



## **GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP**

### **IMPLEMENTAÇÃO EM FURNAS DO SISTEMA SAGE EMS, UTILIZANDO AS INFORMAÇÕES SCADA E SINCROFASORES**

**WAGNER QUEIROGA DOS REIS SANTOS(1,3);SERGIO GOMES JUNIOR(1,2);MARCELO ROSADO DA COSTA(2);JOÃO CÂNCIO COLARES DE OLIVEIRA(2);BRUNO LUIZ DA COSTA FONSECA(2);ANGELO ANDELNYR SAMPAIO ALVES(3);LEVI CIRQUEIRA SANTOS JUNIOR(3);NIVALDO LAMBERT(4)  
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE(1); CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA CEPEL(2); FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A(3);NOVA TECNOLOGIA LTDA(4)**

#### **RESUMO**

Este Informe Técnico apresenta a implementação em Furnas do sistema SAGE EMS, utilizando as informações SCADA e sincrofásorias, a partir da integração SAGE SCADA NHS e do SAGE PDC. Neste trabalho serão apresentadas, as metodologias utilizadas e os aspectos práticos do desenvolvimento do sistema SAGE EMS. Serão ainda apresentadas as etapas de evolução do sistema em implantação, ilustrando algumas aplicações e mostrando as diversas potencialidades de utilização na operação em tempo real de Furnas

#### **PALAVRAS-CHAVE**

SCADA, supervisão e controle, PMU, PDC, EMS, sincrofases, tempo real

#### **1.0 INTRODUÇÃO**

Desenvolvido pelo CEPEL, o SAGE (Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia), é o sistema de supervisão e controle utilizado em 74 instalações de Furnas, sendo 14 usinas e 60 subestações, em seu modelo SCADA ("Supervisory Control and Data Acquisition"). Nestas instalações são adquiridos e tratados, aproximadamente, 300000 pontos digitais, 30000 medidas analógicas e 35000 pontos de controle, através de, também aproximadamente, 3500 equipamentos de aquisição, controle, proteção e medição, tais como, UAC (Unidade de Aquisição de Dados e Controle), UTR (Unidade Terminal Remota), IED ("Intelligent Electronic Device"), MDGE (Medidor Digital de Grandezas Elétricas), etc.

A partir desse cenário, Furnas teve a iniciativa de desenvolver um sistema SAGE SCADA NHS (Nível Hierárquico Superior), que adquire as informações digitais e analógicas de todas as instalações SAGE SCADA das usinas e subestações. Esse sistema, em princípio, serviria para um melhor monitoramento dos dados SCADA pela equipe de manutenção e gerenciamento das bases de dados do SAGE. Além disso, FURNAS também dispõe de um Sistema de Medição Sincrofásorial, que é composto por cinco sistemas SAGE modelo PDC ("Phasor Data Concentrator"), que adquirem 280 fasores de 56 PMU ("Phasor Measurement Unit") e os repassam ao ONS.

Com a materialização destes sistemas, contendo dados SCADA e sincrofásorias, surgiu a possibilidade da implementação de um sistema unificado, composto da união do sistema SAGE SCADA NHS, que utiliza baixa taxa de aquisição dos dados, com os sistemas SAGE PDC com a taxa de aquisição de dados em 60 amostras por segundo, de forma a disponibilizar os dados de maneira mais centralizada. Este sistema serviu como base para a implementação do SAGE modelo EMS ("Energy Management System"), que está sendo desenvolvido em etapas. A implementação e utilização do SAGE EMS permite um melhor entendimento do sistema elétrico, a partir das informações de tempo real, visando à melhoria da qualidade dos dados operativos, incluindo a execução da função de análise de redes do SAGE. Nesta instalação são adquiridos e tratados, aproximadamente, 30000 pontos digitais e 5000 medidas analógicas, além de 280 fasores.

Uma das funções da Análise de Redes é o Estimador de Estados que fornece a solução para o fluxo de potência e possibilita a exportação de cenários operativos, a serem consumidos pelas aplicações desenvolvidas pelo CEPEL (ANAREDE, ANATEM, PacDyn, etc) e utilizados pelas equipes de operação em tempo real e estudos de pós operação. Nesta aplicação em particular, a utilização da medição sincrofásorial melhora o desempenho do estimador. Outro fator relevante para a elaboração deste sistema é o suporte das equipes de desenvolvimento do CEPEL, no desenvolvimento de aplicativos para a visualização, análise e exportação dos dados, além de elaboração de novas funcionalidades e atualizações para eventuais correções de problemas.

Neste Informe Técnico serão apresentados os conceitos e funcionalidades associadas ao SAGE e os primeiros resultados da implantação do SAGE EMS, cuja primeira etapa consiste na modelagem de 10 subestações da Área Rio, sendo que serão apresentados resultados da modelagem das duas primeiras, Angra e Cachoeira Paulista. Além disso, será apresentada a união das funcionalidades SCADA, EMS e PDC no mesmo SAGE.

## 2.0 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SAGE – Visão geral

O SAGE é um sistema de grande porte e alto desempenho que possui uma arquitetura modular, que permite uma flexibilidade de configuração nos modelos SCADA, PDC e EMS. Essa flexibilidade permite que possa ser utilizado como gateway de comunicação, concentrador de dados, ou como supervisor local ou regional (COR) em um centro de operação de sistema (COS). Além disso, o SAGE também provê funções de análise de redes em tempo real e em modo de estudos, onde as funções de análise de redes são executadas a pedido do usuário e são formadas a partir de uma condição operativa passada (estudos de pós-operação), corrente (proveniente do ambiente de tempo real) ou futura (análise de condições operativas postuladas), sendo utilizada uma ferramenta cuja interface gráfica é a mesma do tempo real (1). Na estrutura do sistema SAGE, as suas funções são executadas nos diversos subsistemas que gerenciam as funções de interface gráfica, aquisição e distribuição de dados, análise de redes, entre outros.

### 2.2 SAGE SCADA

O SAGE SCADA é utilizado na supervisão e controle dos processos elétricos em usinas e subestações. A partir da aquisição de dados oriundos dos equipamentos de supervisão, controle, proteção e medição, que são as UTR, UAC, IED, etc, via o Subsistema de Aquisição e Comunicação de Dados (SCD), os mesmos são tratados na Base de Dados de Tempo Real, ficando disponíveis para o registro em listas de alarmes e eventos, medição operacional, e animação das telas do sistema, para a equipe de operação local, bem como os mesmos dados podem ser distribuídos para os níveis hierárquicos superiores (COR e COS), além da possibilidade de seu registro em Base de Dados Histórica. A Figura 1 ilustra a arquitetura básica do SAGE SCADA em Furnas.

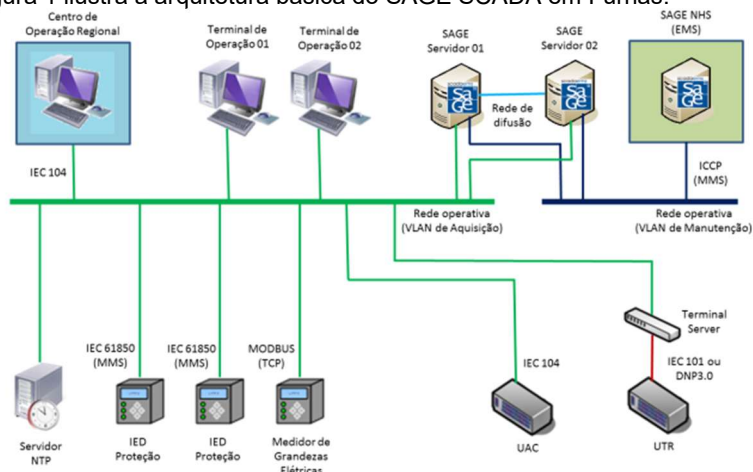


FIGURA 1 – Arquitetura básica do SAGE SCADA

A interface gráfica do SAGE SCADA provê aos usuários, sejam operadores ou mantenedores, a visualização das telas do sistema (diagramas unifilares), dos visores de alarmes e de registros de seqüências de eventos, sendo o sistema de interface gráfica um cliente da Base de Dados de Tempo Real (1).

### 2.3 SAGE PDC

O SAGE PDC é utilizado para a aquisição e concentração de dados sincrofásoriais, a partir dos dados recebidos das PMU instaladas no sistema elétrico. A sua aplicação pode ser realizada de maneira autônoma ou como parte integrante de um sistema SAGE EMS e é desenvolvido a partir da aplicação do SAGE SCADA. A aquisição das medições sincrofásoriais é feita através do protocolo C37.118 (TCP ou UDP), com a aquisição em alta taxa de amostragem, como por exemplo, 60 frames (amostras) por segundo. Esse modelo possui, adicionalmente, algumas funcionalidades, tais como a de alinhamento de fasores em uma janela de tempo, o arquivamento dos registros sincrofásoriais em ambiente local e remoto, a decimação dos dados sincrofásoriais adquiridos para uma baixa taxa de amostragem e a visualização dinâmica dos fasores, em baixa taxa de amostragem. A Figura 2 ilustra a arquitetura básica da aplicação do SAGE PDC em Furnas.

A interface gráfica do SAGE PDC provê aos usuários, a visualização das telas do sistema, onde se destacam as telas de monitoramento dinâmico dos fasores, onde podem ser verificadas os seus deslocamentos (rotações) nos diagramas fasoriais. A Figura 3 ilustra uma tela de monitoramento de fasores em tempo real.

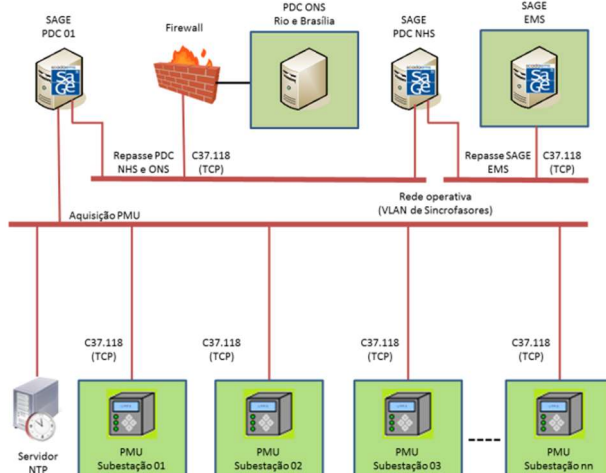


FIGURA 2 – Arquitetura básica do SAGE PDC



FIGURA 3 – Tela de monitoramento de fasores em tempo real

## 2.4 SAGE EMS

O SAGE EMS permite o gerenciamento do sistema elétrico de potência, em centros de controle, permitindo um melhor entendimento do comportamento do sistema elétrico, não somente para as equipes de operação do sistema em tempo real, mas também para as equipes de análises de ocorrências e estudos pós operação, incluindo a execução da função de análise de redes do SAGE.

As configurações dos equipamentos elétricos descrevem todos seus parâmetros e características necessários para execução das funções de análise de redes. Os parâmetros dos equipamentos, tais como, a numeração das barras, os parâmetros de equipamentos, etc, podem ser obtidos nos próprios casos do ANAREDE gerados pelo ONS.

### 2.4.1 Subsistema de Análise de Redes

O uso das funções do Subsistema de Análise de Redes (SAR) permite às equipes responsáveis pela operação do sistema elétrico realizar os três tipos de atividades seguintes. As duas primeiras atividades são processadas de forma cíclica, por eventos ou por solicitação das equipes de operação e compõem o Modo Tempo Real, que são entre outros: o Configurador da Rede, Estimador de Estado e Análise de Contingências. A terceira atividade, executada somente por solicitação das equipes de operação, compõe o Modo Estudo (1).

- Monitoração do estado corrente do sistema elétrico.
- Monitoração da segurança corrente de operação do sistema elétrico.
- Estudos de condições operativas do sistema elétrico.

### 2.4.1.1 Configurador da Rede

O Configurador da Rede é uma ferramenta que se destina a monitorar a configuração (topologia) da rede elétrica em tempo real. A partir do configurador é possível gerar um caso de fluxo de potência onde, a partir dos estados dos disjuntores e chaves, são definidas as barras do caso, onde serão feitas as conexões dos circuitos (linhas de transmissão e transformadores), gerações, cargas e dos equipamentos shunt. Para que o Configurador da Rede seja executado de maneira correta, um conjunto de informações (estáticas e dinâmicas) é necessário (1). As informações estáticas são oriundas da base de dados cadastral, enquanto os dados dinâmicos são oriundos da aquisição de tempo real. A Figura 4 ilustra um cenário operativo na execução do Configurador da Rede, onde uma das linhas está com um dos seus terminais aberto.

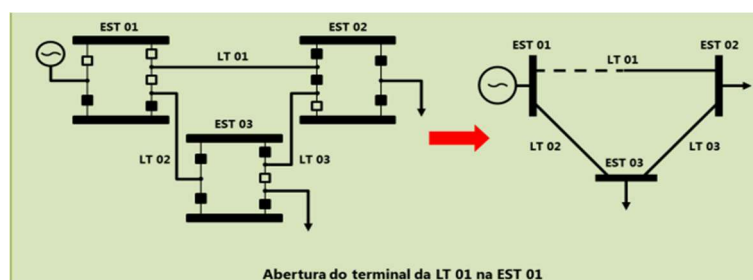


FIGURA 4 – Sistema elétrico com um terminal de uma das linhas aberto

### 2.4.1.2 Estimador de Estado

O programa Estimador de Estado é uma ferramenta que se destina a fornecer uma solução completa de fluxo de potência, para o sistema elétrico em tempo real. Esta solução é obtida através do estado estimado do sistema. O estado estimado é determinado a partir de um conjunto de medidas redundantes provenientes das medições SCADA e, se disponível, sincrofatoriais de tensão. Tal como o Configurador da Rede, o Estimador de Estado necessita de informações estáticas e dinâmicas.

### 2.4.2 Interface gráfica

A interface gráfica e as telas do SAGE EMS seguem o mesmo contexto apresentado para o SAGE SCADA. A partir do Visor de Acesso, os Visores de Alarmes, de Logs de Eventos e de Telas, dentre outros, podem ser acessados. Entretanto, visando ao atendimento dos requisitos do SAGE EMS, o conjunto das telas pode ser dividido em três grupos. O primeiro grupo com as telas unifilares do sistema elétrico, o segundo grupo com os diagramas unifilares das subestações e usinas e o terceiro grupo com as telas de resultados e ajustes de parâmetros das aplicações do Subsistema de Análise de Redes (1).

### 2.4.3 Exportação dos arquivos de fluxo de potência para o ANAREDE

No SAGE EMS, existem duas maneiras de geração dos arquivos de fluxo de potência no formato ANAREDE (arquivo com extensão pwf). Essa geração pode ser periódica ou por acionamento do usuário (1). O acionamento da geração pelo usuário pode ser realizado a partir das telas em botões específicos para esta função, como também a definição do tempo de geração periódica. Os arquivos são gerados em um diretório específico e com o seu nome formatado como ANA-<dia>-<mês>-<ano>-<hora>-<min>.pwf (ex.: ANA-05-JUN-2021-10-31.pwf) para melhor identificação do tempo associado ao caso.

## 3.0 DETERMINAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE CONFIGURAÇÃO DO SAGE EMS DE FURNAS

A partir do cenário descrito no item 1 (INTRODUÇÃO), a configuração do SAGE EMS seguiu a sequência, como ilustrado na Figura 5:

1. Criação do sistema SAGE SCADA NHS.
2. Evolução para o SAGE SCADA NHS com a funcionalidade SAGE PDC incorporada.
3. Configuração do SAGE EMS no sistema SAGE SCADA NHS e SAGE PDC.

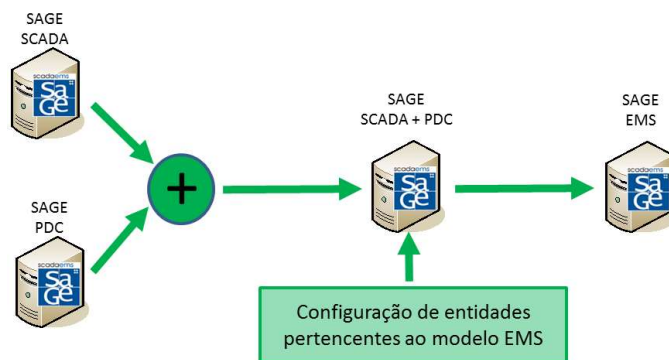


FIGURA 5 – Evolução da configuração para a obtenção do SAGE EMS

A criação do sistema SAGE SCADA NHS foi realizada de forma automatizada com a importação das bases atualizadas dos sistemas SAGE SCADA das usinas e subestações, a partir da utilização do programa “GeraDatsNHS” (1). A abrangência deste sistema cobriu 100% dos pontos SCADA disponíveis e necessários para a configuração SAGE EMS final.

A evolução para a incorporação da funcionalidade SAGE PDC a esse sistema se deu através da obtenção dos dados de configuração dos repasses dos sincrofasores, a partir da utilização do programa “obt\_cfg\_PMU” (1), gerando os arquivos de configuração. O processo é o mesmo para a obtenção dos arquivos de configuração das próprias PMU. Também nesse passo, foi obtida a abrangência total dos fasores disponíveis para a configuração do sistema SAGE EMS final.

Dentre as vantagens, para a utilização desta metodologia de evolução, para a configuração do SAGE EMS, destacam-se a solução dos problemas relativos ao relacionamento das entidades, por erros no cadastro da Base Fonte dos dados SCADA e PDC, a solução dos problemas de comunicação de dados com as subestações e as PMU e a utilização de algumas das telas já confeccionadas nesses sistemas, tais como os diagramas unifilares das subestações, telas de medições sincrofasoriais, etc.

Neste sistema, as entidades referentes a base de dados EMS foram configuradas, visando a obtenção do sistema SAGE EMS final. A evolução de configuração das entidades do sistema SAGE EMS está proposta nas três etapas seguintes. Essa divisão em etapas facilita a sedimentação do conhecimento da configuração do modelo EMS e na percepção e antecipação de problemas com o sistema ainda em pequena escala.:

1. Configuração das entidades do modelo da base de dados EMS para as Subestações de Angra dos Reis e Cachoeira Paulista, além da linha de transmissão Angra-Cachoeira Paulista.
2. Evolução da configuração das entidades para 10 subestações na área Rio, no nível de tensão de 500 kV.
3. Configuração completa do sistema.

A Figura 6 ilustra uma arquitetura básica para a aplicação do modelo SAGE EMS. É possível verificar a aquisição dos dados SCADA, através da comunicação via protocolo IEC 60870-5-101 e da aquisição dos fluxos de repasse dos sincrofasores oriundos de um sistema SAGE PDC.

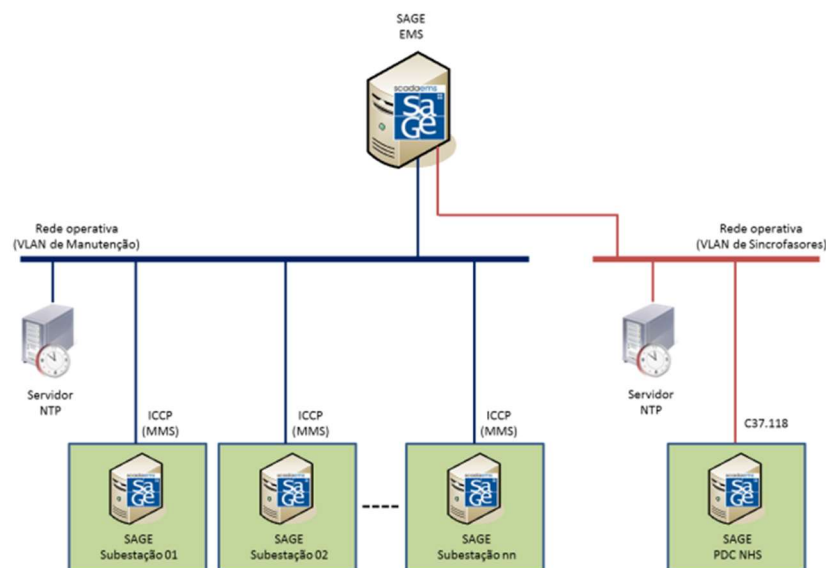


FIGURA 6 – Arquitetura básica para a aplicação do SAGE EMS em Furnas

#### 4.0 MELHORIAS NO SISTEMA EMS COM A UTILIZAÇÃO DE SINCRÓFASORES

A principal melhoria obtida, com a utilização de sincrofasores no sistema SAGE EMS, é a melhoria da qualidade dos dados do Estimador de Estados a partir do ângulo de tensão. Até o advento da medição sincrofásorial, os estimadores de estados utilizavam apenas os dados SCADA, com baixa taxa de varredura (de 2 a 4 segundos de varredura), inclusive sob a ação de bandas mortas e sem sincronização entre as medidas. Os estimadores também obtêm, através de algoritmos, as tensões e os ângulos das barras e dos terminais das linhas de transmissão, a partir dessas medições (2).

As PMU fornecem as medições sincrofásoriais, ou seja, com a magnitude e o ângulo de fase de uma dada grandeza elétrica. Do ponto de vista do estimador de estados, esse é um aspecto importante, em comparação com as medições SCADA. As medições de ângulo de fase são úteis para aumentar a redundância das entradas para o algoritmo do estimador. Isso garante uma maior robustez para o estimador, que é a capacidade de manter a observabilidade do sistema monitorado, mesmo em caso de perda ou corrupção de algumas das medições. Além disso, uma maior redundância também é útil para melhorar o desempenho, tais como a detecção de dados com baixa qualidade e as funções de identificação de erro de topologia, cuja operação confiável depende estritamente da disponibilidade de medições redundantes. Outro benefício trazido pelo uso de medições de ângulo de fase diz respeito às propriedades de convergência do algoritmo do estimador de estados (3).

Como todas as medições são sincronizadas, é possível realizar o seu alinhamento no tempo, garantindo que todas as medidas representam a mesma amostra no tempo.

No caso particular do SAGE EMS em Furnas, quando o sistema estiver completamente operacional, o Estimador de Estados irá utilizar as medições sincrofásoriais (ângulo e módulo de tensão) disponíveis e as medições SCADA (2) (3).

#### 5.0 APLICAÇÕES PREVISTAS DO SAGE EMS

Acredita-se que a implantação do SAGE EMS em Furnas poderá possibilitar uma série de aplicações futuras, algumas já disponíveis e outras que podem ser desenvolvidas em parceria com o Cepel. O Modo Estudo, já disponível, possibilita que um ponto de operação corrente ou passado do SAGE, exportado na forma de um arquivo de fluxo de potência do ANAREDE, possa ser utilizado em alguma simulação. Já estão disponíveis no SAGE estudos de fluxo de potência com o ANAREDE e estabilidade transitória com o ANATEM, mas estes estudos podem ser estendidos para outros programas de simulação, em função dos interesses de Furnas, utilizando arquivos de dados complementares do planejamento da operação e desenvolvendo integrações e interfaces gráficas específicas. Podem ser citados o FLUPOT (fluxo de potência ótimo), ANAFAS (cálculo de curto-circuito), PacDyn (análise linear de oscilações), NH2 (confiabilidade), HARMZS (análise de harmônicos) e o novo AnaHVDC (simulações de elos de corrente contínua considerando simultaneamente os transitórios eletromecânicos e eletromagnéticos). Em particular, o AnaHVDC seria importante para simulação dinâmica do sistema de Furnas, que inclui os bipolos em corrente contínua para transmissão da potência gerada nas usinas de Itaipu, Madeira (Jirau e Santo Antônio) e Belo Monte e para investigação de problemas de sobretensões e gerenciamento de ativos considerando ocorrências provocadas por transitórios eletromagnéticos.

Outras aplicações a serem consideradas são as relacionadas à monitoração de grandezas ao longo do tempo. Já existe no SAGE o PacDyn integrado que possibilita a monitoração das oscilações naturais de potência, associadas aos transitórios eletromecânicos (4). Há monitorações já disponíveis e em desenvolvimento relacionadas à segurança estática e dinâmica, utilizando integração com o ANAREDE e ANATEM (5).

## 6.0 APLICAÇÕES PREVISTAS DAS MEDIÇÕES SINCRÓFASORIAIS

Além dos valores agregados nos sistemas EMS, mencionados anteriormente, as medições sincrofásoriais proporcionam diversas aplicações e funcionalidades não só para o tempo real, como também para análises pós-eventos e estudos do sistema elétrico. Furnas pretende implantar as aplicações listadas abaixo:

- Cálculo dinâmico dos parâmetros de linhas de transmissão: Tradicionalmente os parâmetros teóricos das linhas de transmissão são obtidos pela geometria das suas torres e condutores na fase de projeto. As variações climáticas, umidade, tipos diferentes de solo interferem no resultado. Os valores reais podem ser obtidos com ensaios de curto-circuito e em vazio após a sua instalação, o que exige pessoal e equipamentos especializados com desligamentos programados. O uso das medições sincrofásoriais de tensão e corrente em ambos os terminais de uma linha de transmissão vem se mostrando como uma alternativa para calcular e monitorar as variações dos parâmetros da linha (2) (6) (7).
- Cálculo dinâmico de componentes simétricas: Os valores das componentes de sequência negativa e zero nos terminais dos equipamentos podem ser facilmente calculados usando as medições fasoriais. Esse cálculo é muito utilizado para detectar eventos transitórios que indicam faltas no sistema elétrico e até mesmo problemas permanentes na cadeia de componentes de medição.
- Auxílio na restauração do sistema: Furnas pretende usar o monitoramento contínuo e preciso da frequência e tensão para auxiliar na recomposição do sistema.
- Monitoramento do comportamento dinâmico: As medições fasoriais, quando tratadas por algoritmos específicos, são úteis para detectar corredores estressados, observar tendências, como escorregamento de frequência a ângulo entre pontos escolhidos e acompanhar fenômenos eletromecânicos, como oscilações de potência ou perda de sincronismo que podem levar a situações críticas na operação do sistema elétrico.
- Apoio nas análises de pós-eventos: As medições fasoriais representam uma fonte complementar de dados para a análise de distúrbios no sistema elétrico pois revela a situação do sistema antes e após as ocorrências, uma vez que as oscilografias registram apenas alguns segundos do distúrbio. Além disso as PMU podem, eventualmente, registrar ocorrências transitórias não detectadas pelas proteções e oscilógrafos.

O Cepel está atualmente trabalhando em uma aplicação que integra os dados sincrofásoriais na taxa nativa com os dados da base histórica utilizando uma ferramenta de banco de dados apropriada e otimizada para séries temporais. Os dados são armazenados já com associação aos equipamentos dos SAGE EMS, com extrema facilidade para realizar as consultas tanto em tempo real como valores históricos.

## 7.0 RESULTADOS

A Figura 7 ilustra o diagrama unifilar sistêmico das 10 subestações na área Rio, no nível de tensão de 500 kV, escolhidas para uma primeira modelagem com a funcionalidade EMS em desenvolvimento. As subestações envolvidas são: Adrianópolis, Angra dos Reis, Baixada Fluminense, Cachoeira Paulista, Grajaú, Nova Iguaçu, Resende, São José, Terminal Rio e Zona Oeste.

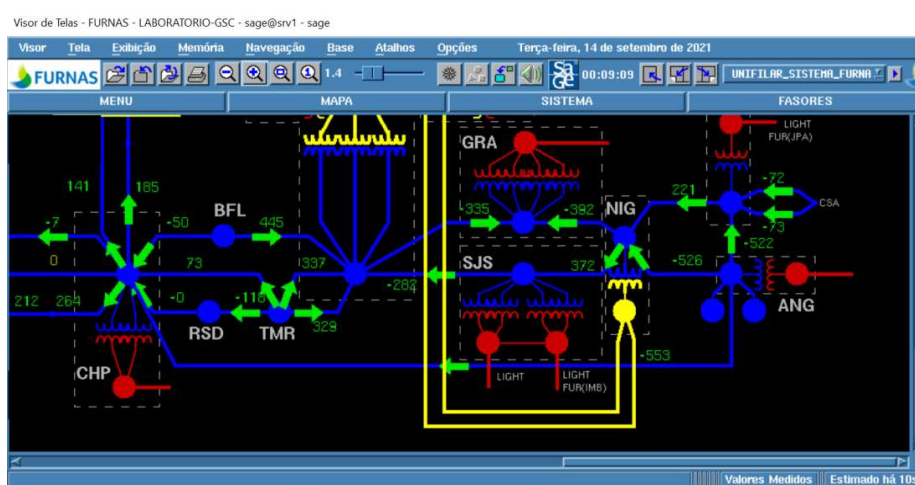


FIGURA 7 – Diagrama unifilar sistêmico das 10 subestações na área Rio, no nível de tensão de 500 kV

A partir dos dados sincrofasoriais, arquivados em alta taxa de amostragem, é possível realizar visualizações e análises em eventos ocorridos no sistema elétrico. A Figura 10 ilustra a captura dos dados de um distúrbio no sistema elétrico, a partir da PMU instalada no terminal da linha de transmissão Angra-Cachoeira Paulista, no terminal da subestação de Angra dos Reis. Essa visualização é possível a partir da utilização de ferramenta de exploração e visualização dos dados sincrofasoriais em tempo real e históricos.

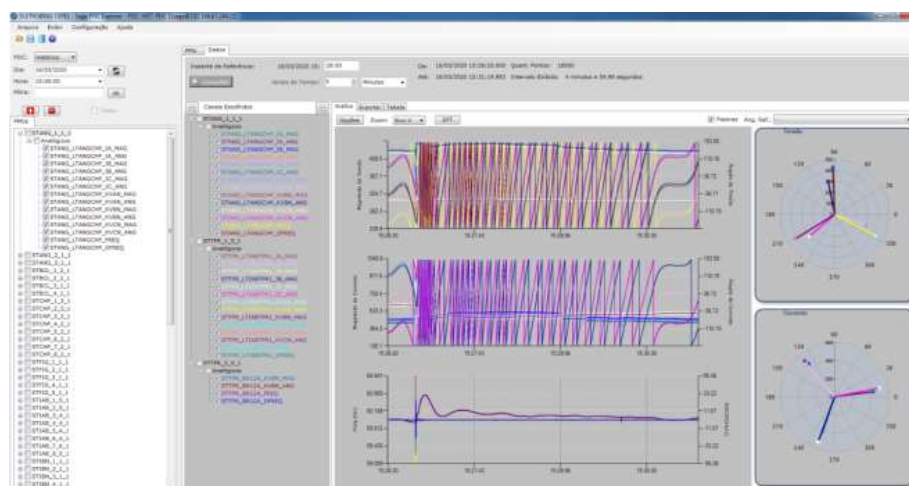


FIGURA 10 – Visualização dos dados sincrofásoriais

## 8.0 CONCLUSÃO

A implementação do SAGE nas funções SCADA, PDC e EMS numa mesma plataforma computacional permite a elaboração de novas visualizações gráficas e o desenvolvimento de novas ferramentas de análise de modo a melhorar o entendimento do comportamento do sistema elétrico em operação, permitindo assim uma maior agilidade e estratégia no controle da rede elétrica supervisionada.

## 9.0 BIBLIOGRAFIA

- (1) CEPEL. “SAGE – Conjunto de Manuais (Configuração da Base Fonte; Administração; Aplicativo CAG; Modo Estudo; Configurador de Rede; Estimador de Estado; Comunicação com PMUs em Protocolo IEEE C37.118)”, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2019.
- (2) MORAES, Rui Menezes de. Sincrofasores em Sistemas de Potência: Aplicações na Estimação de Estado. Tese (Doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niteroi, 2009.
- (3) Monti, A., Muscas C., Ponci, F. Smart Grids – Phasor Measurement Units and Wide Area Monitoring Systems. 1 ed. Elsevier, 2016.
- (4) COSTA, M. R. ; LAGES, A. G. ; Gomes Jr, S. ; AMARAL, T. S. ; PARREIRAS, T. J. M. A. ; VOLSKIS, H. ; QUINTÃO, P. E. M. ; FERNANDES, R. O. ; LEITES, R. A. C. . Monitoração online de oscilações de potência do SIN utilizando integração SAGE-PacDyn com validações de PMU. In: XXV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, 2019, Belo Horizonte. Anais do XXV SNPTEE, 2019.
- (5) COSTA, M. R., BORGES, C. L. T., ALVES, F. R. M., “Integração de uma Ferramenta de SSA ao Sistema EMS SAGE”, XXIV SNPTEE, Curitiba, PR, Brasil, 2017.
- (6) Fernandes, R.O., Marinho, L. M., Lima, A.C.S., “ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS ELÉTRICOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO UTILIZANDO MEDIÇÕES SINCROFASORIAIS”, XXV SNPTEE - SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 10 a 13 de novembro de 2019.
- (7) Alves, J.E., Oliveira, J. C. C., Pernas, R.W., Martin, W., Moraes, T., Esteban, P., Matheus, T., “VALIDAÇÃO DE MÉTODO PARA ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DE LINHA DE TRANSMISSÃO USANDO-SE UNIDADES DE MEDIÇÃO FASORIAL E REGISTRADORES DIGITAIS DE PERTURBAÇÕES”, XV STPC - SEMINÁRIO TÉCNICO DE PROTEÇÃO E CONTROLE, 25 a 28 de outubro de 2021.

## DADOS BIOGRÁFICOS



Wagner Queiroga dos Reis Santos, Engenheiro Eletricista com ênfase em Sistemas de Eletrônicos, graduado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Possui experiência nas áreas de supervisão, controle, automação e medição sincrofásorial de usinas e subestações, atuando na configuração de sistemas SAGE (SCADA, PDC e EMS) e equipamentos de supervisão, controle e medição. Atualmente exerce o cargo de engenheiro em Furnas Centrais Elétricas no Departamento de Automação, Supervisão e Controle (DSC.O).

- (2) SERGIO GOMES JUNIOR graduou-se em Engenharia Elétrica em 1992 pela UFF, concluiu Mestrado e Doutorado também em Engenharia Elétrica pela UFRJ em 1995 e 2002, em 2004 fez um pós-doutorado na

Northeastern University em Boston, Estados Unidos e em 2016 um pós-doutorado na Norwegian University of Science and Technology em Trondheim, Noruega. Desde 1994 é pesquisador do Cepel trabalhando na pesquisa e desenvolvimento de programas computacionais para a análise de sistemas de potência e desde 2000 é gerente do projeto PacDyn no Cepel. Desde 2010 é professor da UFF. Áreas de interesse: dinâmica e controle, eletrônica de potência, harmônicos e transitórios eletromagnéticos.

(3) MARCELO ROSADO graduou-se em Engenharia Elétrica pela UFRJ (1993), com mestrado em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ (1998). É pesquisador do Departamento de Automação de Sistemas do CEPEL - desde 1996, atuando no desenvolvimento de aplicações de análise de redes do SAGE. Suas áreas de interesse para pesquisa incluem algoritmos de análise de redes, sistemas de supervisão e controle, simulador para treinamento de operadores e sistema de gerenciamento de energia. Membro Individual do Cigré.

(4) JOÃO CÂNCIO COLARES DE OLIVEIRA formou-se em Engenharia Eletrônica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1983, concluiu o mestrado (M.Sc.) em 1988 pela COPPE/UFRJ e finalizou o curso de Pós-Graduação Lato-Sensu de Especialização em Tecnologia Cliente Servidor pelo NCE-UFRJ em 1999. Atualmente é pesquisador no CEPEL e se dedica ao desenvolvimento de sistemas computacionais para apoiar a análise de perturbações e para o tratamento de medições sincrofásorias em sistemas elétricos de potência.

(5) BRUNO LUIZ DA COSTA FONSECA Possui Graduação em Engenharia Elétrica pela UFF (2009) e Mestrado em Engenharia Elétrica pela COPPE/UFRJ (2014). Atualmente é Pesquisador, trabalhando no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) desde 2009. Tem experiência nas áreas de Automação de Sistemas e Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Trabalha diretamente no desenvolvimento, manutenção e treinamento do Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia (SAGE) e no projeto Rede de Gerenciamento de Energia (REGER) junto ao ONS. Desenvolve softwares para aplicações de Engenharia utilizando diversas linguagens, mas principalmente em Fortran, C e Python.

(6) ANGELO ANDELNYR SAMPAIO ALVES é Formado em Técnico em Eletrotécnica pelo Colégio Metalúrgico Elpidio Evaristo dos Santos em 1984. De 1996 a 1998 atuou como operador na equipe de tempo real na Usina de Angra II em Eletronuclear. De 1998 a 2012 atuou como operador na equipe de tempo real e posteriormente como supervisor na Subestação de São José em Furnas Centrais Elétricas. De 2012 até a presente data compõe a equipe do Departamento de Automação, Supervisão e Controle em Furnas Centrais Elétricas. Atualmente cursa Sistemas de Informação Sociedade de Ensino Superior Estácio.

(7) LEVI CIRQUEIRA SANTOS JUNIOR Formou-se em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica pela Faculdade de Engenharia de Resende em 2003. Pós-Graduado em Manutenção de Sistemas Elétricos na Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI em 2013. Desde 2006 trabalha em FURNAS Centrais Elétricas na área de Sistemas de Supervisão e Controle de Usinas e Subestações. Atualmente é Engenheiro do Departamento de Automação, Supervisão e Controle ligado à Diretoria de Operação e Manutenção da empresa.

(8) NIVALDO LAMBERT Trabalha como Engenheiro Pesquisador para o CEPEL (Eletrobrás) através de convênio com a empresa NTL Nova Tecnologia. No CEPEL, atua em projetos de Sistemas de Comunicação de Dados e Processos de Tempo Real, tendo sido responsável pela concepção, criação e desenvolvimento do SAGE nas áreas de aquisição e controle de dados em tempo-real, conectividade e segurança WEB, suporte computacional e CAG. Para conectividade SCADA desenvolveu nativamente os protocolos IEC60870-5, DNP3, IEC61850, e para conectividade baseada em tecnologias Indústria 4.0 e IIoT, desenvolveu implementações nativas dos protocolos OPC UA, MQTT e servidores de autenticação WEB para Single-Sign-On no SAGE.