

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA - COPELE**

**DIGITALIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA
ELÉTRICA: UMA PROPOSTA PARA ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA.**

Magno José Gomes da Silva

Orientador:

Prof. Wellington Santos Mota, DSc

Campina Grande – PB

Fevereiro de 2005

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
ELÉTRICA - COPELE**

**DIGITALIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA
ELÉTRICA: UMA PROPOSTA PARA ESPECIFICAÇÃO
TÉCNICA.**

Magno José Gomes da Silva

*Dissertação Apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica da Universidade Federal da
Paraíba como Requisito Para Obtenção
do Título de Mestre em Engenharia
Elétrica.*

Orientador:

Prof. Wellington Santos Mota, DSc

Campina Grande – PB

Fevereiro de 2005



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCCG

S586d
2005 Silva, Magno José Gomes da
 Digitalização de subestações de energia elétrica: uma proposta para
 especificação técnica / Magno José Gomes da Silva. — Campina Grande: UFCCG,
 2005.
 109f. il.

Inclui Bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — Centro de Ciências e
Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande.

1— Subestação 2— Telecontrole 3— Distribuição de energia I— Título

CDU 621.311.4:621.398

**DIGITALIZAÇÃO DE SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA PROPOSTA
PARA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA**

MAGNO JOSÉ GOMES DA SILVA

Dissertação Aprovada em 04.02.2005


WELLINGTON SANTOS MOTA, Ph.D., UFCG
Orientador


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


LUIS REYES ROSALES MONTERO, D.Sc., UFCG
Componente da Banca


MANOEL AFONSO DE CARVALHO JUNIOR., Ph.D., UFPE
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB
Fevereiro - 2005

À Minha esposa e companheira Sarah, e à
minha filha Leticia e aos meus pais e
irmãos pela compreensão, incentivo e
paciência.

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 de minha vida.

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

Ao Prof. Dr. Luis Reyes Rosales Montero, meu amigo, pelo paciente e competente apoio dedicado à realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Wellington Santos Mota, meu orientador, que muito contribuiu com o seu apoio ao meu reingresso ao mestrado e as suas valiosas sugestões.

Aos engenheiros da CELB e SAELPA, em particular aos Srs Sérgio Lima e Francisco César, pelas valiosas informações e colaborações.

Aos Colegas do Centro Federal de Educação Tecnológica de Alagoas – CEFET-AL que participaram com liberação das minhas atividades docentes durante a realização deste trabalho.

Sem citar nomes, quem trabalhou, quem prestigiou e me quem ajudou, o meu agradecimento a todos, de coração, muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO	01
OBJETIVOS GERAIS	01
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	02
CONTEXTUALIZAÇÃO	03
LIMITAÇÕES	03
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	04
1.1 Benefícios esperados	10
1.2 Hierarquias	12
ESTRUTURA DO TRABALHO	25
CAPÍTULO II	
FUNÇÕES A SEREM DIGITALIZADAS EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA	
ELÉTRICA	16
2.1 Introdução	16
2.2 Funções de monitoração	17
2.3 Funções de comando e controle	19
2.4 Funções de alarme	20
2.5 Funções de Registro de Dados	20
CAPÍTULO III	
PROPOSIÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	
DE UM SISTEMA DIGITAL PARA A OPERAÇÃO REMOTA DE SUBESTAÇÕES	
3.1 Introdução	22
3.2 As funções	22
3.3 A arquitetura	24
3.3.1. Condições de Seleção	24

3.3.2 Definição da Arquitetura	26
3.4 A Operação do Sistema Proposto	29
CAPÍTULO IV	
IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO METODOLOGIA PARA	
ESPECIFICAÇÃO DE TELECONTROLE EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA	
ELÉTRICA	31
4.1 Planejamento da Metodologia	31
4.1.1 Introdução	31
4.1.2 - As Necessidades de Cada Empresa	31
4.1.3 A Escolha do Sistema SCADA	32
4.1.4 A Definição do SOFTWARE	34
4.1.5 A Seleção do HARDWARE	34
4.1.6 A especificação da unidade terminal remota	35
4.1.7 Configuração do Sistema Scada	36
4.1.8 Configuração da UTR	36
4.1.9 Comissionamento	37
4.1.10 Operação local da subestação	37
4.2 Especificação Técnica	38
4.2.1 Introdução	38
4.2.2 Requisitos Gerais	38
4.2.2.1 Requisitos da Arquitetura Global	38
4.2.2.2 Características	41
4.2.2.3 Principais Funções do Sistema	43
4.2.2.4 Normas e Tecnologia	44
4.2.2.5 Requisitos de Tolerância a Falhas	45
4.2.2.6 Dimensionamento do Sistema Computacional	46
4.2.2.7 Desempenho do Sistema	48
4.2.2.8 Disponibilidade do Sistema	53
4.2.2.9 Failover e Restart do Sistema	54
4.2.2.10 Escopo do Sistema	55
4.2.3 Requisitos de hardware	55
4.2.3.1 Introdução	55
4.2.3.2 Princípios Básicos do Projeto	55

4.2.3.3	Requisitos Gerais dos Servidores	56
4.2.3.4	Equipamentos Periféricos dos Servidores	57
4.2.3.5	Comunicação de Dados	59
4.2.3.6	Redundância e Failover do Sistema	61
4.2.3.7	Configuração “On-line e Hot Standby”	62
4.2.3.8	Redes de Dados Locais (LANs)	63
4.2.3.9	Subsistema de Interface do Usuário	64
4.2.3.10	Subsistema de Tempo	66
4.2.3.11	Subsistema de Frequência e Desvio de Tempo	66
4.2.3.12	Sistema de Projeção de Displays	67
4.2.3.13	Interface de Entrada/Saída Local	68
4.2.3.14	Requisitos Físicos e Ambientais	68
4.2.4	SOFTWARE do SISTEMA	69
4.2.4.1	Requisitos Gerais	69
4.2.4.2	Sistema Operacional	70
4.2.4.3	Ferramentas de Desenvolvimento e Manutenção de software	71
4.2.4.4	Utilitários Gerais	73
4.2.4.5	Programas de Monitoração e Diagnóstico do Sistema	73
4.2.4.6	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados	74
4.2.4.7	Integração com Aplicações Baseadas em Microcomputadores	80
4.2.4.8	Gerenciamento da Rede de Tempo Real	80
4.2.5	FUNÇÕES SCADA	81
4.2.5.1	Aquisição de Dados	81
4.2.5.2	Processamento de Dados e Monitoração	81
4.2.5.3	Controle Supervisivo	87
4.2.5.4	Análise de Pós-Perturbação	89
4.2.6	SOFTWARE APLICATIVO	90
4.2.6.1	Introdução	90
4.2.7	REQUISITOS PARA ESPECIFICAÇÃO DA UTR	95
4.2.7.1	Requisitos Gerais	95
4.2.7.2	Requisitos Técnicos	96
4.2.7.3	Inspeções, Ensaios e Testes	99
4.3.	PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO NA AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA	99

4.3.1 -Comparação Entre os Protocolos IEC 60870-5-104 e IEC 61850	102
CAPÍTULO V	
CONTRIBUIÇÕES E COMENTÁRIOS FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	103
REFERÊNCIAS	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Hierarquia dos Sistemas de Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas de Potência	13
Figura 1.2. Descrição física e funcional dos níveis hierárquicos de um S.S.C.	15
Figura 2.1. Requisitos de tempo para algumas funções	17
Figura 3.1. Integração dos dados em uma SE	23
Figura 3.2. Níveis de hierarquia envolvidos na automação de uma SE	26
Figura 3.3. Arquitetura Básica	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Funções monitoradas em uma subestação em função dos pontos monitorados	29
Tabela 4.1. Exemplos de frequências de varredura e de execução de programas (fonte - KEMA 00)	52
Tabela 4.2. Exemplos de tempos de resposta dos programas de aplicação (fonte - KEMA 00)	53
Tabela 4.3. Tempos de Backup, Failover e Restart	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CLP – Controlador Lógico Programável
COR – Centro de operação regional
COS – Centro de Operação do Sistema
COS/COR/CIA – Níveis Hierárquicos Superiores
CP – Controlador Programável
CPs – Controladores Programáveis
DNP – Protocolo de Comunicação
EC - Estação Central
EDF – Electricité de France
EPRI – Electric Power Research Institute
IEC – International Electrotechnical commission
IEEE/CIGRE/GADUS – Grupos de estudo/trabalho
IHM – Interface Homem Máquina
ISSO – International Organization for Standardization
LAN – Rede de Área Local
MPR – Módulo de Processamento Remoto
NA – Normalmente Abertos
NF – Normalmente Fechados
OPLAT - Ondas Portadoras em Linhas de Alta Tensão
S.S.C – Sistema de Supervisão e Controle
SCADA – Supervisão, Controle e Aquisição de Dados
SDCD – Sistema Digital de Controle Distribuído
SE – Subestação
SOE - Sequenciamento de Eventos
SSCS – Sistema para Supervisão e Controle de Subestações
TEPCO – Tokio Electric Power Company
UACs – Unidades de Aquisição e Controle
UTRs – Unidades Terminais Remotas

RESUMO

O Este trabalho apresenta uma metodologia para a especificação de telecontrole em subestações de energia elétrica de 230 Kv, 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. A especificação técnica contempla os requisitos necessários à implementação.

ABSTRACT

This work presents 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 is a substation automation and how it should be performed. The tools and steps needed for an automation project are characterized. The 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. The technical specification considers the necessary implementation requirements.

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A grande evolução tecnológica experimentada nos últimos anos vem viabilizando antigos anseios dos técnicos e engenheiros de diversos setores do sistema elétrico. A automação de subestações, por exemplo, efetivamente pôde experimentar significativos avanços na última década, quando muitas soluções tecnológicas há muito almeçadas puderam ser colocadas à disposição das empresas, com requisitos de confiabilidade, disponibilidade e flexibilidade, compatíveis com as necessidades, e a custos acessíveis.

Contudo, a compilação dos requisitos técnicos e da metodologia para a especificação de telecontrole é uma tarefa bastante difícil, devido, principalmente, a inexistência de publicações que abordem o assunto de forma ampla, genérica e didática. Hoje, para fazer a especificação técnica de uma arquitetura de hardware e software, as empresas necessitam buscar parcerias ou contratar empresas de consultoria especializada, que podem indicar uma solução não ideal, motivada, muitas vezes, por razões econômicas e/ou estratégicas, para seu benefício próprio.

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

OBJETIVOS GERAIS

Este trabalho visa a implementação de uma Metodologia para Especificação Técnica do 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 motiva o desenvolvimento deste trabalho é a crescente demanda de empresas buscando formas de automatizar e/ou controlar suas subestações de energia elétrica. Pesquisando a metodologia empregada nas inúmeras organizações que atuam atualmente no mercado, viu-se que estas iniciam o trabalho de telecontrole a partir da pesquisa de software, hardware e re-adequação de suas instalações para viabilizar seus objetivos. Daí a importância deste projeto, pois buscará desenvolver metodologias para especificações técnicas. Desta forma, sendo o escopo do trabalho bastante abrangente e

diversificado o mesmo necessitará muito tempo para se determinar a configuração mais adequada.

Portanto, durante o trabalho serão propostas as principais alternativas para a implementação de um projeto de telecontrole e de automatismo em subestações, enfatizando sempre as vantagens e desvantagens alcançadas. Desta forma, as empresas de energia elétrica poderão buscar subsídios para seus projetos, bem como as instituições de ensino poderão mostrar a seus alunos um exemplo mais refinado de uma especificação técnica de uma automação de subestação.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Desenvolver uma metodologia com os seguintes requisitos:

Registrar estudo do processo elétrico associado a alguns tipos de subestações, identificando-se as necessidades de supervisão, controle e automação, as características do ambiente, e as condições de operação;

Registrar a especificação técnica do sistema destinado à supervisão e teleoperação de subestações de energia elétrica em uma primeira etapa, com potencialidade de futuramente incorporar automatismos, caso venha a ser de interesse;

Registrar os requisitos gerais para a especificação técnica da metodologia.

Registrar os requisitos de hardware para a especificação técnica da metodologia.

Registrar os requisitos de software para a especificação técnica da metodologia.

Registrar os requisitos das funções SCADA (Supervisão, Controle e Aquisição de Dados) para a especificação técnica da metodologia.

Registrar os requisitos do software aplicativo para a especificação técnica da metodologia.

Para a concretização desses objetivos, este trabalho procurará adotar metodologias de especificação de projeto adequadas à natureza do problema, e que serão discutidas ao longo do trabalho.

CONTEXTUALIZAÇÃO

O contexto deste trabalho pode ter uma vasta abrangência, envolvendo um conjunto de assuntos interdisciplinares utilizados na automação de subestações. No entanto, destacaremos aqui apenas os principais relacionados às áreas de:

Computação: o trabalho deverá conter um conjunto de assuntos da área de informática, os quais são necessários para a implementação da metodologia proposta, tais como: redes, linguagens de programação, técnicas de inteligência artificial, telecomunicações, hardware e software (sistema operacional, banco de dados, editores, etc).

Engenharia Elétrica: esta área de assuntos é bastante requisitada, pois todos os componentes controlados estão relacionados a este grupo: subestações e todos os equipamentos nela instalados, redes de transmissão e seus equipamentos de controle e proteção. Estão ainda relacionados os 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 cabearmentos, arquiteturas de redes e todos os insumos utilizados na comunicação de dados, tais como servidores, roteadores, hubs, etc.

LIMITAÇÕES

Buscou-se como fontes de pesquisa e de informação 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 sua abrangência de aplicação. A metodologia deverá 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 correlacionados. Neste sentido, apesar da metodologia desenvolvida ser para o controle de uma subestação, esta deverá ser referência para o controle da geração de energia.

A justificativa desta especificação está relacionada ao perfil das empresas do setor elétrico. A maioria delas trabalham 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.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Dentre as tecnologias de maior destaque, indiscutivelmente tem-se a dos computadores, que nos últimos trinta anos vêm apresentando um caráter mais revolucionário do que evolucionário, ao contrário do que ocorre em outras áreas (ASTRÔN, 1985). A rapidez com que isso acontece é tal que torna inócua a procura de distinções entre os diversos tipos de máquinas (microcomputadores, minicomputadores e computadores de grande porte), pois em pouco tempo irão surgir microcomputadores com desempenho dos minicomputadores ou computadores de grande porte de hoje, e a menor custo.

Contudo, um dos maiores marcos do desenvolvimento da eletrônica foi, sem dúvida o microprocessador, introduzido a partir de 1971. Além dos microcomputadores, ele viabilizou o desenvolvimento de equipamentos compactos, confiáveis e flexíveis, com razoável capacidade de processamento, e a baixo custo. Sua popularização vem sendo muito grande, a ponto de serem atualmente utilizados desde em brinquedos e eletrodomésticos, até em complexos equipamentos de controle de processos.

Particularmente na área de controle de processos, o microprocessador viabilizou efetivamente o uso da tecnologia digital na implementação de equipamentos e sistemas para seqüenciamento, proteção e controle, até então implementados com tecnologia de relés, e controladores pneumáticos ou analógicos. Dentre esses equipamentos, destaca-se o CLP – Controlador Lógico Programável, que muito sucesso vem experimentando há mais de uma década, substituindo as técnicas convencionais com confiabilidade, flexibilidade e custo reduzido.

Considerando-se ainda a área de controle digital, é oportuno dar destaque ao SDCCD – Sistema Digital de Controle Distribuído. Introduzido pela *Honeywell* já em 1975 (ASTRÔN, 1985), ele vem ganhando destaque desde então, permitindo a centralização das informações e tomada de decisões no nível de sistema, mantendo, entretanto, suas unidades remotas com capacidade de certas manipulações dos dados e tomadas de decisões locais, quando tal prática se mostrar de interesse.

Paralelamente aos avanços citados, outras tecnologias e conceitos vêm evoluindo, transferindo significativos progressos à área de automação de subestações, podendo-se destacar: as fibras ópticas, a microeletrônica, a instrumentação inteligente, os sensores, as comunicações e, mais recentemente, a inteligência artificial e os sistemas especialistas. Contudo, um campo de estudos igualmente importante e que cada vez mais deverá ser considerado em novos projetos é o que estuda o efeito social desses avanços tecnológicos, pois eles tendem a alterar profundamente as estruturas organizacionais e de cargos das empresas.

Uma das áreas de muito interesse em se aplicar essas tecnologias é o setor elétrico, não só no que diz respeito aos seus componentes internos básicos, ou seja, os equipamentos e dispositivos que compõem normalmente a maioria dos sistemas elétricos, mas também em relação à sua supervisão e controle. Contudo, encontra-se, em geral, uma grande relutância nesse setor em se utilizarem novas tecnologias e inovações, fundamentada em parte na grande importância desse setor para a vida moderna, que dele exige alta confiabilidade; assim, soluções antigas, mas já consagradas, acabam prevalecendo mesmo em novos projetos. Apesar disso, as tecnologias de eletrônica e de informática vêm ganhando espaço nessas aplicações, conferindo inegáveis benefícios, e gradativamente conquistando a confiança dos projetistas.

A título de exemplo, pode-se citar as subestações, elemento fundamental na interligação da geração, da transmissão e da distribuição de energia elétrica, que nos últimos anos vêm sendo contempladas com sistemas baseados na tecnologia digital, quer a nível comercial, quer experimental, tanto para a realização de funções de supervisão e telecomando, como para a automação de algumas de suas funções (JARDINI, 1996).

Curiosamente, experiências nessa área são muito antigas, anteriores até mesmo às tecnologias comentadas. Em 1921, a empresa americana Westinghouse Electric Corp., vendeu o primeiro sistema de controle supervisão, o "AR Special", implementado com relés, e construído pela North Electric em Galion, Ohio, EUA, para a Cleveland Railway Co. Foi o primeiro sistema que permitiu o controle de equipamentos remotamente instalados, em locais desassistidos, e que também transmitia as condições elétricas das subestações ao centro de operação do sistema.

Após mais de noventa anos, ainda pode-se encontrar em operação sistemas elétricos cujos centros de operações se assemelham aos de naves espaciais de filmes de ficção científica. De fato: os microprocessadores e as fibras ópticas, por exemplo, vêm provocando uma verdadeira revolução no projeto de novos sistemas elétricos. Os sistemas de automação

modernos para essa área dispõem de uma grande variedade de recursos, que incluem o controle automático de geração, o cálculo de curto-circuito "on-line" e sistemas de simulação para o treinamento e a avaliação de operadores.

No Brasil, as empresas, de uma forma geral, procuram soluções nacionais para atender as suas necessidades, quer recorrendo às empresas brasileiras especializadas, quando possível, quer desenvolvendo internamente ou em parceria com institutos de pesquisa os seus próprios sistemas, podendo-se citar inúmeras experiências como as relatadas em (GODOY, 2001) e (FERNANDES, 2001).

Entretanto, cabem algumas colocações particularmente aplicáveis ao setor elétrico: se, por um lado, a adoção de soluções nacionais tende a aumentar a defasagem tecnológica em relação aos países desenvolvidos, por outro permite a adoção de soluções adequadas aos nossos sistemas elétricos, à nossa cultura de operação, às nossas reais necessidades, e também às nossas disponibilidades de recursos, permitindo, sobretudo, um maior conhecimento dos sistemas automatizados, e facilitando futuras expansões.

Tais vantagens, em muitos casos, vêm sendo decisivas na escolha do caminho a seguir, evitando a decepção não raramente experimentada quando da contratação de pacotes fechados não completamente documentados, assimilados e adequados às necessidades e às formas de operação em nosso país, principalmente face às diferenças culturais entre os nossos profissionais e os de países do primeiro mundo.

É possível que, em breve, se possa experimentar uma nova filosofia de projeto para muitos dos futuros sistemas a serem desenvolvidos no setor elétrico brasileiro, aproveitando-se equipamentos e demais recursos tecnológicos básicos importados para a composição de tais sistemas, mas com a sua concepção, a sua configuração e a sua adaptação às nossas condições e necessidades estando a cargo dos nossos técnicos e pesquisadores, garantindo-se, assim, a adequabilidade das soluções e o domínio do seu "know-how".

Até por volta de 1970, às funções de Supervisão e Controle de processos eram realizadas por RELÉS ELETROMECAÑICOS que desempenhavam todas as FUNÇÕES LÓGICAS. Tais relés formavam os chamados Painéis de Relés de Seqüenciamento e Intertravamento.

As características fundamentais, destas funções, eram baseadas em LÓGICA FIXA, isto é, a informação do estado de uma determinada etapa ou equipamento era representada por contatos normalmente abertos (NA) e/ou normalmente fechados (NF). Esses arranjos eram muito limitados, sendo que sua principal função era a seleção das operações de máquinas e/ou processos.

Desta forma, além de uma operacionalidade muito baixa, existiam outros problemas, tais como:

- alto consumo de energia;
- vasta documentação (grande número de diagramas de ligações);
- difícil manutenção;
- modificações e comandos dificultados e onerosos, com muitas alterações na fiação, ocasionando considerável número de horas paradas (alto custo);
- dificuldades na manutenção da documentação atualizada dos esquemas modificados.

Com a evolução da eletrônica foram surgindo vários tipos de dispositivos, tais como: sensores, atuadores e etc., que permitiram uma redução de custos dada a maior flexibilidade que estes dispositivos proporcionavam. Neste sentido, passou-se a obter facilidades na adaptação a novos projetos.

No final da década de 60, a *GENERAL MOTORS*, através de sua divisão *HIDROMATIC* preparou as especificações detalhadas do que, posteriormente denominou-se de *CONTROLADOR PROGRAMÁVEL*. Estas especificações retratavam por sua vez as necessidades da indústria *INDEPENDENTE* do produto final a ser fabricado.

A facilidade de comunicação entre CPs com outros dispositivos (microcomputadores, impressoras) fez surgir uma nova arquitetura para o controle e supervisão de processos chamada *SISTEMA SUPERVISÓRIO*. Este(s) controlador(es) programável(eis) realizava(m) a aquisição de dados, transferindo-os (*status*) para um microcomputador que se encarregava de apresentar tais informações na tela de vídeo. Através do teclado realizavam-se operações, como por exemplo, de ligar/desligar equipamentos.

A aplicação desta nova tecnologia foi rapidamente difundida, com aplicações em diversos processos e ramos industriais. A evolução destes Sistemas provocaram, além dos CPs, o aparecimento de novos dispositivos, tais como: *UACs* (Unidades de Aquisição e Controle), *UTRs* (Unidades Terminais Remotas).

Conectados a um microcomputador, estes dispositivos constituíram os chamados sistemas *SCADAs* (*Supervisory, Control And Data Acquisition*) que integravam as funções de Supervisão, Controle e Aquisição de Dados.

O marco da utilização desta tecnologia à Sistemas de Potência remonta do ano de 1969. Neste ano, *G.D. Rockefeller* publicou um trabalho em que apresentava as possíveis utilizações de um computador digital na proteção de todos os equipamentos de uma

Subestação. Apesar de não apresentar qualquer resultado experimental, o artigo mostra um detalhamento substancial e compreensivo da estrutura organizacional do *software* de proteção. No entanto, há de se referenciar o trabalho publicado dois anos antes, de *I.F. Morisson*, que descrevia o uso do computador *on-line* no Controle e Supervisão de Subestações e Sistemas de Transmissão.

A partir desta época grande interesse foi demonstrado por muitos pesquisadores, em diferentes partes do mundo, os quais passaram a contribuir significativamente para o desenvolvimento desta tecnologia.

Os primeiros Sistemas (aplicados em Sistemas de Potência) propostos referiam-se a utilização de minicomputadores que caracterizavam a 2ª geração dos computadores que constituíam o estado-da-arte naquela época. Os computadores eram utilizados na simples aquisição de informação e manutenção de registros históricos. Posteriormente, tal como ocorrido com os CPs, surgiram os sistemas que incorporavam as funções de CONTROLE SUPERVISÓRIO, que se caracterizavam pelo envio de sinais do computador para : atuação de controladores analógicos para o ajuste de variáveis (*set-point*), comandos digitais (troca de estados) de equipamentos e dispositivos (abrir/fechar).

É interessante ressaltar que, paralelamente ao processo evolutivo do *hardware* digital, as limitações tecnológicas a nível de tratamento das informações foram decrescendo. Um exemplo típico pode ser observado no desenvolvimento de algoritmos (*software*), visto que os mesmos relacionavam-se intimamente com *hardware* utilizado, ou seja, em muitos casos o desempenho de um algoritmo era influenciado, significativamente, por parâmetros ou características do *hardware* (precisão numérica, número de bits, velocidade de processamento, filtragem analógica), principalmente com a proteção digital.

No Brasil, a década de 80 também é tida como o marco da implantação dessa tecnologia no Setor Elétrico, com o surgimento de projetos executados pelo CEPEL, ELETROSUL entre outros. Tal filosofia de modernização foi absorvida pelas concessionárias de Energia Elétrica do país.

As dificuldades iniciais encontradas na aplicação da tecnologia digital referem-se sobretudo às limitações tecnológicas, ou seja, a época da introdução desta tecnologia em Sistemas de Potência, não existia, ainda, tecnologia adequada às implementações necessárias (microcomputadores lentos, linguagens de programação em evolução, etc.). Dentre as principais dificuldades pode-se citar:

- a) **Baixa Confiabilidade dos Sistemas Digitais** - havia a necessidade de um grande número de componentes eletrônicos necessários à implementação dos sistemas digitais. Os componentes eletrônicos ainda não respondiam satisfatoriamente ao ambiente empregado (sensibilidade a ruídos, interferências, não linearidades, etc.).
- b) **Baixo Nível de Integração** - os componentes eletrônicos caracterizavam-se pelo seu baixo nível de integração dificultando o desenvolvimento de sistemas compactos ou portáteis.
- c) **Processadores Pouco Eficientes e Lentos** - esta característica dificultava a implementação de funções à serem executadas em tempo real.
- d) **Algoritmos em Desenvolvimento** - informática em estágio inicial, sobretudo a falta de uma linguagem de programação de alto nível adequada para o processamento em tempo real.
- e) **Desempenho Inferior aos de seus Equivalentes Analógicos** - a exigência de ambientes especiais e climatizados inviabilizava a competitividade econômica em relação as analógica.
- f) **Custo elevado** - principalmente em tecnologia.

Inicialmente, a utilização de tecnologia digital em Sistemas de Potência visava atender dois requisitos, ou seja:

- Desempenho, no mínimo, igual aos requisitos de operação já existentes nas subestações;
- A implementação desses sistemas atingiriam as subestações convencionais compostas de quadros de alarmes, medições e controle.

Logo nos primeiros anos da década de 80, o mercado já aquecia e começavam a surgir os primeiros pacotes de sistemas de supervisão e controle. Estes primeiros sistemas caracterizavam-se fortemente por serem sistemas PROPRIETÁRIOS, fechados, sem nenhuma possibilidade de interação com outros dispositivos/sistemas de outros fabricantes.

Ora, dado que os projetos iniciais tiveram a concepção centralizada, baseada num só computador (eventualmente com outro na função de retaguarda, *backup* ou *hot stand by*), não é difícil observar que uma vez concebida a arquitetura do sistema de supervisão de um fabricante específico, as alterações e, sobretudo, as expansões restringiram-se a utilização de equipamento/componentes do mesmo fabricante.

Este foi, e ainda continua a ser em alguns sistemas, um dos grandes problemas da aplicação de sistemas digitais à supervisão e controle, isto é, a escravidão da empresa para com um determinado fabricante.

Basicamente, o problema da INTEGRAÇÃO reside na comunicação entre dispositivos. Esta comunicação é realizada de acordo com um conjunto de regras que disciplinam as trocas de informações, chamado PROTOCOLO.

Os sistemas PROPRIETÁRIOS são baseados em protocolos específicos, particulares do fabricante. Sem o conhecimento prévio deste(s) protocolo(s) torna-se impossível a comunicação entre dois dispositivos/equipamentos.

Atualmente, já há uma tendência ao desenvolvimento de sistemas ditos ABERTOS (*Open Systems*), que são sistemas baseados em padrões.

1.1. Benefícios Esperados

No processo de digitalização busca-se reduzir os custos totais, eliminando-se redundâncias desnecessárias, substituindo-se apinhes por mostradores digitais e telas de computador e diminuindo/substituindo a cablagem existente, tendo como princípio à manutenção ou melhoria de desempenho operacional dos sistemas.

A lógica programada, introduzida com a digitalização, propicia a substituição de componentes físicos (fios, contatos, etc) por linhas e/ou programas (*softwares*) de aplicação. As funções assim implementadas são mais simples de serem alteradas e podem, inclusive, ser testadas num modelo antes de sua implantação.

Dentro desta abordagem pode-se citar como principais benefícios esperados para um sistema de supervisão e controle os que seguem abaixo:

a) Custo Reduzido

O custo desta tecnologia deve ser no mínimo igual ou na melhor das hipóteses menor que os equivalentes convencionais ou não digitais. A integração dos componentes

eletrônicos, bem como a redução no custo destes componentes tem viabilizado cada vez mais a implantação de *hardware* digital.

b) Integração das funções de controle, supervisão, proteção e osciloperturbografia

Uma vez digitalizados, os dados podem ser convenientemente manipulados. Pode-se processá-los para a extração das mais variadas informações (energia, fase, amplitude, forma de onda, etc). Pode-se armazená-los para futuras análises como, por exemplo, análise das formas de onda de pré e pós falta (função de oscilografia). Um sistema digital que possui todas as informações de todos os eventos do sistema pode ainda emitir relatórios, registrar alarmes, controlar automaticamente equipamentos, etc.

c) Maior confiabilidade (auto-teste)

Fundamentalmente o sistema deve atender os requisitos de segurança e disponibilidade para a operação. Nos sistemas de proteção convencionais, por exemplo. São estabelecidos procedimentos de manutenção/inspeção periódicos com o objetivo de observar o estado do equipamento (ajustes, condições operacionais, etc). Este procedimento é realizado colocando-se o equipamento fora de serviço, sendo esperado que em um horizonte até a próxima inspeção, aquele equipamento, quando solicitado, opere devidamente, o que em alguns casos não ocorre. Nestes casos eventuais, danos ou mau funcionamento dos equipamentos só serão detectados quando estes forem solicitados a operar ou coincidentemente quando de uma inspeção.

No caso dos sistemas digitais, existe a facilidade de AUTO-TESTE, que nada mais que é do que programas executados periodicamente (dia-a-dia, mês-a-mês, etc), os quais têm a finalidade de testar todos os componentes (placas) e funções do dispositivo, informando (quando solicitado) as reais condições operacionais do equipamento, sem tirá-lo de operação.

d) Baixo Custo de Manutenção (auto-diagnose)

O custo homem/hora dispensado à manutenção de um equipamento muitas vezes pode ser alto (descobrir qual é o defeito, onde está, como reparar, etc). Nos equipamentos digitais, além da informação sobre operacionalidade do equipamento existe uma outra facilidade que proporciona ao próprio equipamento identificar o defeito e indicar a sua localização, isto é realizado pela função de AUTO-DIAGNOSE, com isto, reduz-se drasticamente o custo de manutenção.

e) Compartilhamento de Dados em Rede Local

A integração do sistema permite que todas as informações adquiridas sejam compartilhadas entre os níveis hierárquicos da arquitetura do sistema e/ou equipamentos dos mais variados fins (armazenamento, tratamento e análises).

f) Facilidades nas Implementações de Modificações

Os sistemas digitais costumam ser projetados seguindo a filosofia modular. Esta característica permite, entre outras, estabelecer uma certa facilidade nas implementações de modificações. Uma vez projetadas desta forma, rearranjos, expansões e modificações são facilitados com acréscimos de módulos, realocamento de módulos, etc. Isto é realizado considerando-se evidentemente, o grau de compatibilidade dos componentes do sistema.

g) Flexibilidade

Basicamente, o que entende-se por flexibilidade dos sistemas digitais refere-se a sua habilidade ou facilidade de sofrer alterações (ajustes, características, arquitetura, reprogramação para a execução de outras tarefas) sem haver nenhum detrimento em sua performance. Ou seja, uma vez adquirido um sistema digital, as implementações são realizadas através de adaptações e não através de substituições totais.

1.2. Hierarquias

Podemos considerar os sistemas digitais como compostos de 4 níveis hierárquicos, os quais podem ser analisados tanto **física** como **funcionalmente**. O fluxo de dados pode ser compartilhado entre os diversos níveis hierárquicos, sendo este (compartilhamento) um fator de medição da qualidade de um sistema digital (figura de mérito).

A figura 1.1 abaixo mostra o diagrama em blocos de um Sistema de Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas de Potência, destacando os 4 níveis hierárquicos fundamentais.

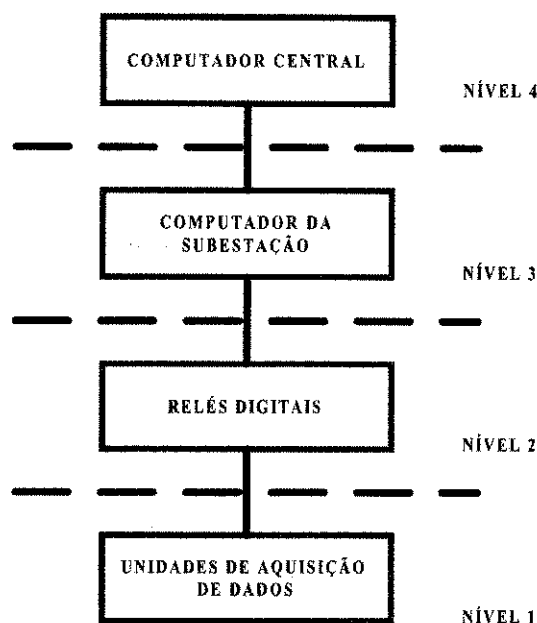


Figura 1.1. - Hierarquia dos Sistemas de Supervisão, Controle e Proteção de Sistemas de Potência.

Os 4 níveis observados na figura acima são descritos abaixo, considerando suas características físicas e funcionais.

NÍVEL 1

Onde **fisicamente** estão localizadas as unidades de aquisição de dados e **funcionalmente** os sinais adquiridos são pré-processados para os equipamentos hierarquicamente superiores. Podem também enviar os dados digitais sem qualquer pré-processamento. As unidades de aquisição de dados, quando instaladas no pátio da subestação devem ser condicionadas, ou seja, seu projeto deve atender as recomendações sobre interferências eletromagnéticas, surtos, etc.

A transmissão de dados ao nível superior deve ser em alta velocidade. Enlaces ópticos entre os níveis 1 e 2 já estão sendo implementados.

NÍVEL 2

Onde **física** e **funcionalmente** estão localizados os relés digitais. Os sinais provenientes das unidades de aquisição de dados são processados e ações são tomadas. É neste nível que são implementados os algoritmos de proteção que serão vistos posteriormente.

As unidades de aquisição de dados juntamente com os relés de proteção desempenham as funções de proteção independente de qualquer outro equipamento.

As informações adquiridas pelos relés podem ainda ser enviadas a outros níveis hierárquicos proporcionando a geração de subprodutos tais como: oscilografia, registros, etc.

A comunicação com o nível superior não necessita de altíssimas velocidades como as utilizadas entre o nível 1 e o nível 2.

Dependendo da localização do equipamento (casa de controle ou pátio da SE) a comunicação poderá ser feita através de portas ou interfaces seriais. Particularmente os relés podem incorporar IHMs.

NÍVEL 3

Em alguns casos este nível não está presente. É onde fisicamente está localizado o computador (chamado computador da subestação) que funciona como concentrador ou duto entre os equipamentos dos níveis inferiores e o computador do sistema central ou com a Estação de Controle Local.

Quando este nível está presente, o computador da subestação possui IHMs semelhantes às localizadas no computador central. A falha na comunicação (Subestação→Centro de Operação) levará o computador da subestação a assumir todas as funções (ou pelo menos as mais importantes) que antes eram desempenhadas pelo computador central, para aquela subestação.

O computador da subestação também desempenhará funções específicas como, por exemplo: automatismo, cálculos, etc., aliviando a carga de computação do computador central.

NÍVEL 4

Fisicamente é onde está o computador central que **funcionalmente** realiza a supervisão e controle do sistema, além de desempenhar outras funções tais como: registros de dados (históricos e *on line*), relatórios, manipulação do banco de dados, etc.

A comunicação da Estação Central com as várias subestações é realizada, na maioria das vezes, por rádio, linhas telefônicas dedicadas, sistemas OPLAT (Carrier) e/ou fibras ópticas.

Um diagrama em blocos detalhado é mostrado abaixo:

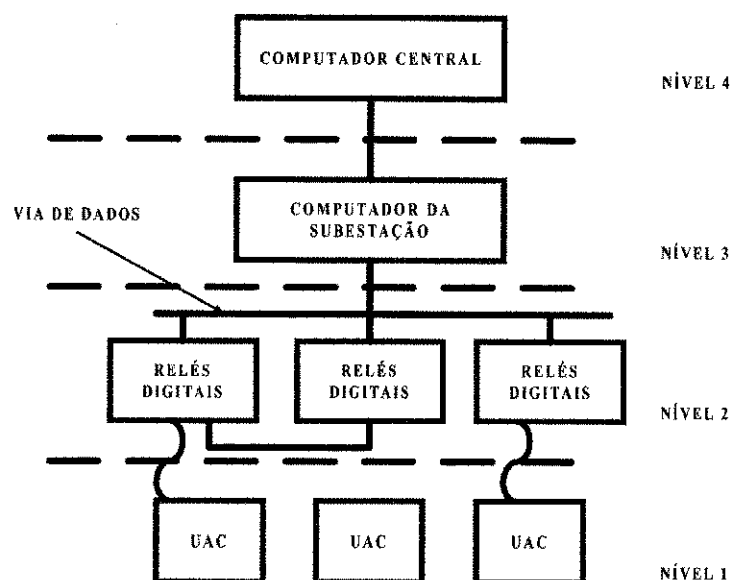


Figura 1.2 - Descrição física e funcional dos níveis hierárquicos de um S.S.C.

ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo serão descritos os objetivos e motivações para o desenvolvimento do trabalho proposto.

O capítulo 2 destina-se à descrição das principais funções a serem digitalizadas em uma subestação.

O capítulo 3 irá especificar um sistema digital para a supervisão e operação remota de subestações, de modo a atender aos requisitos apresentados no capítulo anterior. A arquitetura proposta para o sistema e sua abrangência será comentada. Assim como, a forma como ela poderia ser futuramente ampliada e configurada para outras aplicações.

O capítulo 4 é destinado à implementação de um protótipo de um sistema de controle e supervisão para uma subestação.

Finalmente, o capítulo 7 é destinado a uma análise crítica de todo trabalho realizado, e suas contribuições. As possibilidades concretas de continuidade, tanto em nível de aprimoramentos dos trabalhos já realizados, como em nível de novos desenvolvimentos correlatos, também constam deste capítulo.

CAPÍTULO II

PRINCIPAIS FUNÇÕES A SEREM DIGITALIZADAS EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA

2.1. Introdução

Como visto no capítulo 1, os sistemas de automação de subestações deverão fornecer ao operador informações sobre parâmetros dos processos e possibilitar sua atuação sobre os mesmos. Estes sistemas deverão ter confiabilidade adequada às responsabilidades de manutenção e reparo, com um mínimo de interferência na operação global do sistema.

Tal como os sistemas de automação de usinas, os sistemas aplicados às subestações deverão ter concepção nos critérios de:

- ↳ Descentralização;
- ↳ Modularidade;
- ↳ Expansibilidade;
- ↳ Confiabilidade;
- ↳ Facilidades para manutenção

As principais funções existentes em uma subestação são:

- ↳ Comando;
- ↳ Sinalização;
- ↳ Alarme;
- ↳ Medição;
- ↳ Registro Seqüencial de Eventos;
- ↳ Oscilografia;
- ↳ Sincronização;
- ↳ Localização de Falta;
- ↳ Proteção;
- ↳ Regulação de Tensão.

O sistema digital para a realização destas funções pode variar em complexidade, dependendo de como se pretende implementá-las, e será sempre constituído de uma arquitetura, tal como mostrado na figura 2.1. Em relação à complexidade de estação central, esta considera, principalmente, o porte da subestação e a escolha da desassistência ou não da subestação.

Já os sistemas de aquisição dados de subestações, desassistidas ou não, obedecem a requisitos de tempo e velocidade de processamento (figura 2.1), dependendo das funções e seus requisitos de tempo (JARDINI-1996).

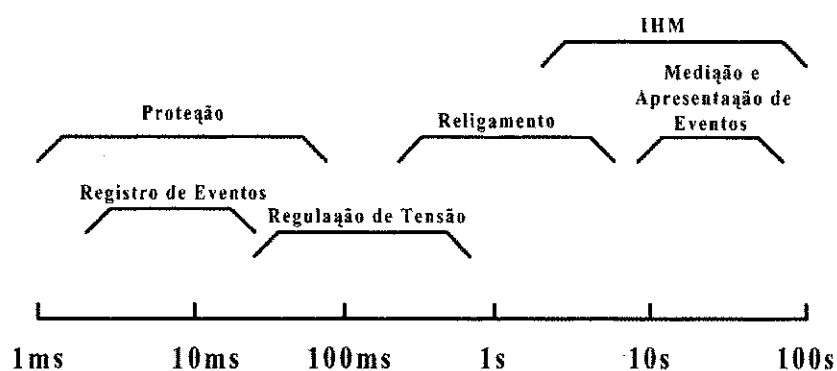


Figura 2.1 - Requisitos de tempo para algumas funções

Em geral, as funções digitalizadas em subestações dependem do grau de automação/digitalização escolhido. As funções mais comuns no processo de digitalização seguem descritas a seguir.

2.2. Funções de Monitoração

No processo de digitalização de subestações, deverão ser previstas facilidades que permitam a operação e o perfeito funcionamento da subestação. As funções de monitoração permitem ao operador acompanhar em tempo real, as alterações de estados (*status*) de equipamentos, valor de medições e das variáveis calculadas da subestação na tela de vídeo.

O *status* de equipamentos deverão indicar as condições dos equipamentos (abertos/fechados, ligados/desligados, posição, no caso do *tap* de transformadores).

A indicação remota deverá estar associada a uma representação de diagrama unifilar da subestação, bem como sua posição funcional na subestação.

Os valores das medições de grandezas elétricas (tensão, corrente, potência ativa e reativa) e de temperatura deverão estar indicadas de tal forma a permitir ao operador visão

rápida e abrangente do estado da subestação e, fácil associação entre as indicações e os pontos de medição.

Os *status* dos equipamentos são monitorados com a ajuda de relés auxiliares, que realizam a interface entre as unidades de aquisição e o processo, já os valores de medições são supervisionados utilizando-se transdutores.

Ressalta-se que toda monitoração (realizada pelo operador através da visualização das mesmas em uma tela de vídeo) está associada a representações gráficas ou modificações de atributos, tais como: cor, intensidade, etc.

Para tanto, a interação do operador com o sistema se realiza por meio de telas ou janelas, as quais são constituídas de uma parte estática, uma parte dinâmica e de pontos de ativação (MAGRINI-1995).

A parte estática é gerada e/ou modificada por um editor de telas, sendo que esta não se altera com a mudança de qualquer parâmetro monitorado do sistema. A parte dinâmica por sua vez contém os parâmetros monitorados com seus respectivos símbolos e valores. Os pontos de ativação constituem posições da tela sensíveis a posição do cursor, proporcionando dentre outras possibilidades, o comando, reconhecimento de alarmes e navegação pelas telas do sistema.

A tabela 2.1 apresenta as principais funções com seus respectivos “pontos” monitorados em uma subestação.

A inclusão e exclusão de mais pontos estão relacionadas ao projeto de automação da subestação. Pontos calculados, tais como: potência aparente, fator de potência, são pontos monitorados a partir de pontos medidos. Em geral, é comum a especificação dos pontos monitorados por bay, tal como apresentado na tabela 2.2, dentre outros, os pontos que deverão ser monitorados.

FUNÇÃO	“PONTO”
INDICAÇÃO DE ESTADO	DISJUNTOR
	<ul style="list-style-type: none"> • CHAVE SECCIONADORA • RELÉS DE PROTEÇÃO • RETIFICADOR • CANAL DE COMUNICAÇÃO • UNIDADE DE AQUISIÇÃO • POSIÇÃO (TAPs)
MEDIÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • TENSÃO • CORRENTE • POTÊNCIA ATIVA • POTÊNCIA REATIVA • TEMPERATURA

Tabela 2.1 - Funções monitoradas em uma subestação em função dos pontos monitorados.

2.3. Funções de Comando e Controle

Define-se como comando as modificações no estado de equipamentos e dispositivos. Podem ser tanto intencionais (oriundas de ações diretas e intencionais do operador) e não-intencionais (oriundas de ações automáticas).

Controle, por sua vez, corresponde a comandos intencionais do operador ou automáticas (seqüências de manobras programadas, controle automático).

As funções de comando e controle podem ser ainda, locais (junto do equipamento) e à distância ou remotas.

Fundamentalmente, as ações de comando e controle recaem nos seguintes equipamentos/dispositivos:

- ↳ Disjuntores;
- ↳ Chaves seccionadoras;
- ↳ Ventilação Forçada;
- ↳ Comutador de “TAPs” de Transformadores;
- ↳ Máquinas;
- ↳ Relés de religamento.

A possibilidade de comando em tais equipamentos/dispositivos proporciona ampla capacidade e variedade de controles sobre os mesmos, bem como sobre os parâmetros de operação do sistema.

Existe, basicamente, o controle manual onde o operador executa todas as funções manualmente e a automática onde o operador só acompanha a ação.

Um exemplo típico disto pode ser observado no controle de tensão. Para o caso do controle manual, o operador observa a variação da tensão e comanda passo a passo às ações necessárias à regulação quando a tensão excede seus limites. No caso do controle automático, os procedimentos são todos realizados automaticamente sem qualquer intervenção do operador. (CASTRO-1996, RIBEIRO-2001)

Vale ressaltar que, nos acionamentos intencionais exige-se segurança do comando, e em geral, utiliza-se o princípio *check-before-operate* ou *select-before-operate*, isto é, antes da execução de um comando, é confirmada pelo sistema digital sua exequibilidade (ELETROBRAS-2004). Os requisitos de tempo não são críticos para os acionamentos intencionais, sendo que, adicionalmente, tem-se outras funções agregadas a de comando e

controle, tais como : intertravamentos, seqüências de partida e parada de unidades e controle de *set-points*.

2.4. Funções de Alarme

Esta função é destinada a informar sobre anormalidades na operação da instalação ou nos equipamentos.

A ocorrência de alarmes deverá ser acompanhada de sinal sonoro de alerta ao operador. Este sinal deverá silenciar tão logo o operador acione o comando de silenciar alarme ou reconhecer alarme.

Considera-se alarme ou evento, os seguintes tipos de ocorrências (MAGRINI-1995):

- ↳ alteração espontânea da configuração da rede elétrica da subestação;
- ↳ grandezas analógicas operando fora dos limites operativos normais;
- ↳ irregularidades funcionais nos equipamentos do sistema digital.

Em princípio deverão provocar alarmes:

- ↳ variação além dos limites operativos de tensões, correntes e outros valores medidos e calculados;
- ↳ falta de CC ou CA;
- ↳ abertura e fechamentos de equipamentos;
- ↳ acionamentos ou paradas de equipamentos;
- ↳ falha na comunicação;
- ↳ falha na unidade de aquisição de dados;
- ↳ atuação de religadores;
- ↳ defeitos nos equipamentos de serviços auxiliares (CC e CA);
- ↳ operações sem sucesso (comando, controle).

2.5. Funções de Registro de Dados

Esta função proporciona os recursos para o armazenamento e recuperação de informações referentes ao comportamento do sistema elétrico, tais como: *sistema de proteção, equipamentos da subestação, funções de controle e ações locais ou remotas executadas por operadores*.

Os valores coletados da base de dados em tempo real deverão ser armazenados em arquivos diários e mensais, proporcionando as facilidades de transferência para discos flexíveis, fitas magnéticas ou para camadas hierárquicas superiores.

Em geral, os seguintes arquivos são gerados e mantidos pelo sistema:

- a) Arquivo histórico de variáveis, onde estão registrados todos os valores das variáveis analógicas assumidos durante um determinado período (por exemplo, 15 dias) a uma taxa de amostragem também configurável (por exemplo, 1 min).
- b) Arquivos de dados históricos, onde são armazenados todos os eventos ocorridos (alarmes) durante um determinado período e uma dada amostragem configuráveis. São os arquivos onde estão armazenados os sumários de alarmes.
- c) Arquivos de informações estatísticas (MAGRINI-1995) contêm informações determinadas a partir dos dados em tempo real, dentre as quais:
 - ↳ valores máximos, mínimos e médios de correntes;
 - ↳ número de aberturas dos disjuntores sob carga;
 - ↳ frequência e duração média de interrupção no fornecimento de energia de alimentadores;
 - ↳ etc.
- d) Arquivos de informações estatísticas do sistema digital armazena informações provenientes da função de autodiagnose, em base diária, mensal e anual referente à:
 - ↳ frequência e duração média de defeitos nos módulos componentes do sistema digital;
 - ↳ frequência e duração média de falha de comunicação entre os módulos constituintes do sistema computacional central, como também entre o centro e as UAC e relés digitais.

Estando todas as informações registradas nos arquivos, o operador poderá gerar relatórios que auxiliem a operação (pós, pré-operação). De todos os arquivos obtêm-se relatórios, onde estes contêm, além dos registros, rótulos descritivos da subestação, sistema, operador, etc.

CAPÍTULO III

PROPOSIÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA DE UM SISTEMA DIGITAL PARA A OPERAÇÃO REMOTA DE SUBESTAÇÕES

3.1. Introdução

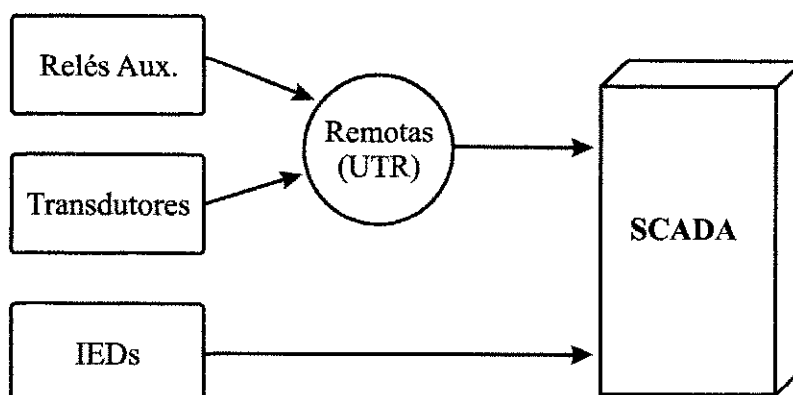
Este capítulo é destinado à proposição de uma metodologia para especificação técnica para um Sistema para Supervisão e Controle de Subestações - SSCS, será baseada nos requisitos apresentados no capítulo anterior. Ele se destina a pesquisas nessa área, dispondo de recursos para a avaliação de procedimentos operacionais, de técnicas de controle semi-automático e automático, do grau da sua confiabilidade e disponibilidade, e das interferências do ambiente.

A opção pela utilização de sistemas digitais na implementação dos equipamentos para a supervisão e controle de processos dispensa, nos dias atuais, maiores discussões, ao contrário do que ocorria na década de 80 e no começo da década de 90, conforme é relatado em (ASTRÔN, 1985). Essa tecnologia já atingiu um estágio de maturação, de sorte que tanto as razões técnicas como as econômicas encontram-se em patamares superiores a praticamente qualquer outra alternativa que se queira analisar. Farta literatura também pode ser encontrada envolvendo esse assunto, abordando uma série de desenvolvimentos realizados ou propostos para o setor elétrico, sendo os principais: (JARDINI, 1996); (RIBEIRO, 2001); (CONTROLE & INSTRUMENTAÇÃO, 2001); (GALO, 2001).

3.2. As Funções

A etapa de caracterização das funções que o sistema deverá apresentar, modelando-as de forma a orientar a definição de sua arquitetura, em diversos níveis de abstração.

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 3.1 mostra este tipo de integração:



Fonte: [SILVEIRA 00]

figura 3.1 – Integração dos dados em uma SE

As ações de supervisão e controle originam-se do processamento dos dados coletados, resultando em intervenções automáticas ou comandadas pelo operador. De forma inversa, essas ações são transmitidas e enviadas para os atuadores (por exemplo, motores, relés, válvulas), que as efetivam.

Como parte integrante deste modelo tem-se a figura humana, nas funções de operadores e de gerentes do processo. Aos operadores cabem as tarefas de supervisão, intervenção em casos de urgência e atuação manual quando tal prática for considerada de interesse. Os gerentes obtêm informações como estatísticas de desempenho do processo e do sistema, anormalidades ocorridas, estado atual das principais grandezas, etc, determinando as formas mais adequadas de operação.

O ambiente interfere nos diversos elementos do sistema, de forma distinta, em função da localização e instalação dos equipamentos.

Na maioria das aplicações, tem-se uma associação de processos isolados ou interdependentes. A operação e gerenciamento do conjunto requerem, em geral, uma estratégia global, exigindo sistemas com arquiteturas que suportem o acompanhamento múltiplo. A integração pode se processar tanto no nível de uma região, como a nível global, com a operação coordenada a partir do Centro de operação regional (ou Centros de Controle). Através desses locais, pode-se operar o conjunto com melhores resultados, tanto do ponto de vista de segurança, pela coordenação centralizada das decisões, como também em função da viabilização da otimização e do gerenciamento do conjunto (GODOY, 2001).

3.3. A Arquitetura

3.3.1. Condições de Seleção

O modelo apresentado na figura 3.1 pode ser atendido por sistemas implementados segundo várias filosofias (ASTRÔN, 1985), como por exemplo:

- sistema centralizado;
- sistema descentralizado;
- sistema hierárquico.

Essas filosofias envolvem tanto o aspecto funcional, ou seja, a organização das tarefas e distribuição de funções, como o aspecto de localização dos componentes do sistema. As propriedades de cada tipo são distintas; o seu confronto com os requisitos será decisivo na escolha da mais adequada. Têm-se também, como fator importante nesse processo de seleção, as características geográficas intrínsecas a cada problema, e que têm que ser respeitadas.

Enfim, a partir dos requisitos e restrições, pode-se partir para o projeto da arquitetura do sistema. Como requisitos imprescindíveis associados ao problema em questão têm-se:

- a descentralização geográfica dos processos e do local de sua operação e gerenciamento:
- As subestações não costumam estar próximas umas das outras, o mesmo ocorrendo em relação aos Centros de operação regionais.
- a centralização da operação e gerenciamento:
- As decisões devem ser tomadas de forma unificada, a partir do Centro de operação regional - COR
- a alta confiabilidade e disponibilidade

Devido à importância do processo, a sua supervisão deve ser permanente. Em caso da impossibilidade de essa operação ser efetuada a partir do COR, há a necessidade de deslocamentos de equipes de plantão até as subestações. Assim sendo, exige-se elevados índices de disponibilidade do sistema; para que se possa obtê-los, a arquitetura a ser utilizada deve incorporar mecanismos de detecção de falhas, e prever configurações redundantes.

A confiabilidade é também um índice a ser maximizado nessa aplicação. Mesmo em caso de falhas, deve-se admitir o funcionamento em separado do sistema.

- ***a facilidade de manutenção:***

Essa característica, sempre desejável em qualquer sistema, aliada à competência, ao preparo e à agilidade das equipes de manutenção, permite a elevação do índice de disponibilidade do sistema. Recursos como auto-diagnóstico, sinalização de defeitos, modularidade construtiva, equipamentos auxiliares e partes de reserva contribuem decisivamente para elevar esse índice.

- ***o desempenho:***

“Por se tratar de uma aplicação em tempo real, o sistema deverá apresentar tempo de resposta e taxa de transferência de dados do processo compatíveis com as necessidades do sistema elétrico.” (CAGNUSCA, 1987).

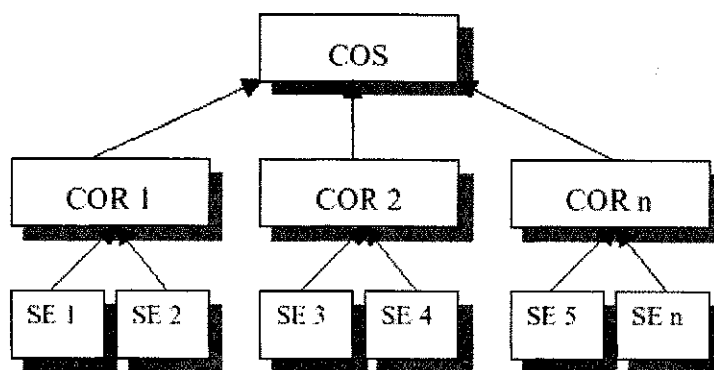
Outros requisitos também de importância são:

- ***a flexibilidade, a modularidade e a expansibilidade:***

O sistema elétrico no Brasil, de uma forma geral, é muito sujeito a alterações e ampliações, para se adaptar às mudanças na demanda de energia e modernizações periódicas. Além disso, o sistema deverá também ser utilizado como ferramenta de obtenção de maiores conhecimentos sobre o processo, necessitando, para tal, ser flexível (ASTRÔN, 1985). A modularidade é uma característica que não somente contribui para o aumento da flexibilidade e da facilidade de expansão, como também permite que tais tarefas sejam feitas organizadamente, a custos incrementais proporcionais. Além disso, ela facilita as atividades de manutenção.

- ***características construtivas:***

Como restrições, tem-se a potência consumida pelos equipamentos: quanto menor o seu consumo, maior será autonomia dos sistemas de alimentação de reserva, tanto no nível de subestação como a nível de COR, figura 3.2.



Fonte: [SILVEIRA 00]

figura 3.2 – Níveis de hierarquia envolvidos na automação de uma SE

Como característica intrínseca à aplicação tem-se a dispersão física dos equipamentos, face ao afastamento entre as subestações.

- **custo:**

Trata-se de um fator sempre importante e restritivo nos dias atuais. A escolha da alternativa adequada deve favorecer, quando possível, a minimização dos custos de desenvolvimento, aquisição, configuração, manutenção e operação.

3.3.2 Definição da Arquitetura

Face ao exposto no item anterior, tem-se como características marcantes da aplicação:

- **descentralização geográfica do processo global:**

Considerando-se como processo global o conjunto de subestações a ser supervisionado e operado, tem-se uma descentralização geográfica ampla envolvendo cada subestação e o COR.

- **centralização geográfica do processo local:**

Considerando-se como processo local uma subestação, tem-se a centralização de todos os seus elementos em uma pequena região.

- **centralização funcional do processo global:**

A operação do processo global é centralizada no COR.

Propõe-se uma arquitetura para o SSCS que implemente um sistema distribuído hierarquizado.

A aplicação inicial prevista para o sistema não permite a sua classificação como um sistema efetivamente distribuído do ponto de vista funcional (embora possua potencialidades

para futuramente ser assim classificado). As classificações de sistemas distribuídos envolvem o conceito de separação física e lógica dos equipamentos, que executam um processamento cooperativo, não existindo controle centralizado global.

Na aplicação em questão, existe a distribuição física dos equipamentos, e a distribuição das funções de acordo com o nível hierárquico de cada um (com autonomia restrita do nível inferior); contudo, existe uma centralização do gerenciamento das atividades. Essa filosofia espelha a estrutura organizacional da empresa, no que tange aos processos considerados (fato esse que se repete em outros esforços de automação, em diversas áreas), e que muitas vezes corresponde à alternativa de maior viabilidade, como nesse caso de subestações.

Os componentes básicos da arquitetura proposta são apresentados na figura 3.3.

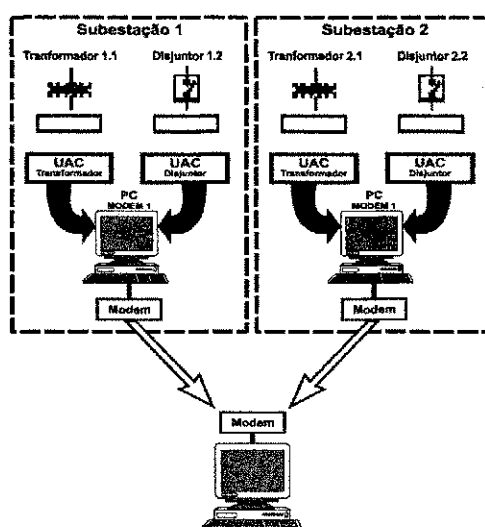


figura 3.3 – Arquitetura Básica

Na arquitetura proposta, foi adotada a conexão das UTRs à EC na forma de barramento, conferindo, do ponto de vista lógico, a função de mestre à EC, e de escravo a cada UTR. Ela foi escolhida por corresponder a uma solução técnica com vantagens significativas para a aplicação em questão, a custo reduzido: exige fiação de interligação simples, a falha de uma UTR não interfere na comunicação das demais, facilidade de expansão pelo acréscimo de novas UTRs, e maior simplicidade de implementação, o que reflete em aumento de eficiência.

As restrições intrínsecas a essa forma podem ser suportadas por essa aplicação: a sincronização de comunicação simplificada pela adoção do esquema mestre-escravo, a não necessidade de comunicação direta entre as UTRs, e a limitação de capacidade de

comunicação (a cada momento, apenas uma UTR se comunica com a EC) não influí de forma significativa no desempenho face às limitações dos operadores em reagir a qualquer estímulo sinalizado na EC (baixo tempo de resposta humana).

A unicidade de rota de comunicação entre a EC e as UTRs corresponde a um ponto de vulnerabilidade do sistema (contudo, também presente em outros tipos de arquiteturas); a adoção de meios de comunicação de reserva aumentaria a disponibilidade e confiabilidade do sistema, mas nem sempre pode ser implementada por razões técnicas e principalmente econômicas, devido às grandes distâncias envolvidas (dezenas de quilômetros).

Outros tipos de conexões foram estudados e descartados, pelas razões que se seguem:

- ***conexão em anel:***

Permite a comunicação entre as UTRs, que pode ser iniciada a qualquer tempo (característica que poucas vantagens traria a essa aplicação). Contudo, a falha em uma UTR interrompe as comunicações, exigindo mecanismos caros para eliminar essa restrição (por exemplo, desconexão física automática do elemento em falha com reconfiguração do sistema, ou comunicação em duplo sentido). Além disso, o desempenho da comunicação seria baixo, face às retransmissões das mensagens previstas, e dos mecanismos de controle de comunicação requeridos.

- ***conexão em rede:***

Cada UTR é conectada a outras UTRs, correspondendo a uma configuração flexível e confiável, devido à multiplicidade de rotas que se poderia prever. Contudo, cada UTR necessitaria de recursos de hardware e software complexos, custosos e de baixo desempenho de comunicação (devido à sofisticação dos protocolos necessários para suportar as interligações). Além disso, o custo das múltiplas interligações entre as UTRs seria proibitivo.

- ***conexão em estrela:***

Cada UTR possui um canal dedicado de comunicação com a EC, aumentando a confiabilidade global do sistema, e com simplicidade e custo razoável de implementação (protocolo simples, e hardware da EC com apenas alguns canais adicionais de comunicação). Contudo, o custo da multiplicidade de meios de comunicação poderia ser também proibitivo.

3.3.3 Vantagens da Arquitetura Especificada

Arquiteturas distribuídas vêm sendo utilizadas há vários anos na implementação de muitos sistemas, principalmente nos aplicados à supervisão e controle de processos, devido às vantagens por elas proporcionadas. A sua utilização, combinada com sistemas hierárquicos, corresponde a uma alternativa de muita adequabilidade também para essa aplicação.

Resumindo as principais características, tem-se:

- melhor organização dos sistemas, em função da hierarquia;
- maior facilidade para a implementação de sistemas redundantes e reconfiguráveis, o que aumentaria a sua disponibilidade;
- maior confiabilidade a menor o custo, permitindo que cada nível seja implementado com o grau de confiabilidade requerido;
- maior modularidade (intrínseca às arquiteturas distribuídas), o que torna os sistemas mais flexíveis a expansões, alterações, com manutenção mais simples e rápida;
- menor custo de instalação, e custo das expansões proporcional aos recursos inseridos;
- facilidade de atualização tecnológica, face à rápida obsolescência da tecnologia eletrônica, permitindo a substituição de módulos por outros compatíveis, mas implementados com tecnologias mais modernas.

3.4 A Operação do Sistema Proposto

Do COR, os operadores terão condições de:

- monitorar a evolução ou estado instantâneo de cada grandeza de importância;
- tomar ciência de qualquer anormalidade que venha a ocorrer nas subestações, através de sinais de alarme automaticamente gerados;
- consultar e copiar o banco de dados de ocorrências e alarmes;
- executar manobras, através da abertura e fechamento das chaves motorizadas e dos disjuntores necessários em cada caso;
- comandar outros elementos, como o comutador do enrolamento (mais conhecido como "tap") de transformadores, e sirenes de invasão.

Assim sendo, todas as tarefas anteriormente executadas da sala de comando das subestações, passarão a ser executadas no COR. Em caso da impossibilidade da execução

desse procedimento (por exemplo, falha em UTRs, na EC ou no meio de comunicação), equipes de plantão serão conduzidas às subestações, operando-as localmente de duas maneiras:

- através das UTRs, caso a falha tenha se verificado no meio de comunicação ou na EC
- através dos painéis de operação local, independentes do SSCS, mantidos por razões estratégicas.

A interface homem-máquina tem papel fundamental para o sucesso de qualquer sistema de supervisão e controle de processos. A sua concepção deve procurar a facilidade de visualização e interpretação das informações, bem como dispor de sinalizações visuais e sonoras eficientes. Além disso, as intervenções do operador devem ser envolvidas por condições que garantam a sua segurança, impossibilitando ações acidentais. Ela será discutida em maior amplitude no próximo capítulo.

No Brasil, muitos equipamentos e sistemas importados não apresentam a mesma eficiência e facilidade operacional obtidas no país de origem, em função das diferenças culturais dos operadores. Em geral, o perfil do operador brasileiro, face a razões sociais e econômicas, é de um profissional de formação escolar limitada (em geral, primeiro grau), e com poucos cursos de especialização, recebendo treinamento prático na própria empresa. A interface com tais operadores deve ser elaborada com cuidado, sem recorrer a abstração elevada, unidades de medidas pouco familiares ou que requeiram conversões.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTAÇÃO DE UM MODELO METODOLOGIA PARA ESPECIFICAÇÃO DE TELECONTROLE EM SUBESTAÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA.

4.1 Planejamento da Metodologia

4.1.1 Introdução

Neste Capítulo, estão definidos os principais passos para especificação técnica de um projeto voltado ao telecontrole de subestações de 230 kV. 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, de 230 kV, 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.

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: 13,8v, 69Kv, 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.

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 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.

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.

4.1.8 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.

4.1.9 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.

4.1.10 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.

4.2 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).
- 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).

O documento sobre a especificação dos protocolos de comunicação do sistema poderá ser elaborado como parte da documentação do “*workstatement*” o qual conterà 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 supervisorio (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 análise de rede em tempo real e em modo de estudo.
- Visualização de dados históricos através da rede de tempo real.
- 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.
- 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.

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.
- 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.

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 1. 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 1.
- 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 1), 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.

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 1), 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 1.

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.

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* e 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.

Freqüências de Varreduras e de Execução de Programas - a tabela 1 apresenta exemplos de freqüências 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.

Função	Freqüência de Aquisição/Execução
Aquisição de dados das Remotas e dos servidores de dados:	
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
Outros pontos (a serem definidos)	60 (sessenta) segundos
Outros pontos (a serem definidos)	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 freqüência do dado componente com menor intervalo de varredura
Controle supervisão	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
Seqüência de análise de rede em tempo real (2)	Periódica a cada 2 (dois) minutos, por evento ou por demanda do operador.

Tabela 4.1 – Exemplos de freqüências de varredura e de execução de programas (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 2.

Função	Tempo Total Decorrido Máximo	
	Estado Normal	Estado de Pico
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

Tabela 4.2 - Exemplos de tempos de resposta dos programas de aplicação (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.

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 subsequentes.

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 3 especifica os requisitos de performance relativos aos tempos de Backup, *Failover* e *Restart*.

Tabela 3 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

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.

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 nanosegundos.

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:

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 512 Mbytes.
- Disco de 80 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 (Sistema de Posicionamento Global). 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 24:00h.
- 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 Freqüência e Desvio de Tempo

Dispositivo para Determinação de Desvio de Freqüência - deverão existir dois Transdutores de Desvio de Freqüência (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 freqüência deverá ser um dispositivo de estado sólido, com uma freqüência 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 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.

4.2.3.14 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 “fullgraphics” 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.

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 offline, 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, 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, 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 1), 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 1.0 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”.

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 devido a problemas de “bouncing” de relés. Ela deverá filtrar transições de estado, evitando que a lista de alarmes e seqüência 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

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”.

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 da subestação. 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 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 préseleccionados e calculados pelo SCADA. Este armazenamento não deverá ter limitação de tempo, quanto ao número de informações a serem pré-seleccionadas 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 consequência, 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.

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”.

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.

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.

4.2.7 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].

4.2.7.1 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 à 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.

4. 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.

4.2.7.2 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 seqüenciais.

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^oC e mínima de -10^oC, 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 60⁰C.
- Os módulos de entrada analógica receberão sinais provenientes de transdutores instalados nos painéis, com saídas bipolares na faixa de ± 5 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.

4. Configuração:

- Deverão estar incluídos dois microcomputadores PC portáteis, do tipo “notebook” capazes de executar todos os programas aplicativos para a

- A UTR deverá ter pontos de teste, indicadores de problema e diagnósticos que permitam conhecer o problema, tanto local como remoto.

4.2.7.3 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.

4.3. PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO NA AUTOMAÇÃO DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA

É importante frisarmos a importância que a comunicação de dados assume para uma arquitetura distribuída, haja visto que ela dimensiona a modularidade dos sistemas, o que não se tem conseguido com muito sucesso atualmente em função da grande quantidade de protocolos de comunicação proprietários no mercado associados aos mais variados aplicativos os quais não obedecem a padrões de domínio público.

A interoperabilidade é um dos requisitos importantes, por possibilitar a dois ou mais sistemas trocarem informações, gerando dessa forma, uma certa independência de um determinado fornecedor. Para que esse requisito seja verdadeiro, é necessário o estabelecimento de padrões de Protocolos de Comunicação, o qual é composto pelas

interfaces e meios de conexão entre os sistemas em nível físico (interface elétrica e mecânica) e em nível lógico (protocolo de acesso ao meio, protocolo de enlace, protocolo de rede, protocolo de transporte, protocolo de sessão e protocolo de aplicação).

A utilização de um protocolo de comunicação baseado em normas ou padrões de aceitação geral (domínio público) vem a possibilitar a independência de um determinado aplicativo.

O passo dimensionante para que um protocolo se torne um padrão é a sua especificação se tornar pública e sustentada por um fórum independente e autônomo que reúna todas as classes de interessados (fornecedores, usuários, consultores, certificadores, etc.). Para o atendimento a essa necessidade, está sendo introduzido o *Distributed Network Protocol (DNP 3.0)*, com vistas a suprir as necessidades de comunicação em sistemas tipo mestre-escravo aplicados no processo de supervisão e controle do setor de energia elétrica.

O DNP 3.0 é baseado na norma internacional IEC 870-5, que define um protocolo de comunicação de três camadas (modelo EPA - *Enhanced Performance Architecture*, de acordo com o modelo OSI - *Open System Interconnection* da ISO - *International Standardization Organization*, orientados a equipamentos e sistemas de controle.

O DNP foi inicialmente desenvolvido pela *Harris Controls Division Distributed Automation Products*, dos EUA, em novembro de 1993, e sua especificação foi transferida para um grupo de usuários que, a partir daquele momento, passou a ser proprietário e responsável pelas suas futuras revisões. Assim, o DNP tornou-se um protocolo aberto e público, o que possibilita a sua adoção como um padrão.

As características listadas a seguir torna o DNP um protocolo aplicável a arquiteturas abertas de sistemas distribuídos associados a área de energia elétrica:

Transferência de blocos de dados:	suporta a transferência de blocos de dados com até 2 kbytes, através das funções da camada de transporte. Esta capacidade permite a transferência de tabelas de configuração, informação de prioridades e algoritmos de controle entre o mestre e os escravos.
Tipos de mensagens:	suporta mensagens com ou sem confirmação, permitindo uma orientação à confiabilidade, no caso de mensagens com confirmação, ou orientação ao desempenho, no caso de mensagens sem confirmação.
Arquitetura mestre-escravo:	permite o relacionamento síncrono através de operação por varredura e relacionamento assíncrono através de respostas não solicitadas, de iniciativa das estações escravas.
Modos de endereçamento:	suporta três modos de endereçamento, sendo. a) independentes para mestre-escravos, permitindo a operação seletiva de vários mestres e escravos. b) de grupo, permitindo a seleção de lista de pontos. c) <i>broadcasting</i> , permitindo a difusão dos dados.
Protocolos CSMA:	define a utilização do protocolo CSMA (<i>Carrier Sense Multiple Access</i>), para disciplinar o acesso ao meio físico, permitindo o seu compartilhamento.

Tempo de propagação das mensagens:	define o procedimento para o cálculo do tempo de propagação das mensagens, permitindo desta maneira a sincronização dos relógios dos vários equipamentos do sistema.
Algoritmo CRC:	define a utilização de um algoritmo para CRC (<i>Cyclic Redundancy Code</i>), que proporciona uma alta segurança nos dados, equivalente à distância de <i>hamming 6</i> , o que garante que a ocorrência de cinco erros em nível de "bit" em cada bloco de 128 bits é seguramente detectada. Com isto, atende ao nível de integridade "I3", com taxa de bit de erros menor ou igual a 10E-4, definida da IEC - 870-5. O tempo médio entre os erros não detectados numa condição de um <i>frame</i> com 100 bits, com taxa de transmissão de 1200 bits/seg e com uma taxa de erro de 10E-4 levada a efeito por ruído, é igual a 260 000 anos.
Congelamento:	tem a capacidade de congelar dados em um determinado instante por um intervalo de tempo, permitindo que se obtenha dados de um escravo referenciado a um determinado instante.
Níveis de prioridade:	suporta o estabelecimento de priorização das mensagens, permitindo o estabelecimento da hierarquia de mensagens.
Registro de tempos:	suporta a associação de tempo aos dados transmitidos, permitindo o trânsito de mensagens com dados de SOE (<i>Sequency Operation Event</i>).
Objetos de dados:	define vários objetos de dados orientados para a necessidade do setor de energia, tais como: entrada binária; saída binária; contador; entrada analógica; saída analógica; tempo. Como estes objetos são definidos quanto à sua formatação e interpretação, é possível a portabilidade de dados entre os vários equipamentos, sem a necessidade de tradutores.
Arquitetura EPA:	adota o modelo de arquitetura EPA (<i>Enhanced Performance Architecture</i>), definido pela ISO, o que possibilita um alto desempenho e sua aplicação em equipamentos de pequeno porte. Uma implementação mínima do DNP utiliza aproximadamente 5 kB de memória e pouca capacidade de processamento.
Capacidade de endereçamento:	tem a capacidade de endereçar até 65.536 mestres e 65.536 escravos, permitindo uma grande diversidade de equipamentos. Também tem a capacidade de endereçar diretamente 4.294.967.296 pontos (equivalente a capacidade de endereçamento de 32 bits)[3].
Independência do meio de comunicação:	tem a capacidade de operar sobre todos os meios de comunicação típicos dos sistemas de supervisão e controle, tais como: rádio; fibra óptica; par metálico; cabo coaxial e outros.. Além disso, a camada de aplicação pode ser utilizada com outras camadas de enlace ou física, como redes de pacotes e sistema <i>trunk</i> de rádio, permitindo uma grande flexibilidade na sua utilização.
Frame FT3:	adota o formato de <i>frame FT3</i> definido na IEC 870-5, que lhe proporciona uma alta taxa de transferência de dados, com uma eficiência de 78 %. A eficiência é a razão entre a parcela do <i>frame</i> que contém informação e o tamanho total do "frame".

O protocolo de comunicação DNP 3.0 possui a função de transporte em conformidade com a ISO/OSI.

4.3.1 -Comparação Entre os Protocolos IEC 60870-5-104 e IEC 61850

Como se pode verificar na tabela abaixo, as duas normas acima usam a mesma tecnologia para a transmissão de dados, baseada no padrão ETHERNET, com comportamento de transmissão quase determinístico. Embora o padrão ETHERNET tenha sido desenvolvido há mais de 25 anos, pela Xerox em Stamford, Connecticut, USA, continua amplamente utilizado. Esta tecnologia permite o seu uso com topologias de rede tipo estrela ou anel e cabos de cobre (par trançado e blindado) ou fibra ótica.

Adicionalmente, a operabilidade paralela dos padrões IEC 60870-5-104 e IEC 61850 sobre o mesmo meio de comunicação representa um benefício adicional para a migração de configurações de sistemas existentes para as futuras soluções baseadas no IEC 61850.

Uma diferença importante entre estas duas normas reside no modelo de dados. O IEC 60870-5-104 utiliza um conceito orientado a sinais. Isto é, cada mensagem representa um ponto de dado. Já a norma IEC 61850 é estruturada de modo multi-hierárquico, a partir de objetos que correspondem aos equipamentos primários (transformador, gerador, vão de linha etc.).

Algumas características destes dois protocolos e definidas pelas normas de mesmo nome são comparadas a seguir:

NORMA E ARACTERÍSTICA	IEC 60870-5-104	IEC 61850	
Tipo de rede:	ETHERNET com 10Mbits/s	ETHERNET com 100 Mbits/s	
Base de comunicação:	TCP/IP	TCP/IP	
Modelo de dados:	Orientado a sinais	Orientado a objetos	
Complexidade das Mensagens	baixa	média para grande	
Disponibilidade de Norma	desde início de 2001	Provável 2004	a partir de 2003/
Equipamentos disponíveis	desde metade de 2001	Provável de 2004	a partir de etade
Possibilidades de aplicação	Sistemas novos e modernização	apenas em sistemas novos	

Deve-se considerar que uma subestação moderna possui hoje diversos equipamentos digitais adquiridos em diferentes épocas e com ciclos de vida útil distintos. Consequentemente, na maior parte dos casos, ocorre uma renovação parcial destes equipamentos. Portanto, a interação do barramento de dados com as conexões de comunicação existentes é muito importante. Para isto, deve-se utilizar os mesmos formatos de dados existentes ou implementar uma conversão de formatos, procurando-se simplificar e padronizar as mensagens tanto quanto possível.

CAPÍTULO V

CONTRIBUIÇÕES E COMENTÁRIOS FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Ao longo deste trabalho, procurou-se salientar e discutir os principais aspectos envolvidos no desenvolvimento de uma metodologia para especificação do telecontrole de uma subestação de 230 kV, como uma contribuição a futuros projetos nessa área, no que diz respeito a metodologias, critérios, requisitos e problemas envolvidos.

Um fato que deve ser salientado é que o sistema proposto neste trabalho não reside apenas em algumas de suas características funcionais ou de implementação, mas na duplicidade de funções que ele apresenta: ao mesmo tempo em que ele é capaz de desempenhar as funções básicas para a aplicação em questão, que são a supervisão e o telecomando, ele também pode ser considerado como um recurso de experimentos, para aquisição de dados específicos da aplicação e avaliação de novos procedimentos operacionais e de controle. Tais características não são encontradas (com o mesmo nível de facilidade e flexibilidade) em equipamentos comerciais (normalmente configurados apenas para uma dada aplicação, com documentação técnica e apoio restritos após a sua implantação, e com pouca ou nenhuma ferramenta de suporte ao comprador, para que este possa efetuar mudanças e experimentos de seu interesse).

Ele é também importante ferramenta para uma melhor avaliação e conhecimento do processo associado a subestações, visando futuramente a sua total automatização. Alguns recursos foram projetados especialmente para essa finalidade permitindo, por exemplo, a avaliação das proteções projetadas. Assim, ele se constitui também em um importante recurso de avaliação de projetos, permitindo que novas subestações possam ser implementadas com maiores índices de segurança e racionalidade, incorporando paulatinamente automatizações implementadas por tecnologias atuais.

Dentre os aspectos salientados ao longo deste trabalho, alguns mereceram maior destaque em trabalhos futuros, face ao embasamento que somente os experimentos em campo podem proporcionar. Vale a pena destacar:

- a comprovação da grande importância da *testabilidade dos sistemas*, devendo-se conceber recursos específicos para essa finalidade paralelamente aos trabalhos de desenvolvimento;
- a importância da *aderência à realidade* em que se insere o trabalho, para que não se obtenham resultados inaplicáveis (não raros em pesquisa e desenvolvimento); limitações de recursos materiais, temporais, humanos, além dos tecnológicos são muito frequentes em nosso país, constituindo um difícil desafio a ser suplantado;
- a importância do *domínio da tecnologia* em uma área estratégica como é o setor elétrico, e que necessita de modificações e experiências constantes; as particularidades encontradas apenas em nosso país também são de muita importância; a evolução e o futuro de qualquer sistema aplicado a essa área estão atrelados a essas características.

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:

- A Escolha do Sistema SCADA;
- A Definição do Software;
- A Seleção do Hardware;
- A Especificação da Unidade Terminal Remota;
- O Planejamento de Implantação;
- Configuração do Sistema SCADA;
- Configuração da UTR;
- Operação Local da Subestação.

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.

REFERÊNCIAS

- ASANO, Manabu et all. **Sistema de monitoramento, automatismo e sistema especialista de equipamentos estratégicos em subestações**. In: Simpósio de automação de sistemas elétricos, 4., Brasília: 2000.
- ASTRÔN, K.J. **Process Control - Past, Present and Future**. IEEE Control System Magazine, USA, p.3-10, Agosto , 1985.
- 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.
- 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.
- CASTRO, A.L.S., RIBEIRO, J.N.C.M., **Automação de Subestações de Distribuição**, Anais do XI Congresso Brasileiro de Automação, Vol.1, pp.489-493, São Paulo, Setembro, 1996.
- CDI Automação. **Curso de UTR C50**, Curitiba, 2000.
- CDI Automação. **Manual de Configuração do VTS**, Curitiba, 2001a.
- CDI **C50 Hardware specifications, ANEXO VII**, Curitiba, 2001b.
- CDI **Data sheets, ANEXO VI**, Curitiba, 2001C.
- CESP, **Especificação técnica do SCC**, São Paulo, 2003.
- CESP, **Relatório Interno 2003**. São Paulo, 2004.
- COELBA - **Unidades Terminais Remotas Especificações Técnicas**. Salvador, 30/12/04.
- CONTROLE & INSTRUMENTAÇÃO. **Digitalização de subestações: conceitos, vantagens e aplicações**, maio, 2001.
- Controle e Proteção Digital para Subestações**
<http://www.softbrasil.com.br/noticias/060801.htm> acessado em 20/08/2002.
- CPFL - **Norma Técnica - Conexão de Subestação Particular em 138 e 69 kV no Sistema Elétrico da CPFL** (Companhia paulista de força e luz). São Paulo, 2003.
- D' AJUZ, A. et all. **Equipamentos Elétricos - Especificação e Aplicação em Subestações de Alta Tensão**. Rio de Janeiro, Furnas, 1985.

DINIZ, Regina Lucia Leite et al. **Experiência da light na implantação de sistemas digitais de supervisão controle e proteção** In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, Brasília, 2000.

DNP. **DNP 3.0 Overview** Disponível em: www.tiranglemicroworks.com. Acesso em: 14 de abril de 2004.

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.

FERNANDES, Rosângela Corrêa Ramalho et al. **Experiência da ESCELSA na implantação de sistema aberto e integrado de supervisão,proteção e controle para subestação.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia,16, campinas : 2001

FLORES, Pablo Humeres et al **Experiência da ELETROSUL na implantação de um centro de telecontrole de subestações de transmissão.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia, 15, Foz do Iguaçu , 1999

FOXBORO company. **Remote Terminal Unit.** Massachusetts, 2003.

GALO, Joaquim J. Martins et al **Implantação de sistema integrado de telecontrole em subestações, Eletricidade Moderna,** Dezembro, 2001.

GERASUL. **Especificação técnica do sistema de supervisão e controle do centro de operação do sistema de geração (SSC/COS) da GERASUL.** Florianópolis, 1999.

GODOY, Antonio Varejão et al **Subestações e suas soluções inovativas no novo ambiente do setor elétrico : O estado da arte no mundo e uma visão de sua inserção no brasil.** In: Seminário nacional de produção e transmissão de energia,16, campinas : 2001

GRANDI, Gilberto;Gauthier,Fernando Ostuni . **Integração de dados de subestações.** Itajaí, 2000.

IEC 61850 1 **Communications Networks And Systems In Substation.**

IEC870, <http://www.members.iinet.net.au/~ianw/iec870.html>, Acessado em 27/08/2002.

JARDINI, José Antonio. **Sistemas digitais para automação da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.** São Paulo, 1996.

KEMA CONSULTING, Kema-ECC & Macro Corporation, **EMS Architectures,** Fairfax, Virginia, 2000.

LIMA, Júlio César M. De; Ribeiro, Guilherme Moutinho; Araújo Maria do Carmo R. **Requisitos técnicos para digitalização de subestações na cemig** In: Simpósio de Automação de Sistemas Elétricos, Brasília, 2000.

MAGRINI, L.C., **Concepção de um Sistema Digital de Supervisão e Controle para Subestação de Energia Elétrica,** Dissertação de Mestrado, USP/SP, São Paulo, 1995.

MAIA, Wagner U. L. de Azevedo, **Sistema integrado de operação e diagnóstico e 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. 2002.

Manual do Operador do ACTION VIEW .Módulo Consultas na base de dados, Brasília, 2001c.

Manual do Operador do ACTION VIEW. Módulo Run – Time, Brasília, 2001b.

Manual do Usuário do ACTION VIEW. Módulo Editor de Telas, Brasília, 2001d.

MARQUEZ, Diógenes da Cunha **Experiência da Copel na digitalização / automatização da subestação tatuquara após a descentralização da área de automação da Copel**. In: Encontro latino americano do CIGRÉ, Foz do Iguaçu, 2001.

Metodologia para especificação de telecontrole em subestações de energia elétrica. In: Congresso brasileiro de computação, Itajaí, 2001

ONS - **Especificação Técnica de UTR para Modernização do Sistema Elétrico Nacional - Sistema de telemedição, telesinalização, telecontrole e Sequência de Eventos**. Rio de Janeiro, 2003.

ONS - **Requisitos Mínimos dos Sistemas de Proteção, Supervisão / Controle e de Telecomunicações Associados**. Rio de Janeiro, 2000.

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico, **Requisitos mínimos dos sistemas de proteção, supervisão / controle e de telecomunicações associados**, Rio de Janeiro, 2000.

PROJETO ELETROSUL – **A UTR Moscad Motorola**, controla um total de 5.000 pontos de I/O em subestações para melhorar a transmissão de energia http://www.softbrasil.com.br/noticias/noticia6_12.htm acessado 20/08/2002

RIBEIRO, Guilherme Moutinho e Germano Lambert torres **Sistema especialista para automação de manobras em subestações CEMIG / EFEI**, 2001.

SAELPA, **Automação do Sistema Elétrico**, João Pessoa, 2001a.

SAELPA, **Automação do Sistema Supervisório**, João Pessoa, 2001b.

SIEMENS **.Sistema de Telecontrole com funções de automação, Descritiva básico**, São Paulo, ago.1997.

SIEMENS. **Protection and Substation Control Systems**, 4th, EUA, 2001.

SIMÕES, Clóvis **Automação do COS e SEs de uma distribuidora de energia elétrica**, Brasília, 2001.

SISTEMAS SCADA evoluem, mas exigem mais do usuário. InTech Brasil, ago. 2000.

SOUZA, A. F. ; OLIVEIRA, I. J. ; SOARES, W. Z. **Novas tecnologias na Automação e Digitalização de Subestações – Experiência da CEMIG.** In: Congresso EXPOLIGHT, 2001.

SPIN ENGENHARIA DE AUTOMAÇÃO. **Manual do Operador do ACTION VIEW, Módulo gerador da base de dados,** Brasília, 2001a.