados oriundos de um fluxo de potência convergido no lugar dos valores telemedidos.

O fornecedor do sistema deverá fazer o carregamento da base de dados inicial e de outras bases subseqüentes, utilizando exclusivamente instruções documentadas, e ferramentas de

validação e depuração que sejam parte do sistema de manutenção e geração de base de dados. O deverá também prover suporte técnico para a definição de modelos e formatos de entrada da base de dados. Quando da ocorrência de mudanças na entrada da base de dados, requerida por quaisquer alterações nos programas do software aplicativo, deverá prover instruções claras e específicas para a equipe da empresa. O fornecedor deverá ser responsável por todos os testes destes programas com a base de dados, participação e assistência da empresa.

O fornecedor deve ser responsável por qualquer ajuste (“tuning”) dos programas do software aplicativo, requeridos para alcançar os resultados corretos em um ambiente operacional e para atingir os requisitos especificados. Os ajustes deverão contemplar modificação nos parâmetros de ajuste, nos valores “default” e outros definidos na base de dados.

Função de Carga da Programação da Operação - esta função deverá fazer a interface entre os sistemas de software da área de pré-operação ou de programação da operação e os SSC dos centros regionais. Os dados da programação deverão ser, inicialmente, carregados no banco de dados relacional e, a partir daí, serem disponibilizados na base de dados de tempo real. A programação é elaborada diariamente e “discretizada” em patamares. Entenda-se por patamar, o período mínimo em que a programação é “discretizada”. O valor inicial pode ser de 30 minutos, devendo o sistema permitir a alteração deste período (parametrização) de forma a ajustá-lo a novos valores que venham a ser definidos pela área de programação e/ou pré-operação. Assim o sistema deverá suportar:

- A estruturação da base de dados relacional e a base de tempo real para receber as informações da programação, tais como, gerações, intercâmbios, etc. Estas informações são produzidas em vários níveis de agregação, tais como, usinas, empresas, região, etc. “discretizadas” em diferentes passos temporais (horário, diário, por patamar, etc.) O detalhamento destas informações ocorrerá durante o “workstatement”.
- Capacidade de armazenamento na base de dados relacional de, pelo menos, sete dias de programação.
- Ferramentas para acessar os dados produzidos pela programação ou pela pré-operação e carregá-los na base relacional, carga esta que, em princípio deve ser em base diária. No entanto, deve ser possível carregar vários dias, visando contemplar as programações de fins de semana e feriados prolongados.
- Periodicamente, de acordo com cada patamar, o sistema deverá carregar a programação correspondente ao patamar corrente na base de dados de tempo real. Tal carga deverá ser feita, também, sob o comando do operador.
- Na base de tempo real, deverá ser possível utilizar as seguintes informações:
 1. Oriundas de qualquer tela, inclusive mesclando-as com os dados obtidos em tempo real pelo SCADA.
 2. Com dados do processamento de qualquer aplicativo que a empresa venha a desenvolver e/ou integrar ao ambiente de tempo real.
 3. Provenientes da definição de reprogramações de intercâmbio líquido entre áreas de controle, feitas manualmente pelo operador através de telas e aplicativos especialmente projetados pelo sistema para este fim.

Alteração Dinâmica de Limites com Valores Programados - o sistema poderá possuir uma função que altere dinamicamente os limites de verificação com os valores programados para cada período, relativos a intercâmbio, carga, geração e manutenção. Desta forma, o desvio entre o valor programado e o real poderá ser sinalizado para o operador.

Função de Controle Automático da Tensão - o controle automático de tensão deverá atuar em todos os dispositivos disponíveis para o controle da tensão: compensadores síncronos e estáticos, banco de capacitores, reatores, geradores e taps de transformadores.

Funções de Monitoração e Controle - para os centros regionais que tiverem controle de geração, deverá incluir a função controle automático de geração, para controle em malha fechada da geração de potência ativa, de forma a regular a frequência e o intercâmbio líquido conforme os seus valores programados.

Este programa deverá estar devidamente integrado no ambiente de tempo real, recebendo informações do configurador de rede e admitindo o uso de medidas de intercâmbio estimadas em substituição a medidas oriundas das UTRs ou via entrada manual.

Deverá ser prevista interface para a carga da programação da operação, podendo ser acessada a programação de geração e intercâmbio líquido. Esta interface deverá gerenciar as reprogramações manuais de intercâmbio líquido entre áreas, de forma que seja sinalizado de forma sonora, na console dos operadores, o instante de ativação de cada programação alterada manualmente (reprogramação).

O controle a ser enviado para as usinas é do tipo “raise/lower” e “set point” e deverá ser individual por unidade geradora. Deverá ser prevista, também, a possibilidade de ser retirada a área de controle de maneira automática.

O sistema deverá incluir neste subsistema telas com os requisitos mostrados no controle de execução do CAG e na programação diária de intercâmbio apresentadas no item de interface com o usuário.

O despacho de geração deverá ser feito pela programação da operação, utilizando a função de pré-despacho. A interface desta função deverá ser feita através de tabelas armazenadas em banco de dados relacional, conforme descrito no item de Software do Sistema. Tais tabelas poderão ser atualizadas manualmente, através de telas de acesso.

A função de monitoração da reserva deverá contemplar o cálculo periódico de valores instantâneos e integralizados da reserva por usina e totalizado: girante, de regulação, não girante e operativa.

O sistema deverá possuir meios para que os valores integralizados não sejam perdidos quando da ocorrência de falhas ou reinicializações no sistema. Deverá ser prevista a existência de alarmes para informar ao operador quando os valores integralizados se situem abaixo do limite pré-definido. Esta função deverá ser dimensionada para a totalidade das usinas descritas a partir da tabela 6.

Funções de Análise de Redes - o software aplicativo deverá incluir funções de análise de segurança da rede elétrica executadas em tempo real e em modo de estudo. Deverá ser possível estruturar os resultados da análise da rede em qualquer tela, em valores de engenharia.

1. Tempo Real - a seqüência em tempo real deverá conter, no mínimo, os seguintes programas integrados no ambiente: configurador de redes, estimador de estado, adaptador de parâmetros, redutor de redes e análise de contingência com configurador associado.

Estas funções poderão ser processadas de maneira automática ou por demanda, podendo o operador ativar ou cancelar o processamento. A seqüência de execução dos programas poderá ser modificada para retirar ou incluir programas adicionais e alterar a periodicidade da execução de alguns dos programas.

Deve-se prever um conjunto de telas que permitam controlar o processamento, mostrar os resultados, ajustar parâmetros de programas e impressão de resultados. Funções com os requisitos mostrados nas telas de controle de execução dos programas de tempo real, ajuste de parâmetros, resultados do estimador, desvio padrão LT/TR apresentadas no item de Interface com o usuário.

Além destes programas, deverá ser executado o fluxo potência ótimo com objetivo de apresentar um conjunto de ações de controle que podem ser seguidas pelo operador de forma a minimizar as violações de sobrecarga e tensão.

2. Modo de Estudo - as funções que compõem a seqüência em modo de estudo deverão ser processadas em qualquer console do sistema sem interferência entre elas. Os casos para efetuar o processamento dos estudos podem vir do resultado do estimador de estado, da cópia dos dados provenientes do sistema SCADA ou de casos gravados. As seguintes modificações de dados para estudo deverão ser possíveis:

- Dados de carga de uma determinada ilha.
- Dados de intercâmbio.
- Escolha de unidades geradoras como “swing”.
- Topologia da rede: através da abertura ou fechamento de equipamentos de chaveamento da versão de entrada de estudos dos diagramas unifilares do sistema, e/ou telas com descrição do nome do equipamento a ser retirado (linha, trafo, gerador ou dispositivo de chaveamento).
- Dados de componentes do sistema de potência que caracterizam “nós”, unidades geradoras, linhas, transformadores e taps.
- Restrições operativas.

Os programas que compõem a seqüência do modo de estudo devem ser: configuradores de redes, modeladores de redes, fluxo de potência do operador, redutor de rede, análise de contingência com configurador associado e fluxo de potência ótimo.

Este conjunto de programas deverá ser processado em qualquer console, acessando uma área

de trabalho individual sem interferir nas demais consoles que também poderão estar executando os mesmos programas ao mesmo tempo.

Deverá existir uma interface com o operador durante a execução da seqüência para que possam ser feitas alterações, tais como, adicionar ou eliminar qualquer componente do sistema de potência (estações, geradores, shunts, linhas, carga, transformadores e taps variáveis), variações de carga e substituição de barra “swing”.

3. Requisitos de Modelagem - a modelagem do sistema elétrico de potência a ser utilizado pelas funções de análise de redes do tempo real, modo de estudo e ambiente do simulador para treinamento de operadores deve permitir representar todos os equipamentos do sistema elétrico e, especialmente, os seguintes:

- Baixa impedância nas linhas de transmissão e conexões com impedância zero. Técnicas especiais de modelagem devem ser utilizadas para obter uma convergência estável das funções de análise de redes quando esta apresenta baixas impedâncias ou conexões com impedância zero (“jumper”).
- Linhas de transmissão com modelo PI desbalanceados, ou seja, equipamentos “Shunt” ou série em pelo menos uma das extremidades da linha de transmissão.
- Linhas de transmissão com derivações, cada seção deve ser modelada como uma linha separada ou com segmento de linha.
- Os limites de linhas de transmissão, transformadores e tensões em barramentos utilizados para monitoração devem ser os mesmos usados pelo sistema SCADA em tempo real.
- Todas as funções de análise de redes devem apresentar soluções quando uma linha de transmissão, ramal de linha de transmissão ou transformadores que tiverem terminais abertos.
- Para Transformadores de Tap Fixo ou Variável (LTC) as impedâncias devem ser ajustáveis de acordo com a posição do tap.
- Representar transformadores em paralelo com diferentes posições de tap.
- Cargas de conformidade (“conforming”) e de não conformidade (“nonconforming”).
- Banco de capacitores e reatores devem ser representados separadamente.
- Compensadores síncronos.
- Controle da tensão de barramento pela potência reativa, através dos seguintes equipamentos: transformador “LTC”, gerador, compensador síncrono, compensador reativo controlável, banco de capacitores e reatores “Shunt”. O controle pode ser local ou à distância. Mais de um equipamento pode controlar a mesma tensão de barramento, neste caso a potência reativa será distribuída entre os equipamentos controladores da mesma maneira, de acordo com seus limites, ao mesmo tempo.
- Deve ser possível ativar ou desativar o controle “LTC” dos transformadores de tap variável.

- O controle de reativo dos geradores e compensadores síncronos pode ser alterado pelo operador de controle de tensão para valor fixo de potência reativa e vice-versa para manter a tensão e os limites de reativos.
- Quando aplicável, permitir a representação da atuação no controle de equipamentos de forma natural e discreta.
- Para as unidades geradoras a modelagem deve ser a mesma utilizada nas funções de despacho e controle de geração e da programação. As funções de análise das redes em tempo real devem utilizar os mesmos limites usados pelo CAG. Os limites de potência reativa em relação a uma determinada potência ativa são calculados a partir de curvas de capacidade.
- Curvas de capacidade de unidades geradoras devem ser modeladas de forma paramétrica.
- Cargas de serviços auxiliares de usinas devem ser modeladas como uma função da geração das unidades geradoras.
- Equipamentos de manobra em qualquer configuração de barramentos para subestações.
- Os transformadores de três terminais devem ser modelados com dois terminais, qualquer resultado para os nós intermediários não deve ser apresentado na tela do operador.
- Se existirem ilhamentos na rede elétrica, os programas de análise de redes devem apresentar resultados para todas as ilhas. Se por alguma razão, uma ou mais ilhas não puderem ser resolvidas, as ilhas remanescentes devem ser sinalizadas para que sejam resolvidas. Qualquer função que utilizar uma parte da rede elétrica resolvida deve ignorar as ilhas não resolvidas na sua execução.
- Se o modelo de reserva de potência e seus resultados forem apresentados em telas, eles devem ser coerentes com a função de monitoração da reserva em tempo real.
- Equipamentos de conversão de corrente alternada para corrente contínua e vice-versa.
- Linhas de transmissão em corrente contínua.

4.2.6.2 Descrição dos Programas

Monitoração e Controle da Geração em Tempo Real - as funções de controle de geração em tempo real são responsáveis pelo controle e monitoração da geração e reserva operativa, monitoração de reservatórios e programação de intercâmbios. O sistema deverá contemplar as funcionalidades de: controle automático de geração, monitoração de performance do CAG e monitoração da reserva de geração.

Para os requisitos acima e para efeito de dimensionamento dos programas de monitoração controle de geração em tempo real, o fornecedor deverá levar em conta o número de usinas e unidades geradoras, conforme descrito a partir da tabela 6.

1. Controle Automático de Geração - o CAG deverá obter informações diretamente do sistema de potência oriunda das UTRs e processadas pelo SCADA dos dados de MW de geradores, limites das faixas de regulação das mesmas, pontos de intercâmbio e enviar comandos para as unidades geradoras de usinas. A informação de frequência deverá ser obtida do hardware descrito no item Requisitos de Hardware com redundância por medição. O software deverá ter a capacidade de comutação automática entre os transdutores quando houver falha de medição.

A função CAG deverá prover o controle de geração em malha fechada, tendo como objetivo a regulação da frequência do sistema e/ou o intercâmbio líquido da área de controle. Este controle deverá ser previsto em bases horárias ou em qualquer fração da hora, parametrizável pelo usuário, dentro da programação de geração e intercâmbio. A periodicidade das informações deverá ser:

- Para a regulação do processo relativo as telemedições (frequência, geração e fluxos de potência ativa nos pontos de intercâmbio), no mínimo a cada 2 segundos.
- Para o envio de controle para as unidades geradoras parametrizáveis pelo operador em múltiplos de 2 segundos e com variação de 4 a 20 segundos.

A ação de controle sobre as unidades geradoras deverá ser feita através do envio de comandos “raise/lower” e “set-points”, devendo ser possível uma escolha através de parâmetros definidos no sistema. O comando “set-point” será obtido através da soma do ponto base e do componente de regulação.

As unidades geradoras deverão apresentar, pelo menos, as seguintes modalidades de operação:

- OFF – quando a unidade está sincronizada ao sistema elétrico, mas está gerando abaixo de um valor definido.
- MAN – quando a unidade não está participando da regulação secundária, apenas da primária.
- REG – quando a unidade está participando da regulação secundária sob controle do CAG.
- RMP – quando a unidade está operando em rampa, neste caso existem dois tipos:
 - Rampa forçada - o CAG coloca a unidade automaticamente em rampa quando esta entra em uma faixa de cavitação.
 - Rampa programada - o operador programa a operação da unidade em um novo ponto de operação adequado ao sistema.
- SIN – quando a unidade está funcionando como síncrono e fora do controle do CAG.

As unidades também devem apresentar os seguintes estados de operação:

- LIG – quando a unidade está sincronizada ao sistema.
- PRT – quando a unidade não está sincronizada ao sistema, mas pode ser sincronizada a qualquer momento.
- IND – quando a unidade está parada para manutenção.

Além do tipo de controle e do estado das unidades, também deve ser apresentada a informação sobre a localização da chave de controle inerente a cada unidade:

- L – quando a chave de controle da unidade se encontra no modo Local (o controle está na usina).
- A – quando a chave de controle da unidade se encontra no modo Auto (o controle se encontra no centro de supervisão).

A função CAG deverá contemplar os seguintes modos de controle, de acordo com a seleção feita pelos operadores: controle de “Tie-Line Bias”, controle de intercâmbio líquido constante e controle a frequência constante.

A função CAG deverá considerar a correção do erro de tempo e dos intercâmbios involuntários.

A frequência programada deverá ser manualmente definida pelo operador. O intercâmbio líquido deverá ser calculado pela soma algébrica de todos os pontos possíveis de intercâmbio, somado com as seguintes parcelas:

- Intercâmbio medido para gerações e cargas situadas fora da área controlada pelo SSC.
- O intercâmbio involuntário (integração, no tempo, do desvio entre o intercâmbio medido e o intercâmbio programado).

A função CAG deverá controlar as unidades geradoras, através do envio de sinais de controle, levando em conta os limites operativos estáticos e dinâmicos das unidades geradoras e suas características de resposta e restrições.

As taxas dinâmicas de limites deverão incluir dois conjuntos separados de controle para as unidades, sendo um para aumento de geração e outro para diminuição. Cada direção deverá ser provida de uma taxa de resposta normal e uma taxa de curto termo, a qual deverá permitir maiores variações em pequenos intervalos de tempo.

Todos esses limites deverão ser digitados pelos usuários ou telemedidos das usinas. Os “set-points” deverão refletir a capacidade de regulação relativa das várias unidades. A capacidade de regulação deverá ser especificada pelo operador através dos fatores de participação na regulação. Estes fatores deverão ser normalizados automaticamente, ajustando-se em função da lista corrente de unidades geradoras conectadas à função CAG.

O operador deverá ter capacidade de especificar quais unidades geradoras participarão da regulação suplementar da função CAG, em função da necessidade de regulação, expressa pelo Erro de Controle de Área (ECA).

A função CAG deverá ser suspensa temporariamente se houver grandes distúrbios determinados pela necessidade do ECA. Ela deverá retornar à operação normal se o distúrbio desaparecer dentro de um espaço de tempo, caso contrário, ela deverá permanecer suspensa.

O usuário deverá ter a possibilidade de ligar e/ou desligar o CAG manualmente. As unidades geradoras deverão ser colocadas sob controle da função CAG manualmente pelo operador. Isto só será possível se, em correspondência, o operador da usina também conectar localmente a referida unidade ao CAG. A unidade geradora será retirada automaticamente do CAG se o operador da usina assumir o controle localmente ou se o SSC receber informações de anormalidades na operação da unidade. O operador deverá ser informado sempre que houver uma condição na qual o modo de controle da unidade não for o mesmo localmente na usina e na função CAG.

A unidade geradora deverá ser retirada do CAG sempre que o programa detectar que a mesma não está respondendo adequadamente.

A função do CAG deverá estar apta a controlar grupos de unidades geradoras em conjunto, onde as características individuais das unidades deverão ser utilizadas para obter as características do grupo de unidades. As ordens de comando deverão ser enviadas para cada unidade. Os seguintes meios para a definição dos pontos-bases deverão ser disponibilizados:

- Pontos-bases programados: a geração das unidades ao longo do tempo, sob a forma de “data set”, que podem ser importados de uma função de programação da operação, ou introduzidos manualmente pelos usuários autorizados.
- Sobreposição manual de valor: o operador substitui manualmente um dado valor de ponto base.
- Média: valor médio dos limites inferior e superior da unidade.
- Rampa: a geração da unidade está subindo ou descendo até um dado valor a uma taxa de variação pré-definida.

Além disso, o sistema deverá prover telas para permitir as seguintes entradas manuais:

- Seleção do modo de controle do CAG.
- Seleção do modo de controle da usina e/ou unidade geradora.
- Definição dos fatores de participação das usinas e/ou unidades geradoras.
- Definição dos pontos bases das usinas e/ou unidades geradoras.
- Definição do valor do desvio programado de frequência.
- Definição do valor do desvio programado de intercâmbio líquido.
- Definição do “Bias” de frequência da área de controle (o cálculo dinâmico do “Bias” deverá ser realizado periodicamente pelo programa).
- Número de horas que a unidade pode operar em faixas não recomendáveis ou proibidas.
- Substituição de valores telemedidos.
- Mudanças manuais de estado.
- Desativação de valores telemedidos.

2. Monitoração de Performance do CAG - esta função deverá produzir relatórios cíclicos com períodos configuráveis sobre a performance e qualidade do CAG, devendo estar disponíveis tanto em displays quanto em registros históricos, informações sobre: toda a área de controle e análise de desempenho de unidades geradoras ou grupo de unidades geradoras controladas pela função CAG.

Os relatórios deverão ser classificados em intervalos horários, com janelas de 10 minutos. As seguintes variáveis deverão ser consideradas para monitoração da performance do CAG na área de controle: desvio padrão do ECA, média do ECA, valor máximo do ECA, integral do ECA (frequência e MW), número de vezes que o ECA cruzou um determinado limite incluindo o zero, integração do intercâmbio involuntário, integração do intercâmbio líquido e erro de tempo.

As seguintes variáveis deverão ser consideradas para a monitoração da performance do CAG para cada unidade geradora: desvio padrão de mudança de sinal do MW, média de mudança de sinal de MW e fator de participação de regulação.

Um teste de resposta para cada unidade geradora deverá ser executado juntamente com o ciclo de execução do CAG, para detecção de condição de unidade geradora “not-tracking”. Alarmes deverão ser gerados quando a unidade geradora passar para o estado “not-tracking” e quando esta retornar ao normal.

O monitor de performance de unidades deverá ser capaz de tratar as unidades individualmente, bem como em grupos de unidades controladas em conjunto pela função CAG.

Configurador da Rede - esta função deverá prover o modelo da configuração do sistema elétrico nas condições normais e de contingência para as versões de tempo real e modo de estudo. Programas, tais como, estimador de estado, fluxo de potência, avaliação de contingência, atualização dinâmica do painel mímico, processador de mensagens, controle automático de geração, farão uso do modelo de rede em seu processamento.

A versão de tempo real deve ser ativada por evento toda vez que for alterado um estado de chave ou disjuntor. Deverá ser ativada também na inicialização do sistema. Deverá haver uma versão do configurador que irá preparar o modelo da rede para a execução de contingências em tempo real, obtendo seus dados estáticos do banco de dados do sistema e seus dados dinâmicos de área comum utilizada pelo programa de contingência em tempo real. As contingências selecionadas estarão descritas em uma tela onde consta o nome do disjuntor a ser aberto ou com o nome do equipamento a ser retirado.

A versão de modo de estudo deverá ser processada por demanda do operador e deverá buscar seus dados na área de estudo associada a cada console. Deverá utilizar como ponto de partida os dados de tempo real, solução do estimador ou casos salvos por console.

Deverá haver uma versão do configurador que irá preparar o modelo da rede para a execução de contingências em modo de estudo. Estes dados poderão vir dos diagramas unifilares versão entrada de estudo ou displays tabulares com o nome do equipamento a ser retirado ou o conjunto de disjuntores a serem abertos. A determinação da estrutura topológica deverá estar

montada em um conjunto de tabelas de conectividade da rede.

O configurador deverá ser capaz de identificar várias ilhas no sistema, podendo configurar um sistema descrito detalhadamente, em nível de chaves e disjuntores, e uma rede descrita na forma não detalhada, barra/equipamento, formando uma rede única a ser utilizada pelos programas de tempo real e estudo.

A informação sobre ilhas deverá ser apresentada de forma gráfica, permitindo um rápido reconhecimento. O configurador deverá emitir mensagens quando houver modificação no estado dos equipamentos, ou seja, a conexão/desconexão de equipamentos, separação de nós elétricos e a identificação de ilhas poderão ocasionar, a critério do operador, a emissão de mensagem de alarmes ou de eventos.

Estimador de Estado - o estimador de estado faz parte do conjunto de programas que compõem a seqüência de análise de segurança em tempo real. O programa deverá utilizar as telemedições disponíveis, e aquelas informadas pelos operadores e, onde necessário, a estimativa de injeções para calcular a solução de tensão da rede mais precisa que os resultados de um fluxo de potência convencional.

Em estações onde existem reatores de linha, o programa deverá admitir uma modelagem que considere a medição do fluxo seja realizada antes do reator e não na saída da linha. O programa deverá calcular os fluxos nas linhas e injeções (geração e carga).

Deverá ser calculado o resíduo normalizado para permitir ao operador identificar medições inválidas. O resultado do estimador de estado deverá estar disponível para o programa de análise de contingência em tempo real, bem como para servir de caso base para os programas de modo de estudo. Deverá ter uma interface com o programa de controle automático da geração e controle de tensão.

O estimador de estado deverá calcular os valores de tensão e ângulo, para todas as barras que compõem o sistema elétrico, que melhor representem o conjunto de medidas consideradas. O conjunto de medidas que estarão disponíveis corresponde aos valores de MW, MVAR de linhas e transformadores, KV de todos os barramentos, tap de transformadores, injeção de barras de passagem, valores informados pelos operadores e, quando necessário, cargas distribuídas.

Deverá ser disponibilizado para os operadores um conjunto de telas que permitam especificar o desvio padrão de cada medida (linha, gerador, carga etc.), conforme o exemplo da tela de desvio padrão de linhas e transformadores, no item de Interface com o Usuário.

O operador deverá se comunicar com o programa através de uma tela de controle onde o ele poderá decidir as condições nas quais o programa irá ser processado: por demanda, por evento ou periodicamente.

O programa deverá ser ativado periodicamente ou através de eventos como, por exemplo, a perda de linha, gerador, variação de carga ou intercâmbio acima de um valor especificado, variação de tap acima de um determinado número de steps e etc.

Os valores de fluxo em linha, tensão de barra, valores de geração e tap de transformadores deverão ser mostrados nos diagramas unifilares, versão de tempo real, no lugar das medições vindas das UTR. Deverá haver a possibilidade de emissão de mensagens de alarmes de violação de tensão e sobrecarga.

O programa deverá ter capacidade para detecção e correção de erros grosseiros apresentando sempre que for o caso o valor da pseudomedida calculada. Estes valores deverão ser apresentados ao operador, com a solicitação de uso ou não dos mesmos. Deverá ser possível, via console, ativar um processo automático de uso dos valores sem solicitação específica ao operador.

Com a finalidade de teste de um novo banco de dados, deverá ser possível processar o estimador de estado sem as UTRs em varredura, utilizando os dados de um fluxo de potência convergido. O programa deverá utilizar os resultados obtidos da função do adaptador de parâmetros como pseudomedidas, quando for necessário de acordo com observações no sistema elétrico.

Adaptador de Parâmetros - a função de adaptador de parâmetros deverá ser utilizada para manter dados previstos para horas, dias e meses típicos do ano, que poderão ser configurados em tabelas do banco de dados. Em conjunto com dados previstos, os resultados do adaptador de parâmetros deverão ser usados para obter valores dependentes do tempo para: posições de chaves e disjuntores, cargas, valores especificados de tensão e tap de transformadores e transformadores defasadores.

Esta função deverá atender aos seguintes requisitos:

- O número de dias típicos deve ser configurável.
- As horas típicas devem ser determinadas especificando intervalos de tempo nas 24 horas de um dia.
- Sempre que possível as informações previstas devem ser atualizadas de forma adaptativa e suave, considerando os resultados do estimador de estado.

Esta função deverá manter os seguintes dados:

- Carga de conformidade prevista para a barra (potência ativa e potência reativa).
- Carga de não conformidade prevista para a barra (potência ativa e potência reativa).
- Programação de chaves e disjuntores – o programa deverá manter seu estado (aberto ou fechado).
- Tensões especificadas nas barras de tensão controlada.
- Taps programados para transformadores e transformadores defasadores.

4.2.6.3 Redutor de Rede

Partes do sistema externo, que estão além da fronteira da área do centro regional, podem ter uma influência significativa sobre a resposta no sistema interno no caso de contingências. Esta região do sistema pode ser representada usando o resultado de um programa redutor ou

equivalente de rede, o qual deve ser capaz de assegurar a precisão das funções de análise de redes. O modelo do sistema externo deverá ter dois componentes:

- Sistema elétrico externo retido (“Buffer Zone”).
- Sistema elétrico externo equivalente – esta região deve ser representada por um modelo equivalente estático simplificado, considerado como parte da rede externa.

Esta função deverá apresentar as linhas e injeções equivalentes de forma a representar a influência do sistema externo. Será necessária uma modelagem robusta para minimizar a necessidade de processar esta função freqüentemente. O equivalente do tipo “Ward” ou similar é aceitável como solução.

Análise de Contingências - a função análise de contingências deverá avaliar a segurança do sistema em regime permanente sob os critérios de contingência simples e múltipla. O programa de análise de contingências deverá ser executado:

- Em tempo real, automaticamente, sendo que o caso base será obtido da solução do estimador de estado. Poderá ser processado com ou sem a execução do programa redutor de redes. A execução periódica poderá ser suspensa pelo operador através de uma tela controladora da seqüência em tempo real como sugerido no item de Interface com o Usuário. As condições de ativação do programa deverão ser idênticas as do programa de estimação de estado.
- Em modo de estudo, sob demanda, sendo os dados obtidos de uma solução do programa de estimação de estado ou um “snapshot” de tempo real. A preparação do caso base deverá ser executada pela seqüência de programas em modo de estudo. Deverá existir a possibilidade de a seqüência ser processada de maneira direta e sem a intervenção do operador.

A função análise de contingências deverá simular uma lista pré-definida de desligamentos, que podem associar qualquer combinação dos seguintes componentes da rede: linhas, transformadores, unidades de geração, condensadores síncronos ou estáticos, reatores ou capacitores e disjuntores.

Esta lista especificada pelo usuário deverá ter capacidade para amplos casos de contingência em tempo real. A cada caso deverá estar associado um nível de prioridade. Antes de serem processados os casos de contingência, o operador deve selecionar os níveis para serem usados no processamento, ou seja, serão processados todos os casos com nível igual ou menor do que o selecionado.

A análise de contingências deverá ter uma solução exata para ambas as potências ativa e reativa, baseada em cálculos sucessivos de fluxo de potência AC.

O efeito das várias regulagens (freqüência e tensão) deverá ser modelado respeitando suas limitações dinâmicas (banda morta, tempo morto, gradiente), correspondendo a temporizações especificadas pelo usuário (de alguns segundos a alguns minutos).

Desbalanços de carga/geração deverão ser corrigidos pela realocação de geração em concordância com a regulação de freqüência primária ou secundária, sob escolha do usuário.

Um processo de seleção de contingências deverá ser incluído para eliminar o tempo de cálculo desnecessário na análise completa: a seleção deverá usar algoritmo simplificado para identificar as contingências potencialmente graves (aquelas cuja solução se move muito próximo dos limites). Somente estas precisam ser submetidas à análise completa de CA. O usuário deverá ter condições de especificar os critérios de seleção (tolerância, parâmetros de seleção, número máximo de contingências para submeter à análise completa por categoria). Para cada contingência, o usuário deverá ter condições para designar os elementos da rede a serem checados em relação à violação de limites operativos:

- A lista de violação deverá reportar todos os tipos de violação de restrições operativas: sobrecarga de linhas e transformadores, violação do limite superior e inferior de tensão, queda excessiva de tensão, violações de limites de geração reativa, violações de limites de intercâmbio de área, excessiva separações de ângulo entre pares designados de nós.
- Também deverá ser possível checar em relação aos limites especificados pelos usuários, o fluxo total de MW e/ou MVAR em conjuntos de ramos designados.

Todas as contingências que causam as violações deverão ser assinaladas com identificação das violações e informações sobre a magnitude das violações. Adicionalmente, a verificação dos casos de contingências, o caso base também deverá ser checado quanto a violações. A função análise de contingências deverá reportar somente violações que excederam as violações do caso base, acima de uma magnitude especificada pelo usuário. As principais entradas do programa deverão ser: topologia da rede, características das linhas, transformadores e unidades geradoras e as lista de contingências. As principais saídas do programa deverão ser: para cada contingência simulada que causa violações, um relatório deverá ser emitido, indicando: os tipos de violações, limite de tensão ou de queda de tensão, limite de geração reativa, limite de fluxo nos ramos, limites de intercâmbio, limites de separação de ângulo de tensão, magnitude de violação em unidades físicas e em percentagem do limite violado, contingências ordenadas conforme um índice de severidade e para cada componente da rede em violação (após análise completa), todas as contingências que causam violação naquele elemento deverão ser listadas (com informações relativas a cada contingência).

Fluxo de Potência/Fluxo de Potência do Operador - o programa fluxo de potência deverá utilizar os algoritmos desacoplado rápido e “Newton-Raphson”, podendo ser utilizado pelos programas de análise de contingência em tempo real e em modo de estudo para o cálculo das tensões complexas (magnitude e ângulo). Para todas as barras, fluxo ativo e reativo em todas as linhas (linhas e transformadores), de um sistema pré-definido onde as injeções das barras (geração e carga) são conhecidas.

O operador deverá ter condições de inicializar o fluxo de potência utilizando como dados de entrada a solução do estimador de estado ou uma cópia dos dados de tempo real. Os programas podem ser utilizados pelos operadores na sala de controle para simulação de futuras reprogramações ou pelos engenheiros de tempo real para qualquer tipo de simulação.

Os diagramas unifilares usados para entrada e saída de estudos deverão ser, preferencialmente, aqueles usados pelo tempo real (SCADA). O programa de modelagem deverá executar atividades preparatórias para o programa de fluxo de potência, tais como:

- Construção da matriz admitida da rede.
- Cálculo da geração líquida fornecida pelas unidades.
- Conversão de valores de tensão para p.u..
- Transferência dos fluxos das linhas de intercâmbio da tabela do CAG para as tabelas de linhas com o devido acerto de sinal.
- Preparação de ilhas.
- Conversão dos valores de carga para p.u..
- Cálculo da carga de cada ilha.
- Escolha da barra “swing” e etc.

O programa de fluxo de potência deverá incluir as seguintes características:

- Controle de tolerância de convergência e outros parâmetros do programa.
- Capacidade de resolver ilhas múltiplas em uma única execução do programa.
- Capacidade de realizar controle de tap.
- Capacidade de realizar controle de tensão através de unidades geradoras.
- Representação completa de transformador defasador, posição de “tap” e ângulo de fase, com a capacidade de regulação do fluxo (MW) através do transformador.
- Capacidade de restabelecer todos os taps e capacitores na sua posição inicial por simples ações do operador.
- Capacidade de especificar posição de “tap” inicial, máximo ou mínimo, bem como tamanho do passo e correspondentes variações admitidas pelo transformador.
- Capacidade de verificar a solução quanto aos limites pré-selecionadas de MVA de linhas e transformadores, e de limites de tensão nos “nós”.
- Capacidade de especificar limites mínimo e máximo de MVAr de geradores em conjunto com a geração inicial.
- Capacidade para mudar todos os limites, através do operador.
- Dispor uma solução discreta para transformador regulador e defasagem de taps.

No caso do programa fluxo de potência não convergir, o programa deverá apresentar como saída o nome das barras não balanceadas de potência ativa e/ou reativa. Deverá ser prevista, também, capacidade para que o operador altere esses dados individualmente.

Um mecanismo deverá ser disponibilizado para inicializar automaticamente todos os dados do fluxo de potência, para condições previstas para o período especificado pelo usuário. As saídas principais deverão contemplar:

- Sumário (número de iterações, lista dos “nós” e etc.).
- Módulo e ângulo de tensão de cada “nó”.
- Fluxos de potência ativa e reativa em cada ramo.
- Geração ativa e reativa em cada unidade de geração.
- Posição de “tap” variável, para cada transformador e defasador.
- Linhas e transformadores em sobrecarga.
- Violações de limites de tensão.
- Violações de limites de geração reativa.
- Violações de limites de intercâmbio de área.
- Violações de limites de separação de ângulo de tensão.
- Geração total de potência ativa e reativa.
- Carga total ativa e reativa.
- Perda total ativa e reativa.
- Saída de MVAr de cada equipamento de geração de reativo.

Fluxo de Potência Ótimo - esta função deverá ser executada em tempo real e em modo de estudo. O programa poderá atuar sobre a solução da rede indicada pelo estimador de estado (modo de tempo real), ou uma solução da rede de estudo (modo de estudo).

Quando o caso base mostrar violações de limites de tensão e/ou de produção/absorção de MVAr, esta função deverá prover recursos ao operador, recomendando os controles que deverão atuar para aliviar ou eliminar as violações, de forma a trazer a solução da rede dentro dos limites, a saber:

- Potência ativa/reativa de unidades de geração.
- Potência reativa de geradores síncronos e compensadores estáticos.
- Chaveamento de reatâncias “shunts”.
- Ajustes de taps de transformadores.

Esta função deverá prover os seguintes recursos:

- Capacidade de definir, através de telas, quais os controles que estarão ativos, individualmente e por categoria.
- Capacidade de definir prioridades e curvas de custo para controles individuais e para grupos de controles.
- Capacidade de salvar/recuperar vários conjuntos de controles e prioridades de restrições.
- Capacidade de enumerar os controles recomendados de acordo com o grau de variação.

- Minimização do número de controles alterados pela supressão de reprogramações pouco eficientes.
- Cálculo de fatores de sensibilidade das funções objetivo em relação a modificações em restrições ativas.
- Possibilidade de o usuário especificar um esquema de seqüências de prioridades utilizado no emprego dos controles ou das restrições vigentes (deverá ser possível definir até 5 níveis de prioridade).
- Capacidade de realizar um eficiente refinamento sucessivo de curva de custo de forma a incrementar a melhor solução.
- Utilização de técnica efetiva para tratar soluções não factíveis – o programa deve detectar condições não factíveis, identificar o ponto de estrangulamento e determinar a melhor solução através de um algoritmo de “optimal limit relaxation”. As restrições aliviadas deverão ser reportadas ao usuário.
- O modelo utilizado no fluxo de potência ótimo deve ser totalmente compatível com aquele empregado pelo fluxo de potência e/ou fluxo de potência do operador. A variação discreta de certos controles (por exemplo, ajuste de tap de transformador e ocorrência de elementos “shunt”) necessita ser tratado pelo programa e visualizados os seus resultados.

Quando nenhuma otimização for executada (isto é, nenhum controle for modificado), a solução do fluxo de potência e do fluxo de potência ótimo utilizando o mesmo conjunto de dados deve ser idêntica.

Nas situações em que variáveis discretas forem tratadas como contínuas e depois processadas novamente para obter valores discretos, uma solução de fluxo de potência deve ser executada após o reprocessamento de forma a garantir que a solução apresentada seja fisicamente correta.

O algoritmo empregado no fluxo de potência ótimo deve ser eficiente, robusto, estável, preciso e não deve exigir um número excessivo de parâmetros de ajuste. Deverá haver um modo particular no qual somente os controles de potência ativa (geração de MW) deverão estar ativos. Neste modo, o fluxo de potência ótimo deverá indicar a geração recomendada para eliminar ou aliviar sobrecarga nos ramos que pode existir no caso base. Estes controles recomendados deverão ser passados para a função CAG para a determinação dos pontos-bases.

Um modo específico deverá ser previsto para otimizar somente os controles de reativo, de modo a eliminar ou aliviar violações de tensões. Em tempo real e no modo de otimização de reativo, o usuário deverá ter condições de verificar os controles recomendados e decidir então pela implementação automática através do SCADA. Também deverá ser possível ajustar um “flag” de modo a ter os controles ótimos implementados automaticamente (via SCADA). Neste caso, deverão ser tomados cuidados para checar a real disponibilidade do controle. O fluxo de potência ótimo deverá resolver equações de fluxo de potência, respeitando as restrições de operação. As seguintes restrições estáticas deverão ser respeitadas:

- Limites de tensão em cada “nó” por nível de tensão, por área e/ou por “nó”, em condições normais e de emergência.
- Saídas de geração (MW e MVar, com limites de MVar dependendo da saída de MW).
- Limites de fluxos nos ramos em MVA.
- Limites direcionais de intercâmbio em MW e/ou MVar.

Em tempo real, deverá ter prazo mínimo entre 2 operações sucessivas da mesma reatância. As variáveis de controle deverão ser a potência (MW e MVar) de unidades de geração, a posição de “tap” de transformadores e o estado de conexão das reatâncias “shunts” e capacitores, intercâmbio de potência ativa, transformadores difamador e desligamento de carga deverão fazer parte desta função de otimização e, em tempo real, poderão ser implementados automaticamente através do sistema SCADA, conforme os requisitos definidos no item de Funções SCADA. O elenco de funções oferecidas deverá abranger, mas não se restringir a:

1. Otimização do caso base com:
 - Minimização das perdas ativas do sistema.
 - Maximização ou minimização de geração em uma determinada usina (selecionável).
 - Maximização ou minimização de fluxo em uma determinada linha de transmissão (selecionável).
2. Controle de Emergência com:
 - Minimização do número de controles para corrigir violações de tensão ou sobrecarga.
 - Minimização da variação dos controles.
3. O sistema deverá ser composto por um software parametrizável e flexível que possibilite a configuração de novas equações e funções para esta função. As principais entradas deverão ser:
 - Topologia da rede.
 - Características de linhas, transformadores e unidades de geração.
 - Cargas das barras.
4. O operador deverá também ter as seguintes opções:
 - Designar prioridades para quaisquer controles individuais.
 - Definir a função custo para cada controle individual. A função custo deverá corresponder ao valor absoluto do controle, ou o movimento relativo a partir do valor inicial.
 - Especificar o valor das variáveis de controle em áreas externas a autoridade do operador.

- Especificar as restrições de operação a serem consideradas.
- Designar prioridades para quaisquer restrições individuais.

5. As principais saídas deverão contemplar:

- Tensão em módulo dos “nós”.
- Geração ótima para cada unidade geradora.
- Estado ótimo para reatores e capacitores.
- Posições de taps ótimas de transformadores (discreta).
- Perdas do sistema e custo operativo.
- Alteração no custo causada pelas mudanças de controle.
- Restrições respeitadas e seu custo marginal

4.2.6.4 Simulador para Treinamento de Operadores

O simulador deverá estar em ambiente separado, porém interligado à rede, com a função de treinamento e testes, no qual o operador deverá usar uma réplica do SSC para praticar com segurança as várias funções operacionais em condições operativas normais e de emergência.

O simulador deverá reproduzir o comportamento do sistema de potência de maneira real, devendo apresentar ao operador as mesmas informações disponíveis nas estações de trabalho. O simulador para treinamento pode conter um sistema de consulta e busca às instruções e normas da operação.

Uma console específica deverá ser dedicada para o instrutor responsável pela supervisão da sessão de treinamento. As interfaces do instrutor e do usuário a ser treinado deverão ser as mesmas. O simulador deve ser composto de um simulador do sistema elétrico e um simulador do SSC.

A operação do simulador não deve afetar a operação em tempo real do SSC. Adicionalmente, deve ser possível executar a manutenção do banco de dados, telas e integração de novas funções no SSC e usar o simulador de forma simultânea sem afetar os requisitos de performance do sistema.

O comportamento da rede deverá estar na velocidade real ou de forma acelerada ou desacelerada por fatores de aceleração e/ou desaceleração. Esta função deve ser capaz de simular eventos passados (depois de ocorridos) ou eventos hipotéticos para fins de análise e estudos. Deve ser possível apresentar um valor de carga típica para ser distribuída pelas barras do sistema elétrico. Desta forma o simulador deverá apresentar os seguintes recursos:

- Simular o controle de geração.
- Simular o controle de tensão.
- Variação de carga conforme modelos pré-definidos.
- Sensibilidade de carga para tensão e frequência.

- Modelos dinâmicos de longo-termo para unidades geradoras, controle de turbinas (regulação primária de frequência e interações com o CAG para regulação secundária de frequência), reguladores de tensão de limitações estáticas e dinâmicas, carregamento de potência ativa e reativa.
- Simular operações de religamento.
- Simular operações de verificações de sincronismo.
- Simular efeitos de uma falta no sistema de potência.
- Verificar perturbações aleatórias nas medições.

O simulador deverá calcular periodicamente uma solução completa do fluxo de potência, de acordo com o fator de aceleração e/ou desaceleração, aplicado a velocidade de simulação. Ele deverá prover resultados de tensões nas barras, cargas, fluxos ativos e reativos, geração ativa e reativa e frequência.

Sobrecargas em linhas e transformadores, comportamento de tensões e frequência deverão ser processados pela modelagem de relés. Estes relés deverão abrir os disjuntores associados, se as violações excederem algum tempo. Relés de proteção deverão também ser modelados.

Todas as ações de controle do operador especificadas devem ser implementadas de forma que a resposta dinâmica do sistema deva ser observada (isto é, saída de equipamentos, alarmes e outras). O objetivo não é modelar as condições transitórias, mas seu resultado final. Além disso, o simulador deverá possuir, no mínimo, as seguintes funções:

- Arquivos de “Log” para registrar todas as ações dos instrutores e alunos sobre o sistema de potência.
- Modelagem de controle da tensão de excitação, controle remoto de tensão, relés de sobrecorrente, relés de sobretensão, relés de subtensão, relés de sobrefrequência, relés de subfrequência, relés de verificação de sincronismo, mudança de tap sob carga (incluindo o retardo no tempo de resposta), rejeição de carga e controle de geração (incluindo o retardo no tempo de resposta).
- Pelo menos os seguintes eventos devem estar disponíveis para simulação explícita ou implícita através da operação de chaves/disjuntores. Estes eventos poderão ser pré-definidos no caso de treinamento ou serem introduzidos através de intervenção manual durante o treinamento:
 - Operação de disjuntores (manual ou automática).
 - “Trip” ou “trip”/fechamento em um disjuntor.
 - Falha na operação de um disjuntor.
 - Funcionamento indevido de relés.
 - Operação indevida de controle local (mudança de tap de transformadores, rejeição de carga, controle de geração).
 - Sobrecarga em equipamentos (de todos os tipos).
 - Perda permanente de equipamentos.

- Perda de geração.
- Mudanças na geração de MW e de MVAr de unidades geradoras.
- Mudança em cargas individuais em barra.
- Mudança na carga de uma área (neste caso, o valor da carga deverá ser distribuído pelas cargas individuais nas barras).
- Perda de interligação.
- Ocorrência de falha.
- Violação de limites de tensão inferior/superior.
- Perda de linha de transmissão ou transformador.
- Perda de UTR.
- Perda de telemidas de UTR.
- Alteração do modo de controle das usinas (local ou CAG).
- Inibir e desinibir telecomando de disjuntores e taps de transformadores.

1. Pelo menos, as seguintes funcionalidades devem ser incluídas:

- Começar a seqüência de treinamento em qualquer período dentro de um cenário.
- Parar a seqüência de treinamento em qualquer período dentro de um cenário.
- Suspender a seqüência de treinamento em qualquer período dentro de um cenário.
- Recomeçar a seqüência de treinamento em qualquer período dentro de um cenário.
- Inicializar o caso base de treinamento a partir de dados telemididos oriundos do SCADA, dados estimados ou de casos bases do banco de dados.
- Recarregar todo o modelo do sistema elétrico para reconfigurar toda rede elétrica.
- Construção de telas “on-line”.
- Geração de base de dados conforme disponível no sistema fornecido.
- Múltiplos casos bases de simulação.

Todos os recursos acima devem ser inicializados de uma forma conveniente. Os eventos acima citados deverão ocorrer, em tempo especificado pelo instrutor, ou condicionalmente a variáveis que satisfaçam condições especificadas pelo instrutor. Pode-se utilizar condições reais ocorridas no sistema de potência, como casos salvos de treinamento.

O sistema deve ter uma função para gerar alarmes, que não está associada com o simulador de sistema de potência, a partir de uma lista previamente especificada de eventos.

O simulador deve permitir a construção de cenários de 24 horas de duração e os mesmos devem ser definidos a partir de casos de treinamento. Deve ser permitida, também, a definição de vários casos de treinamento. Cada caso de treinamento deve ser descrito por eventos pré-estabelecidos.

4.2.7 INTERFACE COM O USUÁRIO

4.2.7.1 Requisitos Gerais

A interação entre os usuários e o SSC será suportada pela interface do usuário. Os displays deverão ser usados para executar as seguintes tarefas:

- Para obter uma visão do estado do sistema de potência monitorado.
- Entrada e modificação de dados.
- Navegar entre as funções do sistema (SCADA, funções do sistema de potência, etc.).
- Monitorar e controlar os equipamentos do sistema elétrico de potência.
- Monitorar e controlar a configuração do SSC.

Padrões - o software da interface do usuário deverá oferecer capacidade gráfica total em um ambiente de janelas múltiplas. O software da IHM deverá estar de acordo com o padrão X11 relativo a uma interface do tipo “full graphics”, preferencialmente baseada no padrão OSF/Motif e X Windows.

Princípios do Projeto da Interface do Usuário - a interface do usuário deverá atender aos seguintes requisitos, os quais serão detalhados durante o “workstatement”: possuir facilidade de utilização, o idioma para toda esta interface deverá ser o português (displays, mensagens em geral, parâmetros, etc), simplicidade de navegação, fazer uso de símbolos significativos, Usar apresentação apropriada, Ocultar detalhes, Minimizar “clutter”, fazer uso de cores eficazmente, minimizar os movimentos do “mouse”, minimizar a digitação pelo usuário, suportar preferências do usuário e proporcionar imediata reação às ações.

Homogeneidade da Interface do Usuário - é essencial que os displays sejam homogêneos. As ferramentas ou aplicações usadas no sistema da interface do usuário deverão ser transparentes para o usuário final. As configurações dos displays deverão utilizar diretrizes gráficas comuns. Isto é, deverão respeitar os princípios gerais e deverão ter a mesma semântica para os menus, operar com janelas, ter interação entre janelas, fazer uso do “mouse”, utilizar botões e teclado, e fazer uso de cores e fontes gráficas.

4.2.7.2 Consoles de Operação

Todas as consoles de operação deverão ser funcionalmente idênticos. Eles deverão suportar até três monitores de vídeo gráficos (conforme item de Requisitos Gerais), um teclado alfanumérico com teclado numérico complementar e um equipamento de controle de cursor do tipo “mouse”.

Gerenciamento de Janelas - cada área de trabalho deverá suportar janelas múltiplas. Deverá ser possível usar cada janela independentemente. Várias janelas deverão ser visíveis na área de trabalho ao mesmo tempo. Em qualquer instante, somente uma janela poderá estar ativa. Todas as ações do operador deverão ser executadas na janela ativa, tais como, chamada de displays, visão panorâmica (“panning”), aproximação (“zooming”) e diálogos. A janela ativa deverá ser facilmente reconhecida, por exemplo, por um indicador de cor na borda da janela.

Todas as janelas deverão incluir um título para identificar o display e o contexto corrente. O tamanho e a localização de cada janela deverão ser modificáveis pelo operador. Além disso, deverá ser possível definir um tamanho máximo e um tamanho mínimo para cada janela. Deverá ser possível reduzir as janelas a ícones e as movimentações das janelas deverão ser feitas com a ajuda do cursor e de um número mínimo de acionamento de teclas.

Uma janela poderá ser sobreposta por uma outra. Deverá ser possível definir um display como exclusivo em uma janela, de tal modo que nenhum outro display possa substituí-lo.

Uso de Dispositivos de Entrada - de acordo com regras usualmente aceitas em padrões tais como OSF/Motif, deverá ser possível o uso extensivo de “mouse”, teclas funcionais do teclado e teclas virtuais (“softkeys”). Elas deverão ser o meio principal de interagir com o software de maneira a navegar pelos displays e operar o sistema.

A definição do teclado e do equipamento de controle do cursor deverá ser flexível para permitir sua completa definição pelo usuário, bem como condicionalmente, baseada no contexto do display.

Salvamento da Definição da Área de Trabalho - a qualquer tempo, o operador deverá ter a possibilidade de salvar o “layout” da área de trabalho, se julgado de interesse, de maneira a poder chamá-la novamente mais tarde. O arranjo deverá incluir todas as janelas correntemente abertas, junto com seu conteúdo (display corrente) e sua respectiva localização na área de trabalho.

A chamada de uma área de trabalho previamente salva deve trazer todas as janelas na sua localização original, e displays apropriados deverão ser chamados automaticamente na janela correspondente. “Layouts” de áreas de trabalho deverão ter os nomes dados pelo operador quando do salvamento. O sistema deverá manter um registro de todos os “layouts” de áreas de trabalho salvas anteriormente e deverá apresentar seus nomes ao operador quando solicitados. Por exemplo, deverá ser possível criar um “layout” de área de trabalho predefinido incluindo:

- Uma área do sistema, com informações gerais (data, hora, estado, carga, frequência, etc.) e “poke-points” (para navegação dos displays).
- Uma ou várias áreas nos displays (para chamar qualquer display).
- Uma área para a visualização de alarmes.

Ajuda On-line - um recurso de ajuda on-line deverá existir para auxiliar os operadores no uso dos recursos computacionais do sistema. Este recurso deverá prever a possibilidade de acréscimos posteriores de informações de interesse do usuário.

4.2.7.3 Acesso do Usuário

Quanto a Segurança de Acesso - deverão ser previstos, pelo menos, dois níveis de segurança de acesso ao sistema:

- **Nível de sistema:** Deverá ser possível adicionar ou modificar a lista de identificadores (tais como nome do operador e/ou modo de operação) e suas atribuições, de forma a supervisionar o acesso às funções, displays e dados de cada

console. Deverá ser possível autorizar qualquer tarefa a partir de qualquer console (isto é, todas as consoles deverão ter capacidades funcionais completas). O controle de acesso deverá ser baseado em modos de operação.

- **Nível de Operador:** Só será possível ter o acesso às funções, displays e dados pré-definidos para a console e para o identificador.

O sistema deverá permitir vários modos de operação para cada console. Apenas um modo de operação deverá estar ativo de cada vez em cada console.

“Log-on” e “Log-off” – para um usuário entrar no sistema deverá executar um procedimento de “log-on”, a partir de uma console, entrando com um identificador e uma senha. As senhas deverão ser passíveis de alterações periódicas. As funções específicas, áreas de responsabilidade e permissões deverão ser controladas através do procedimento de “log-on”. Da mesma forma, o usuário para sair do sistema deverá executar o procedimento de “log-off”. Ações de “log-on” e “log-off” deverão ser registradas através do identificador e da data/hora.

Modos de Operação - para restringir a ação do operador sobre funções específicas, deverão ser designados modos de operação e áreas de responsabilidade para cada identificador no acesso do nível de sistema.

A atribuição de um modo de operação a uma dada console de operação significa conceder permissões à referida console em relação aos conjuntos de funções que a mesma terá acesso e aos tipos de acesso que a console terá para aqueles conjuntos de funções. Os modos de operação deverão considerar as responsabilidades dos usuários do centro de controle.

As áreas de responsabilidade servem para definir os dados ou valores que podem ser introduzidos, os comandos que podem ser executados e as funções que podem ser executadas. As áreas de responsabilidade limitam as ações dos usuários. A cada ponto da base de dados pode ser associada uma ou mais áreas de responsabilidade. Alguns exemplos de funções do sistema que poderão ser atribuídas aos diversos modos de operação das consoles são: despacho de transmissão, supervisão do sistema, despacho de geração, estudos elétricos, manutenção e/ou desenvolvimento, programação, treinamento e todas as demais funções existentes.

Em qualquer instante, mais de uma console poderá estar em diferentes modos de operação. O sistema deverá registrar historicamente todas as ações tomadas pelos operadores e que tenham consequência sobre o sistema elétrico, identificando hora, console e operador.

4.2.7.4 Displays Gráficos

Pelo menos os seguintes tipos de displays deverão ser suportados: diagramas unifilares, displays tabulares, displays de alarmes, displays de tendência e displays de anotações (informações introduzidas pelo usuário).

Todos os displays deverão ser automaticamente atualizados para refletir mudanças de dados e para assinalar eventos aos usuários, entre outros, as seguintes facilidades:

Navegação entre Displays - o operador deverá navegar de forma rápida e facilmente entre diferentes displays, usando “poke-points” ou menus. O sistema deverá suportar, pelo menos,

os seguintes mecanismos de navegação: diretórios de displays, pseudoteclado para chamada direta de displays específicos, barra de menus, menus “pull-down”, menus “pop-up”, janelas “pop-up”, “poke-points”, paginação, procura por uma determinada página e displays anteriores.

Camadas - deverá ser possível definir múltiplas camadas (níveis) em um display. A característica de níveis deverá permitir ocultar dados que não necessitem ser permanentemente apresentados em um determinado nível. Pelo menos 16 (dezesesseis) níveis de camadas deverão ser previstos. Deverá ser possível estabelecer dinamicamente o atributo de visualização associada a cada um dos níveis.

“Panning” - o operador deverá ter recursos para navegar de maneira contínua dentro de um display de grande extensão usando as barras de rolagem ou um mecanismo baseado na posição do cursor no display.

Quando um usuário estiver se movendo dentro de um display de grandes dimensões, em relação à área de trabalho do vídeo, é conveniente que ele tenha uma indicação clara e intuitiva da sua localização atual da parte do display que está sendo apresentado na área de trabalho. Este tipo de realimentação ao usuário deverá também permitir um movimento rápido quando o estado do sistema mudar subitamente. Por solicitação do operador, a posição relativa da janela principal dentro do display poderá ser vista em uma pequena janela que contém uma versão reduzida da totalidade do display. Uma ação de passo simples, indicando o novo centro do display na janela pequena, reposicionará, em correspondência, o display dentro da janela principal.

“Zooming” - qualquer diagrama unifilar deverá ter a capacidade de ser ampliado ou reduzido sob demanda. São requeridos, pelo menos, os seguintes procedimentos:

- **Nível de “zoom” pré-definido** - este procedimento deverá permitir ao usuário selecionar, em um menu, um nível de zoom pré-definido. Pelo menos 3 níveis de zoom deverão ser previstos.
- **“Zoom” de passo a passo** - este procedimento deverá mudar o tamanho do display por incrementos que representem percentuais de acréscimo ou decréscimo relativamente a um tamanho normal, desconsiderando-se o tamanho atual na área de trabalho.
- **“Zoom” dinâmico** - o procedimento de “zoom” dinâmico deverá permitir a seleção de uma área no display e ampliá-la automaticamente para se ajustar na janela considerada.

“Decluttering” - permite fazer com que as informações apareçam e desapareçam em níveis diferentes de uma ampliação. Esta forma deverá ser usada como um meio de apresentar as informações ao usuário. A capacidade de organizar partes de um display deverá ser uma escolha do usuário na hora de definição do display. “Zoom” e “declutter” deverão ser aplicáveis a qualquer camada de um diagrama unifilar.

“Network Coloring” - deverá ser possível a utilização de visualização indicativa do estado de equipamentos (energizado, desenergizado) ou ilhamentos através de código de cores ou de diferentes sinalizações gráficas, de acordo com a topologia da rede no momento.

4.2.7.5 Diálogo com o Operador

Seleção do Objeto - os displays deverão ser usados pelos operadores para interagir com o sistema. Para este propósito, os displays deverão conter elementos que possam ser selecionados para executar, pelo menos, dois tipos de ações:

1. Seleção para uma ação específica - esta seleção deverá ser executada posicionando-se o cursor sobre o objeto e pressionando-se a tecla funcional ou o botão no “mouse”. A ação específica deverá ser executada tão logo o objeto seja selecionado. Este método deverá ser usado, por exemplo, para chamar um menu “pop-up” associado a um equipamento, para requerer uma ação sobre o equipamento selecionado (telecomando, impedimento, etc.) ou, ainda, para executar um programa específico (estimador de estado, fluxo de potência, etc.) associado a um “poke-point”.
2. Seleção para operações de entrada de dados – as operações de entrada de dados devem corresponder à seleção de campos e objetos no banco de dados. Pelo menos quatro técnicas de seleção deverão ser previstas: seleção de itens individuais, seleção de um grupo de itens, seleção de todos os itens de uma janela e seleção de todos os itens de um display.

Além das operações de seleção, pelo menos, mais duas funções básicas usadas para operações de entrada de dados deverão ser previstas: 1) marcação de uma posição no display usada para operações de inserir e copiar; 2) cancelamento da seleção de itens antes que a operação de entrada de dados seja realizada.

Entrada de Dados - as operações de entrada de dados deverão estar disponíveis nos displays unifilares e tabulares para modificar o conteúdo do banco de dados. Pelo menos quatro tipos de operações de entrada de dados deverão ser previstos:

1. Entrada de valores nos campos do banco de dados. O método deverá ser de acordo com o tipo de campo:
 - Para um campo booleano: pelo posicionamento do cursor sobre o campo e pressão da tecla funcional ou botão do “mouse” para inverter (“toggle”) o valor.
 - Para campos numéricos ou alfanuméricos: pela seleção do(s) campo(s) usando as técnicas descritas acima e digitando os dados diretamente nos campos selecionados. No caso de seleção de entrada de dados múltiplos, deverá ser possível passar de um campo para outro pelo acionamento de teclas específicas como, por exemplo, Tab”.
2. Inserção de um ou mais objetos no banco de dados. Esta operação deverá ser possível nos displays tabulares e deverá ser executada pela marcação da posição no display e pela inserção dos objetos selecionados nesta posição, pressionando-se uma tecla funcional.
3. Cópia de um ou mais objetos de uma posição para outra no banco de dados. Esta operação deverá ser possível nos displays tabulares e deverá ser executada pela marcação da posição no display e pela cópia dos objetos selecionados nesta posição, pressionando-se uma tecla funcional.

4. Deleção de um ou mais objetos do banco de dados. Esta operação deverá ser possível nos displays tabulares e deverá ser executada pela seleção dos objetos e acionamento de uma tecla funcional para removê-los do banco de dados, após uma confirmação do operador.

4.2.7.6 Anotações do Operador

Deverá ser previsto um recurso que permita aos operadores fazerem anotações nos displays e comunicarem estas informações para outros operadores. As anotações deverão ser usadas pelos operadores como etiquetas em um display, caracterizando algo que requeira atenção.

Este recurso deverá prever meios de capturar displays ou partes de displays, adicionar texto e gráficos e armazenar o display marcado como uma anotação. Uma área de trabalho para anotação deverá estar disponível. Ela deverá conter uma janela que proporcionará aos operadores desenhar (linhas, retângulos, círculos, etc.), texto e uma palheta de cores que deverá ser usada em conjunto com as primitivas e texto. Na área de trabalho para anotações deverá ser possível executar, pelo menos: selecionar todo ou parte de um display e copiá-lo dentro da anotação, adicionar texto à anotação, adicionar gráficos à anotação, mover elementos dentro da área de trabalho e salvar a anotação.

Deverá ser possível declarar uma anotação como sendo associada a um display. Quando o display tem, pelo menos, uma anotação associada a ele, um menu de anotações associado ao display deverá exibir, pelo menos, os seguintes recursos:

- Obter uma lista de anotações: esta lista deverá prever meios para filtrar as anotações de acordo com o tipo de operador e/ou sua data de criação.
- Ver o display com sua anotação associada (por exemplo, retângulo destacado) ou não.
- Passar de uma anotação para a próxima num display.
- Suprimir as anotações.
- Chamar uma anotação para consulta ou modificação.
- Imprimir as anotações.

4.2.7.7 Recursos de Tendência

Requisitos Gerais - um recurso de tendência deverá ser previsto para permitir ao operador selecionar dados do banco de dados e enviá-los para apresentação gráfica em display. Pelo menos estes tipos de fontes de dados deverão ser considerados:

- **Dados dinâmicos:** são os dados em tempo real, coletados do banco de dados de aplicações. Este tipo de dado é enviado para o equipamento de visualização na mesma frequência da amostragem.
- **Dados estáticos:** são os dados históricos lidos de um arquivo e enviados para o equipamento de visualização.
- **Dados manuais:** são dados digitados manualmente que representem uma determinada curva em um dado intervalo de tempo.

Pelo menos dois tipos de equipamentos de visualização deverão ser suportados: os registradores gráficos e as consoles com monitores de vídeo de alta resolução.

Tendência de Dados em Tempo Real - os dados de tempo real solicitados para tendência deverão ser selecionados pelo operador nos displays gráficos. Qualquer dado proveniente de qualquer banco de dados das aplicações poderá ser selecionado para tendência. Uma vez selecionado para tendência e associado a um equipamento de visualização, o dado deverá ser coletado no banco de dados da aplicação e enviado para o equipamento de visualização. A taxa de amostragem e o equipamento de saída deverão ser definidos ponto-a-ponto, através da interface do usuário da função de tendências.

Tendência de Dados Históricos - a ferramenta de tendência deverá ter um meio para definir um ponto selecionado como histórico. Isto significa que os valores amostrados deste ponto deverão ser salvos por um dado período de tempo. Uma vez que todos os valores tenham sido reunidos para este intervalo de tempo, eles podem ser enviados, todos de uma vez, para apresentação em um monitor de vídeo.

Seleção de Dados em Tempo Real para Tendência - os dados deverão ser selecionados para tendência a partir de displays gráficos. Para cada ponto selecionado, o operador poderá definir os atributos de taxa de amostragem, início e fim da escala e selecionar ou não a opção histórica. Se não, estes atributos serão preenchidos com valores pré-definidos.

Características Gráficas - as seguintes características deverão ser previstas:

- Janelas dedicadas para mostrar as áreas de desenho correspondentes às curvas. Estas janelas deverão suportar, pelo menos, 8 (oito) áreas simultaneamente. Cada uma destas áreas suportando, pelo menos, 6 (seis) curvas simultaneamente. Dentro de cada área de desenho, cada curva deverá ser mostrada usando uma cor diferente. O nome de cada curva deverá aparecer na cor correspondente.
- O operador deverá ter a possibilidade de modificar a apresentação gráfica dos valores em tendência. Pelo menos os quatro tipos diferentes de apresentação deverão estar disponíveis:
 1. **Curvas:** Um gráfico ou plotagem X-Y básica, similar à curva de um registrador gráfico.
 2. **Gráficos de barras:** Um ou mais pontos plotados a partir de uma linha básica comum.
 3. **Gráficos em pizza:** Gráficos mostrando a porcentagem relativa de valores em relação ao todo.
 4. **Medidores:** Gráficos mostrando um valor pontual instantâneo em relação às escalas mínima e máxima.

Além disso,

- Deverá ser possível representar as curvas de modo horizontal e vertical.
- Calcular o armazenamento de valores máximo e mínimo no período.

- Deverá ser prevista a opção de ajuste automático da escala, que adapta os valores mínimos e máximos ao dado amostrado. Os valores mínimos e máximos deverão ser entráveis manualmente também.
- A definição da escala deverá ser dada em valores inteiros arredondados.
- Deverá ser possível definir, pelo menos, dois limites (superior e inferior) para cada ponto amostrado. Porções de curva acima do limite superior e abaixo do limite inferior deverão ser mostradas hachuradas em cores diferentes.
- Deve possuir características de “zoom” e rolagem de barras.
- A designação de um ponto na curva deverá resultar na apresentação precisa do valor do eixo Y juntamente com o tempo da ocorrência.
- Deverá estar disponível a opção de impressão a fim de permitir imprimir a tendência corrente mostrada (preferencialmente no formato “postscript”).
- Deverá existir uma função para salvar e restituir as tendências de interesse em um arquivo e chamá-las de volta para apresentação (como se fossem dados estáticos).

4.2.7.8 Geração de Relatórios

Com a finalidade de satisfazer os requisitos de geração de relatórios, o sistema deverá prever, entre outras funções, a capacidade de amostrar e arquivar dados. O sistema de gerenciamento de banco de dados relacional será o meio de arquivamento de dados para fins de relatórios.

Dados de relatórios correntemente construídos deverão permanecer acessíveis, pelo menos, para leitura. O operador deverá ter a possibilidade de editar dados de relatórios e modificá-los.

Dados considerados como suspeitos (em termos de qualidade do dado) deverão ser destacados. Dados digitados e/ou modificados manualmente deverão ser também identificados como tal.

O fornecedor deverá efetuar um treinamento completo relacionado com geração de relatórios, de tal maneira que o usuário possa personalizar os relatórios ou criar novos, de acordo com suas necessidades.

Deverá ser definido durante o “workstatement” um conjunto de relatórios a serem preparados, para fazerem parte do SSC.

4.2.7.9 Recursos de “Hardcopy” de Displays

Deverá ser prevista a capacidade de se obter uma variedade de saídas de “hardcopy”, como por exemplo:

- “Hardcopy” de um display dentro de uma janela. A impressão deverá refletir a apresentação do display mostrado no monitor de vídeo na hora da captura, com a condição de que a impressora usada seja colorida.
- “Hardcopy” de um display que não está sendo completamente visualizado em uma janela. Esta capacidade deverá permitir a impressão do display inteiro.

4.2.7.10 Configurador de Displays

O configurador de displays deverá ser uma ferramenta gráfica que proporcione uma facilidade de se construir displays nos ambientes “off-line”. Ele deverá prever um ambiente interativo no qual os usuários poderão construir objetos gráficos e displays, e definir a ligação dos objetos gráficos dos displays com o banco de dados. O configurador de display deverá ser totalmente interativo e do tipo “What You See Is What You Get”. Os displays deverão ser compostos de objetos gráficos que contenham informações estáticas e dinâmicas, ligadas a uma classe específica de objetos do banco de dados.

A partir do momento em que um objeto gráfico seja definido, ele poderá ser posicionado várias vezes em diferentes displays. Os displays deverão prever o contexto no qual aqueles objetos serão visualizados. O subsistema configurador de displays, deverá prever o seguinte:

- Uma interface com o usuário baseada em uma filosofia de manipulação direta. Os meios primários de interação do usuário com o sistema deverão ser a seleção e manipulação de objetos visuais no display, em vez de digitação de comandos.
- Capacidade para manipular técnicas de interface com o usuário em janelas múltiplas.
- Um editor gráfico interativo que permita ao usuário criar e modificar displays usando manipulação direta. Este editor deverá permitir ao usuário criar e modificar bibliotecas de objetos e displays compartilhados. Além disso, o usuário deverá ter capacidade de criar e modificar objetos e símbolos privativos.
- Permitir o acesso a diversas fontes padrões que variam em tamanho, estilo e intensidade.
- Ter capacidade para criar displays e objetos independentemente da disponibilidade, por ocasião de sua criação, dos bancos de dados que contenham os dados apresentados.
- Possuir capacidade para modificar e visualizar displays e objetos no ambiente “off-line” sem afetar os displays on-line.
- Ter a possibilidade de exportação de definições de objetos e displays para arquivos seqüenciais ASCII.

O configurador de displays deverá suportar, pelo menos, os seguintes conceitos:

- Possuir primitivas gráficas tais como: círculo, retângulo, linha, arco, elipse e polígono.
- Fazer uso de biblioteca de objetos gráficos do sistema elétrico de potência tais como: arranjos típicos de subestações, usinas, linhas de transmissão e componentes tais como trafos, disjuntores, chaves, compensadores e etc.
- Ter recursos para criação de novos objetos gráficos e inserção na biblioteca.
- Atributos de vídeo: estes atributos podem ser agrupados em um tipo especial de objetos genéricos e visualizáveis. O conjunto de atributos deverá conter os seguintes itens: cor, piscar, visibilidade, identificador de fonte, espessura de linha, estilo de linha e motivo gráfico de enchimento.

- Interatuadores: estes tipos de objetos serão usados para interagir com o usuário. Os interatuadores suportados deverão incluir, pelo menos: menus (“pop-up”, “pull-down”) e pares de rótulo e/ou ação com: rótulos a serem mostrados no menu e a ação que ocorre quando o rótulo for selecionado.
- Fazer uso de áreas sensíveis (“poke-points”) que podem ser limitadas a uma parte de um objeto ou parte de um display. Para esta área, deverá ser possível associar uma ação que será executada quando o usuário clicar sobre a área ou apertar uma tecla pré-definida.
- Deve ter janelas de entrada de dados que permitam ao usuário entrar dados nos campos do banco de dados da aplicação.
- Possuir teclas funcionais e/ou de ação: ainda que a tecla funcional seja definida através da console, o configurador de displays deverá estar apto a redefinir a ação resultante quando o usuário acionar a tecla.
- Contemplar barras de rolagem (horizontal e/ou vertical).
- Modificador de atributos: estes são objetos que modificam conjuntos de atributos, dependendo do resultado de um teste usando campos de dados no banco de dados da aplicação. Modificadores de atributos deverão ser usados para modificar os atributos gráficos de primitivas, campos formatados do banco de dados e primitivas em escala. Em adição aos recursos de modificação de atributos, o configurador de display deverá permitir a especificação de visibilidade e/ou não visibilidade de um objeto inteiro baseado em campos no banco de dados de aplicação e atribuição de permissões de console.
- Primitivas em escala: o configurador de display deverá permitir a definição de primitivas em escala variável, em função de valores especificados pelo usuário. Estes valores podem ser campos no banco de dados ou constantes. Quando o valor for um campo no banco de dados, a primitiva deverá ser dinamicamente ajustada sempre que o valor mudar.

O operador deverá estar apto a especificar a configuração de displays:

- Informação estática do fundo de plano.
- Display do tipo unifilar onde cada objeto deverá ser posicionado e ligado a um objeto no banco de dados usando uma chave de acesso aos registros.
- Display tabular para o qual o operador deverá especificar partes particulares dos registros no banco de dados a serem usadas.

Em qualquer ponto do processo de configuração de displays, se o banco de dados existir, o usuário poderá requisitar uma compilação do display e uma verificação da ligação com os objetos do banco de dados. Uma vez compilado, o display poderá ser colocado on-line.

4.2.7.11 Displays SCADA

Os bancos de dados SCADA e as mudanças de indicações deverão ser apresentados ao operador através de displays. Os displays unificares e tabulares de subestações e usinas devem ser implementados em três modos: modo de tempo real, modo entrada de dados de estudo e

modo saída de dados de estudo, isto é, o mesmo display deve operar com bases de dados diferentes selecionadas pelos usuários.

Os displays unifilares e tabulares podem igualmente apresentar informações armazenadas na base de dados de históricos do sistema. Outros tipos de display podem ser oferecidos pelo sistema.

Diagramas Unifilares - um diagrama unifilar é uma representação gráfica específica de uma instalação ou de uma área do sistema de potência. Medições anormais e alarmes não reconhecidos deverão ser indicados, assim como deverão ser previstos mecanismos para a inibição de alarmes, reconhecimento de alarmes, telecomando de dispositivos e outras funções necessárias.

Displays Tabulares - deverão existir displays tabulares de instalações, além dos unifilares. Estes displays deverão apresentar informações mais detalhadas do que aquelas apresentadas em um diagrama unifilar. Estes displays deverão ser construídos automaticamente pelo software e refletir o conteúdo do banco de dados tão logo este seja modificado.

Lista de Condições Anormais de Operação e Mudança de Estados - estes displays deverão conter uma lista das condições anormais correntes e das mudanças de estado ainda não reconhecidas. Cada entrada deve ter a hora da entrada juntamente com a informação textual que identifica a medida e a condição em que a medida se encontra. Deverão ser previstos, os seguintes displays de lista de exceções:

- Lista de condições anormais de operação ordenada no tempo, contendo pelo menos, os estados e medições analógicas anormais e não reconhecidos, mostrados em ordem cronológica.
- Lista de condições anormais de operação ordenada hierarquicamente, contendo estados e medições analógicas anormais e não reconhecidos, mostrados na ordem em que eles aparecem no banco de dados.

Outras listas de condições anormais de operação referente aos centros de controle, UTRs, servidores de dados, topologia, funções de controle, impedimentos e seqüência de eventos deverão estar também disponíveis.

Sumários - os displays sumários deverão possuir a lista dos dispositivos monitorados pelo SCADA que se encontram: com alarmes e eventos, com alarmes inibidos, manualmente removidos de serviço e com alarmes de aplicações como, por exemplo, CAG.

Display dos Registros das Aplicações - para cada aplicação, este display, de interesse de analistas, deverá apresentar em ordem cronológica os registros de execução da aplicação em questão.

Display do Estado da Comunicação - este display deverá apresentar o estado dos equipamentos de comunicação do SCADA e dos enlaces de comunicação de dados. A partir deste display, o operador deverá estar apto a modificar o estado dos equipamentos de comunicação e dos enlaces de comunicação com os servidores de dados e com os centros de controle.

Display de Estatística de Comunicação - este display deverá apresentar a disponibilidade do sistema de comunicação, em termos de contagem das tentativas de varredura sem sucesso e dos erros relatados pelos servidores de comunicação de dados e o tempo em que o sistema permaneceu defeituoso. Estes dados deverão ser armazenados para cada hora do dia, acumulado em bases diárias e mensais.

Displays de Impedimentos Operativos - deverão estar disponíveis displays que contenham a definição do tipo de “tag” e listas de impedimentos (“tags”). A partir do display de definição de “tags”, o operador deverá estar apto a ver a definição dos tipos de “tags”. O pessoal de desenvolvimento do sistema deverá estar apto a adicionar, remover ou modificar os tipos de “tags”. O display referente a lista de “tags” deverá dispor de impedimentos posicionados no momento nos equipamentos. O operador deverá ter recursos para editar os comentários que acompanham cada “tag”.

Displays do Estado Operativo - deverão estar disponíveis displays que apresentem a configuração do SSC, incluindo a rede, equipamentos e periféricos. Este display deverá permitir ações de controle sobre os equipamentos do SSC.

4.2.7.12 Ações do Operador

As ações a seguir deverão estar disponíveis para o operador através da interface do usuário. Deverá ser possível restringir o acesso a estas ações, usando-se as permissões que o operador tem, relativamente aos dados que ele pode operar.

Procedimentos de Controle - o procedimento de controle operacional deverá envolver a seleção de um dispositivo a ser controlado, escolher a direção na qual ele será controlado e executar o comando de controle. O operador deverá estar apto a cancelar a seqüência em qualquer estágio antes de efetivar a execução do comando.

Reconhecimento e Inibição de Alarmes - alarmes que necessitam de reconhecimento do operador deverão ser reconhecidos de qualquer display mostrando o objeto do banco de dados fonte. O reconhecimento de objetos individuais e de páginas inteiras deve estar disponível. Deverá ser possível inibir e/ou desinibir alarmes para uma instalação inteira, para uma UTR ou para um objeto individual do banco de dados.

Telemedições em Serviço - deverá ser possível retirar / colocar em serviço as telemedições de uma instalação inteira, de uma UTR, de um servidor de dados, de um centro de operação ou de um objeto individual do banco de dados.

Entradas manuais de medidas requerem que o ponto seja retirado de serviço. Uma medição que não está em serviço deverá continuar sendo varrida, convertida para unidades de engenharia e armazenada com sua nota de qualidade no banco de dados.

Entrada de Limites pelo Operador - valores individuais de limite deverão ser entráveis “on-line” pelo operador. O valor digitado deverá ser verificado para validação. Quando um novo valor de limite é digitado, o valor analógico associado deverá ser verificado para qualquer transição para dentro ou para fora do estado violado com respeito ao novo valor limite.

O sistema deverá permitir a existência de múltiplos limites, dependendo do tipo de grandeza associada, com alarmes distintos.

4.2.7.13 Entrada Manual de Valores

Pontos de indicação de estado e valores analógicos poderão ser digitados a partir de qualquer display que mostre os valores supervisionados. O valor manual deverá ser verificado para validação. O valor não deverá ser aceito se ele for considerado um estado ilegal para um ponto digital ou se não for um valor analógico razoável. Quando o novo valor for digitado, o estado digital ou o valor analógico deverão ser verificados para qualquer transição para dentro ou para fora do estado violado devido a este novo valor.

4.2.7.14 Colocação ou Remoção de “Tags”

O operador deverá estar apto a colocar, remover ou modificar impedimentos operativos em equipamentos (“tags”) do sistema de potência, a partir de qualquer display mostrando o equipamento. O diálogo deverá permitir ao operador escolher entre todos os tipos de “tags” disponíveis no sistema.

4.2.7.15 Displays de Aplicações

Funções de Seqüência da Análise de Rede em Tempo Real - o display principal desta função deverá permitir a monitoração e o controle da execução das aplicações que compõem cada uma das seqüências de análise de rede em tempo real e em modo de estudo, conforme descrito no item de Software Aplicativo.

A partir deste display, o operador deverá ser informado sobre qualquer alarme ou aviso gerado por qualquer função da seqüência. Deverão ser previstos displays para modificar as condições de execução e parâmetros destas funções, bem como, facilidade de navegação entre o display principal e os displays específicos de cada uma das funções da seqüência.

Resultados do Estimador de Estado - o resultado da estimação de estados deverá estar disponível para ser visualizado nos diagramas unifilares e tabulares do SSC, bem como para ser usado pela função de controle automático de geração.

Funções de Controle Automático de Geração - a interface com o usuário e as funções de controle automático de geração deverão ser concebidas para permitir as funcionalidades descritas no item Software Aplicativo.

O sistema deverá prever no mínimo os seguintes displays e relatórios:

- Displays que contemplem todas as funcionalidades, tais como, as que estão descritas no item de Software Aplicativo.
- Para controlar a operação do CAG, deverá existir um display básico com o conteúdo e o formato apresentado no item Software Aplicativo. Deverá existir também uma área específica para reprogramação do intercâmbio líquido, informando valor e hora do início da reprogramação, devendo ser acionado alarme sonoro.

- Fazer uso de display das usinas mostrando o estado e os limites das unidades geradoras.
- Fazer uso de display dos pontos de intercâmbio entre as áreas de controle.
- Fazer uso de display apresentando o intercâmbio líquido da área de controle, em intervalos configuráveis. Este display deverá servir de interface da pré-operação e o programa de CAG. Este programa deverá assumir de modo automático estes valores da programação.
- Fazer uso de display e/ou relatório de performance do CAG.
- Fazer uso de display e/ou relatório de alarmes.

Estudos de Rede - o display principal, deverá habilitar o usuário a monitorar e controlar a execução das seguintes funções: fluxo de potência, análise de contingências e fluxo de potência ótimo.

O usuário deverá estar habilitado para:

1. Selecionar a fonte dos dados para o caso que está sendo analisado:
 - A solução em tempo real (último resultado válido do estimador de estado).
 - Resultados salvos do estimador de estado.
 - Arquivos de casos de estudos salvos.
2. Possuir fácil acesso ao display principal de cada uma das aplicações:
 - Inicializar os dados para a rede de estudo modificando qualquer dado (topologia, cargas, taps, gerações, dados de regulação, lista de falhas, etc).
 - Definir os parâmetros de controle para a execução das aplicações (critérios de convergência, número máximo de interações e parâmetros de ajuste).
3. Disparar a execução de um programa.
4. Abortar a execução de um programa.

4.2.7.16 “Screen Saver”

O sistema deverá prover funcionalidade de “screen saver” para proteger o monitor quando não houver atividade durante um tempo configurável. Após a ativação do “screen save”, o retorno normal deve ser protegido por senha.

4.2.8 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

4.2.8.1 Requisitos Gerais

Esta parte da metodologia define os requisitos para a documentação. Entende-se por documentação técnica todos os documentos de projeto, operação, manutenção e treinamento

que o fornecedor deverá fornecer com o SSC. A documentação deverá ser especialmente preparada para este fim, no entanto, o fornecedor poderá incluir documentação padronizada e/ou modificada. Sempre que for utilizada documentação padronizada, cada documento deverá indicar quais os itens que se aplicam ao SSC. Todos os desenhos e ilustrações contidos nestes documentos deverão se aplicar especificamente ao SSC.

Toda a documentação produzida para este projeto deve ser consistente em formato, estrutura, numeração de seções e páginas. Em qualquer situação somente serão admitidos documentos completos, consistentes e escritos em português. Documentações escritas em inglês poderão ser aceitas mediante consulta.

Todos os manuais e documentos referentes ao software fornecido deverão estar em meio ótico (CD-ROM) e preferencialmente em formato PDF, e deverão estar em conformidade com as versões de software adquiridas. Devem estar organizados por assunto e dotados de sistema de busca e seleção que permita consultas rápidas e diretas, com a possibilidade de transferência para outros tipos de “mídia”, bem como a impressão de qualquer tópico.

O fornecedor deverá manter uma sistemática de controle de documentação e de atualização de versões. A quantidade de material fornecido deve ser, pelo menos: três cópias impressas para toda a documentação e de uma cópia em CD-ROM de toda a documentação fornecida. A tabela 20 relaciona todos os documentos que o fornecedor deverá entregar, bem como os prazos para recebimento dos mesmos.

Tabela 20 Plano de Entrega da Documentação

Documento	Prazo
Especificação dos protocolos de comunicação do sistema (Documento Preliminar)	Final do “workstatement”
Documento do projeto de hardware do sistema	8 semanas antes do “workstament”
Especificações do projeto funcional do sistema	8 semanas antes do “workstament”
Projeto detalhado de hardware	8 semanas antes do “workstament”
Manual do usuário da plataforma de edição	12 semanas antes do “workstament”
Manuais dos operadores	8 semanas antes do TAF
Manuais dos usuários de programas	Durante integração do sistema
Programação de testes	5 semanas antes do teste em questão
Documentação detalhada de software	8 semanas antes do TAF
Procedimentos dos testes de aceitação em fábrica	8 semanas antes do TAF
Procedimentos dos testes de aceitação no campo	8 semanas antes do TAC
Procedimentos para a demonstração de disponibilidade do SSC	8 semanas antes da demonstração
Relatório do teste de aceitação em fábrica	4 semanas após testes
Relatório do teste de aceitação no campo	4 semanas após testes
Relatório da demonstração de disponibilidade	4 semanas após demonstração
Documentação de treinamento	2 semanas antes do treinamento
Documentação “como construído”	Antes do pagamento final
Manuais de manutenção	Embarque do sistema

Fonte: [KEMA 00]

4.2.8.2 Obrigações do Fornecedor

A aprovação da documentação não isentará o fornecedor da responsabilidade de atender a todos os requisitos do SCC ou da responsabilidade de corrigi-los. O fornecedor não poderá pleitear adicional de custo ou de tempo devido a revisões que venham a ser necessárias para assegurar o atendimento ao que for especificado. No caso de serem detectados erros, omissões ou inconsistências nos documentos do fornecedor, o mesmo deverá submeter à empresa uma versão revisada no prazo máximo de 30 dias úteis, após a data de notificação.

4.2.8.3 Documentação de Projeto do Sistema

O fornecedor deverá submeter a documentação de projeto do sistema, hardware e software, para análise e aprovação. Esta documentação deverá incluir as seguintes informações:

- O projeto técnico que descreve todas as funções de hardware e software a serem executadas para atender os requisitos do SSC.
- Um plano para os testes de fábrica e de campo, incluindo uma programação preliminar.
- Listas relacionando todos os desenhos e documentos a serem fornecidos com o sistema.

A documentação de projeto do sistema, particularmente a documentação de projeto de software, deverá ser escrita de forma que a empresa possa verificar se cada requisito funcional do “workstatement” se este está sendo suficiente.

Documento de Projeto de hardware do Sistema - o documento de projeto de hardware do sistema deverá conter, pelo menos:

- Um diagrama de bloco completo mostrando todas as interligações entre os principais componentes de hardware.
- Diagramas de blocos detalhados para cada nível funcional de hardware mostrando as interligações entre módulos e placas de circuito do tipo “plug-in”.
- Documentação detalhada da rede (LAN) do SSC.

Documentação de Projeto de Software do Sistema - a documentação de projeto de software do sistema deverá ter uma visão global da totalidade do software do sistema. O software deverá ser organizado em áreas funcionais. Para cada programa, uma descrição deverá exibir as entradas, as saídas e outras características operacionais. Todos os modos de “failover”, “retries”, “restarts”, backup/restore e partidas a frio deverão ser descritos para cada computador do sistema.

4.2.8.4 Manual do Usuário

Deverá ser fornecido um manual de utilização dos recursos básicos disponíveis na plataforma de edição, sendo suficiente para o completo uso da plataforma. Ele deve incluir, mas não se limitar a: manuais do hardware e software, manuais de geração e uso do banco de dados, e manuais de geração e uso do configurador de displays.

4.2.8.5 Manual de Manutenção

Deverá ser fornecido um manual de manutenção completo o qual deverá incluir volumes para todo o hardware, incluindo periféricos OEM (“Original Equipment Manufacturer”). O manual de manutenção deverá ser desenvolvido em nível adequado para um técnico de eletrônica.

O manual de manutenção deverá detalhar os procedimentos preventivos e corretivos requeridos para manter o sistema em boas condições operativas.

Instruções para Manutenção Preventiva - estas instruções deverão incluir todas as verificações visuais aplicáveis, testes de hardware, rotinas de diagnósticos e os ajustes necessários para a manutenção preventiva do sistema. Instruções de como carregar e usar os programas diagnósticos e de qualquer equipamento especial ou padronizado deverão ser parte integrante destes procedimentos.

Instruções para Manutenção Corretiva - estas instruções deverão conter um nível adequado para a localização rápida e eficiente da causa do mau funcionamento do equipamento e deverá indicar as prováveis fontes do problema, o sintoma, causa provável e instruções para corrigir o mau funcionamento. Estas diretrizes deverão explicar como usar quaisquer programas de diagnósticos e testes on-line ou off-line e quaisquer equipamentos especiais de testes, se aplicável.

As instruções para manutenção corretiva deverão também incluir explicações para reparo, ajuste ou substituição de todos os itens, incluindo cartões de circuito impresso, diagramas esquemáticos elétricos e mecânicos, circuitos eletrônicos, ilustrações para localização de partes, fotografias e desenhos de cortes fornecendo detalhes das montagens mecânicas. Para os itens mecânicos que requeiram reparo no campo, informações sobre tolerâncias, folgas, limites de desgastes e torques máximos de aperto. Informações sobre carregamento e uso de programas diagnósticos off-line, ferramentas e equipamentos de testes, bem como precauções que devem ser observadas para proteger o pessoal e equipamentos.

4.2.8.6 Instruções para Instalação do Sistema

O fornecedor deverá preparar um documento de instruções para instalação do sistema, contendo informações para a instalação do sistema, incluindo pelo menos: desenhos “rack-up” mostrando dimensões e instruções para montagem, instruções para fixação dos equipamentos, dimensões e pesos de cada gabinete, requisitos especiais de manuseio, localização das conexões externas, requisitos de aterramento, tipo e tamanho dos conectores e cabos inter-gabinetes (quantidade e requisitos de espaço).

Documentação Relacionada a Teste - toda documentação de testes elaborada pelo fornecedor deverá estar conforme com a norma ANSI/IEEE 829-1983 - software Test Documentation”. [STANDARDS 00]

Programação dos Testes - o fornecedor deverá submeter para análise e aprovação a programação de testes de aceitação em fábrica e testes de aceitação no campo.

Plano para Testes de Aceitação em Fábrica - o fornecedor deverá submeter para análise e aprovação o documento do plano para o TAF com os seguintes itens, mas não se limitando a: filosofia dos testes, regras, diretrizes, funções a serem testadas, descrição do “test bed”,

requisitos e respostas dos cenários de testes, definições de simulação, métodos utilizados para verificar a capacidade final do sistema, programação detalhada do teste e organização dos procedimentos de testes.

O plano de testes deverá ser exaustivo e cobrir todas as partes do sistema. Deverá definir de forma detalhada todos os testes a serem executados em cada subsistema para verificar se o mesmo opera conforme especificado. Os seguintes requisitos deverão ser incluídos no plano de testes:

- **Pessoal de Teste:** os testes individuais de módulos e/ou equipamentos deverão ser conduzidos de forma conjunta pelo fornecedor e a empresa. Durante os testes, supervisores do fornecedor e da empresa deverão ser indicados.
- **Testes de Aceitação:** testes são requeridos para executar a verificação do sistema, os quais deverão consistir de testes individuais por módulo e/ou equipamento, testes do sistema integrado e auditoria da documentação. Todos os equipamentos utilizados nos testes deverão ser calibrados.
- **Entradas Estáticas e Dinâmicas:** o subsistema computacional deverá ser exercitado através da simulação estática e dinâmica dos sinais de entrada representando condições normais e anormais.
- **Resultados Esperados:** saídas esperadas e/ou características de operação, juntamente com margens de tolerâncias aceitáveis, deverão ser indicadas para cada teste. Os resultados observados durante a execução deverão ser registrados.

Procedimentos para os Testes de Aceitação em Fábrica - os procedimentos de testes deverão ser estruturados para testar o sistema passo-a-passo por bloco funcional e produzir resultados observáveis e verificáveis. Os procedimentos para os testes de aceitação em fábrica deverão facilitar o processo de registro dos resultados e a recriação das condições de erros. Cada passo deverá ser descrito com os resultados esperados e observados após a execução de cada passo.

Todo software de diagnóstico, ferramentas e/ou equipamentos especiais de testes deverão ser incluídos como itens a serem testados durante o TAF. As informações para cada teste, nos procedimentos são:

- Número de identificação do teste.
- Nome e descrição do teste.
- Descrição do procedimento organizado em passos lógicos.
- Descrição da resposta do sistema a cada passo de teste.
- Espaço para registro dos resultados do teste, hora e data do teste (incluindo re-teste, se necessário).
- Aprovação (rubricada pela empresa e do fornecedor).

Procedimentos para os Testes de Aceitação no Campo - o pré-requisito para o embarque dos equipamentos é que todos os problemas identificados no FAT tenham sido resolvidos. O

fornecedor deverá submeter para análise e aprovação o documento procedimentos para o TAC. Estes procedimentos deverão verificar se:

- Todos os problemas não resolvidos antes do embarque foram solucionados.
- Todo hardware e software possuem desempenho requerido.
- O sistema possui desempenho satisfatório no ambiente de campo.

Relatórios de Testes - para permitir a recriação e verificação dos resultados dos testes, o fornecedor deverá registrar os resultados dos testes em uma seqüência lógica. Em adição ao registro dos resultados dos testes, os seguintes dados também devem ser registrados:

- **Dados operacionais** - tempos de uso da interface do usuário, ações de chaveamento de equipamentos, indicações de falhas e performance qualitativa (como por exemplo, carregamento de CPU, resposta do sistema).
- **Dados Técnicos de Manutenção** - incluindo manutenção preventiva e corretiva, registros de falhas e de reparos, tempo de manutenção, disponibilidade das peças de reposição, operações de reparos da bancada de testes e soluções de problemas.
- **Dados de Engenharia** – todos os relatórios técnicos e análises produzidas como suporte dos testes e os dados técnicos produzidos a partir de medições e registros de parâmetros específicos e características de performance de equipamentos, procedimentos de testes especiais, especificações de equipamentos, normas relacionadas e especificações das partes e montagens.
- **Dados de software** - todas as informações relacionadas à performance do software e/ou interface do usuário, saídas impressas do computador indicando problemas de software, anomalias de dados de entrada, erros de programa, “downtime” de equipamento ou tempo associado à utilização de software (como por exemplo, carregamento impróprio de programa, instruções ilegais, etc.). Um relatório resumo do teste de software, de acordo com a norma ANSI/IEEE 829-1983, deverá ser preparado para cada módulo e subsistema testado. [STANDARDS 00]

4.2.8.7 Outros Documentos

Documentação sobre a Construção - o fornecedor deverá submeter para análise e aprovação a documentação “como construído”. Esta documentação deverá abranger os seguintes documentos: projeto de hardware do sistema, projeto de software do sistema, projeto detalhado de hardware do sistema e projeto detalhado de software do sistema, os quais já foram ou terão que ser revisados para refletir o sistema conforme construído. Quaisquer erros ou modificações no sistema resultantes dos testes de aceitação em fábrica e testes de aceitação no campo deverão ser incorporados nesta documentação.

Uma cópia bem comentada de todas as listagens do software de aplicação deverá ser fornecida. Todos os outros documentos submetidos anteriormente que sofreram alterações devidas a mudanças de engenharia, mudanças de contrato, ou erros e/ou omissões deverão ser submetidos novamente. Devem ser entregues:

- “Disk packs” (ou equivalente) do código fonte do sistema, incluindo utilitários, ferramentas, scripts, software aplicativo (SCADA, Energy Management System (EMS), CAG, CAT, IHM e Histórico, entre outros), software de comunicação, etc.
- “Disk packs” (ou equivalente) do código objeto de todos os programas para geração do software do sistema.
- “Disk packs” (ou equivalente) do código executável do software do sistema.

Este “disk packs” (ou equivalente) deverá incluir o sistema operacional; programas, bancos de dados e displays necessários para a operação e manutenção do sistema; e todos os programas fornecidos pelo fabricante do computador, tais como “assemblers”, “loaders” e editores. Deverá possuir a utilização dos recursos das consoles, operação básica do sistema computacional e dos periféricos.

4.2.8.8 Documentação de Subcontratados

O fornecedor será responsável pela conformidade com todos os requisitos e pela entrega nos prazos estipulados de toda a documentação requerida, mesmo que a seja de fornecimento de subcontratados e/ou de outros fornecedores.

4.2.8.9 Serviços de Informação e Atualização

O fornecedor deverá descrever qualquer sistema de atualização e outros serviços de informação que estejam disponíveis. Deverá também, fazer os arranjos necessários para todas as atualizações de sistema e todos os outros serviços de informações pertinentes oferecidos por OEM.

4.2.8.10 Especificação dos Protocolos de Comunicação do Sistema

A especificação deverá conter a descrição detalhada de todos os protocolos de comunicação utilizados pelo SSC na interligação com outros centros e UTRs. Esta especificação deverá ser completa, incluindo uma cópia integral de todas as normas e padrões utilizados, destacando as opções específicas deste sistema, e englobando todas as informações necessárias à implementação dos futuros sistemas a serem conectados ao SSC. Esta especificação, que deverá ser elaborada em volume separado, em meio eletrônico, constituirá o documento formal de interface de comunicação dos sistemas de tempo real da empresa.

Uma versão preliminar desta especificação deverá ser entregue pelo fornecedor ao final do “workstatement”. A versão completa fará parte das especificações do projeto funcional do sistema.

4.2.9 PLANO de TREINAMENTO

Esta parte da metodologia define o treinamento e o número de pessoas que deverão participar de cada curso, de acordo com o plano de treinamento. O fornecedor deverá indicar uma lista de todos os cursos de treinamento disponíveis, bem como um plano de treinamento recomendado para que o objetivo seja alcançado. Deverá identificar os cursos padronizados e aqueles que serão especificamente preparados para a empresa, indicando a duração e o local

do curso. O plano de treinamento final deverá ser aprovado, com a definição dos cursos a serem ministrados, durante a fase de elaboração do “workstatement”.

O fornecedor deverá treinar adequadamente uma equipe de profissionais na operação, manutenção e nas técnicas e procedimentos para a expansão do SSC. Deve ser fornecido à equipe um treinamento suficiente para que eles possam operar, manter e expandir todos os subsistemas do SSC, sem um suporte significativo do fornecedor. Assim, cada aspecto técnico e operacional do SSC deverá ser detalhadamente coberto nos cursos de treinamento. Todos os cursos deverão considerar a meta de que a equipe execute toda a manutenção de software e a manutenção de hardware.

O fornecedor deverá apresentar um orçamento para os cursos de treinamento, indicando o custo por aluno, a duração e a data prevista para cada curso. O desembolso destes valores será realizado quando da realização de cada curso, respeitando-se a quantidade de treinandos em cada um deles.

4.2.9.1 Requisitos Gerais

Todos os cursos de treinamento deverão ser conduzidos por pessoal com experiência nos tópicos a serem abordados. O fornecedor deverá contratar treinamento dos fornecedores OEM (“Original Equipment Manufacturer”), conforme necessário. Todos os cursos de treinamento relativos aos servidores de aplicação, servidores de comunicação, estações de trabalho, equipamentos e dispositivos de rede e equipamentos periféricos, deverão ser de responsabilidade do fornecedor OEM. O fornecedor poderá complementar o treinamento do fornecedor OEM para que o objetivo da empresa seja alcançado.

O fornecedor deverá fornecer os cursos de treinamento, obrigatoriamente em português.

4.2.9.2 Conteúdos dos Cursos de Treinamento

Os nomes dos cursos e os conteúdos associados são de responsabilidade do fornecedor. Contudo, os itens que se seguem identificam os conteúdos básicos dos cursos.

Curso de Desenvolvimento de Display e Base de Dados - este curso será organizado para as equipes de desenvolvimento de telas, relatórios e banco de dados, conhecimentos básicos para realizar estas atividades.

Cursos de Treinamento em Hardware e Software Básico - estes cursos deverão ser organizados para oferecer à equipe um nível de conhecimento suficiente no projeto de instalação, manutenção e operação do hardware do SSC, de forma que possam adequadamente manter todos os equipamentos em nível de módulos. Para tanto, os cursos deverão cobrir, pelo menos, as seguintes áreas:

1. Documentação: organização da documentação do sistema, conteúdos e convenções.
2. Teoria da operação do sistema.
3. Programação Básica: linguagens usadas pelo software, operação básica e procedimentos de diagnósticos de servidores, estações de trabalho, equipamentos periféricos, equipamentos de rede e outros.

4. Visão geral do software: configuração do software básico, sistema operacional, aplicações e utilitários.
5. Manutenção de hardware: cursos de manutenção dos subsistemas: teoria de projeto, operação, técnicas de manutenção, procedimentos de diagnósticos e, onde aplicável, técnicas e procedimentos de expansão. Estes cursos deverão ser cerca de 50% de treinamento do tipo “hands-on” para cada subsistema do SSC. Todas as interfaces do subsistema computacional deverão ser cobertas detalhadamente. Estes cursos devem incluir:
 - Arquitetura do sistema e conjunto de instruções.
 - Básico do sistema operacional e programas utilitários.
 - Teoria de operação utilizando diagramas em bloco e esquemas funcionais.
 - Análise lógica da operação dos circuitos, usando diagramas lógicos, timing e fluxogramas.
 - Desmontagem e montagem dos conjuntos mecânicos.
 - Operação, documentação e utilização do software de diagnóstico, incluindo listagem dos programas fonte, diagramas lógicos, fluxogramas e uso de equipamentos simuladores.
 - Ajustes eletrônicos e mecânicos utilizando ferramentas específicas e especiais do sistema.
 - Prática de procedimentos de “troubleshooting” para identificação de falhas em nível de módulo.
 - Prática de procedimentos para localização e correção de falhas e testes de verificação nos cabos e conectores de rede.

Cursos de Treinamento para Software Aplicativo - estes cursos deverão ser organizados para que a equipe de software possa obter um nível de conhecimento do software do sistema necessário à execução das tarefas relativas ao desenvolvimento, manutenção e expansão das aplicações do sistema de potência do SSC (SCADA, CAG e EMS).

Os tipos de cursos de treinamento requeridos são: aulas de treinamento formal que incluem cursos estruturados sobre teoria de operação, detalhes de projeto, interfaces de programas, interface com o banco de dados, software de controle, e, onde aplicável, procedimentos e técnicas de expansão. Os seguintes tópicos deverão ser cobertos no programa de treinamento:

1. Documentação do sistema, conteúdos e convenções.
2. Visão geral do software do sistema: configuração básica do software, interfaces entre o sistema e o software de aplicação.
3. Software do sistema operacional: todos os aspectos relacionados ao sistema operacional, sua programação, gerenciamento, serviços, funções, utilitários e técnicas de geração do sistema.

4. Software de comunicação, protocolos, configuração, parâmetros e estatísticas.
5. Programas de aplicação, técnicas e algoritmos. Os cursos deverão abordar aspectos de concepção, instalação, parametrização, manutenção, interface com banco de dados e outros subsistemas, interface homem-máquina, relacionamento e restrições com o sistema operacional. Estes cursos devem incluir todo o software aplicativo do sistema.
6. Software de gerência da rede: configuração, operação, parâmetros, procedimentos, estatísticas e gerenciamento.
7. Funcionamento dos seguintes subsistemas durante o failover e inicialização do sistema: servidores de aplicação e de comunicação, subsistemas de controle e aquisição de dados, subsistema de interface dos usuários e subsistema de dados históricos.
8. Banco de dados: estrutura global e filosofia cobrindo as técnicas de geração, tabelas de controle, interface do usuário, tabelas de aplicação e todos os arquivos relacionados. Incluir procedimentos para inserção de nova versão de base e/ou arquivos (telas, tabelas de referência, etc.). Deve estar no escopo deste treinamento os procedimentos de inclusão, modificação, exclusão de entidades e/ou atributos da base de dados.
9. Funções de edição do sistema: editor do banco de dados, editor e compilador de displays, compilador de relatórios, editores de programas de aplicação e outros recursos de suporte para modificação e atualização do sistema, abrangendo metodologia usada para o desenvolvimento, geração e documentação de software, incluindo o uso da ferramenta de software associada. Cursos de treinamento dos operadores.
10. Funções de backup e restore do banco de dados, sistema operacional e demais sistemas que tenham necessidade de backup de segurança.

Treinamento de Engenheiros de Operação - deverá ser fornecido treinamento aos engenheiros de operação nos programas de análise de redes em modo de estudo, além daqueles já citados. Estes cursos deverão dar uma visão do SSC e um treinamento detalhado no uso dos programas de análise de rede, incluindo a interação com a interface do usuário.

Treinamento em Fábrica - deverá ser previsto a permanência de profissionais da empresa na plataforma de desenvolvimento do SSC, durante um período estimado de 4 a 6 meses, para o treinamento na fábrica (“on-the-job”). O principal objetivo deste treinamento é possibilitar o trabalho conjunto com o fornecedor no desenvolvimento e integração das funções do SSC. As principais atividades a serem desenvolvidas devem ser: geração da base de dados do sistema da empresa, implantação de telas, integração de programas aplicativos, configuração do ambiente de rede e do sistema operacional.

4.2.10 GARANTIA de QUALIDADE, TESTES, SERVIÇOS de MANUTENÇÃO e SUPORTE

O fornecedor deverá traçar um Plano de Garantia de Qualidade (PGQ) para todo o sistema, incluindo documentação, hardware, firmware, software e serviços de manutenção. O referido plano deverá possibilitar a detecção, desde o início, de deficiências reais ou potenciais,

orientar uma ação pronta e efetiva provendo um método de rastreamento de todas as deficiências. Os testes do sistema deverão constituir o elemento principal de aferição do PGQ, uma vez que deverão verificar se o sistema atende os requisitos funcionais, de desempenho e de interface.

4.2.10.1 Garantia de Qualidade e Testes

Plano de Garantia de Qualidade - o fornecedor deverá submeter para análise o seu plano de garantia de qualidade, o qual define os meios pelos quais serão assegurados os requisitos de qualidade. O PGQ deverá identificar os procedimentos e políticas de garantia de qualidade, preferencialmente de acordo com o padrão ISO-9002.

O PGQ do fornecedor deverá documentar a sua conformidade com a norma ANSI/IEEE 730-1984 - “Standard on Software Quality Assurance”. [AGROSOFT 00]

Testes do Sistema - o sistema deverá ser submetido, na plataforma de desenvolvimento do fornecedor, a um teste de aceitação em fábrica compreendendo todo hardware e software. A instalação do sistema, testes de partida, os testes de aceitação e a demonstração de disponibilidade do sistema serão executados no campo.

1. Testes de Módulos e Subsistemas - para minimizar atrasos de projeto decorrentes de repetições de testes de aceitação em fábrica, o fornecedor deverá antecipar, sempre que possível, os testes dos módulos e subsistemas selecionados. Estes testes deverão ser conduzidos informalmente pelo fornecedor antes do TAF.
2. Pré-requisitos para a execução do TAF:
 - Enviar toda documentação apropriada com aprovação da empresa.
 - Possuir um plano de testes devidamente aprovado pela empresa.
 - Solucionar todas as não-conformidades de hardware, software, firmware e documentação.
 - Efetuar uma inspeção pela empresa da configuração de hardware para testes, equipamento e software de simulação.
 - Fazer um inventário de todo o sistema usando listas de material.
 - Verificar conexões de cartões, assentamento dos cartões, fixação dos conectores de cabos, etiquetas de cabos e etc.
 - Vistoriar a qualidade do acabamento, pintura e construção global.
3. Testes de Aceitação em Fábrica - o fornecedor deverá notificar, por escrito, com pelo menos 30 (trinta) dias de antecedência que o TAF foi programado, que todos os pré-requisitos foram atendidos com sucesso e que o sistema está pronto para o início formal do TAF.

O objetivo dos testes é o de qualificar o sistema atendendo os requisitos funcionais, de desempenho e de interface.

Falhas e erros de discrepâncias deverão ser documentados no relatório de testes de aceitação em fábrica. Relatórios de problemas de hardware e software também deverão ser indicados de acordo com os procedimentos de notificação de não-conformidades. Correções subsequentes deverão ser descritas e as ações apropriadas deverão ser verificadas por representantes da empresa e do fornecedor.

A presença de uma discrepância como, por exemplo, uma falha freqüente de CPU, atrasos excessivos na resposta do sistema, erros irre recuperáveis no banco de dados, operação incorreta de funções e etc, poderão, ser motivo para a suspensão da totalidade do TAF até a correção do problema. Neste caso, após a correção dos problemas identificados, todo o processo de TAF deverá ser reiniciado integralmente.

Relatórios de Não-Conformidade

1. Responsabilidades e Descrições - a garantia de qualidade do fornecedor deverá ser responsável pela geração dos relatórios de não-conformidade. A não-conformidade é uma falha de qualquer parte do sistema no atendimento dos requisitos ou de qualquer procedimento de garantia de qualidade aplicável.

2. Procedimento e Requisitos - o fornecedor deverá preparar, manter e implementar um procedimento para a notificação de não-conformidade. Este procedimento deverá ser submetido à análise como parte do PGQ. O procedimento, no mínimo, deverá cobrir o seguinte:

- Métodos para assegurar que as não-conformidades sejam identificadas, documentadas, notificadas e controladas.
- Requisitos para preparação e envio de documentação para cada não-conformidade.
- Um requisito para o envio de um relatório mensal de não-conformidades mostrando os estados de todas condições de não-conformidades abertas.

4.2.10.2 Manutenção e Serviços de Suporte

Esta parte da metodologia especifica os requisitos para manutenção de hardware e software do SSC até o final do período de garantia.

Responsabilidade pela Manutenção - o fornecedor será responsável pela manutenção preventiva e corretiva do hardware e software até o final do período de garantia. Esta responsabilidade deverá incluir as peças sobressalentes necessárias para dar suporte ao sistema. Os estoques de sobressalentes poderão ser usados temporariamente para as atividades de manutenção corretiva, entendendo-se que todos os componentes e partes utilizados durante o período de garantia deverão ser repostos.

Alterações, tais como as modificações no tamanho ou conteúdo de bancos de dados, alterações em programas de aplicação ou displays, acréscimo de novas aplicações ou displays, e alterações na configuração do sistema devem ser consideradas como responsabilidade do fornecedor sempre que forem necessárias para atender aos requisitos.

Com a aceitação do sistema, o fornecedor deverá transferir todas as licenças de software e as inscrições em serviços que forem aplicáveis, incluindo: conjuntos de atualização (upgrade kits), documentação atualizada, serviços de suporte (“hotline”), serviços integrais (Full

service), incluindo instalação e direitos de cópia e instalação do software em qualquer equipamento entregue, sujeito aos termos do licenciamento.

Manutenção de hardware

1. Diagnósticos e Equipamentos de Teste - deverá ser provido software de diagnóstico e equipamentos de teste, para permitir o isolamento de problemas e determinar qual a equipe de manutenção apropriada para resolver o problema. O conjunto final de software de diagnóstico e de equipamentos de teste, será definido durante o “workstatement”.

Para os equipamentos proprietários, deverá prover peças sobressalentes considerando um nível de 10% do número de placas de circuito presentes no SSC, de forma a suportar a manutenção em nível de placas de circuitos e/ou módulos dos equipamentos.

Quaisquer partes que devam ser adicionadas, trocadas ou alteradas devido a alterações de projeto do SSC que sejam realizadas para atender a qualquer requisito especificado do SSC, deverão ser fornecidas sem nenhum custo adicional. Esta política será aplicada a todos os equipamentos do SSC adquiridos e será aplicável a qualquer tempo até o final do período de garantia.

2. Suprimento de Insumos - o suprimento de materiais deverá incluir os seguintes itens, mas não limitados a: fitas magnéticas, papéis especiais de impressoras, toner e cartuchos de tinta de impressoras, materiais de limpeza especiais e mídia magnética e ótica regravável.

O fornecedor deverá prover, sem ônus, todos os suprimentos de consumo necessários para utilização durante o projeto, enquanto o sistema de desenvolvimento e a configuração do SSC estiverem nas instalações do fornecedor. O fornecedor deverá também prover suprimentos de consumo estimados para um período mínimo de três meses após a disponibilização do SSC nas instalações da empresa, baseado no uso médio durante o desenvolvimento e teste do sistema.

Manutenção de software

1. Abrangência da Manutenção de software

As responsabilidades pela manutenção de software do SSC deverão incluir no mínimo as seguintes atividades: execução de atualizações (“upgrades”), instalação de novas versões (“releases”) e integração de revisões ou correções para todo o software standard e específico do SSC.

- Prover orientação técnica voltada para a resolução de problemas relativos ao sistema.
- Prover assistência técnica para o mesmo dia, se notificado pela empresa no período entre 00:00 h e 12:00 h; prover assistência técnica para a manhã do dia seguinte, se notificado no período entre 12:00 h e 24:00 h.
- Deverá disponibilizar atendimento por telefone tipo “hot line” para emergências, 24 horas por dia, 365 dias por ano.

Com o objetivo de facilitar a manutenção do software do SSC, o sistema deverá seguir o princípio geral de que o software específico deverá ser implementado em bibliotecas específicas e devidamente identificadas.

2. Atualizações de Software e Novas Versões

Todas as atualizações de software, bem como as revisões e as novas versões deverão estar isentas de custo adicional, até o término do período de garantia. Será responsabilidade do fornecedor instalar as atualizações e novas versões de software.

3. Período Mínimo de Garantia do Suporte

O fornecedor deverá prover, durante 10 (dez) anos, após o término da garantia, métodos e procedimentos que garantam a disponibilidade de atualizações, o suporte técnico para todo o software do SSC, e o anúncio de novas versões de software aplicáveis ao sistema. Este suporte poderá ser provido diretamente pelo fornecedor, pelo fabricante original ou ainda por ambos.

Subseqüente a este período de dez anos de garantia de suporte, o fornecedor e/ou o fabricante OEM deverá informar a empresa, pelo menos, com um (1) ano de antecedência de sua intenção de encerrar um serviço.

4.2.11 GERENCIAMENTO do PROJETO

Esta parte da metodologia descreve como pó ser o gerenciamento do projeto. Para assegurar que a integração, testes, transporte, embalagem, instalação e comissionamento do sistema dentro dos prazos estabelecidos, o fornecedor deverá apresentar os procedimentos de coordenação e gerenciamento do projeto, que atendam aos requisitos aqui definidos.

4.2.11.1 Organização do Projeto

Todo trabalho desenvolvido deverá ter a direção técnica e fiscalização dos gerentes de projeto da empresa.

Toda correspondência técnica com a empresa deverá ser dirigida ao gerente de projeto.

Os gerentes de projeto serão responsáveis pela aprovação da documentação, a coordenação das atividades de testes e os arranjos de todas as reuniões.

Gerente de Projeto do Fornecedor - o fornecedor deverá designar e ter disponível durante o prazo de execução um gerente de projeto autorizado, o qual atuará com plena autoridade em nome do fornecedor e servirá como único ponto de contato de todo trabalho e de todas as comunicações entre a empresa e o fornecedor. O gerente de projeto do fornecedor será responsável pela totalidade do fornecimento do sistema, incluindo todos os subcontratos.

Reuniões de Projeto - reuniões de projeto deverão ser programadas para se avaliar o progresso do projeto, assegurar a correta interpretação da especificação, analisar o projeto do sistema e manter a coordenação geral entre as equipes de projeto da empresa e do fornecedor.

O intervalo de tempo entre reuniões deve ser inferior a 45 (quarenta e cinco) dias. Reuniões poderão ser mais frequentes durante períodos de pico de atividades ou nos casos em que a houver desvios de prazo. O fornecedor deverá elaborar as atas durante cada reunião.

4.2.11.2 Sistema de Gerenciamento do Projeto

Os gerentes de projeto do fornecedor e da empresa deverão utilizar um sistema de gerenciamento de projeto, preferencialmente no ambiente Microsoft Windows. Este sistema deverá ter capacidade de monitorar o desenvolvimento do projeto em todas as suas fases, de forma que os eventos sejam alcançados dentro das restrições de performance, prazos, custos e esforços. O sistema de gerenciamento de projeto a ser utilizado, incluindo os procedimentos de monitoração e relatórios, deverá ser submetido à aprovação.

Cronograma do Projeto - o fornecedor deverá detalhar um cronograma, identificando todas as atividades. O cronograma do projeto será aquele acordado durante o “workstatement”, o qual passará a se constituir em parte integrante desta especificação.

Principais Eventos do Projeto – a tabela 21 exibe os alguns eventos relevantes, indicados no cronograma preliminar, os quais deverão ser considerados na elaboração do plano de implementação e do cronograma de projetos:

Tabela 21 Relação de eventos importantes (exemplos)

N.º	Evento	Data
1	Início do “workstatement”	
2	Conclusão do “workstatement” e assinatura do contrato	
3	Entrega do sistema de desenvolvimento para edição do banco de dados e formatação de display	
4	Conclusão do treinamento da equipe da empresa em banco de dados e formatação de displays nas instalações do fornecedor	
5	Aprovação das especificações do projeto funcional do sistema	
6	Desenvolvimento do protocolo de comunicação das UTRs/Servidores de dados e dos centros de operação	
7	Sistema configurado e operando na plataforma do fornecedor	
8	Banco de dados e <i>displays</i> dos centros regionais operando na plataforma do fornecedor	
9	Procedimentos dos testes de aceitação aprovados	
10	Testes de aceitação em fábrica aprovados	
11	Testes de aceitação no campo aprovado	
12	Conclusão da demonstração de disponibilidade e emissão do certificado de aceitação provisória	
13	Término do período de garantia e emissão do certificado de aceitação final	

Fonte: [KEMA 00]

Plano de Migração do Sistema Existente para o SSC - se a empresa tiver um sistema em funcionamento, detalhar um plano de migração do sistema existente para o novo SSC. O detalhamento do plano de migração deverá ser objeto de criteriosa avaliação.

4.2.11.3 Processo Informativo do Projeto

O processo informativo do projeto deverá abranger toda a documentação e comunicação para a empresa.

Relatório Mensal de Progresso - no final de cada mês, o fornecedor deverá submeter à empresa um relatório de progresso cobrindo todos os aspectos do fornecimento. Este relatório deverá incluir atualizações do cronograma e dos principais eventos do projeto. As atualizações deverão refletir o estado do projeto no último dia do mês anterior.

O relatório mensal de progresso deverá também indicar decisões devidas ou pendentes. A última seção do relatório mensal de progresso deverá incluir uma avaliação global do projeto.

Os estados das notificações de não-conformidades também deverão ser incluídos no relatório mensal de progresso.

Além do relatório mensal de progresso, relatórios por escrito abrangendo áreas de problemas que requeiram a atenção imediata da empresa, deverão ser enviados sempre que necessários. Estes relatórios deverão descrever a natureza do problema, a ação corretiva e o impacto potencial sobre o cronograma.

4.2.11.4 Procedimentos para Alteração de Projeto do Sistema

Deverá ser definido um procedimento para alteração de projeto do sistema com a finalidade de exercer um controle das alterações significativas de projeto ocorridas após a sua definição. Este procedimento deverá ser submetido à análise e aprovação e deverá estar de acordo com os termos e condições do contrato.

As alterações de projeto aprovadas deverão resultar em revisões correspondentes de toda documentação pertinente, incluindo o cronograma e conseqüente lista de principais eventos do projeto. Alterações de projeto não devem ter impacto em aumento do tempo de desenvolvimento e no custo do projeto.

4.2.11.5 Correspondência do Projeto

Toda correspondência do fornecedor para a empresa deverá ser datada e numerada em seqüência. Toda documentação enviada para a empresa deverá ser acompanhada de uma carta de encaminhamento, a qual deverá incluir a numeração seqüencial. Da mesma forma, a empresa irá numerar seqüencialmente toda a correspondência enviada para o fornecedor. É desejável que cada carta se limite a um único tópico, com a finalidade de facilitar o processo de arquivo e procura de qualquer correspondência.

4.2.11.6 Recursos na Instalação do Fornecedor

O fornecedor deverá disponibilizar, no local onde o SSC está sendo desenvolvido e sem qualquer ônus, uma sala mobiliada, equipada com telefone, fax, microcomputador e impressora para duas pessoas da equipe. Estes recursos deverão ser de uso exclusivo da empresa e deverão estar disponíveis durante toda a duração do projeto, mesmo que não seja utilizada. Deverão ser disponibilizadas também instalações para a equipe que participará das atividades na fábrica (“on-job-training”).

4.2.12 REQUISITOS PARA ESPECIFICAÇÃO DA UTR

Este item da metodologia estabelece critérios técnicos mínimos requeridos para a aquisição de unidades terminais remotas. Estas remotas realizarão a interface entre o sistema elétrico da subestação e o respectivo posto de operação remoto utilizando para isso, um sistema SCADA.

Esta especificação é baseada em [ELEBRA 98], [MOTOROLA 98], [GALHARDO 98] [ATI 97], [FOXBORO 97] e [CDI 00].

4.2.12.1 Requisitos Gerais

1. Normas e Padrões – O equipamento deverá estar segundo as normas abaixo. Toda e qualquer outra norma utilizada deverá ser citada. Em caso de conflito entre as normas prevalece a da especificação.

- ABNT-EB-582 Graus de proteção para os invólucros de equipamentos de manobra e controle de baixa tensão.
- ABNT-NB-8 Norma geral de desenho técnico.
- ABNT-NBR-7116 Relés elétricos de isolamento.
- ABNT-NBR-7348 Limpeza de superfícies de aço com jato abrasivo.
- ABNT-NBR-6808 Conjunto de manobras e controle de baixa tensão.
- ABNT-NBR-6649 Chapas finas a frio de aço-carbono para uso estrutural.
- ABNT-MB-985 Tintas: determinação de aderência.
- ABNT-NBR-6146 Invólucros de equipamentos elétricos de proteção.
- IEEE-472 Guia para teste de capacidade de resistência.
- IEC-255-4 Relés de medidas de quantidade de energização de uma entrada.
- IEC-255-5 Relés elétricos, parte 5: Teste de isolamento para relés elétricos.
- IEC-801 Compatibilidade eletromagnética para medidas de processos industriais e controle de equipamentos.
- IEC-870 Sistemas e equipamentos de telecontrole.
- IEC-100 Compatibilidade eletromagnética.

2. Documentação – Deverá ser enviado um conjunto de catálogos técnicos e documentação com o detalhamento da UTR.

3. Garantias - o fornecedor deverá oferecer garantia contra defeitos de fabricação de todos os módulos que compõem as UTRs por um prazo de dois anos a contar do início da entrada em operação.

O fornecedor deve garantir que o Tempo Médio de Falhas (MTBF) de cada UTR seja superior a 50.000 horas e o tempo médio para reparo (MTTR) seja inferior a 1 hora.

4. Ferramentas Especiais – O projeto deverá evitar o uso de ferramentas especiais, no entanto, se existirem, elas devem ser recomendadas, sendo que a empresa não será obrigada a comprá-las.

5. Peças Sobressalentes - o fornecimento deverá incluir módulos de reserva para a substituição e manutenção, em número equivalente a 5% dos totais instalados, limitando um mínimo de três unidades.

6. Treinamento – o fornecedor deverá apresentar uma proposta detalhada de treinamento para engenheiros, técnicos e operadores.

7. Instalação e Operação Inicial – definir aqui as responsabilidades para a fixação e execução de toda a cablagem externa. Normalmente esta etapa é executada pela empresa contratante do serviço ou por empresas terceirizadas.

8. Cronograma do Fornecimento – O fornecedor deverá incluir um cronograma de fornecimento das UTRs indicando as datas para os seguintes eventos: workstatement (consolidação do fornecimento), fabricação da UTR, inspeção em fábrica, entrega das UTRs e teste em campo.

4.2.12.2 Requisitos Técnicos

Este item da metodologia fixa critérios e características mínimas requeridas para as UTRs, periféricos e programas.

1. Geral – As UTRs deverão se comunicar com dois centros, de forma independente e com cada centro através de dois canais de comunicação redundantes, recolher, armazenar e processar os dados dos pontos digitais e analógicos em dois processadores redundantes. Executar rotinas de autodiagnóstico e lógicas de controle combinacionais e sequenciais.

2. Instalação – As UTRs serão instaladas para operação em regime contínuo nas salas de controle das subestações. O ambiente estará sujeito a incidência de poeira, surtos e interferências eletromagnéticas. O equipamento deverá funcionar perfeitamente com altitudes de até 1000 metros, temperatura máxima de 60° C e mínima de -10° C, umidade relativa do ar mínima de 10% e máxima de 95%, sem condensação. Somente os cabos conectados a UTR provenientes do pátio serão.

3. Generalidades – A arquitetura para cada UTR varia conforme a característica de cada subestação. A substituição de qualquer módulo de entrada ou saída deverá ser possível sem a

necessidade de desconectar a fiação. Cada módulo deverá ter uma sinalização visual (LEDs) para identificar o acionamento de uma entrada ou saída digital. Quando uma CPU falhar a outra deve entrar em operação automaticamente. A UTR deverá fazer uma varredura de todos os pontos de entrada digitais e analógicos em 1 s (um segundo) exceto os pontos de seqüência de eventos que devem ser tratados com uma resolução de 1 ms (um milésimo de segundo).

O tempo de resposta da UTR para um comando ou para uma varredura deve ser inferior a 150 ms.

Todos os terminais de entrada e saída da UTR deverão incorporar proteções que atendam ou excedam às normas internacionais IEC 1000-4-5 (nível 4), IEC 801-4 (4Kv) e IEC 255-22-1 (nível 3).

4. Subsistema de Entrada/Saída – Neste item serão relacionados os dados de entradas digitais, entradas analógicas, saídas digitais e se houver necessidade de saídas analógicas.

a. As entradas digitais deverão contemplar os seguintes requisitos:

- Indicação de estado simples e associado à mudança momentânea entre duas varreduras.
- Indicação de seqüência de eventos com resolução mínima de 1ms.
- Cada ponto digital deverá funcionar de maneira independente dos demais. Cada ponto configurado como estado deverá ser configurado como SOE ao mesmo tempo.

b. Entradas digitais de estado:

- Estas entradas serão utilizadas para supervisionar os estados dos disjuntores, equipamentos de religamento habilitados/desabilitados, estado de equipamentos ligado/desligado e chaves seccionadoras abertas/fechadas, entre outros.

c. Entradas digitais de seqüência de eventos:

- Os instantes de tempo em que ocorrem as mudanças de estado dos pontos configurados como SOE deverão ter a precisão de 1 ms.
- A precisão do relógio da UTR deve produzir diferenças menores do que 10 ppm.
- A UTR poderá ter uma capacidade de acumular, pelo menos, 1000 (mil) eventos. Cada evento só pode ser descartado após ter sido enviado ao cartão de entrada. Cada cartão deve ter seu “buffer” de SOE próprio. Caso a UTR acumule 90% de eventos sem a sua transferência deve emitir mensagem de iminência de saturação do “buffer” de SOE.

d. Entradas digitais de acumulação de pulso:

- Dois pontos de entradas digitais serão utilizados para supervisionar cada contato proveniente dos medidores de energia elétrica.

- Os acumuladores deverão aceitar, pelo menos, 15 (quinze) pulsos por segundo, de duração de 30 (trinta) ms ou mais, incorporando um contador capaz de acumular, pelo menos, 4095 pulsos antes de acorrer uma auto reinicialização.

e. Entradas analógicas:

- Os pontos analógicos deverão ter uma resolução digital de até 12 bits, com uma exatidão global de no máximo 0,25% de plena escala ao longo de uma faixa operacional de temperatura entre 0 e 60°C.
- Os módulos de entrada analógica receberão sinais provenientes de transdutores instalados nos painéis, com saídas bipolares na faixa de $\pm 5\text{mA}$.

f. Saídas digitais:

- Apenas um ponto pode ser selecionado a cada vez.
- Todos os pontos de saídas digitais serão acionados por pulso com duração configurável.
- Cada ponto de saída digital deverá possuir um relé de interposição associado.
- Deverá existir uma chave que desative todos os relés associados a pontos de saídas digitais da UTR.

5. Subsistema de Comunicação:

- As UTRs deverão se comunicar com os centros através de meios de comunicação normais e redundantes.
- A comunicação será efetuada com o protocolo DNP

6. Inicialização, Autodiagnose e Recuperação de Falhas:

- A UTR deve prever um comando de “reset”, tanto local como remoto.
- Rotinas de autodiagnóstico deverão se executadas periodicamente para detectar defeitos no hardware ou software.

7. Configuração:

- Deverão estar incluídos dois microcomputadores PC portáteis, do tipo “notebook” capazes de executar todos os programas aplicativos para a configuração, diagnóstico, teste e manutenção das UTRs.
- A UTR deverá ter pontos de teste, indicadores de problema e diagnósticos que permitam conhecer o problema, tanto local como remoto.

4.2.12.3 Inspeções, Ensaios e Testes

Geral – Todos os componentes deverão ser submetidos à inspeção, ensaios e testes funcionais na fábrica para comprovar a funcionalidade solicitada. Cada teste deve gerar um relatório. A finalidade das inspeções é de acompanhar o andamento do projeto. Os ensaios e testes

verificam o funcionamento do equipamento. Eles são aplicados de acordo com as seguintes normas:

- IEC-1000-1, IEC-1000-2-1 e IEC-77B(séc)86 – Teste de flutuação de tensão de alimentação.
- IEC-1000-1, IEC-1000-2-2 e IEC-77B(séc)86 – Queda de interrupção de curta duração de alimentação.
- IEC-255-22-1 – Distúrbio de frequência – 1 MHz.
- IEC-801-4 – Transientes rápidos/trem de pulsos.
- IEC-1000-4-2(nível 4) – Descarga eletrostática.
- IEC-1000-4-3 – Radiação eletrostática.
- Climáticos - ABNT-451 parte II (frio), NBR-6146 (poeira), ABNT-451 (calor úmido acelerado), ABNT-451 parte II (calor seco).
- ANSI 37.90 a – Surto de tensão.
- IEC-1000-4-5(nível 4) – Impulsos tensão/corrente combinados.

4.2.13 MEMÓRIA DESCRITIVA

Esta parte da metodologia descreve como efetuar uma memória descritiva, usada como forma preliminar para determinar as necessidades a cerca de um projeto de implementação de telecontrole em uma subestação. A especificação é baseada em [SIEMENS 99], [MOTOROLA 98] e [ELETROSUL 00].

1. Objetivos

A memória preliminar descritiva tem por objetivo definir os critérios, soluções adotadas e os suprimentos necessários para a realização de projetos executivos e de configuração de Unidades Terminais Remotas, para efetivar a instalação do sistema digital de telecontrole de uma SE.

2. Descrição da SE

Descrever neste item a localização da SE, tipo de interligação e a sua função no sistema para a região.

3. Infra-Estrutura da SE

Indicar a quantidade de energia que ela gerencia, sua localização e configuração principal. Citar o número de barras, linhas, bays, trafos e etc.

4. Plataforma Digital

Descrever a UTR instalada para a aquisição de dados. Indicar a partir de que local a SE vai ser telecontrolada. Fazer uma descrição dos componentes dos microcomputadores que serão usados para o controlar supervisionar a SE.

5. Sistema de Comunicação

Citar as linhas de comunicação que serão utilizadas e os tipos de protocolos envolvidos.

6. Sistema Fotoelétrico de supervisão de Seccionadoras

O funcionamento pouco preciso das seccionadoras utilizadas em subestações de alta tensão no sistema elétrico de potência que freqüentemente não fecham os seus contatos previstos, causando indisponibilidade no sistema. Este problema é contornado com a instalação de câmaras de vídeo e/ou sensores fotoelétricos para o controle das mesmas. Descrever as quantidades de seccionadoras existentes e o tipo de equipamento usado.

7. Localização e Disponibilidade Física

Citar o local onde será instalada a UTR e descrever qual é a disponibilidade que existe nos painéis para a instalação de relés auxiliares, biestáveis e alarmes, entre outros, necessários para o telecontrole. Citar onde serão instalados os novos transdutores. Determinar se há necessidade de melhorar ou expandir o sistema de alimentação de 48Vcc, em que sala ele ficará instalado e qual a sua configuração. Descrever, se for necessário, a implantação de novas bandejas e eletrodutos para abrigar os novos cabos na interligação da UTR e os painéis auxiliares de relés.

8. Critérios e Esquemas Adotados para a Instalação do Telecontrole

Citar quais os equipamentos do pátio que serão controlados, bem como os da casa de relés:

- Medições - descrever as grandezas analógicas.
- Alarmes - descrever os alarmes da subestação.
- Estados - descrever a solução adotada para supervisionar os estados dos equipamentos.
- Pontos de Seqüência de Eventos - indicar quais os pontos que terão SOE.
- Telecomando - descrever se existem painéis de controle e proteção com comandos de disjuntores, seccionadoras, seleção de sincronismo, subir/baixar tap dos comutadores, relés de bloqueio, ligar/desligar religamento automático, ligar/desligar sistema de ventilação dos trafos e ligar/desligar teleproteções, entre outros. Citar o tipo de relé utilizado e onde ele será colocado.
- Serviços Auxiliares - descrever os controles sobre as fontes de alimentação.

9. Projeto Executivo do Sistema Digital de Telecontrole

Elaborar os esquemas de entradas analógicas, digitais e saídas de comando. Todos os itens serão modificados, incluídos e/ou excluídos nos documentos existentes, destacando-se aquilo que foi implementado. Elaborar e/ou revisar todos os documento necessários, tais como: diagramas unifilares, esquemáticos, fiação interna, fiação externa e vistas. Todos os desenhos que foram modificados deverão ser atualizados.

10. Lista de Pontos de Telecontrole

Elaborar uma lista de todos os ponto

s a serem controlados, conforme exemplo na figura 14.

Figura 14 Exemplo de lista de pontos

Subestação Exemplo
1. Linha Passo Fundo 230Kv

Equip.	Função	Descrição	Funções Calculadas	Medição	Estado	Alarme	SOE	Com.
DJ772	Ent Dig	Disjuntor 772 – Aberto/Fechado			1		1	
DJ772		Disjuntor aberto pela proteção	1					
DJ772		DJ Aberto/Fechado com religam.			1	1	1	
CS775		Seccionadora 775 - Aberta			1			
DJ775	Saíd.Dig	Disjuntor 775 – Fechar						1
Subtotal			1	0	3	1	2	1
Entradas Analógicas								0
Entradas Digitais								4
Saídas Digitais								1
Total do Vão								5

Fonte: [SIEMENS 99]

11. Equipamentos e Componentes do Sistema Digital

11.1 Lista de Material Geral – Descrever todos os componentes necessários, tais como: chaves seletoras, anunciadores, botoeiras e sinaleiros, bornes terminais, relés auxiliares para comando, relés rápidos para interposição, relés biestáveis, chaves comutadoras rotativas motorizadas, transdutor de potência ativa, transdutor de potência reativa, transdutor de frequência, transdutor de corrente, transdutor de tensão contínua (48Vcc), transdutor de tensão contínua (125Vcc), transdutor de ângulo entre tensões, transdutor de tensão (115Vca), relé de sincronismo digital e diodos.

11.2 Painéis da UTR

Descrever as dimensões, régua terminais e conexões, fiação, identificação da fiação, iluminação e o plano de testes. Descrever também, o consumo de energia, a capacidade da UTR em termos de entradas digitais, entradas analógica e saídas digitais.

11.3 Construir uma lista contendo os documentos, vistas e desenhos que devem ser elaborados e/ou alterados.

11.4 Fazer um roteiro para a implantação, incluindo entre outros itens:

- Projeto detalhado com o planejamento das instalações dos equipamentos, passagem de cabos e fiação.
- Mobilização de pessoas, materiais, ferramentas e equipamentos visando otimizar os mesmos.
- Inspeção e verificação dos materiais a serem utilizados na obra;
- Obras civis e adaptação de painéis, como furos em pisos, ampliação ou construção de canaletas, fixação de placa, painéis e etc.
- Montagem eletromecânica - fixação de relés, relés auxiliares, réguas, bornes, botoeiras, lâmpadas, transdutores, chaves, chaves motorizadas e disjuntores motorizados.
- Cablagem interna e externa - executar o lançamento de cabos, fiar novos equipamentos, modificações nos equipamentos existentes e fazer as conexões com as réguas e bornes.
- Testes preliminares - preparação dos cabos, testes de continuidade e conferência da fiação.
- Acabamento final da fiação com os equipamentos, retirar ou re-alocar a fiação existente e efetuar o acabamento.
- Teste de comissionamento - realização de testes de energização daquilo que foi instalado ou modificado, testar todos os pontos da UTR, testar todos os pontos do sistema SCADA, testar comunicações, teste de integração da configuração e da base de dados, testes dos sistemas (todos os processos envolvidos) e por fim a, transferência da plataforma e teste final.

12. Configuração da UTR

Fazer a configuração da lista de pontos para a UTR conforme o protocolo utilizado. As tabelas 2, 3 e 4 mostram um exemplo de implementação dos pontos utilizando o protocolo DNP.

13. Relatório de Obras

Fazer um relatório com todos os problemas encontrados, soluções adotadas, necessidade de novos materiais, realocação de mão-de-obra e etc.

14. Cronograma de Todo o Empreendimento.

Fazer um cronograma de todas as tarefas a serem executadas, indicando o período previsto e responsabilidade, entre outros.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma proposta de metodologia para efetuar o telecontrole de uma subestação.

O controle de energia além de ser um processo complexo, necessita de planejamento para fazer alterações, manutenções e/ou correções em uma subestação. O desligamento de um equipamento ou de uma linha de transmissão deve prever alternativas de substituição para que não venha faltar energia. Também as ações do operador para operar a subestação devem ser rápidas e precisas.

Neste sentido, a contribuição desta metodologia para a ciência, é que ela abrange um conjunto de itens não encontrados na literatura. Ela especifica os conceitos desde a sua concepção até a transferência da operação da subestação (que era local) para um centro de controle regional, constando das seguintes etapas:

- As Necessidades de Cada Empresa;
- A Escolha do Sistema SCADA;
- A Definição do Software;
- A Seleção do Hardware;
- A Especificação da Unidade Terminal Remota;
- Implantação do Projeto Piloto;
- O Planejamento de Implantação;
- Configuração do Sistema SCADA;
- Configuração da UTR;
- Comissionamento;
- Operação Local da Subestação;
- Documentação;
- Treinamento;
- Transferência da Plataforma.

Os ganhos mais significativos, talvez sejam aqueles ligados à especificação técnica dos produtos de hardware, software e telecomunicação, definidos neste trabalho.

A metodologia descreve as principais etapas envolvidas sem detalhar cada uma delas. Entende-se que o detalhe deve ser especificado pelas empresas que venham a adotar estes automatismos e descrevê-los conforme o tipo de arquitetura e solução que ele deseja adotar.

A confecção da metodologia se mostrou complexa e trabalhosa em função das pesquisas e entrevistas realizadas, descartando conceitos de trivialidade.

Pelo conjunto de material compilado, o trabalho deverá ter aplicação prática nas empresas do setor. Também será útil para instituições de ensino.

Esta metodologia poderá orientar os projetos desta área, colaborando para a melhoria e a rapidez de implementação dos mesmos.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

As atuais subestações que estão sendo construídas já possuem tecnologia digital. No entanto, os automatismos inseridos são pequenos, nas subestações mais antigas, a automação é ainda menor.

A metodologia poderia ser acrescida com funções de automatismos implementados através de lógicas complexas utilizando, por exemplo, técnicas de Inteligência Aplicada para a solução de processos dentro da subestação.

A princípio, todas as atividades exercidas pelo operador podem ser automatizadas, neste sentido o número de automatismos necessários é bastante amplo.

6 GLOSSÁRIO

Bouncing	Bouncing é um problema na variação do estado do relé. Ele fica constantemente abrindo/fechando.
Failover	O mesmo que “load sharing”, ou seja, carga compartilhada. É um sistema para prevenir falhas. Um computador acorda a partir do momento em que ele detecta alguma falha.
Hot swapping	São atividade de manutenção com o equipamento ligado.
Hot-standby	Equipamento em estado de espera com todas as suas funções ativadas.
Partida “fria”	Início das atividades de um computador a partir de um estado parado (sem atividade).
SCADA	Abreviatura Controle, Supervisão e Aquisição de Dados – é uma categoria de sistemas para trabalhar com automação de processos. Através da sua interface homem-máquina pode-se visualizar os estados de equipamentos bem como comandá-los.
Standby	Equipamento no estado de espera. Passa a funcionar a partir de um problema detectado.
TAF	Teste de Aceitação em Fábrica é um conjunto de teste realizados de acordo com normas para verificar as condições do equipamento.
Workstatement	É um detalhamento das funções que um equipamento deve ter. É uma atividade especificada após o término de uma licitação e/ou compra, sendo executada junto com o fabricante.
Decluttering	É a capacidade de fazer as informações aparecerem e desaparecerem em níveis diferentes de ampliação. “Zoom” e “declutter” deverão ser aplicáveis a qualquer camada de um diagrama unifilar.

7 FONTES BIBLIOGRÁFICAS

7.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, carlos et al. **Sistemas digitais**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, 13., Camboriú: 1995.
- ANDERSSON, Leif, **Panorama Station Automation**, ABB Network Partner, International Management Training at ABB Network Partner AB, Sweden, 1988.
- ANDRADE, Luiz Francisco Borges et al. **Implantação do programa de telecontrole digital de subestações de transmissão da ELETROSUL**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, 14., Belém: 1997.
- AOKI, A. R. et al. **Planejador inteligente para sistemas automatizados de restabelecimento de subestações elétricas**. InTech Brasil, set. 1999.
- APLICAÇÃO Coca-Cola. Disponível em:<http://engecomp.com.br/newgeren.htm>. Acesso em: 29 set. 1999.
- ARAÚJO, Geraldo M., **Empresa virtual: uma estrutura organizacional emergente**. Gramado: ENEGP,1997.
- ATI Automação Telecomunicações e informática. **Caderno técnico de especificações**, Belo Horizonte, 1997.
- AVIZ Carlos Alberto de M. et al. **Experiência da ELETRONORTE com sistemas digitais de comando, controle e proteção nas subestações de Santa Maria 230/138/13,8 kV e Macapá II 69/13,8 kV**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, 14., Belém: 1997.
- AZEVEDO, Wagner Ubiratan Lanzieri de. **Sistema integrado de operação e diagnóstico de falhas para sistemas de energia elétrica**. Maia,1998. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/maia/index.html>. Acesso em: 25 ago. 1999.
- BERGMAN, W J. **Equipment monitoring selection as a part of substation automation, circuit breaker monitoring**, IEEE Switchgear Meeting, Pittsburgh, 1999.
- BERTO, Rosa S., **Organizações virtuais: revisão bibliográfica e comentários**. Gramado: ENEGP,1997.
- BOHN, R. E. et al. **Spot pricing of electricity**. USA: Kluwer Academic Publishers, 1988. 355 p.

- CAMARGO, Katia Gavranich. **Inteligência artificial aplicada à nutrição na prescrição de planos alimentares**. Florianópolis: UFSC, 1999.
- CAPDEVILLE, Charles de. **Novas tecnologias para automação de subestações existentes e rede de distribuição: quebra de paradigmas**. In: Simpósio de automação de sistemas elétricos, 4., Brasília: 2000.
- CARNEIRO, Eduardo Moreira et al. **Implantação de automatismo e monitoramento de transformadores em se desassistidas**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Foz do Iguaçu: 1999.
- CARVALHO, André Oliveira Cesar de; FRANCO, Lúcia R. H. R. **O avanço da padronização das linguagens de programação no controle industrial**. InTech Brasil, out. 1999.
- CDI Automação. **Curso de UTR C50**, Curitiba, 2000.
- CEPEL, “**WORKSTATEMENT**” relativo à proposta CEPEL-DPP/SUP-057/99. Rio de Janeiro, 1999.
- CESP, **Especificação técnica do SCC**, São Paulo, 1997.
- CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DEL TRABAJO, 82., Ginebra, 1995.
- COPEL. **Projeto de expansão do centro de supervisão e controle da COPEL**. Curitiba, 1993.
- COSTA, Marcello Thiry Comicholi da. **Uma arquitetura baseada em agentes para suporte ao ensino à distância**, 1999.
- EGREJA, Luiz Roberto Galhardo. **Integrando sistemas de negócios e de automação**. InTech Brasil, set. 1999.
- ELETROSUL, **Centro de controle da transmissão – COT**. Florianópolis, 2000.
- ELEBRA Divisão de Automação Industrial. **Workstatement**. São Paulo, 1998.
- FERNANDES, Rosângela Corrêa Ramalho et al. **Experiência da ESCELSA na implantação de automatismos em Unidade Terminal Remota (UTR) de subestações**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Foz do Iguaçu: 1999.
- FERRAZ, Adelson G. et al. **Estudo de proteção, medição e controle de sistemas de potência (GPC)**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- FERREIRA, Bruno Spandafora. **Sistemas coporativos: histórico e tendências**. InTech Brasil, ago. 2000.
- FORUM **Teletrabalho 97**. Disponível em: <http://www.supernet.pt/jafrc/forum.html>. Acesso em: 01/03/1999.
- FOXBORO company. **Remote Terminal Unit**. Massachusetts, 1997.
- GERASUL. **Especificação técnica do sistema de supervisão e controle do centro de operação do sistema de geração (SSC/COS) da GERASUL**. Florianópolis, 1999.
- GOLDMAN, Steven L Nagel et al. **Organizações virtuais**. São Paulo: Ed. Érica, 1995.

- GALHARDO, Eduardo Mazin, **Treinamento MOSCAD MOTOROLA**, São Paulo, Soft Brasil, 1998.
- GRANDI, Gilberto. **Metodologia para especificação de sistemas em ambiente cliente/servidor orientada a objetos**. Florianópolis: UFSC, 1996.
- GRANDI, Gilberto; Garcia, Antônio Carlos Marini. **Sistema de diagnóstico para Help Desk**. Florianópolis: UFSC 1997.
- HUMPHREYS, S. **Substation automation systems in review KEMA-Macro**, Australia, in IEEE Computer Application in Power, April 1998.
- IEC 61850 1 **Communications Networks And Systems In Substation**.
- JARDINI, José Antonio. **Sistemas digitais para automação da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. São Paulo, 1996.
- KAIUT, João Ivan; CIESIELSKI, Aroldo França. **Controle local de tensão em subestações automatizadas**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- KEMA CONSULTING, Kema-ECC & Macro Corporation, **EMS Architectures**, Fairfax, Virginia, 2000.
- LÉVY, Pierre. **O que é virtual**. São Paulo: Ed. 34, 1996.
- LINDSTRÖM, Rolf, **Major Ongoing Projects**, Manager Engineering Department, ABB Network Partner, International Management Training at ABB Network Partner AB, Sweden, 1988.
- MACIEL, Francisco de Aragão Antunes. **Métodos de análise e eficiência dos investimentos, Eletricidade Moderna**, maio 1999.
- MAGALHÃES, C. H. Negri et al. **Avaliação integrada de desempenho**. Anais do IEEE-INDUSCON 92. São Paulo, 1992.
- MAGRINI, Luiz Carlos et al. **Controle digital de tensão e de fluxo de reativos em subestações**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- MAIA, Wagner Ubiratan Lanzieri de Azevedo, **Sistema integrado de operação e diagnóstico de falhas para sistemas de energia elétrica - S O D F**, 1998. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta98/maia/index.html>. Acesso em: 25 ago. 1999.
- MARTINO, Marcelo Baptista de et al. **Sistema especialista de auxílio à recomposição do sistema furnas**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- MAZZUCCO JUNIOR, José. **Uma abordagem híbrida do problema da programação da produção através dos algoritmos simulated annealing e genético**. Florianópolis: UFSC, 1999.
- MOTOROLA. **Treinamento Motorola Moscad**, Soft Brasil. São Paulo, 1998.
- NILLES, Jack. **Os Prós e Contras do Teletrabalho**. Disponível em: <http://www.geocities/CapeCanaveral/lab/2482>. Acesso em: 01 mar. 1999.

- ENGECOMP. **Novidades no gerenciamento de energia.** Disponível em: <http://engecomp.com.br/newgeren.htm>. Acesso em: 29 set. 1999
- OLIVEIRA, Martha Maria Veras. **Teletrabalho no domicílio.** Florianópolis: UFSC, 1997. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta97/veras>. Acesso em 11 mar. 1999.
- ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico, **Contratação do fornecimento dos novos sistemas de supervisão e controle,** Rio de Janeiro, 2000.
- PROUDFOOT, Douglas; TAYLOR, Dave. **How to turn a substation into a database server.** IEEE Computer Application in Power, April 1999.
- RÉGINER, Karla Von Döllinger. **Educação, trabalho e emprego numa perspectiva global.** Disponível em: <http://www.senac.br/boltec16.html>. Acesso em: 01 mar. 1999.
- RIBEIRO, Guilherme Moutinho e Antônio Varejão de Godoy. **Impacto da automação no projeto de subestações.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997a.
- RIBEIRO, Guilherme Moutinho et al. **Automação de subestações utilizando sistemas especialistas.** Eletricidade Moderna, São Paulo, jun. 1997b.
- RIBEIRO, Guilherme Moutinho et al. **Estudo de custos e benefícios da automação de novas subestações.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Camboriú: 1995.
- RODRIGUES, Marco Antônio M. et al. **Ferramentas computacionais tradicionais e inteligentes para análise de perturbações em sistemas de potência.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- SANTOS, Weber et al. **Automação distribuída com filedbus – subestações.** InTech Brasil, out. 1999.
- SAT substation automation technology (NLSA) at veag vereinigte energiewerke ags central substation (ZUW) güstrow,** SAT Systeme Für Automatisierungs Technik. Disponível em: <http://www.sat-automation.com/satnlsa.htm>. Acesso em: 08 jul. 1999.
- SCC, ESPECIFICAÇÃO técnica do SCC.** São Paulo, 1997.
- SERRANO, A. **Optimización tecnologías em um patio de distribución a 115 KV.** In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, Brasília, 2000.
- SHIRAISHI, Osvaldo T. e Oto L. A. Behmer. **Implantação de sistema registrador digital de perturbação com arquitetura distribuída no sistema de transmissão da CESP.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- SIEMENS - Sistemas Digitais de Telecontrole, **Memória Descritiva Preliminar,** São Paulo, 1999.
- SILVEIRA, Paulo Márcio da. **Automação de subestações.** Florianópolis: UFSC, ago. 2000.
- SINGER, Paul. **Desemprego e exclusão social.** São Paulo em Perspectiva, 1996.
- SISTEMAS SCADA evoluem, mas exigem mais do usuário.** InTech Brasil, ago. 2000.
- STAMFORD, Paula Pester. **ERP: Preparando-se para esta mudança.** Disponível em: <http://www.kmpress.com.br>. Acesso em: 9 set. 2000.

- Telework 1997, **Annual report from the european commission**. Disponível em: <http://www.eto.org.uk>. Acesso em: 01mar. 1999.
- TROG, Ane, **Um estudo sobre organizações virtuais**. Porto Alegre: UFRGS, 1997.
- VILLARROEL, D. R. **Modelagem estocástica de sistemas interligados de geração hidrotermoelétrica**. dez. 1991. 131 p. Tese Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- WIEBE, Michael. **A guide to utility automation: AMR, SCADA & IT Systems for Electric Power**. Oklahoma, 1999.
- ZIEGLER, G. **The international development of protection and substation control and the activities of CIGRE SC34**, In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, 4., Brasília, Brasília, 2000.

7.2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ABRAHÃO, Eric Morais; Souza, Luiz Edival de. **Metodologia para automação de pequenas centrais hidrelétricas**. In: Seminário Nacional de Controle e Automação, Salvador, 1999.
- ANDERSSON, **Panorama AMS**, ABB Network Partner, International Management Training at ABB Network Partner AB, Sweden, 1988.
- ANSI/IEEE STD 730-1984, Controle da Qualidade de software, <http://www.agrosoft.com.br/ana/tsld006.htm>, Acessado em 01/11/00.
- ANSI/IEEE STD 829-1983, http://www.standards.ieee.org/reading/ieee/std_public/description/se/829-1983_desc.html, Acessado em 01/11/00.
- BÄCKLUND, Martin. **The Man-Machine System**. Stockholm: Royal Institute of Technology, 1998.
- BARONI, Pietro et al. **State assessment and preventive diagnosis of power transformers: a knowledge-based approach**. Enginering Intelligent Systems, June 1997.
- Basic SCADA Functionality**, Department of Industrial Control Systems, KTH - Royal Institute of Technology, Stockholm, 1998.
- BERGIUS, Göran et al. **Training and Education Of Operator at Svenska Kräftnat Using the Simulator ARISTO**. Sweden, 1997.
- BJÖRKLUND, Berith. **Power System Control & Operation Station Automation**. Sweden: ABB Network Partner, 1988.
- CARVALHO, Paulo Roberto Castro de et al. **Sistema de controle, supervisão e aquisição de dados de ITAIPU – SCADA/EMS** In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, Brasília, 2000.
- CASH, James I. et al. **A tecnologia da informação e o gerente de amanhã, revolução em tempo real – Gerenciando a Tecnologia da Informação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

- CERÍCOLA, Osvaldo Vicente. **Banco de dados relacional e distribuído**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1991.
- CEGRELL, Torsten. **Power system control technology**. Sweden: Prentice/Hall International, 1986.
- CHEONG, Kam-Hoong. **Distribution Automation**. Stockholm: Royal Institute of Technology, 1998.
- Complete IT-Solutions for the Power Industry**, ABB Network Partner, International Management Training at ABB Network Partner AB, Västerås, 1988.
- Conditions of Contract for Electrical and Mechanical Works**, International Federation of Consulting Engineers, 1987.
- DATE, C J. **Introdução a sistemas de banco de dados**. Rio de Janeiro: Campus, 1986.
- DEMARCO, T.; LISTER, T. P. **Como gerenciar equipes de projeto**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- DNP. **DNP 3.0 Overview** Disponível em: www.tirangleMicroworks.com. Acesso em: 20 ago. 2000.
- DRUCKER, Peter F. **O advir da nova organização, revolução em tempo real: Gerenciando a tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- ELEBRA. **Workstatement Unidades Terminais Remotas**, São Paulo, 1998.
- FERRAZ, Adelson G et al. **Estudo de proteção, medição e controle de sistemas de potência (GPC)**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- FREITAS, Antonio A. C. de et al. **Aplicação de redes neurais na estimação da temperatura interna de transformadores de distribuição imersos em óleo**. In: Congresso Brasileiro de Automática, Florianópolis, 2000.
- GERON, Luis Carlos. **Operação remota de rede fieldbus: telemetria – via cabo, rádio e fibraótica**. In: Feira Nacional de Automação, 3., Salvador, Salvador, 1999.
- GIOVANINI, Renan; COURY, Denis Vinicius. **Um novo método para classificação de faltas em linhas de transmissão baseado em reconhecimento de padrões** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Foz do Iguaçu: 1999.
- GRANDI, Gilberto. **DATABASE@SUBESTAÇÕES.SCADA.IED**. Florianópolis, Setembro 2000.
- HEUSER, C. A. **Projeto de banco de dados**. Porto Alegre: Sagra & Luzzatto, 1999.
- IEC870, <http://www.listmaster.iinet.net.au/larc/scada/051997/msg00010.html>, Acessado em 01/11/00.
- IEC870, <http://www.members.iinet.net.au/~ianw/iec870.html>, Acessado em 01/11/00.
- IMAMURA, Marcos M. et al. **Uma abordagem para análise dos gases dissolvidos em óleo isolante em função das grandezas físico-químicas**. In: Congresso Brasileiro de Automática, Florianópolis, 2000.

- JOHNSTON, Russell; LAWRENCE, Paul R. **A era pós-integração vertical – o advento das parcerias de valor agregado, evolução em tempo real: gerenciando a tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- KAIUT, João Ivan; CIESIELSKI, Aroldo França. **Controle local de tensão em subestações automatizadas**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- KIPPER, A F. et al. **Engenharia de informações: conceito, técnicas e métodos**. Porto Alegre: Sagra, 1994.
- KORTH, Silberschatz. **Sistemas de banco de dados**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- LEIBFRIED, Thomas. **Online monitors keep transformers in service**. IEEE Computer Applications in Power, July 1998.
- MAGRINI, Luiz Carlos et al. **Controle digital de tensão e de fluxo de reativos em subestações**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- MAKAROVSKY, Cláudio. **Utilização da inteligência da instrumentação para a implementação de projetos de automação a partir do conceito “long term cost ownership”**. *InTech Brasil*, set./out. 1999.
- MARTIN, James; Carma McClure. **Técnicas estruturadas e case**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1991.
- MARTINO, Marcelo Baptista de. et al. **Sistema especialista de auxílio à recomposição do sistema FURNAS**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- McDONALD, John et al. **ISA embraces open architecture**. In: Transmission & Distribution, Overland Park, Outubro, 1999.
- McFARLAN, F W. **A tecnologia da informação muda a maneira de competir, revolução em tempo real: gerenciando a tecnologia da informação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- MINASI, Mard. **Segredos de projeto de interface gráfica com o usuário**. Rio de Janeiro: Infobook, 1994.
- OALYA, Juan Carlos **Normalización de los sistemas de automatización de substaciones (SAS) em interconexión eléctrica S.A. (ISA), COLOMBIA**. In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, Brasília, 2000.
- OLESKOVICZ, Mario et al. **O emprego de redes neurais artificiais na detecção e classificação de faltas em linhas de transmissão**. In: Congresso Brasileiro de Automática, Florianópolis, 2000.
- PAGE-JONES, Meilir. **Gerenciamento de projetos**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1990.
- PELÓ, Humberto Dante e Eduardo Vasconcelos Lopes, **Dispositivos de acesso a sistemas digitais**. In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- PETERSON, William et al. **Tapping IED data to find transmission faults**. IEEE Computer Applications in Power, April 1999.

- PORTER, Michael E; MILLAR, Victor E. **Como a informação lhe proporciona vantagem competitiva, revolução em tempo real: gerenciando a tecnologia da informação.** Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1997.
- Power System Control and Operation**, Advanced International Training Programme, Stockholm, 1998.
- PRESSMAN, R S. **Engenharia de software.** São Paulo: Makron Books, 1995.
- RENAUD, Paul E. **Introdução aos sistemas cliente/servidor.** São Paulo: Infobook, 1994.
- RICH, Elaine; KNIGHT, Kevin. **Inteligência artificial.** São Paulo: Makron Books, 1993.
- RODRIGUES, Artur Renan et al. **Modernização dos sistemas de supervisão e controle dos centros regionais nordeste, norte e sul do ONS.** In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, Brasília, 2000.
- RODRIGUES, Marco Antônio M. et al. **Ferramentas computacionais tradicionais e inteligentes para análise de perturbações em sistemas de potência.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- RUMBAUGH, J. et al. **Modelagem e projeto baseados em objetos.** Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- SETZER, Valdemar W. **Banco de dados:** - conceitos, modelos, gerenciadores, projeto lógico, projeto físico. São Paulo: Edgard Blucher, 1986.
- SHIRAIISHI, Osvaldo T.; BEHMER, Oto L. A. **Implantação de sistema registrador digital de perturbação com arquitetura distribuída no sistema de transmissão da CESP** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- SILVER, Marcus. **Reability and Availability of Components and Systems.** Stockholm: Royal Institute of Technology, 1998.
- SOLERO, R. B. et al. **Os centros de operação na nova estrutura do setor elétrico, . In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos Brasília, 2000.**
- SPURLING, Kerry; ELJIN, Paul. **Automation simplifies substation operations.** Transmission & Distribution World, June 1999.
- TANEMBAUM, Andrew S. **Redes de computadores.** São Paulo: Campus, 1997.
- TANEMBAUM, Andrew S. **Sistemas operacionais modernos.** Rio de Janeiro: Aplicação / Prentice-Hall do Brasil, 1995.
- VALE, Maria Helena Murta et al. **SAR - Sistema especialista de apoio ao restabelecimento** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, Belém: 1997.
- Vattenfall Control System Experiences of Power System Control and Operation**, Dept. of Power System Control, Vattenfall Transmission, Sweden, 1988.
- WANG, Zhenyuan. **Neural ne and expert system diagnose transformer faults.** IEEE Computer Applications in Power, January 2000.
- YORDON, Ed et al. **Mainstream objects.** Upper Saddle River: Yourdon Press Prentice Hall Building, 1995.
- YOURDON, E. **Análise estruturada moderna.** Rio de Janeiro: Campus, 1990.