

Desenvolvimento de Sistema para Integração dos Sistemas SISRAIOS, Supervisório e de Proteção, fornecendo diagnóstico de possíveis causas e localização de falhas

Gilson Fernando Botta, CTEEP-SP; João Batista Rodrigues da Costa, CTEEP-SP;
Luiz Carlos Magrini, EPUSP-PEA e César Bravo, EPUSP-PEA.

Resumo - Perturbações nos sistemas de transmissão de energia elétrica ocorrem, inúmeras vezes, devido à incidência de descargas atmosféricas sobre seus componentes. Nestes casos, os operadores de um Centro de Operação devem adotar medidas, em tempo real, para garantir ao máximo a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, linhas de transmissão e subestações sob sua responsabilidade.

Diante disso, foi desenvolvido um aplicativo que serve como ferramenta de apoio à tomada de decisão em tempo real, permitindo ao operador do sistema constatar se a causa de uma perturbação foi ou não decorrente de uma descarga atmosférica. Esta ferramenta integra as funcionalidades anteriormente disponíveis em três outros sistemas utilizados na CTEEP, a saber: SISRAIOS, Sistema de Supervisão e Controle (SSC) e Sistema de Proteção.

A ferramenta proposta informa ao operador se uma determinada Linha de Transmissão está desligada, se a proteção que atuou indica um curto-circuito entre Fase e Terra e se houve incidência de descarga atmosférica na referida linha.

Palavras-Chave:

Recursos de Apoio à Tomada de Decisão, previsão de carga em tempo real, operação de sistemas de potência, tratamento inteligente de alarmes.

I. INTRODUÇÃO

Perturbações nos sistemas de transmissão de energia elétrica ocorrem, inúmeras vezes, devido à incidência de descargas atmosféricas sobre seus componentes. Nestes casos, os operadores de um Centro de Operação devem adotar medidas, em tempo real, para garantir ao máximo a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, linhas de transmissão e subestações sob sua responsabilidade. Diante disso, como projeto de Pesquisa e Desenvolvimento, aprovado pela A-

gência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foi desenvolvido, numa parceria entre a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP) e a Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista (CTEEP), um aplicativo que objetiva servir como ferramenta de apoio a tomada de decisão em tempo real, permitindo ao operador do sistema constatar se a causa de uma perturbação foi ou não decorrente de uma descarga atmosférica. A ferramenta, implementada com a utilização do ambiente de desenvolvimento Microsoft Visual Studio 2005 (ferramenta homologada pela CTEEP), promove a integração de outros sistemas atualmente utilizados na CTEEP, a saber: SISRAIOS, SSC – Sistema de Supervisão e Controle, e o Sistema Proteção.

O SISRAIOS é um programa desenvolvido pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR, bastante utilizado pelas áreas de análise de operação, que aponta a ocorrência de descargas atmosféricas e sua localização em um sistema georeferenciado, em tempo real.

As indicações de estado (ligado/desligado) de um determinado equipamento, bem como a indicação de atuação das proteções, são historiados e podem ser obtidos, em tempo real, no Sistema de Supervisão e Controle (SSC).

O sistema de integração monitora continuamente a incidência de descargas atmosféricas e o estado dos equipamentos do sistema de transmissão. Uma vez detectada a ocorrência de um desligamento intempestivo associado a uma descarga atmosférica nas proximidades do traçado de uma linha de transmissão ou de uma subestação, o aplicativo desenvolvido alerta o operador do Centro de Operação do Sistema (COS), e apresenta automaticamente o diagnóstico.

Dessa forma, o operador terá, por exemplo, a informação que uma determinada Linha de Transmissão está desligada, que a proteção que atuou indica um curto-circuito entre fase e terra e que houve incidência de descarga elétrica nas proximidades da referida linha. Em face da caracterização de perturbação decorrente de descarga atmosférica e da informação sobre a localização desta, o operador estará mais apto para tomar as medidas cabíveis, auxiliando o processo de recomposição do sistema.

A estrutura deste artigo segue as diferentes etapas de implementação do projeto: A seção II trata das indicações dos

Gilson Fernando Botta trabalha na Seção de Análise da Operação do COS da CTEEP

João Batista Rodrigues da Costa exerce o cargo de Supervisor da Seção de Análise da Operação do COS da CTEEP.

Luiz Carlos Magrini atua como professor universitário e integra o Grupo GAGTD na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como pesquisador/coordenador de Projetos.

César Bravo colaborou com o Grupo GAGTD na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo como pesquisador de Projetos.

desligamentos. A seção III trata dos registros das descargas atmosféricas. A seção IV descreve o cruzamento das informações dos desligamentos e das descargas atmosféricas. A seção V descreve o sistema desenvolvido. A seção VI apresenta as conclusões do projeto. A seção VII é dedicada às referências bibliográficas.

II. DESLIGAMENTOS

O sistema supervisorio consta de dois módulos computacionais que se complementam, descritos a seguir.

A. Sistema de Supervisão e Controle

O sistema supervisorio (SSC) efetua periodicamente a varredura das unidades terminais remotas (UTRs) obtendo a indicação de estado dos equipamentos instalados nas subestações de energia. As UTRs, por sua vez, estão conectadas a sensores instalados nos equipamentos manobráveis, capturando continuamente o estado operativo desses dispositivos. Essas informações de estado são transferidas por meio de uma rede de comunicações de dados ao sistema supervisorio (e ao mesmo tempo ao historiador, descrito na seção seguinte), onde serão identificadas por uma tag única.

As tags mais relevantes do processo são perenizadas numa base de dados histórica, a qual irá armazenar a evolução dessas grandezas ao longo do tempo, razão pela qual é também denominada de historiador.

B. Historiador das informações dos desligamentos numa base de dados histórica

Tendo em vista o enorme volume de informações coletados pelo Sistema de Supervisão e Controle, que é atualizado com uma periodicidade de quatro segundos, a CTEEP utiliza um software específico para o armazenamento histórico, denominado sistema historiador PI, da empresa OSI Soft, que armazena em formato proprietário os valores registrados pelo supervisorio em geral e, em particular, as indicações de estado dos disjuntores das linhas de transmissão, bem como dos indicativos de atuação dos relés de proteção.

Para viabilizar a integração, foram desenvolvidos módulos de software que acessam os registros do PI e extraem os registros correspondentes à atuação da proteção que indicam desligamento, e os salva em um servidor de banco de dados relacional exclusivo do sistema – que denominaremos BDD e será descrito na seção IV – em tabelas adequadas para o armazenamento dessas atuações.

III. DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Por outro lado, os dados de tempo real das descargas atmosféricas são disponibilizados pelo SIMEPAR na forma de um web-service, amparado por um contrato de serviços remunerado pela CTEEP. Com o objetivo de integrar esses dados com os registros da atuação da proteção oriundos do sistema supervisorio, foi projetado e desenvolvido um serviço no sistema operacional MS Windows, compatível com a arquitetura do MS Windows 2000 e XP, que tem como objetivo o resgate e a inserção das informações referentes à ocor-

rência de descargas atmosféricas na mesma base de dados onde ficam armazenados os dados dos desligamentos.

Esse serviço funciona monitorando a chegada dos dados obtidos do SIMEPAR e, a cada novo conjunto de dados que chega pela rede de comunicação de dados, provê a sua inserção na base de dados. O serviço foi configurado para ser iniciado automaticamente.

IV. CRUZAMENTO DAS INFORMAÇÕES

A fim de minimizar o impacto nos demais sistemas, foi concebida uma base de dados relacional BDD onde ficam concentradas todas as informações necessárias ao cruzamento. Esta base é alimentada com informações extraídas do SSC e do SISRAIOS, além de armazenar dados específicos à sua funcionalidade.

O cruzamento das informações é disparado pela indicação de atuação da proteção indicando desligamento e consultando as coordenadas das descargas atmosféricas ocorridas nos minutos anteriores ao desligamento. Junta-se a estes dados o traçado da LT obtido pela localização geográfica das torres associada a linha cujo disjuntor sofreu trip (desligamento).

Para tanto, além de armazenar as informações referentes aos desligamentos e da posição georeferenciada das torres das linhas de transmissão, foram também projetadas estruturas de dados para armazenar os desligamentos que foram associados a descargas atmosféricas. O cruzamento dessas informações é realizado cada vez que é identificado um desligamento, por rotinas programadas diretamente na base de dados.

Essas rotinas, para cada desligamento, resgatam as coordenadas dos raios registrados nos momentos que antecederam ao desligamento e calculam a distância entre a localização provável do raio, até cada segmento de reta definido por duas torres consecutivas da LT associadas ao disjuntor que acusou a mudança de estado espontânea.

Para efeito de pesquisa da causa do desligamento, considera-se que a precisão da localização de cada raio corresponde a uma circunferência com raio de 500 metros, com centro nas coordenadas identificadas pelo SIMEPAR. Portanto, se a distância entre a posição fornecida para a descarga atmosférica, a algum dos segmentos de reta definidos pelas coordenadas de duas torres consecutivas for menor que 500 metros, então é gerado um registro numa tabela da base de dados do sistema, associando esse evento meteorológico como sendo o possível causador do desligamento.

V. SISTEMA DESENVOLVIDO

O objetivo principal do sistema desenvolvido é a integração das informações presentes nos sistemas SISRAIOS, SSC e o Sistema de Proteção da CTEEP. A idéia central do projeto é utilizar os dados sobre descargas atmosféricas (raios), disponibilizados pelo sistema SISRAIOS, para determinar se eventuais desligamentos em linhas de transmissão (LTs) podem ser atribuídos a descargas atmosféricas nas proximidades do sistema elétrico.

De modo geral, as funções que a integração dos sistemas deve apresentar são as seguintes:

- Função de cadastro da topologia das linhas de transmissão;
- Função de Aquisição de dados da atuação da Proteção;
- Função de Aquisição de dados das descargas atmosféricas;
- Função de Cruzamento das informações da proteção com a localização das descargas atmosféricas;
- Função de apresentação gráfica do resultado do cruzamento dos dados.

A. Função de Cadastro da topologia das linhas de transmissão

Como infra-estrutura básica para este sistema é necessário dispor da localização geográfica das torres das linhas de transmissão (topologia da rede elétrica). Isto envolve a apresentação gráfica de dois tipos de informações: 1) contorno dos limites geográficos dos estados do Brasil, em coordenadas UTM e 2) coordenadas da posição de cada uma das torres para todas as linhas de transmissão (LTs), em termos de latitude e longitude.

Com os dados obtidos foi gerado no banco de dados uma tabela com o cadastro de todas as torres das linhas de transmissão da área de concessão da CTEEP.

1) Desenho dos mapas da federação

Os mapas para esta função foram obtidos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em formato SHAPE (do aplicativo ArcView©). Os arquivos obtidos apresentam as linhas divisórias que definem as unidades territoriais do Brasil. As bases cartográficas que compõem o produto utilizam como referência cartográfica, o sistema de coordenadas geográficas (latitude e longitude), sistema de projeção Universal Transverse Mercator - UTM e, como referência geodésica, o South American Datum 1969 (SAD69).

Os arquivos foram exportados (utilizando o software GeoMedia©) para arquivos de texto contendo as coordenadas UTM. Foi desenvolvido um módulo de software, denominado “PlotaMapa”, que converte as coordenadas UTM dos limites geográficos dos estados brasileiros para o sistema de referência de longitude e latitude e os desenha na interface gráfica do sistema.

Esse módulo é chamado a partir do menu “Mapas”, que permite o desenho dos contornos dos estados de qualquer região (Norte, Nordeste, Sudeste, Sul, Centro-Oeste) do Brasil ou, ainda, escolher o arquivo de um estado específico para ser apresentado graficamente na tela. Os limites geográficos são desenhados na cor preta. Os arquivos com as coordenadas dos mapas ficam salvos no subdiretório “mapas” do diretório de instalação do software. A Figura 1 ilustra o menu “Mapas” na interface de usuário.

Outras divisões geopolíticas poderão ser incluídas no sistema, fornecendo um arquivo com os dados no mesmo formato e colocando mais uma chamada do módulo “PlotaMa-

pa”, com os parâmetros adequados, no menu “Mapas” e recompilando o sistema.

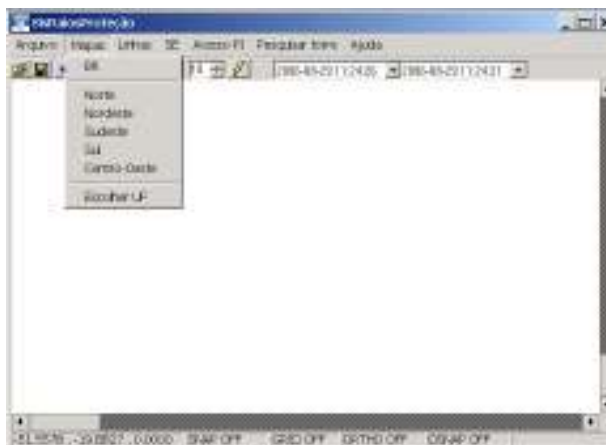


Figura 1. O menu “Mapas” da interface do sistema

A Figura 2 apresenta o desenho obtido para o estado de São Paulo, usando a opção “Escolher UF” do menu “Mapas”.



Figura 2. O mapa do estado de São Paulo, obtido através da opção “Escolher UF”

2) Plotagem das linhas de transmissão

Para compatibilidade com o sistema existente, foram aproveitados os arquivos já existentes na CTEEP, contendo as coordenadas dos suportes das linhas de transmissão (LTs). Para tanto, foi desenvolvido um módulo de software, denominado “PlotaLinha”, capaz de ler esses dados, segundo parâmetros que identificam o arquivo contendo os dados a serem plotados e a cor com a qual devem ser apresentados essas LTs.

Esse módulo é disparado a partir de cada um dos seis itens do menu “Linhas”, que permitem desenhar as linhas de 69kV, 88kV, 138kV, 230kV, 345kV e 440kV nas cores azul, vermelho, verde, azul marinho, magenta e verde, respectivamente. A Figura 3 apresenta o menu “Linhas”, mostrando um exemplo de plotagem de duas classes de tensão.

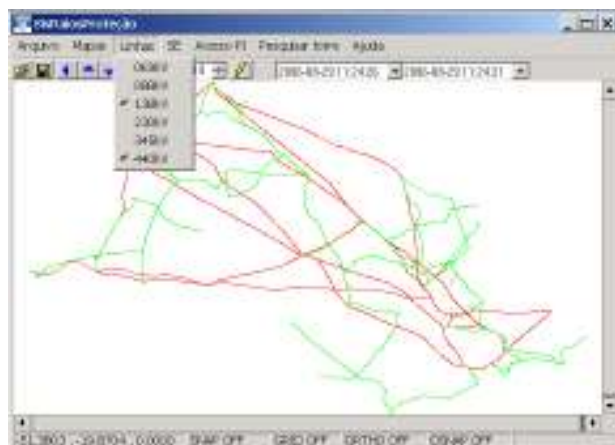


Figura 3. O menu “Linhas” da interface do sistema

A Figura 4 mostra a imagem das linhas de transmissão para todos os níveis de tensão sobre o mapa do estado de São Paulo.

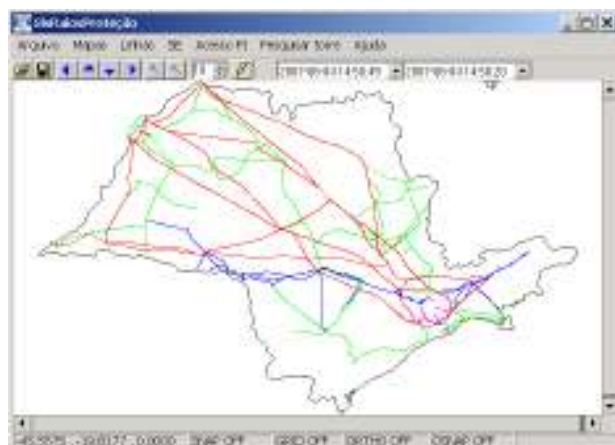


Figura 4. Linhas de transmissão e o estado de São Paulo

O sistema permite ainda, através da opção “Pesquisar torre”, realizar uma pesquisa de todas as torres cujos nomes atendam um padrão definido pelo usuário. A Figura 5 apresenta o resultado da pesquisa por torres chamadas “T000P” na linha de 440kV; em particular pode-se notar, nesta figura, que em diferentes trechos da linha podem existir torres diferentes que tem o mesmo nome.

Utilizando os controles de data e hora que se encontram no menu de atalhos da interface, também é possível pesquisar o histórico dos desligamentos já registrados, tanto no diretório local quanto no BDD, em períodos definidos pelo usuário.

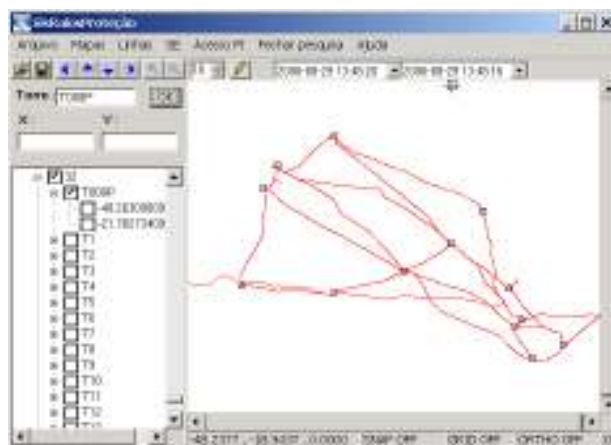


Figura 5. Resultado de pesquisar a torre “T000P” na linha de 440kV

Além disso, a interface do sistema permite acompanhar as descargas atmosféricas em tempo real tanto no diretório local (recebidas do SIMEPAR em tempo real), quanto nos registros do BDD. A Figura 6 apresenta esta última funcionalidade.

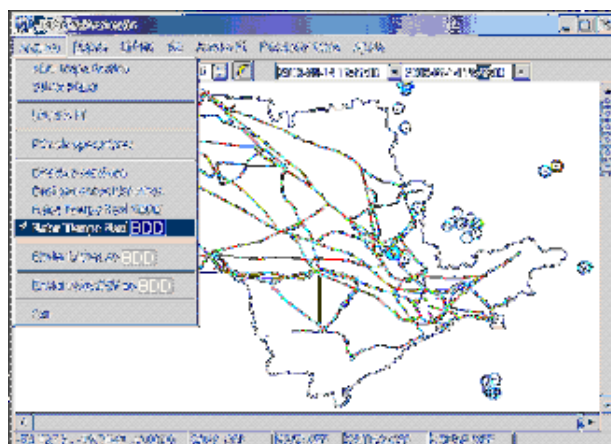


Figura 6. Raios de tempo real registrados no BDD

Esse último menu lista também algumas outras facilidades, que descritas sumariamente:

Abrir Mapa Gráfico: para recuperar uma imagem previamente gravada.

Salvar Mapa: para salvar as imagens presentes na tela da interface.

Usuário PI: para cadastrar o nome de usuário e a senha para acesso ao historiador.

PCs de operadores: Para cadastrar os PCs que devem receber mensagens quando o sistema acusar que um desligamento pode ter sido provocado por uma descarga atmosférica.

Diretório histórico: para informar em qual diretório o sistema pode encontrar os registros de descargas atmosféricas obtidos do SIMEPAR.

Enviar linhas ao BDD: para atualizar o cadastro das linhas de transmissão no banco de dados.

Enviar raios CSV ao BDD: para carregar no banco de dados os arquivos texto cujos campos estejam separados por vírgulas (formato CSV), contendo as descargas atmosféricas, em caso de falha do serviço de inserção automática.

B. Função de Aquisição de dados da atuação da Proteção

Na ausência de uma base de dados que concentre a atuação de todos os relés da proteção da empresa, é necessário se obter os dados de proteção indiretamente através da base de dados do SCC, ou seja, do sistema historiador. Como o historiador armazena os dados de forma compactada, a recuperação dos dados se dá por meio de uma biblioteca de interface com este produto, denominada PI API, que pode ser integrada com aplicativos desenvolvidos no ambiente Visual Basic 6 ou Visual Basic Net 2003. A CTEEP está realizando a reconfiguração do sistema PI de forma a codificar a informação sobre a atuação dos relés da proteção no atributo “Quality” das tags associadas aos disjuntores localizados nas extremidades das linhas de transmissão.

Foi desenvolvido um módulo de software para acessar esses dados e inserir no banco de dados do sistema, somente aqueles que sofreram alteração de estado, provocado pela atuação da proteção de acordo com o novo código registrado no atributo “Quality” dos tags associados aos disjuntores de saída e entrada das linhas de transmissão.

As operações que o sistema é capaz de realizar, interagindo com o historiador PI, são:

- Gerenciar as tags dos disjuntores das LTs, permitindo adicionar novas tags e salvá-las no banco de dados BDD;
- Fazer uma conexão ao servidor PI de modo que sejam obtidos os valores mais recentes das tags referentes à atuação da proteção, e
- Iniciar e deter o processo de monitoração de desligamentos para realizar o cruzamento dessas informações com os dados dos raios de tempo real que são enviados ao banco de dados.

A Figura 7 apresenta o menu “Acesso PI”.



Figura 7. Menu “Acesso PI”

A seguir serão descritas cada uma das funcionalidades deste menu.

1) Cadastro de Tags

Esta opção abre uma tela, mostrada na Figura 8, onde são apresentados os registros das tags armazenados no arquivo “`..\config\tags.txt`”, contendo a informação requerida pelo sistema para realizar o cruzamento das informações dos desligamentos com as informações das descargas atmosféricas.



Figura 8. Cadastro das tags

2) Procurar Arquivo

Esta opção abre uma tela, como mostrado na Figura 9, que permite escolher qualquer arquivo do diretório “`..\config`” para ser carregado na tela de cadastro de tags.

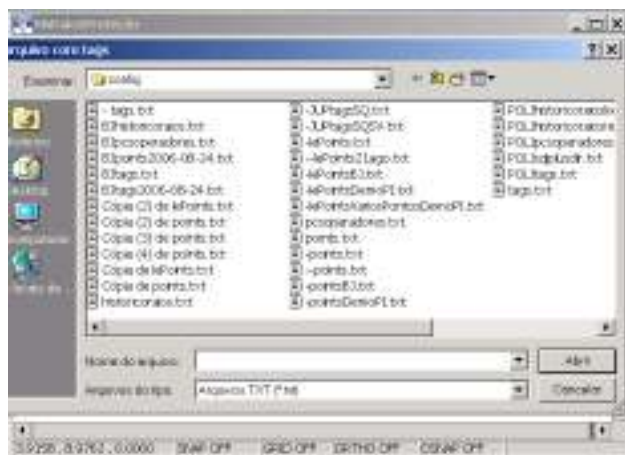


Figura 9. A opção “Procurar arquivo”

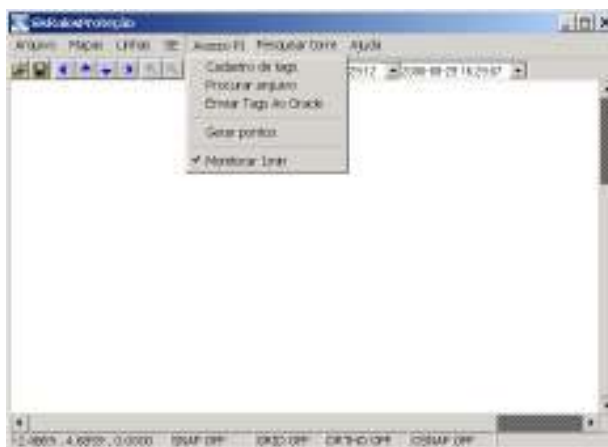


Figura 10. A opção “Monitorar 1 min” ativa

Enviar Tags ao BDD

Esta opção estabelece comunicação com o banco de dados BDD, apaga todos os dados na tabela “DJPROTECAO” e depois disso envia cada LT do arquivo “..\configtags.txt” para a tabela “DJPROTECAO”, atualizando deste modo o cadastro dos disjuntores das LTs no banco de dados.

3) Consultar PI

Esta opção ativa o módulo de software “myPIconnection”, o qual estabelece comunicação com o servidor PI usando os parâmetros de conexão definidos no arquivo “..\configPIusuario.txt” e consulta o valor do atributo “status” das tags dos disjuntores definidos no arquivo “..\configtags.txt”.

4) Monitorar 1 min

Esta opção permite iniciar ou parar a monitoração de desligamentos e o cruzamento dessa informação com a informação de tempo real das descargas atmosféricas. Enquanto esta opção estiver ativa, as opções “Arquivo|Raios Tempo Real REDE” e “Arquivo|Raios Tempo Real BDD” são desativadas para evitar conflitos de concorrência ao uso da interface gráfica e à varredura dos dados dos raios no servidor de BDD.

Quando a opção “Monitorar 1 min” é clicada, é iniciado um dispositivo temporizador lógico que produz sinais para o sistema a cada minuto e a opção fica assinalada na interface, como mostra a Figura 10.

Para deter a monitoração, simplesmente deve-se clicar novamente no menu, fazendo com que a opção deixe de estar assinalada.

Enquanto a monitoração estiver ativada, como resposta ao sinal do relógio a cada minuto, o sistema consultará o historiador PI para determinar se alguma das tags registra desligamento.

Em caso afirmativo, é chamada a rotina STORED PROCEDURE “INSEREDESLLIGAMENTO” no servidor de BDD, passando, entre outros argumentos, a data e hora do desligamento, a tag do disjuntor que sofreu trip (desligamento automático) e o valor armazenado no historiador PI indicando o desligamento.

Esta rotina, “INSEREDESLLIGAMENTO”, cadastra o desligamento na tabela “ATUACAOPROTECAO” do BDD; e a inserção de um registro nessa tabela dispara por gatilho a rotina STORED PROCEDURE “SPRAIOS_PROX”, a qual irá determinar, usando os traçados das linhas de transmissão e o cadastro das tags dos disjuntores de proteção, se existem registros de ocorrência de descargas atmosféricas a menos de 500 metros da LT cujo disjuntor sofreu trip.

Em caso afirmativo, esses raios são inseridos na tabela “DXRAIOS” no BDD, ficando associados ao desligamento que iniciou o processamento. A seguir, o aplicativo consulta a tabela “DXRAIOS” chamando a rotina STORED PROCEDURE “DXRDATAHORA”, passando como parâmetro a data e hora do desligamento. Esta rotina resgata para o aplicativo todas as descargas atmosféricas associadas ao desligamento nesse horário.

Em seguida, processa a sua apresentação gráfica na interface do usuário, como mostra a Figura 11.

Para mostrar em forma tabular as informações dos disjuntores manobrados e das proteções que promoveram o sinal de trip, o aplicativo dispara a rotina STORED PROCEDURE “DXPDATAHORA”, passando como parâmetro a data e hora do desligamento.

Esta rotina irá resgatar do BDD todos os disjuntores que foram manobrados e todas as proteções que atuaram nesse intervalo de tempo. O aplicativo apresenta esses dados em forma tabular, como apresentado na Figura 11. A localização do raio é o vértice do triângulo com catetos verdes.

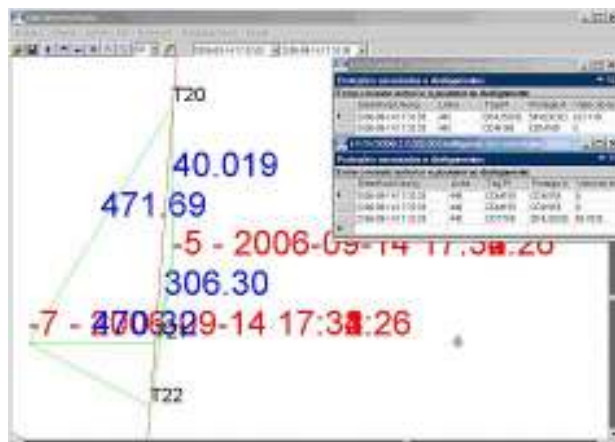


Figura 11. Desligamentos e raios associados

Nesta figura, observa-se na cor vermelha e acima da posição do raio, a intensidade da corrente do raio em kA, seguida da data e hora da ocorrência dessa descarga. Em azul, e no ponto médio do segmento do raio até a torre **T1**, é anotada a distância até segmento **T1T2**. As identificações das torres são grafadas em preto e, para cada par de torres, a de menor numeração faz o papel de **T1** e a de maior numeração faz o papel de **T2**.

Como exemplo de dados armazenados, para os desligamentos mostrados na figura acima, foram salvos em arquivo os dados que descrevem os resultados do teste, apresentados nas Tabelas I e II.

A coluna “**DLIR**” registra a distância, em metros, entre a localização do raio e a linha. Esta distância é contabilizada pelo segmento definido pelas torres indicadas nas colunas “**T1**” e “**T2**”.

Tabela I. Dados sobre a tag CAV0.440GSPDJ-23.SV

DATA DJ	LINHA	TAG DJ								
2006-01-31-18:09:10	440	CAV0.440GSPDJ-23.SV								
HORARA IO	LONR	LATR	CKAR	DLIR	T1	LONT1	LATT1	T2	LONT2	LATT2
18:09:29	-47,1110	-23,3617	-6	471,69	T20	-47,1061	-23,3536	T21	-47,1067	-23,3616
18:09:29	-47,1110	-23,3617	-6	470,32	T21	-47,1067	-23,3616	T22	-47,1069	-23,3638
18:09:29	-47,1062	-23,3590	-6	40,01	T20	-47,1061	-23,3536	T21	-47,1067	-23,3616
18:09:29	-47,1062	-23,3590	-6	306,30	T21	-47,1067	-23,3616	T22	-47,1069	-23,3638

Tabela II. Dados sobre a tag EMG0.440GSPDJ-19.SV

DATA DJ	LINHA	TAG DJ								
2006-01-31-18:10:01	440	EMG0.440GSPDJ-19.SV								
HORARA IO	LONR	LATR	CKAR	DLIR	T1	LONT1	LATT1	T2	LONT2	LATT2
18:10:24	-47,0041	-23,5670	-21	487,51	T79	-47,0023	-23,5624	T80	-46,9984	-23,5665
18:10:24	-47,0008	-23,5601	-21	306,40	T78	-47,0058	-23,5587	T79	-47,0023	-23,5624
18:10:24	-47,0008	-23,5601	-21	314,57	T79	-47,0023	-23,5624	T80	-46,9984	-23,5665
18:10:24	-47,0113	-23,5590	-21	460,84	T77	-47,0095	-23,5548	T78	-47,0058	-23,5587
18:10:24	-47,0059	-23,5545	-21	408,57	T76	-47,0110	-23,5532	T77	-47,0095	-23,5548
18:10:24	-47,0059	-23,5545	-21	320,20	T77	-47,0095	-23,5548	T78	-47,0058	-23,5587
18:10:24	-47,0059	-23,5545	-21	468,09	T78	-47,0058	-23,5587	T79	-47,0023	-23,5624

C. Função de Aquisição de dados das descargas atmosféricas

A localização geográfica das descargas atmosféricas é disponibilizada pelo software SISRAIOS, comercializado pelo SIMEPAR, em arquivos de texto (1) contendo a data e hora da ocorrência da descarga atmosférica, sua localização em coordenadas expressas pela longitude e latitude, bem como sua intensidade retratada em kA.

Esses arquivos são gravados pela versão do SISRAIOS específica da CTEEP, quando é ativada a opção “Raios de tempo real”. O nome dos arquivos gerados é formado pela justaposição da data e hora de gravação no disco local, sendo que esse horário tem um atraso de aproximadamente, um minuto com respeito ao raio mais antigo registrado internamente no arquivo.

A outra forma que o SISRAIOS utiliza para transferência das ocorrências (2), se dá por meio de arquivos texto separados por vírgulas (ou arquivos CSV), contendo a data e hora da descarga atmosférica, as coordenadas de latitude e longitude, bem como a intensidade da corrente, em kA, da descarga atmosférica. Estes arquivos são obtidos como resultado de uma consulta ao histórico de raios do SIMEPAR. O nome destes arquivos depende da escolha do usuário.

Foi desenvolvido um módulo de software, denominado “PlotaRaios”, capaz de ler e representar no mapa de forma georeferenciada as informações descritas no item (1), no parágrafo primeiro desta seção. Para tanto, o usuário deve escolher um intervalo de tempo, ou seja, uma data e hora inicial e uma data e hora final. Esta ação é realizada escolhendo esses parâmetros em dois componentes de calendário da interface.

Graficamente, os raios são identificados de acordo com a seguinte codificação cromática:

- Vermelho: descargas ocorridas no primeiro minuto seguinte ao horário inicial.
- Azul: descargas ocorridas no segundo minuto seguinte ao horário inicial.
- Azul claro: descargas ocorridas nos minutos três e quatro seguintes ao horário inicial.
- Amarelo: descargas ocorridas no quinto minuto seguinte ao horário inicial.
- Verde: descargas ocorridas entre os minutos 5 e 59, depois do horário inicial.
- Preto: descargas ocorridas depois de uma hora depois do horário inicial.

A Figura 12 apresenta as descargas registradas no período das 18h05min às 18h14min, do dia 31 de janeiro de 2006.

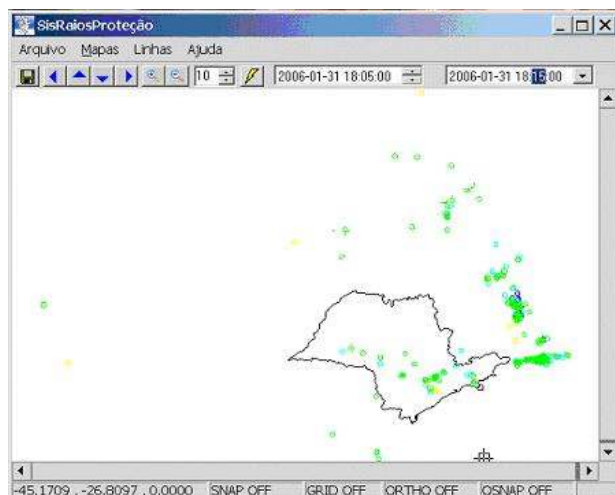


Figura 12. Raios entre 18h05min e 18h14min de 31/1/2006

D. Função de Cruzamento das informações da proteção com a localização das descargas atmosféricas

As indicações da atuação da proteção que resultaram em desligamentos são enviadas ao banco de dados, no qual é realizado um cruzamento entre a localização da descarga atmosférica e o traçado das linhas de transmissão.

O resultado desse cruzamento indica quais desligamentos podem ter como causa eventuais descargas atmosféricas e é apresentado, em forma gráfica na interface descrita.

A Figura 13 apresenta um exemplo do resultado desse cruzamento.

No caso de existirem desligamentos que o sistema diagnostique como passíveis de terem sido causados por raios, o operador recebe uma série de mensagens, às quais tem que responder reconhecendo-as, para poder liberar sua sessão, como mostra Figura 14.



Figura 13. Ocorrências de raios que podem ter causado um desligamento.

A primeira mensagem alerta sobre um desligamento sofrido por um disjuntor sem estar atrelado a atuação de uma proteção. Já a segunda mensagem reporta um desligamento sofrido pelo disjuntor com a tag "SINUSOID", sendo que este disjuntor sofreu comando de trip como resultado da atuação da proteção "CDT158" e sendo que essa proteção teve, no momento do desligamento, valor 55.5640. Este valor simboliza, no contexto do SSC da CTEEP, a atuação da proteção.



Figura 14. Exemplos de mensagens para o operador

VI. CONCLUSÕES

O sistema desenvolvido tornou-se uma ferramenta de auxílio na identificação da origem dos desligamentos que acontecem nas linhas de transmissão na área de concessão da empresa.

Várias questões sobre a exatidão dos dados utilizados pelo sistema foram identificadas: em primeiro lugar, a exatidão das coordenadas do local das descargas atmosféricas depende da exatidão de sua posição relativa aos sensores do SIMEPAR e é menor ao sul da área de concessão da empresa.

Por outro lado, existe também certa imprecisão na localização geográfica nas coordenadas das torres das linhas de transmissão, pois foram levantadas em época que os aparelhos GPS não possuíam a exatidão submétrica.

Finalmente, o sistema de referência geográfica utilizado no projeto, SAD69, como todo sistema deste tipo, introduz certas imprecisões devido às considerações que faz para modelar a realidade geográfica.

Por esses motivos, não é possível indicar com certeza absoluta que um raio atingiu uma determinada linha de transmissão, mas fornece ao operador do sistema subsídios para indicar que a causa da perturbação pode ter sido decorrente de uma descarga atmosférica.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. C. Magrini, J. A. Jardini, C. A. B. Pariente, F. M. Cunha. *Correlation Between Meteorological Conditions and Subtransmission and Distribution Networks Faults*.

- IEEE/PES T&D 2002 LATIN AMERICA, 2002, São Paulo, Brazil.
- [2] LIN, W. M.; TSAY, M. T.; WU, S. W. *Application of geographic information system for substation and feeder planning*. *Electrical Power Systems*, V.18, N.3, 1996. p175-183.
- [3] Fred Elemendorf, Lee King, Michael Ingram. *Correlating Voltage Sags with line Faults and Lightning*, IEEE Computer Applications in Power, Volume 14, Number 2, April 2000 (ISSN 0895-0156).
- [4] Kosmac, J. e Djurica, V; *Real-time powerline outage to lightning location correlator*; International Lightning Detection Conference. 7 e 8 de novembro, Tucson EUA.2000.
- [5] López, R.E., Holle, R.L., Watson, A.I. *Spatial and temporal distributions of lightning over Arizona from a power utility perspective*. *J. Applied Meteorology*, 36, 825-831. 1997.
- [6] AHRENS, D. L.; LAZARUS, S. P. *Using AM/FM/GIS Data Within a Distribution Automation System*. AM/FM International, pp. 629-638, 1994.
- [7] WEBER, M. A. A. *Aspectos da implementação de projetos AM/FM baseados em sistemas de informações geográficas para redes de distribuição de energia*. São Paulo, 1995. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP)
- [8] CRISPINO, F.; JARDINI, J. A.; MAGRINI, L. C.; SCHMIDT, H. P. *GIS-Based Primary Distribution Feeder Reconfiguration* In. IEEE/PES T&D 2002 LATIN AMERICA, 2002, São Paulo, Brazil. GIS-Based Primary Distribution Feeder Reconfiguration, 2002.

Engenharia Ltda. Atualmente, além de professor universitário faz parte, como pesquisador/coordenador de Projetos, do Grupo GAGTD na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

César Bravo, graduou-se em Pesquisa Operacional na “Facultad de Ciencias Matemáticas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos”, em 1989. Recebeu o título de mestre pelo Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo em 1996. Recebeu o título de doutor pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 2004.

VIII. BIOGRAFIAS

Gilson Fernando Botta, graduou-se em Ciência da Computação em 1999 e em 2002 concluiu o Mestrado em Física na UNESP. Atualmente trabalha na Seção de Análise da Operação do COS da CTEEP.

João Batista Rodrigues da Costa, graduou-se em Engenharia Elétrica em 1985 e concluiu o MBA Executivo USP em 2003. Atualmente exerce o cargo de Supervisor da Seção de Análise da Operação do COS da CTEEP.

Luiz Carlos Magrini, graduou-se pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 1977 (Engenharia Elétrica). Recebeu pela mesma instituição o título de MSc e PhD em 1995 e 1999, respectivamente. Trabalhou por 17 anos na Empresa Themag