

STA - Sistema para Tratamento de Alarmes Ferramenta Computacional Aplicada ao Centro de Operação do Sistema da CEMIG

M.H.M.Vale e G.G.Parma, UFMG
V.R.Faria, M.I.M.Vale, L.H.S.Toledo e L.E. Araujo, CEMIG

Resumo—Este artigo apresenta os resultados obtidos com o desenvolvimento do Projeto P&D intitulado Sistema para Tratamento de Alarmes, desenvolvido numa parceria entre a UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais e a CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Um dos principais produtos do projeto consiste do pacote computacional denominado STA – Sistema para Tratamento de Alarmes. O presente trabalho apresenta a filosofia, o desenvolvimento e a implantação do STA no Sistema de Supervisão e Controle Distribuído do Centro de Operação da CEMIG.

Palavras-chave— Centros de Controle - Operação de Sistemas de Potência - Sistemas Inteligentes - Tratamento de Alarmes.

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho refere-se ao Projeto P&D intitulado **Sistema para Tratamento de Alarmes**, desenvolvido numa parceria entre a UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais e a CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. Tal projeto está finalizado, e este artigo apresenta os principais aspectos de seu desenvolvimento.

A necessidade e a importância do Tratamento de Alarmes na operação dos Sistemas Elétricos de Potência (SEP), principalmente em condições de emergência, são reconhecidas por todos aqueles que atuam no setor.

Uma das motivações para o desenvolvimento deste projeto P&D foi a carência, no setor elétrico, de uma ferramenta computacional que propiciasse (i) a apresentação das ocorrências do SEP de forma organizada, permitindo aos operadores uma visão clara, sucinta e confiável da situação do sistema, (ii) uma maior eficiência nas tomadas de decisões, através do auxílio ao operador na interpretação dos alarmes, facilitando as conclusões sobre o estado do SEP, e (iii) a minimização do tempo de restabelecimento do sistema. A dissertação de mestrado, defendida por membro da equipe

M. H. M. Vale e G. G. Parma atuam no LRC – Lightning Research Center, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (respectivos e-mails: mhelena@cpdee.ufmg.br and parma@cpdee.ufmg.br).

V. R. Faria, M. I. M. Vale, L. H. S. Toledo e L. E. Araújo trabalham na CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, (respectivos e-mails: vrfaria@cemig.com.br, mimvale@cemig.com.br, lhotoledo@cemig.com.br, learaujo@cemig.com.br).

de desenvolvimento do projeto, aborda o tema de forma bastante completa e detalhada, constituindo-se em relevante referência sobre o assunto [15].

Diante da carência de ferramentas aplicadas e de sua importância para o setor, as equipes multidisciplinares da CEMIG e da UFMG uniram sua experiência e, através de atuação conjunta, desenvolveram e implementaram o **STA – Sistema para Tratamento de Alarme**, visando sua real utilização na operação dos SEP.

Esse artigo relata os principais aspectos relativos ao projeto P&D, apresentado seus objetivos, os resultados esperados e alcançados, uma descrição da metodologia adotada no desenvolvimento do STA, os resultados das análises efetuadas e a estratégia de difusão tecnológica dos resultados da pesquisa.

II. OBJETIVOS E RESULTADOS ESPERADOS DO PROJETO

O objetivo fundamental desse projeto P&D, de acordo como a proposta aprovada pela ANEEL, foi a concepção e o desenvolvimento de um pacote computacional para Tratamento de Alarmes e a integração do mesmo ao ambiente do Sistema de Supervisão e Controle Distribuído (SSCD) do Centro de Operação do Sistema (COS) da CEMIG.

Com a disponibilidade do *software* desenvolvido, os seguintes objetivos específicos podem ser obtidos:

- Apresentação das ocorrências do sistema elétrico de forma organizada e clara às equipes de operação do COS;
- Maior eficiência nas tomadas de decisões, através do auxílio ao operador na interpretação dos alarmes, facilitando as conclusões sobre o estado do sistema elétrico;
- Condições mais favoráveis para a minimização do tempo de restabelecimento do sistema para as condições normais de operação.

Os resultados esperados para o projeto, que foram concretizados, conforme descrito na proposta ANEEL, foram:

- Desenvolvimento de um Pacote Computacional específico para Tratamento de Alarmes;
- Capacitação do pessoal da empresa;
- Integração do aplicativo à operação real no SSCD do COS da empresa.

Observa-se que tais resultados do projeto têm influência

direta na qualidade da energia entregue a todos os consumidores da CEMIG e na segurança da operação do Sistema Elétrico, pois os técnicos de operação do COS da empresa passam a dispor em tempo real, de uma visão clara, sucinta e confiável da situação do Sistema Elétrico, seja em contingência, seja em condições normais de operação do sistema.

III. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto partiu da experiência já adquirida pela sua equipe na implementação de aplicativos para atuação em tempo real.

Tendo como ponto inicial a formação da Equipe de Desenvolvimento do projeto, procurou-se definir uma Especificação Técnica onde o STA fosse concebido nas suas definições básicas. Com uma Especificação Técnica bem detalhada, teve início a etapa de Projeto detalhado do aplicativo. Posteriormente à fase de Projeto, o STA passou pelas etapas de Implementação e Operacionalização.

Tal estratégia fica bem caracterizada através dos seguintes passos:

Passo 1 – Definição da Equipe de Desenvolvimento

A definição da equipe partiu da visualização de todo o projeto, do início ao fim, para extrair do escopo todos os conhecimentos necessários. Foram, assim, caracterizadas as:

- Equipe de operação, representando os usuários e a engenharia necessária para a definição do processo de tomada de decisão.
- Equipe de pesquisadores, que investigou as técnicas de solução mais adequadas.
- Equipe de informática, responsável pela gerência dos bancos de dados; interface de comunicação com remotas; IHM (Interface Homem-Máquina); gerência do sistema computacional; integração ao sistema de supervisão; codificação e validação dos programas.

Passo 2 - Elaboração da Especificação Técnica

Entende-se por Especificação Técnica o conjunto de definições que caracterizaram a ferramenta desenvolvida. Tais definições resultaram de um processo de discussões, entre as diversas equipes, sobre como seria o *software* desejado e qual a melhor forma de desenvolvê-lo. Toda a engenharia contida no processo foi aqui explicitada, quando importantes questões foram analisadas: (i) *a abrangência do Tratamento de Alarmes*; (ii) *anseios da operação (resposta esperada)*; (iii) *ambiente computacional*.

Passo 3 - Elaboração do Projeto

Seu objetivo foi viabilizar a Especificação Técnica. Para cada resposta esperada do aplicativo, detalhou-se a maneira como ela poderia ser concretizada. Todos os itens foram analisados buscando-se a solução para cada problema proposto.

Para cada item da Especificação Técnica foram identificadas quais informações seriam necessárias, quais aquelas disponíveis e a melhor forma de capturá-las, sincronizá-las e

utilizá-las. A maneira de viabilizar as informações não disponíveis foi identificada. Os relacionamentos da ferramenta com os módulos já existentes no sistema de supervisão foram definidos e as regras necessárias para a implementação da solução do problema proposto especificadas. Nessa fase foi definido, também, o formato do texto das mensagens a serem apresentadas aos operadores.

Ainda nesse passo, foi projetada a integração do *software* ao sistema de supervisão e controle da empresa, em todos os seus aspectos.

Passo 4 - Implementação do Projeto

Etapa de codificação do aplicativo, considerando técnicas de soluções adequadas, a portabilidade da ferramenta, bem como aspectos de manutenções operacionais e de atualizações tecnológicas.

Passo 5 - Operacionalização do Projeto

Testes em bancada e com entradas de dados reais foram efetuados, além da elaboração de documentação específica.

A gerência e o acompanhamento das atividades foram fundamentais para o sucesso das tarefas adotadas segundo a metodologia.

Foram alcançados todos os resultados previstos na proposta do projeto, ou seja:

- Foi desenvolvido o Pacote Computacional denominado **STA – Sistema para Tratamento de Alarmes**;
- A **capacitação de pessoal da empresa** foi viabilizada ao longo do desenvolvimento do projeto;
- Foi feita toda a **integração do STA** ao SSCD do COS da empresa.

Adicionalmente, foram publicados diversos artigos técnicos, incluindo trabalho premiado, e defendida dissertação de mestrado, conforme detalhado no item relativo à estratégia de difusão tecnológica.

A melhor maneira de mostrar o resultado desse projeto P&D é através da apresentação do aplicativo STA, seu produto mais significativo, principalmente no que diz respeito às suas características e aos resultados de sua utilização.

IV. O SISTEMA PARA TRATAMENTO DE ALARME STA

A. Objetivos do STA

O **STA** atua no tratamento dos alarmes provenientes das ocorrências na Malha da CEMIG, visando alcançar diversos objetivos específicos, dentre os quais podem ser citados:

- a apresentação de ocorrências do sistema de forma organizada, permitindo aos operadores, em tempo real, uma visão clara, sucinta e confiável da situação do sistema elétrico;
- uma maior eficiência nas tomadas de decisões, através do auxílio ao operador na interpretação dos alarmes, facilitando as conclusões sobre o estado do sistema, principalmente em situações de contingência;

- a minimização do tempo de restabelecimento do sistema.

A identificação dos alarmes a serem apresentados considera ocorrências do tipo saída de componentes (linhas, transformadores, barramentos, geradores etc.), agregando informações sobre a atuação de dispositivos de proteção, atuação de esquemas de emergência (ERAC, por exemplo), atuação de religamento automático, dentre outras. O **STA** apresenta também informações essenciais para o religamento adequado do sistema elétrico (indicação de linhas de restabelecimento especial, por exemplo).

B. O Processo de Tomada de Decisão do STA

A tomada de decisão do STA se baseia no ‘estado’ de determinadas ‘funções’ e na avaliação da condição do sistema elétrico, através de dados de grandezas analógicas e digitais, obtidas em tempo real. Essas ‘funções’ correspondem a conjuntos de equipamentos do sistema, que foram agrupados de acordo com suas características operativas, sendo assim, tratados de maneira mais intuitiva, pela equipe de operação. São elas:

- (I) Transmissão;
- (II) Transformação;
- (III) Geração (ativo e reativo);
- (IV) Situação de blackout.

Esse último, apesar de não ser uma ‘função’, é uma situação em que há necessidade clara de se pesquisar e tratar, pois é, reconhecidamente, quando se vive um momento de grande estresse.

O processo de decisão do STA tem início, quando ocorre alteração de uma dessas ‘funções’. O STA busca, no entorno desta ocorrência, toda informação útil que possa agregar ao operador maior agilidade e rapidez no restabelecimento do sistema. O processo se caracteriza pela busca em uma árvore de decisões, expressa em forma de inferência do tipo “se ... então ... senão”.

Para cada alteração de ‘estado’ de uma ‘função’, o STA monta uma rede de informação contendo as definições abaixo:

(I) ‘FUNÇÃO’ TRANSMISSÃO

Abertura de linha:

- Nome da LT;
- Condição desligada/desarmada, informando sobre a atuação da proteção;
- Número de terminais abertos;
- Origem do comando de abertura – manual local ou remoto;
- Ocorrência de religamento automático satisfatório;
- Ocorrência de religamento automático não satisfatório;
- Atuação de proteções impeditivas;
- Falha de comunicação remota;
- LT com restabelecimento especial;
- Atuação de esquema de controle;
- Atuação de ERAC (Esquema Regional de Alívio de

Carga);

- Estágio de ERAC operado;
- Sobrecarga em linha ou transformador após a ocorrência.

Perda de tensão em barramento :

- Nome do barramento e da estação;
- Condição desligado/desarmado;
- Atuação de proteções impeditivas;
- Proteção responsável pelo desarme.

(II) ‘FUNÇÃO’ TRANSFORMAÇÃO

Falta de tensão em transformador:

- Nome do transformador e estação;
- Condição desligado/desarmado, informando sobre a atuação da proteção;
- Enrolamentos desconectados da rede elétrica;
- Atuação de proteções impeditivas;
- Sobrecarga em linha ou transformador após a ocorrência;
- Seletividade de equipamento quando do paralelismo com apenas um disjuntor.

(III) ‘FUNÇÃO’ GERAÇÃO (Ativo e Reativo)

Desinterligação de unidade geradora:

- Nome da unidade geradora e usina;
- Condição desligada/desarmada, informando sobre a atuação da proteção;
- Reversão automática para gerador / conversão para síncrono;
- Seletividade de equipamento quando do paralelismo com apenas um disjuntor.

Desarme de compensador síncrono ou estático:

- Nome do equipamento e estação;
- Condição desligado/desarmado, informando sobre a atuação da proteção.

(IV) SITUAÇÃO DE BLACKOUT

Blackout em uma estação:

- Nome da estação;
- Suprime alarmes de LTs que não foram desligadas por proteção;
- Ativação do SAPRE (Sistema de Preparação Automática de Estações);
- Atuação completa / incompleta do SAPRE.

Todas essas informações são repassadas ao operador, no momento da ocorrência, sem que esse seja inundado por alarmes desnecessários. Com as informações à disposição, apresentadas de forma clara e completa, diminui-se, automaticamente, a ansiedade presente, no momento em que o operador é mais exigido, garantindo a ele uma maior segurança e rapidez para o restabelecimento de contingências.

C. A Integração do STA ao SSCD da CEMIG

O STA se integra ao conjunto de aplicativos do **SSCD** da CEMIG, de tal forma a garantir rapidez de processamento e confiabilidade nos dados processados. Os pontos de integração do *STA* com outras funções do *SSCD* são indicados na figura 1.

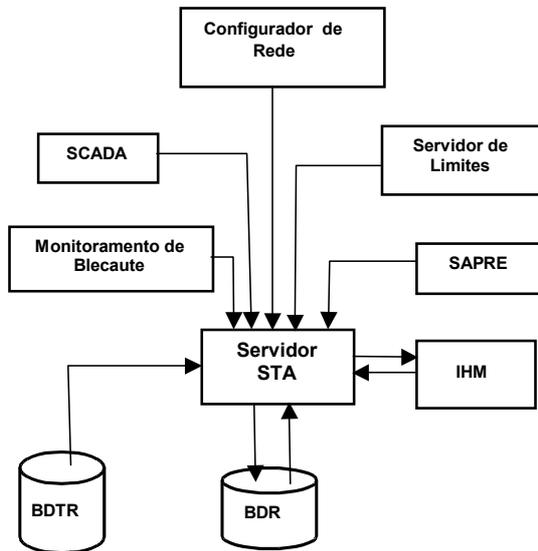


Figura 1. Integração do STA ao SSCD.

Essa etapa de desenvolvimento foi preparada pela equipe de integração de *software* de tempo real da empresa, em conjunto com o especialista de desenvolvimento da universidade. Tal passo buscou concretizar os caminhos para que o Tratamento de Alarmes interagisse com:

- O sistema **SCADA** (Sistema de Controle e Aquisição de Dados), responsável por fornecer, à ferramenta, dados sobre alteração de estado de dispositivos (disjuntores, relés de proteção etc.);
- O processo responsável pela **Configuração da Rede**, que informa sempre que ocorre alteração na configuração da rede elétrica;
- O **BDR** (Banco de Dados Relacional), onde são obtidas informações sobre os equipamentos e seus relacionamentos e são armazenadas as mensagens de alarmes em uma base de dados histórica;
- O **BDTR** (Banco de Dados de Tempo Real), que é utilizado para obter os dados de tempo real;
- O **Servidor de Limites**, responsável por indicar as grandezas que estão fora dos limites operativos dos equipamentos;
- A **IHM**, responsável pela troca de informações entre o operador e o STA;
- O módulo de **Monitoramento de Blackout**, responsável por reportar ocorrências de *blackout* em estações do SEP;
- Outras ferramentas, como o SAPRE, responsável por fornecer informações sobre o processo de preparação

para o restabelecimento de estação após ocorrência de *blackout*.

A base de conhecimento é montada na inicialização do STA. Informações sobre equipamentos são obtidas do BDR e os dados de tempo real do BDTR.

O SCADA aciona o Configurator quando alguma alteração acontece nos equipamentos do sistema e, ao mesmo tempo, notifica o STA sobre a mudança de estado de disjuntor e se algum relé teve seu estado alterado. A alteração sinalizada pelo SCADA é armazenada pelo STA. O Configurator atualiza a topologia da rede elétrica e informa ao STA a alteração ocorrida em sua configuração. A notificação do Configurator de Redes pode ser o ponto de partida para a ativação da máquina de inferência. O STA associa a informação do Configurator com o evento do SCADA, analisa a presença de *blackout* na estação, a condição de restabelecimento do sistema e, generaliza e/ou elimina alarmes. Ocorrendo sobrecarga no sistema elétrico, o STA imediatamente gera alarmes de alerta. Ocorrência de *blackout* e restabelecimentos automáticos são também pontos de partida para geração de alarmes.

D. IHM – Interface Homem-Máquina

É através da *IHM* (Interface Homem-Máquina) que o operador do sistema interage com a ferramenta.

A figura 2 mostra a tela principal do *SSCD*, na qual o *STA* se encontra inserido. A tela específica do *STA*, mostrada na figura 3, pode ser solicitada por dois caminhos: (a) selecionando a opção “Tratamento de Alarmes”, do menu principal do *SSCD*, (b) acionando o ícone “STA”, localizado na barra “Indicadores de Alarmes”, na parte inferior direita da tela. Quando há uma contingência e a tela do *STA* não está ativa na estação de trabalho do operador, este ícone muda de cor, alertando-o para a existência de novas mensagens de alarmes, associadas à ocorrência.

A tela Tratamento de Alarmes é dividida em duas janelas. Considera-se a primeira como uma janela “*tempo real*”, isto é, nela procura-se apresentar, ao operador, a situação atual do sistema. Quando há uma anormalidade, o *STA* apresenta, nesse espaço, as informações necessárias ao restabelecimento do sistema. Quando a anormalidade é sanada, pelo operador ou por algum esquema de controle, e a condição de normalidade é restabelecida, automaticamente, são eliminadas da janela *Alarmes* as mensagens que não mais refletem a condição atual do sistema.

Existem, ainda, algumas condições em que não é desejável a eliminação automática dos alarmes pelo *STA*, por exemplo, na atuação do ERAC. Nessa situação, é importante o operador saber qual estágio do ERAC atuou, mesmo após o retorno da frequência ao valor nominal. Para estes casos, existe o botão “Eliminar”, que é utilizado para suprimir mensagens de alarmes, quando houver interesse do operador.

Toda informação, que é incluída na primeira janela, é também incluída na segunda parte da tela. Quando um alarme é eliminado da primeira, é incluído, na segunda janela, um alarme, indicando o retorno à condição normal daquele equipamento. Esta torna-se, então, um histórico para consul-

tas rápidas do operador, sobre o que ocorreu no sistema elétrico nos instantes anteriores. A capacidade deste histórico é para os últimos 200 alarmes.



Figura 2. Tela Principal do SSCD.



Figura 3. Tela Principal do STA.

E. Resultados de Simulações

O COS da CEMIG, atualmente, opera por tele-controle 21 subestações da transmissão e 7 usinas; monitora remotamente, e gerencia a operação de outras 19 subestações e mais 7 usinas; é responsável por 4,8 mil km de linhas de transmissão. Totalizando, são mais de 16 mil medidas entre analógicas e digitais, que chegam ao COS a cada 4 segundos.

Para exemplificar a grande importância do STA, para o processo de tomada de decisão em sistemas deste porte, as referências [7, 8, 9, 10,11] apresentam resultados de diferentes simulações relativas a ocorrências no SEP da empresa.

Para apresentação neste artigo, selecionou-se a continência de **Perda da LT (linha de transmissão) 345 kV**

Barreiro – Neves 1.

Nesse caso é analisada uma ocorrência na Rede Básica da CEMIG (figura 4). Na ocasião, houve a perda da transmissão da linha de 345 kV Barreiro – Neves 1, com algumas variações de tensão na região metropolitana de Belo Horizonte, onde se encontra essa linha.

Sem a atuação do STA, o número de alarmes apresentado foi de 56. O STA tratou esta mesma situação apresentando apenas um alarme (descrição ilustrativa):

“LT 345 KV Barreiro Neves 1 Desarmada, restabelecimento automático não satisfatório, proteção de bloqueio atuada e linha de restabelecimento especial”

As informações contidas neste alarme expressam:

- i. LT de 345 kV Barreiro – Neves 1 aberta nos dois terminais;
- ii. Linha desarmada por proteção;
- iii. Esquema de restabelecimento automático sem sucesso;
- iv. Atuou proteção de bloqueio, impedindo o restabelecimento imediato da linha;
- v. Linha de restabelecimento especial, necessita inspeção;
- vi. Não houve atuação de esquemas de controle.

Vê-se que, em apenas uma mensagem, todas as informações importantes foram repassadas ao operador.

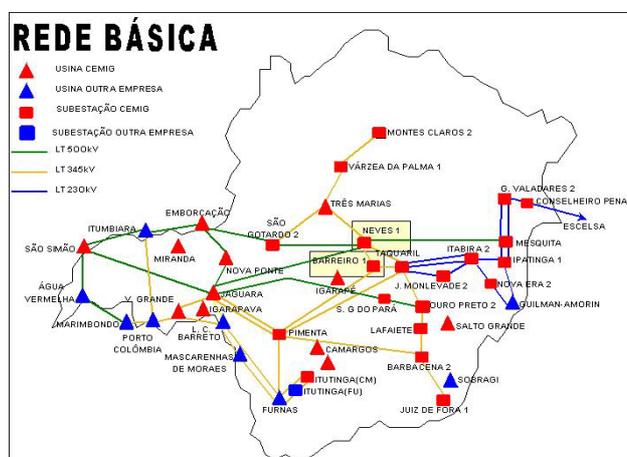


Figura 4. Caso Exemplo.

Pelos resultados apresentados, verifica-se que o aplicativo não apenas reduziu o número de mensagens, mas também agregou informações importantes, para a operação do sistema. É por isso que no COS da CEMIG, sua utilização tem sido plena pelos operadores, constituindo-se em uma ferramenta essencial para a operação. Na realidade, o STA constituiu-se em uma ferramenta de grande ganho para a qualidade do serviço dos Centros de Controle do SEE.

V. ESTRATÉGIA DE DIFUSÃO TECNOLÓGICA DOS RESULTADOS DA PESQUISA

A estratégia adotada para a difusão tecnológica dos resultados da pesquisa foi a preparação de artigos técnicos para

publicação em eventos nacionais e internacionais, a apresentação de palestras nos eventos e em fóruns da área, e o desenvolvimento de pesquisa ao nível de mestrado, com a defesa de uma dissertação por membro da equipe do projeto.

Em termos de publicações, a equipe preocupou-se em registrar, em diferentes etapas, o desenvolvimento e as características da ferramenta, bem como sua integração ao SSCD da empresa e a filosofia de tomada de decisão adotada, dentre outros aspectos relevantes. As publicações no período foram:

1. STA – Sistema para Tratamento de Alarmes, VII EDAO, Encontro para Debates de Assuntos de Operação, Foz do Iguaçu, PR, Março 2002.
2. Alarm Processing System – STA Practical Tool Integrated into a Supervisory Control System, IEEE/PES T&D 2002 Latin América, São Paulo, Brasil, Março 2002.
3. STA – Alarm Processing System Computational Tool Integrated into CEMIG Supervisory Control System, VIII SEPOPE - Symposium of Specialists in Electric Operational and expansion Planning, Brasília, Brasil, Maio 2002.
4. STA – Sistemas para Tratamento de Alarmes, Revista Eletroevolução, CIGRÉ, No. 27, pp. 57 – 61, Junho 2002.
5. STA – Sistema para Tratamento de Alarmes - Uma Ferramenta de Auxílio à Operação, SEPOCH -Simpósio de Especialistas em Operação de Centrais Hidrelétricas, Foz do Iguaçu – PR, Novembro 2002.
6. STA - Sistema para Tratamento de Alarmes Aplicado ao Sistema da CEMIG, X ERLAC – Encontro Latino Americano da Cigré, Puerto Iguazú, Argentina, Maio 2003.

Ressalta-se que o último trabalho relacionado acima (referência 6) recebeu o **Prêmio de Primeiro Lugar no Grupo de Planejamento do X ERLAC**, concedido ao melhor trabalho técnico.

Com relação à participação em eventos, em todos os fóruns relacionados aos trabalhos acima, houve participação de algum membro da equipe de desenvolvimento deste projeto P&D.

Dando suporte ao desenvolvimento do projeto, foi desenvolvida a Dissertação de Mestrado intitulada:

Especificação Técnica de um Sistema para Tratamento de Alarmes em Centro de Controle de Sistemas Elétricos de Potência

Essa dissertação foi defendida pelo Eng. Valter Resende Faria no PPGEE (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG) em Dezembro de 2002, tendo como orientadora a Profa. Maria Helena Murta Vale do LRC da UFMG.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto P&D foi finalizado, suas etapas foram cumpridas e os resultados pretendidos foram todos alcançados. As particularidades acerca do cronograma e do orçamento encontram-se detalhadas no seu relatório final, onde pode-se perceber o bom andamento do projeto nos diferentes aspectos.

Tendo em vista a importância do Tratamento de Alarmes para a operação dos sistemas elétricos, os resultados apresentados pelo STA e o cumprimento de toda a proposta feita a ANEEL, pode-se considerar que este Projeto P&D chegou ao seu final com sucesso.

Adicionalmente, pode-se dizer que o STA constitui-se em um grande avanço para a operação de tempo real nos Centros de Controle.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições das equipes de operadores do Centro de Operação do Sistema (COS) e de Integração e Manutenção de Sistemas de Controle da Gerência de Supervisão e Controle da Operação do Sistema da CEMIG, durante as fases de definição de requisitos e integração do sistema.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Periódicos:

- [1] V. R. FARIA, M. I. M. Vale, L. H. S. Toledo, L. E. Araújo, D. P. Rezende, M. H. M. Vale, G. G. Parma, “STA – Sistemas para Tratamento de Alarmes”, Revista Eletroevolução, CIGRÉ, No. 27, pp. 57 – 61, Junho 2002.
- [2] J. R. MCDONALD, D. M. Burt, D. J. Young, “Alarm Processing and Fault Diagnosis Using Knowledge Based Systems for Transmission and Distribution Network Control,” IEEE Transactions on Power Systems, vol.7, No. 3, August 1992.
- [3] D. S. KIRSCHEN, B. F. Wollenberg, Intelligent Alarm Processing in Power Systems; Proc. IEEE, vol.80, pp 663-672, May 1992.
- [4] C. A. PROTOPAPAS, “An Expert System For Substation Fault Diagnosis And Alarm Processing,” IEEE Transactions on Power Systems, vol.6, No. 2, April 1991.
- [5] B. F. WOLLENBERG, “Feasibility Study for an Energy Management System Intelligent Alarm Processor,” IEEE Transactions on Power Systems, vol. PWRS-1, No. 2, May 1986.

Livros:

- [6] A. P. BRAGA, A. P. L. F. Carvalho, T. B. Ludemir, “Fundamentos de Redes Neurais;” Rio de Janeiro, 1998, 246p.

Artigos em Anais de Conferências (Publicados):

- [7] M. H. M. VALE, V. R. Faria, M. I. M. Vale, G. G. Parma, “STA - Sistema para Tratamento de Alarmes Aplicado ao Sistema da CEMIG”, X ERLAC – Encontro Latino Americano da Cigré, Puerto Iguazú, Argentina, Maio 2003.
- [8] V. R. FARIA, M. I. M. Vale, L. E. Araújo, M. H. M. Vale, G. G. Parma., “STA – Sistema para Tratamento de Alarmes, Uma Ferramenta de Auxílio à Operação”; III SEPOCH – Simpósio de Especialistas em Operação de Centrais Hidrelétricas, Novembro 2002.
- [9] M. H. M. VALE, V. R. Faria, M. I. M. Vale, L. H. S. Toledo, L. E. Araújo, G. G. Parma, “STA - Alarm Processing System, Computational Tool Integrated into CEMIG Supervisory Control System,” VIII SEPOPE, Junho 2002.
- [10] V. R. FARIA, M. I. M. Vale, L. H. S. Toledo, L. E. Araújo, D. P. Rezende, M. H. M. Vale, G. G. Parma, “STA – Sistema para Tratamento de Alarmes;” VII EDAO – Encontro para Debates de Assuntos de Operação, Março 2002.

- [11] M. I. M. VALE, V. R. Faria, M. H. M. Vale, L. H. S. Toledo, L. E. Araújo, G. G. Parma, "Alarm Processing System – STA, Practical Tool Integrated into a Supervisory Control System", IEEE/PES T&D 2002 Latin America, Março 2002.
- [12] M. I. M. VALE, P. M. do Prado, M. H. M. Vale, M. P. B. J. Júnior, F. G. C. Coelho, "Automatic Voltage Control Integrated in a Supervisory Control System; International Colloquium and Meeting" – CIGRÈ, Novembro 1999.
- [13] M. H. M. VALE, M. S. Lameiras, M. V. C. Lobato, M. I. M. Vale, "SARESTA – Sistema de Restabelecimento Integrado ao Sistema de Supervisão e Controle Distribuído da CEMIG;" XV SNPTEE, Outubro 1999.
- [14] D. M. FALCÃO, "Intelligent Systems Applications To Power Systems In Brazil: Present Status And Perspectives"; VI SEPOPE, Junho 1998.

Dissertações e Teses:

- [15] Valter Resende Faria, "Especificação Técnica de um Sistema para Tratamento de Alarmes em Centro de Controle de Sistemas Elétricos de Potência", Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. 88p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Elétrica).
- [16] Alfredo Humberto Fernandez Insfrán, "Sistema Integrado de Diagnóstico de Eventos em Sistemas de Potência de Grande Porte". Itajubá: Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1999. 125p. (Tese, Doutorado em Engenharia Elétrica).
- [17] Maria Helena Murta Vale, "Centros Modernos de Supervisão e Controle de Sistemas de Energia Elétrica". Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1986. 336p. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Elétrica).