

# Implantação de um Simulador para Treinamento de Operadores da CHESF Integrado ao Sistema SAGE

C. R. R. Leite, CHESF e J. J. R. de Oliveira, CEPEL

**Resumo**-O presente artigo descreve a experiência da CHESF na implantação de um simulador para treinamento de operadores, integrado ao sistema de controle e supervisão do SAGE (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia), bem como os resultados alcançados.

Desenvolvido no CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica), este sistema emprega o simulador de sistemas elétricos EPRI/OTS (Operator Training Simulator) que integrado ao SAGE, possibilita um ambiente similar ao ambiente de trabalho dos operadores de sistema, onde os mesmos podem ser treinados e reciclados, tanto em situações normais de operação, como em situações de contingência.

Denominado de SIMULOP, este projeto foi desenvolvido dentro do Programa de P&D da CHESF em parceria com o CEPEL. O simulador possui característica que possibilitam flexibilidade e economia para sua instalação, tendo em vista que o mesmo pode funcionar desde uma configuração mais simples (“stand alone”) até uma mais completa, com várias IHMs operando em rede.

**Palavras-chave**- EMS, Operadores, OTS, SAGE, Simulador, Treinamento.

## I. INTRODUÇÃO

Os sistemas elétricos de potência em todo mundo estão crescendo em tamanho e complexidade, ao mesmo tempo em que enfrentam um aumento de competitividade e mudanças no ambiente de regulação do setor elétrico. Neste contexto o papel dos centros de operação de sistema, de monitorar e controlar o sistema elétrico de potência torna-se crítico e cada vez mais fortemente dependente do desempenho dos operadores de sistema que trabalham no tempo real. [1]

Neste novo contexto, considerando o aumento das restrições operativas do sistema, o maior grau de exigência da sociedade e ainda as penalidades a que estão sujeitos os agentes do setor elétrico, torna-se imprescindível que estes operadores de sistema tenham um maior domínio e habilidade para a operação do sistema elétrico de potência.

Um sistema elétrico de potência é supervisionado por diversos centros de controle os quais atuam sobre diferentes regiões deste sistema, possuindo níveis diferentes de hierarquia e complexidade. O desenvolvimento deste sistema, sua progressiva interligação e automatização dos centros de controle têm elevado o trabalho de seus operadores a um grau de complexidade e responsabilidade

consideravelmente maior do que o vigente há alguns anos atrás. Conseqüentemente a operação do sistema elétrico de potência atual requer crescentes e complexas tomadas de decisões visando encontrar o compromisso certo entre segurança e economia. Com o sistema sendo operado perto de seus limites físicos, seu funcionamento está cada vez mais sujeito a fenômenos tais como: perda de sincronismo; queda de frequência; colapso de tensão; corte de geradores e cargas; etc. Neste contexto os operadores devem estar sempre prontos para responder rápida e corretamente sob estas condições. [1][2]

Usualmente o treinamento de um novo operador para o sistema elétrico é feito com aulas teóricas, sendo a prática obtida através da operação do sistema real. Este processo é incompleto visto que um operador pode ter anos de trabalho sem nunca antes ter se deparado com uma situação grave de emergência. A experiência mostra que um eficiente treinamento só pode ser alcançado, de forma adequada e em curto prazo, empregando-se simuladores para treinamento de operadores.

Assim, objetivando uma melhor qualificação de seus operadores é importante para uma companhia a implantação de simuladores para treinamento e reciclagem periódica das equipes de operação. O treinamento de novos operadores empregando simuladores é muito importante para permitir a rápida assimilação de conceitos e procedimentos de operação, bem como permitir o acúmulo de experiências em um curto espaço de tempo. Para operadores experientes, o simulador é empregado para reciclagem de conhecimentos, permitindo a revitalização de procedimentos menos frequentes (contingências críticas, blackouts, recomposição, etc). Outra importante atividade de capacitação é o treinamento de novos procedimentos operativos devido a alterações no sistema elétrico. Desta forma, esta ferramenta se torna bastante útil na empresa, inclusive permitindo estabelecer-se um processo bastante eficiente para a certificação de Operadores de Sistema.

## II. HISTÓRICO

Ao longo dos últimos anos a CHESF tem buscado aplicar em seus Centros de Operação, ferramentas que facilitem a imprescindível tarefa de treinar os Operadores de Sistema. Como exemplo citamos o desenvolvimento de aplicativos para microcomputadores (Reenergização de Subsistemas em Clipper, Fluxo de Carga para PC e outros)[3][4], além do uso de Simuladores como o LNTS (Leeds&Northrup Training Simulator) que era uma das Funções Avançadas

do antigo SCS (Sistema de Controle e Supervisão) da CHESF[5]. Entretanto, estas ferramentas, apesar de úteis, apresentavam limitações para o pleno uso em todos os Centros de Operação, devido às dificuldades de manutenção dos softwares, atualização da Base de Dados ou como em alguns casos, problemas com a infraestrutura de hardware. No caso do Simulador LNTS do SCS, o mesmo foi utilizado no período de 1993 à 1998, de forma restrita apenas ao Centro de Operação do Sistema (COOS), tendo em vista que na época, não se tinha uma boa Observabilidade dos Subistemas Regionais da CHESF, além do fato de que era necessário se indispor o Computador Reserva do SCS, para que o mesmo fosse utilizado juntamente com o console onde seria realizado o treinamento simulado.

Com a substituição do SCS pelo SAGE no final da década de 90, aumentou a dificuldade para a realização de treinamentos simulados com os Operadores de Sistema, tendo em vista que o SAGE não possuía a Função Avançada de Simulador para Treinamento.

A partir do ano 2000 a CHESF começou a investir no software PowerWorld Simulator[6][7], que se tornou uma importante ferramenta para o treinamento dos Operadores de Sistema. Este software é um poderoso programa de fluxo de carga com recursos de simulação, que roda em ambiente Windows com microcomputadores do tipo PC, sem exigir alta capacidade de processamento/memória. Devido às facilidades de manuseio e interação com o programa, através de telas gráficas muito amigáveis, foi possível a modelagem de todo o sistema CHESF com suas interligações, possibilitando assim uma rápida e bem sucedida implantação do software em todos os Centros de Operação da CHESF. Destaca-se que esta experiência de implantação e uso de um software de fluxo de potência nos Centros de Operação, só foi possível graças à parceria existente entre as áreas de Operação de Sistemas e de Estudos Elétricos da Operação, que vem assegurando a qualidade da base de dados e dos resultados apresentados nas simulações do PowerWorld.

Em 2001 foi aprovado pela ANEEL um projeto de P&D da CHESF em parceria com o CEPEL, que foi o “Simulador para Treinamento de Operadores”, denominado Projeto SIMULOP, cujo objetivo era pesquisar, desenvolver, configurar e implantar um ambiente de simulação, em tempo-real, de sistemas elétricos, conjugado ao sistema de Supervisão e Controle de Sistemas Elétricos da CHESF, que é o SAGE. Iniciado em Janeiro de 2002, esta iniciativa veio atender ao anseio dos Centros de Operação da CHESF, em se ter uma ferramenta mais eficaz para o treinamento dos operadores de sistema. O Projeto também visou atender uma das recomendações do Relatório do Blecaute de 11 de março de 1999, onde foi recomendado nas medidas de médio prazo que “Fosse implementada uma estratégia unificada de treinamento e certificação de operadores, com simuladores adequados”.

### III. OS CENTROS DE OPERAÇÃO DA CHESF

A CHESF é composta de um parque de Geração com 14 Usinas Hidroelétricas e 01 Usina Termelétrica totalizando

uma potência instalada de 10.738 MW, além de um Sistema de Transmissão que é composto de 79 Subestações e 18.395 km de Linhas de Transmissão, nos níveis de tensão de 500 kV, 230 kV, 138 kV e 69 kV.

Para a operação destas instalações, a CHESF possui 06 Centros de Operação de Sistema, abaixo relacionados, que estão localizados geograficamente em pontos estratégicos da Região Nordeste, conforme apresentado na *Figura 1*:

CROL – Centro Regional de Operação de Sistema LESTE.

CROS – Centro Regional de Operação de Sistema SUL.

CROP – Centro Regional de Operação de Sistema CENTRO.

CRON – Centro Regional de Operação de Sistema NORTE.

CROO – Centro Regional de Operação de Sistema OESTE.

COOS – Centro de Operação do Sistema.

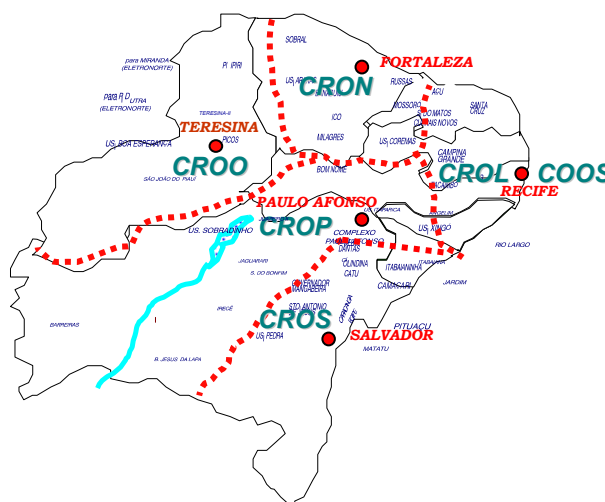


Figura 1 – Centros de Operação da CHESF

### IV. ESTRUTURA DO SIMULADOR

O Simulador SAGE/OTS é o resultado da integração de uma ferramenta EMS (Energy Management System) de supervisão e controle de sistemas de potência que é o SAGE/CEPEL, com um simulador digital de sistemas elétricos de potência que é o OTS (Operator Training Simulator) de propriedade do EPRI (Electric Power Research Institute).

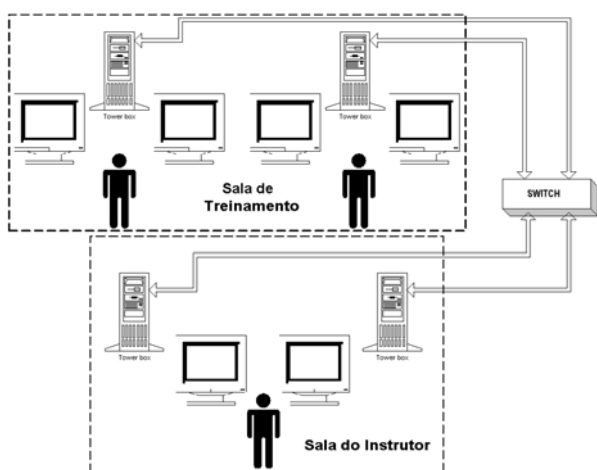
Tal ambiente de simulação, denominado aqui de SIMULOP, pode ser empregado em diferentes atividades, dentre as quais destacamos:

- Formação Básica dos Operadores;
- Reciclagem de Conhecimentos Técnicos;
- Treinamento em Situações Realísticas de Operação (Operação Normal, Emergência e Contingência);
- Certificação de Operadores;
- Análise de Ocorrências;

- Análise de Instruções de Operação.

Além destas, o SIMULOP pode ser empregado em outras aplicações, tais como: teste de novas instalações EMS/DMS, treinamento de trabalho em equipe, teste de novas aplicações e estudos de natureza elétrica no sistema de potência.

A *Figura 2* apresenta o diagrama da estrutura de um centro de treinamento típico. Nele os operadores estão envolvidos pelo mesmo ambiente de um centro de controle real, sendo que todas as suas atividades são acompanhadas por um Instrutor.



*Figura 2 – Centro de Treinamento.*

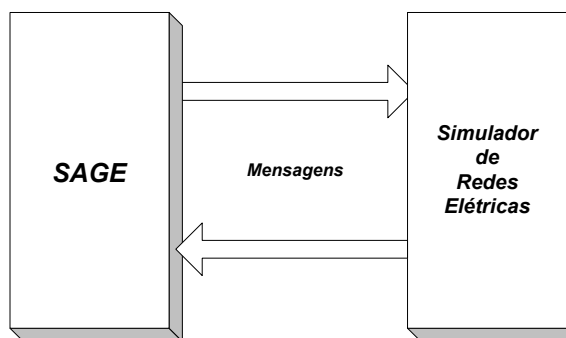
## V. DESENVOLVIMENTO DO SIMULADOR

O Simulador foi desenvolvido baseando-se em duas ferramentas importantes para o sistema elétrico: o Simulador Digital de Redes Elétricas, e o Sistema de Gerenciamento de Energia (EMS).

Os Simuladores Digitais de Redes Elétricas são programas de computador que simulam uma rede elétrica em tempo real. Isto é, a cada segundo transcorrido nos processos simulados pelo programa, corresponde um segundo transcorrido na situação real. Atualmente já existem alguns destes programas no mercado mundial, desenvolvidos para esta aplicação específica, e que continuam em evolução acompanhando o desenvolvimento do poder de processamento dos computadores.[8]

O processo de integração entre um sistema EMS e um Simulador Digital em tempo real é bastante complexo e demanda meses de trabalho intenso.

Esta integração pode ser feita de duas formas diferentes. A primeira forma é através de um sistema de troca de mensagens proprietárias entre os dois programas, como na *Figura 3*. Esta tarefa resultaria em uma interface particular, que só serviria para um simulador específico. No caso de se pretender integrar outro simulador (talvez com melhor desempenho ou menor preço), todo o trabalho teria de ser refeito.

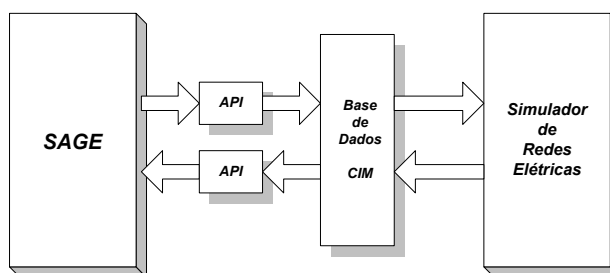


*Figura 3 – Integração via troca de mensagens*

Desta forma, buscando-se uma maior flexibilidade e economia através da padronização, não somente para simuladores de treinamento, mas para qualquer aplicativo EMS, o EPRI iniciou o projeto CCAPI ("Control Center API"), o qual gerou a especificação de um modelo padrão de bases de dados EMS, denominado CIM ("Common Information Model") e de uma API padrão para acesso a esses dados. Dando continuidade a IEC (International Electrotechnical Commission), padronizou essas definições a nível internacional (IEC, TC 57: IEC 61970-301, 61970-302, 61970-501).[8]

Assim, a estratégia escolhida para se integrar um simulador ao aplicativo EMS em questão, foi tornar o mesmo aderente à base de dados CIM (*Figura 4*). Com isto, o trabalho de integração só será realizado uma vez (economia nos custos) permitindo acesso futuro do aplicativo a diferentes simuladores (flexibilidade na seleção do simulador mais adequado).

Este foi, portanto, um fator fundamental para a seleção do simulador EPRI/OTS para o desenvolvimento do SIMULOP.



*Figura 4 – Integração via base de dados padrão*

No desenvolvimento do sistema considerou-se o "Desenvolvimento Iterativo" por suas características especialmente adequadas ao projeto. Neste tipo de Desenvolvimento, cada iteração corresponde a um ciclo completo de desenvolvimento do qual resulta uma versão do produto final. Cada versão corresponde a um subconjunto das funcionalidades previstas, que deve crescer incrementalmente para se tornar, após um certo número de iterações, no produto completo.

Cada versão promove um incremento de:

- Transferência de Tecnologia – de maneira a controlar o risco envolvido com as novas tecnologias e tecnologias não completamente maduras;
- Dimensão da rede modelada – partindo-se de um sistema de pequeno porte de demonstração, para um de médio porte e chegando-se eventualmente até à rede completa do sistema elétrico brasileiro;
- Complexidade do modelo de dados – estendendo cada vez mais o modelo preexistente do sistema SAGE;
- Projeto e Implementação dos softwares de interface entre o SAGE e o OTS (Filtros) – com melhoria de funcionalidade e desempenho;
- Capacidade de simulação (tipos de estudos) – pelo aumento do domínio da tecnologia de simulação.

Esta estratégia se mostrou bastante adequada ao projeto, e sua adoção resultou em quatro principais versões, onde a cada nova versão acrescentava-se um grau a mais na integração e/ou na complexidade da rede modelada:

Versão 1 – SIMULOP operando com a rede de demonstração do OTS;

Versão 2 – Rede de demonstração do SAGE importada para base CIM e sendo representada no OTS;

Versão 3 – SIMULOP operando com a rede da CHESF simplificada;

Versão 4 – SIMULOP operando com a rede da CHESF Completa.

## VI. ARQUITETURA DO SIMULADOR

O processo de interligação entre o sistema SAGE e o Simulador demandou o desenvolvimento de uma série de ferramentas, tais como: filtros estáticos, filtros dinâmicos, protocolos de comunicação, telas especiais, etc.[8]

A *Figura 5* apresenta a arquitetura geral do sistema. Nesta figura, observam-se os principais componentes da arquitetura na solução proposta para o sistema:

- **Base SAGE** – base de dados operacional distribuída do sistema em tempo-real.
- **EPRI-API** – biblioteca de rotinas com interface padronizada para acesso a uma base de dados com modelo CIM.
- **Simulador OTS** – Simulador para Treinamento de Operadores.
- **Filtros** – Aplicativos de integração entre o SAGE e a EPRI-API.

No processo de integração do sistema EMS ao simulador, dois aplicativos principais foram desenvolvidos: o filtro estático e o filtro dinâmico.

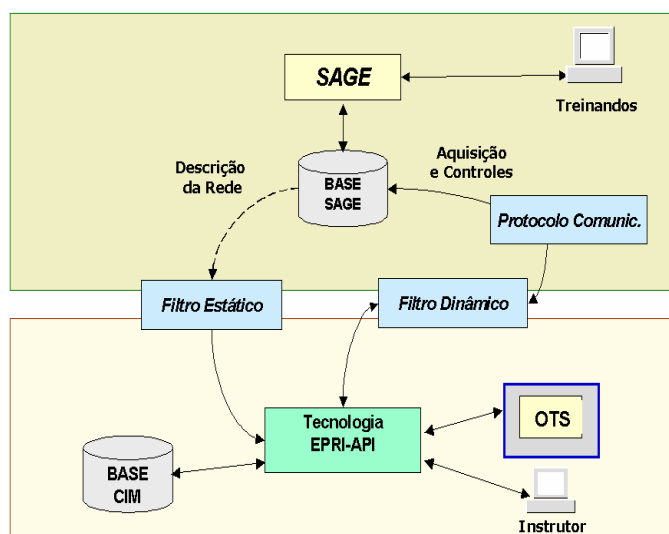
O filtro estático faz a transferência dos dados cadastrais da base do sistema EMS para a base de dados CIM do Simulador. Ele permite compatibilizar a base de dados do SAGE à do EPRI/OTS.

O filtro dinâmico faz a conexão, em tempo-real, dos pontos de comando e supervisão do sistema EMS ao sistema elétrico representado no Simulador.

Para a concepção dos Filtros e demais componentes da arquitetura de solução, os seguintes requisitos serviram como base:

- Utilização de tecnologias maduras de mercado;
- Aderência a padrões (formais ou “de fato”);
- Maximizar a reutilização de recursos disponíveis;
- Reduzir de antemão as necessidades de manutenções futuras;
- Criar um ambiente de treinamento similar ao ambiente de operação, do ponto de vista do usuário;
- Manter o quanto possível uma configuração única de base de dados para operação e para simulação;
- Fácil transferência do cenário de tempo real para o simulador;
- Flexibilidade para a realização de treinamento à distância. Isto é, o ambiente do instrutor poderá estar separado geograficamente do ambiente dos treinandos.

O filtro estático é executado sempre que se deseja fazer a manutenção da base de dados CIM para estar em consonância com a base de dados do SAGE.



*Figura 5 – Arquitetura Geral do Sistema*

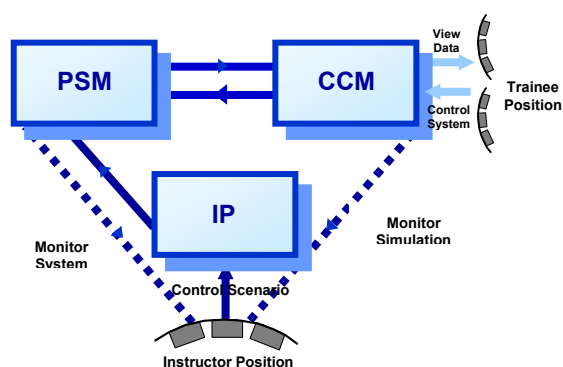
## VII. CARACTERÍSTICAS DO SIMULADOR DE TREINAMENTO SAGE/OTS

O Simulador SAGE/OTS preserva as principais características e facilidades do Sistema EMS/SAGE e do Simulador OTS/EPRI. Na *Figura 6* é apresentada uma visão conceitual do Simulador SAGE/OTS, onde:

**PSM (Power System Simulator)** é o Simulador do Sistema Elétrico de Potência, composto de um modelo matemático da rede elétrica, geradores, cargas, alarmes e controles automáticos locais.

**IP (Instructor Position)** é a representação do local e dos mecanismos que permitem que o Instrutor e/ou outros atores (representando o papel de Operadores de Subestações, Usinas, etc.) controlem e atuem sobre o sistema elétrico de potência que está sendo simulado.

**CCM (Control Center Model)** consiste dos consoles dos treinandos e do software de gerenciamento de energia, sendo uma fiel representação do Centro de Controle, onde trabalham os Treinandos.



*Figura 6 – Visão Conceitual do Simulador SAGE/OTS*

O Simulador possibilita a reprodução do comportamento do sistema elétrico em tempo-real. Executado em um computador padrão PC, possui um passo de integração que está limitado em no mínimo 1 segundo. Com este passo de integração, a representação precisa de frequências num programa que emprega o método trapezoidal, estaria limitada a frequências menores que 0,1 Hz. Portanto o simulador SAGE/OTS está capacitado para representar Fluxos de Potências e Dinâmicas Lentas do Sistema Elétrico. Nas soluções do Fluxo de Potência é utilizado o algoritmo Desacoplado Rápido.

Para a modelagem da Rede Elétrica, o programa possibilita a representação dos componentes da rede, dentre os quais destacamos [9][10]:

- Linhas de Transmissão AC e DC;
- Subestações AC (Seções de Barramentos, Disjuntores, Chaves Seccionadoras, etc);
- Transformadores (LTC e Transformadores Defasadores);
- Reatores, Bancos de Capacitores, Compensadores Estáticos(SVC) e Compensadores Síncronos;
- Áreas Internas e Externas da Rede Elétrica;

- Ilhamento de Sistemas (Ilhas com frequências diferentes);
- Relés de Proteção: Sobrecorrente Direcional e Não Direcional; Sub/Sobre Frequência; Sub/Sobre Tensão; Religamento Automático; Check de Sincronismo e Sub/Sobre Excitação.
- Modelagem da Carga : O Sistema Elétrico pode ser dividido em zonas com respectivas curvas de carga; As Barras de cargas são representadas como uma combinação de Potência Constante, Corrente Constante e Impedância Constante; As cargas nos barramentos podem ser compostas de cargas Conformes, Não-Conformes e Randômicas).
- Modelagem de Fontes de Energia: Fóssil, Hidro, Turbinas à Gás, Nuclear e de Ciclo Combinado. Incluem modelagem do Regulador de Velocidade e da Turbina.
- Modelagem do CAG: Contempla as Funções de Controle de Carga Frequência e Despacho Econômico.

Além da modelagem da Rede Elétrica o Simulador SAGE/OTS dispõe de um Subsistema Educacional que disponibiliza para a Posição do Instrutor (IP), um conjunto de recursos que facilitam o desenvolvimento dos **Cenários de Treinamento**, onde cada cenário corresponde a um ou mais **Grupo de Eventos** associados a um **Caso Base**.

Para a realização dos exercícios de treinamento, o instrutor necessita de recursos que facilitem a sua tarefa nas fases de Construção dos Cenários, Controle do Treinamento e Avaliação da Performance dos Treinandos. Com este objetivo o simulador dispõe de algumas facilidades, dentre as quais destacam-se:

- O Instrutor pode construir ou editar um novo Caso Base, a partir da seleção de um Caso Base previamente salvo ou a partir de um “snapshot” do sistema, obtido a partir do Estimador de Estado do SAGE;
- Para a montagem dos Grupos de Eventos, é disponibilizado um conjunto de “Tipos de Eventos” que podem ser programados cronologicamente. (Ex. Tipos de Eventos: Perda Total/Parcial do Carregamento de Geradores, Perda Total ou Parcial do Carregamento de uma Barra, Mudança no Nível de Tensão de uma Barra Controlada, Comando de Abertura/Fechamento de Disjuntores, Comando de Tapes, Pausa ou Parada da Simulação, Falhas no Sistema Supervisório/UTR, etc.)
- Os Grupos de Eventos podem ser salvos e recuperados no formato ASCII, permitindo fácil edição e intercâmbio dos mesmos;
- Para a fase de Controle do Treinamento são disponibilizadas facilidades tais como: Início/Parada, Pausa/Retomada, Inserção/Retirada de Eventos, além de instantâneos (“snapshots”) automático ou manual, da configuração do sistema simulado, sem prejuízo da realização do Treinamento.

Com todas estas facilidades, é possível ao Instrutor monitorar e gravar as ações dos treinandos, além de permitir que o mesmo estabeleça os cenários, contendo

os eventos e defeitos sobre o Sistema Elétrico de Potência, auxiliando-o no desenvolvimento dos cenários, na condução dos treinamentos e na avaliação do desempenho dos treinandos.

Destaca-se ainda, algumas características importantes que foram incorporadas ao Simulador SAGE/OTS, tendo em vista ser o SAGE um sistema de controle e supervisão com a filosofia de Sistemas Abertos [11]. Estas características são:

- **Portabilidade:** Capacidade de implementação da mesma funcionalidade em diferentes plataformas de hardware e software;
- **Interconectividade:** Capacidade de conexão de plataformas de hardware distintas e de diferentes portes através de uma rede padrão;
- **Expansibilidade:** Capacidade de crescimento incremental de hardware (adição e substituição) e software (adição de novas funcionalidades);
- **Modularidade:** capacidade de inclusão, eliminação e de alteração de funções, módulos, ou mesmo novos centros, com impacto mínimo sobre os demais componentes do sistema;
- **Escalabilidade:** capacidade de o mesmo software ser usado em todos os níveis de supervisão e controle (centros locais, regionais e COS).

#### VIII. ASPECTOS RELEVANTES DO CENTRO DE TREINAMENTO DE OPERADORES

Dois grandes objetivos do centro de treinamento de operadores são: o eficiente treinamento de novos operadores e a reciclagem dos operadores já existentes, tanto nas situações de Operação em Regime Normal como em Contingências.

Para alcançar estes objetivos é fundamental que o centro de treinamento seja baseado em dois importantes aspectos. O primeiro é a confiabilidade do simulador do sistema elétrico de potência (precisão da simulação) e o segundo é a fidelidade na representação da sala de operação (interfaces e demais recursos existentes na sala de operação).

Um simulador de sistema elétrico pode ser utilizado de duas formas. A primeira para representar uma rede fictícia e a segunda para representar o sistema elétrico real da Empresa. No caso de se representar apenas uma rede fictícia, a utilização do simulador fica limitada à instrução e demonstração de conceitos básicos sobre o sistema elétrico.

Para um eficiente emprego do Simulador, é importante a representação fiel do sistema elétrico real com o qual o operador irá trabalhar. Isto implica na necessidade de existir um eficiente e rápido meio para importação dos dados cadastrais do sistema elétrico da concessionária para a base de dados do simulador, permitindo assim que sua base de dados esteja sempre atualizada de acordo com o sistema real. Isto é muito importante, visto que os operadores são bastante críticos quanto à fidelidade da simulação, e só acreditam na ferramenta na medida em que a mesma retrate fielmente o comportamento do sistema elétrico em questão.

A representação fiel do ambiente no qual os operadores trabalham é outro aspecto fundamental na criação dos cenários de treinamento. Numa sala de controle, as atividades do operador englobam: operar o sistema; atender telefonemas; executar programas de suporte à tomada de decisões; ligar para outros centros de operação; consultar manuais de operação, etc. Para tanto se faz necessário que todos estes recursos estejam também disponíveis no ambiente de treinamento.

Por fim, outro aspecto não menos importante para o sucesso de um simulador de treinamento, é a formação de uma equipe de instrutores, com o perfil adequado para ministrar treinamentos. Isto permite que estes instrutores possam trocar experiências, tanto na geração de cenários para treinamentos como na reconstituição de ocorrências. Vale ressaltar que, dependendo de sua complexidade, um cenário pode demandar muitos recursos, como por exemplo, dois ou mais instrutores operando em paralelo, representando outros papéis durante a simulação. Entretanto, todo este esforço é necessário para se manter a confiança do operador na ferramenta e se extrair ao máximo todo o potencial que é propiciado por um Simulador de Treinamento que esteja integrado a um Sistema de Controle e Supervisão de Tempo Real.

#### IX. AÇÕES PARA A CONSOLIDAÇÃO DO SIMULADOR DE TREINAMENTO

De forma resumida, para a consolidação do Simulador de Treinamento numa Empresa, se faz necessário o desenvolvimento de ações efetivas que permitam tornar plenamente operacional, o sistema de treinamento de operadores. Dentre estas ações destacam-se:

- A Definição da rede elétrica a ser representada no Simulador - de forma que os resultados das simulações reflitam o comportamento real do sistema, com a fidelidade requerida para os tipos de treinamento a serem utilizados;
- A Complementação do Detalhamento dos modelos dos elementos da rede elétrica;
- A Estruturação de um ambiente de treinamento de operadores que reproduza o ambiente de uma sala de controle;
- A Formação de uma equipe de instrutores em estratégias de treinamento que utilizam o simulador.

#### X. A EXPERIÊNCIA DA CHESF DURANTE A IMPLANTAÇÃO DO SIMULADOR SAGE/OTS

Passada a fase de desenvolvimento do Projeto P&D pelo CEPREL, com a integração do Simulador OTS ao SAGE, o grande desafio da CHESF foi a Implantação do Simulador SAGE/OTS incorporando a modelagem de todo Sistema Elétrico da CHESF.

Inicialmente foi necessário implantar a Base EMS/SAGE, com a modelagem de todo o Sistema CHESF, para assim permitir a utilização das funções avançadas do SAGE, em especial o Estimador de Estado, já que desde a substituição

do GOULD pelo SAGE, a CHESF só vinha utilizando a função SCADA.

A necessidade da ativação do Estimador de Estado do SAGE era uma condição imprescindível para a implantação do Simulador SAGE/OTS. Isto se deveu pelo fato de que, para a execução de um caso base no OTS, extraído de um instantâneo (“snapshot”) do Tempo Real, é necessário que o mesmo tenha convergido no Estimador de Estado.

Desta forma a CHESF vem desenvolvendo esforços para garantir a fidelidade na representação da rede elétrica, buscando o refinamento da base EMS/SAGE, através do trabalho de uma equipe multidisciplinar, que tem obtido melhorias significativas na observabilidade do sistema, através da identificação de erros, tanto na parametrização dos componentes da rede como no próprio sistema supervisorio (aquisição e modelagem). Dentre os principais problemas detectados, destacam-se as inversões de fluxos de potência, as falhas de supervisão de estado de chaves seccionadoras e as divergências de relação de TCs e de Posição de TAP em Transformadores.

Com os resultados obtidos já é possível a criação de cenários a partir de casos reais, através de “snapshot” do tempo real. Entretanto o esforço para o refinamento da base de dados continua e será complementado com as seguintes ações que estão em fase de implementação:

- Refinamento dos parâmetros e complementação do detalhamento dos modelos dos elementos da rede elétrica;
- Inclusão de novos pontos de supervisão da rede CHESF, aumentando a observabilidade do Sistema, principalmente nos níveis de tensão de 69 e 13.8 kV;
- Inclusão da supervisão de grandezas elétricas de instalações pertencentes a outros agentes de Geração e Transmissão que são fronteiras com a CHESF, julgados como importantes para a qualidade da estimação de estado.

Quanto à estruturação de um ambiente de treinamento de operadores, que reproduza o ambiente de uma sala de controle, já foram implementadas as seguintes ações:

- Instalado em Recife um Centro de Treinamento SAGE/OTS, que está apresentado na *Figura 7*, o qual já vem atendendo as equipes de Operadores do Centro de Operação do Sistema (COOS) e do Centro Regional de Operação de Sistema Leste (CROL), além dos Engenheiros e Técnicos das áreas Normativas, Pós-Operação e Estudos Elétricos.
- Instalado no Centro de Formação Profissional de Paulo Afonso (CFPPA), uma plataforma do Simulador SAGE/OTS (similar à instalada em Recife), a qual já vem atendendo tanto o CFPPA como as equipes de operadores do Centro Regional de Operação de Sistema Centro (CROP).
- Já se encontra em fase de aquisição os Hardware para a implantação até final de Dezembro de 2005, de plataformas do Simulador SAGE/OTS, nos Centros

Regionais de Operação de Sistema SUL, NORTE e OESTE (CROS, CRON e CROS).

Quanto à Formação de uma Equipe de Instrutores para a aplicação de estratégias de treinamento utilizando o simulador, está em andamento a formação de uma equipe mínima de instrutores indicados pelos 6 Centros de Operação da CHESF, de forma que estes instrutores serão os responsáveis pela condução dos treinamentos nos respectivos Centros de Operação. Esta equipe que está sendo formada estará frequentemente em contato, trocando informações acerca das experiências vividas em cada Centro de Operação, possibilitando assim a formação de um Grupo Permanente de Usuários do Simulador SAGE/OTS.

Existem ainda outros aspectos considerados relevantes para a consolidação do processo de implantação do Simulador, os quais estão listados a seguir:

- Necessidade do envolvimento das diversas áreas técnicas, através de uma equipe multidisciplinar (Estudos Elétrico, Sistemas de Controle e Proteção, Normativo da Operação e Centros de Operação), não só na fase de implantação, como também na fase de manutenção da Base de Dados EMS/SAGE e na utilização do Simulador de Treinamento;
- Para que um maior número de pessoas possam usufruir os benefícios do Simulador, deve ser estimulado o uso múltiplo do mesmo, não só como ferramenta para Treinamento dos Operadores, mas também como uma ferramenta para a realização de Estudos Elétricos, Análise de Ocorrências, Aferição de Instruções e Procedimentos Operacionais, além de outras aplicações de interesse da empresa, como a Formação de Engenheiros e Técnicos na área de Sistemas Elétricos de Potência;
- No caso específico da Operação de Sistema, será sistematizado a prática do uso do Simulador, através da implantação de um Normativo da Operação, que definirá a grade mínima de treinamento para os Operadores de Sistema que deverá ser cumprida anualmente, garantindo assim a manutenção de um alto nível de qualificação destes profissionais.

Por fim, vale a pena destacar que, sem dúvida, para garantir uma Simulação de Qualidade é requerido um considerável esforço dos profissionais envolvidos. Este esforço passa por dispor de modelos depurados; ter como condição quase imprescindível um Estimador de Estado em operação estável; estar estruturado para a preparação de exercícios práticos e ajustados às necessidades dos operadores, suportado por programas de treinamentos bem definidos [12].



Figura 7 – Centro de Treinamento de Recife

## XI. CONCLUSÃO

As mudanças que estão ocorrendo no Setor Elétrico, em função do Ambiente Regulado, o crescente número de novos Agentes, o aumento da complexidade da Operação do Sistema e o maior grau de exigência da sociedade, têm demandado da função de Operador de Sistema, uma maior responsabilidade, domínio e habilidade para a operação do sistema elétrico de potência, tendo em vista o impacto das ações destes profissionais na confiabilidade e na qualidade do suprimento de energia elétrica.

Neste novo contexto, a atividade do Operador de Sistema passa a ter uma importância capital e para tal, deve-se garantir sua máxima capacitação para a realização do seu trabalho, incluindo aí a necessidade de certificação destes operadores. É neste contexto que o Simulador de Treinamento passa a exercer um papel fundamental na operação do sistema. Só para exemplificar esta importância, no Relatório do Blackout de 14/08/2003 ocorrido nos USA/Canadá, uma das recomendações principais foi a seguinte:

**“Recommendation 6:** All reliability coordinators, control areas, and transmission operators **shall provide at least five days per year of training and drills in system emergencies, using realistic simulations, for each staff person with responsibility for the real-time operation or reliability monitoring of the bulk electric system**”.

Destaque-se que, ter um Simulador de Treinamento não é por si só, uma condição suficiente para se ter uma garantia da capacitação adequada dos Operadores de Sistema. Para tal se faz necessário que exista uma estrutura mínima de suporte que garanta a fidelidade das simulações e possibilite a elaboração e aplicação de Cenários Realísticos durante os Treinamentos. Estes, com certeza, são grandes desafios a serem vencidos, na busca da consolidação do uso eficaz desta poderosa ferramenta, que é o Simulador de Treinamento.

Finalizando, a CHESF acredita que com a implantação da prática do Treinamento Simulado nos seus Centros de Operação, estará dando uma grande contribuição para a melhoria da confiabilidade e da qualidade do suprimento de

energia elétrica, além de estar contribuindo para a disseminação da Cultura de utilização de Simuladores de Treinamento na formação e aperfeiçoamento dos Operadores de Sistema, tanto no âmbito da Empresa, como no âmbito do Setor Elétrico Brasileiro.

## 12 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Lutterodt,S.; Logeay,Y.; Knoepfel,R.; Skiold,R.: “Improving Human Performance in the Control Center”; on behalf of CIGRE WG 39.03; ELECTRA No.174, October 1997, pp.90-105.
- [2] Krost,G.;Allamby,S.; Lehtonen,P.: “Organization and Justification of Power System Operators Training” on behalf of WG 39.03; CIGRE SC 39, Sessão Bienal, Paris, 2000.
- [3] GUEDES,F.F; LEITE,C.R.R; MELO,B.S: “Aplicação de Microcomputadores nos Centros de Operação de Sistemas”, II EDAO, Poços de Caldas-MG, 1988.
- [4] LEITE,C.R.R: “Fluxo de Carga para Apoio ao Treinamento de Operadores de Sistema em Turno”, III EDAO, São Paulo-SP, 1990.
- [5] JÚNIOR,V.A.F; PEDROSA,I.V: “Simulador de Treinamento para Operadores”, IV EDAO, São Paulo-SP, 1993.
- [6] ARAÚJO,A.S; PEDROSA,A.J; SILVA,R.F: “Experiência da CHESF na Implantação de um Simulador nos Centros de Operação”, XVI SNPTEE, Campinas, São Paulo, 2001.
- [7] ARAÚJO,A.S: “Treinamento de Operadores de Sistema Utilizando Simulador Amigável no Centro de Operação de Sistema Leste”, XVII SNPTEE, Uberlândia, MG, 2003.
- [8] OLIVEIRA,J.J.R; LIMA,L.C; PEREIRA,L.A.C; SOLLERO,R.B; NETO,C.A.S; LEITE,C.R.R; VOLSKIS,H.A.R; JÚNIOR,O.F.R.: “Sistema para Treinamento e Certificação de Operadores no Ambiente SAGE”, V SIMPASE, Recife-PE, 2003.
- [9] “EPRI Operator Training Simulator: OTS100: Overview”, EPRI, Palo Alto, CA: Ano 2003.
- [10] “Operator Training Simulator for CHESF, Brasil – Functional Specifications and Project Plan”, Atif Debs, DSI-CHESF-OTS-1, Março de 2004.
- [11] AZEVEDO, G.P; AGUIAR,H.M.G; SILVEIRA, H.J.R; FILHO,E.R.G: “Centros de Controle Abertos: A Experiência do SAGE na CHESF”, XVI SNPTEE, Campinas, São Paulo, 2001.
- [12] VIGIL, J.L.M: “Simulador de Entrenamiento de Operadores: Um Paso más Allá de la Formación de Operadores”, IV CIERTEC, São Paulo-SP, Setembro de 2002.