



**XXI SNTPEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GTL

MONITORAMENTO METEOROLÓGICO E ALERTA DE CONDIÇÕES DE TEMPO SEVERO NO TRONCO DE 765kV NO PARANÁ E EM SÃO PAULO

**Marco A. R. Jusevicius (*)
SIMEPAR**

**César A. A. Beneti
SIMEPAR**

**Cezar G. Duquia
SIMEPAR**

**Eduardo A. Leite
SIMEPAR**

RESUMO

O distúrbio ocorrido no tronco de 765kV em novembro de 2009 ocasionou grandes transtornos para milhões de consumidores em várias regiões do país. Este evento mostrou a necessidade do monitoramento meteorológico ininterrupto deste sistema de transmissão de energia elétrica, dada a importância estratégica de sua adequada operação. A partir da infraestrutura de monitoramento hidrometeorológico na região do tronco de transmissão, o Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS e o Instituto Tecnológico SIMEPAR realizam o acompanhamento das condições de tempo de forma sistemática, e o ONS emite boletins de tempo severo para o tronco de 765kV (entre Foz do Iguaçu/PR e Mogi das Cruzes/SP). Com base nestes boletins, o ONS pode alterar a operação eletroenergética a fim de garantir condições mais seguras para o Sistema Interligado Nacional - SIN.

PALAVRAS-CHAVE

Operação, Distúrbios, Tempestades, Transmissão, Meteorologia

1.0 - INTRODUÇÃO

O tronco de transmissão de 765kV tem importância estratégica para a operação do Sistema Interligado Nacional - SIN, em razão de ser a infraestrutura responsável pelo transporte da energia gerada na Usina Hidroelétrica de Itaipu para os subsistemas Sul e Sudeste. Em 2010, através deste tronco foram escoados cerca de 4000 MW para o SIN, que representou neste ano 7% da energia consumida em todo o SIN.

Pelo fato de estar localizada em uma região em que atuam diversos sistemas meteorológicos que têm como característica ocasionar condições de tempo severo, o monitoramento das condições meteorológicas no tronco de transmissão de 765kV é necessário para orientar as atividades de programação e operação em tempo real. A atuação e a consequência destes sistemas meteorológicos sobre as linhas de transmissão são apresentados em [3] e [5]. Através de monitoramento realizado pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, o qual tem a atribuição de planejar, programar e operar o SIN, pode ser identificadas situações de risco de ocorrência de perturbações na infraestrutura de transmissão de 765kV, que demandem a adoção de medidas de segurança adicional para este tronco.

Em novembro de 2009, a ocorrência de uma falha simultânea em três circuitos do tronco de 765kV na subestação de Itaberá no estado de São Paulo, originou um blecaute em vários estados brasileiros por algumas horas. As análises realizadas em conjunto por Eletrobrás Furnas, Eletrobrás Cepel e o ONS, posteriormente ao evento, identificaram a ocorrência de chuva forte na SE Itaberá como sendo uma das causas mais prováveis desta perturbação.

A partir deste evento, reconhecendo a importância de realizar aperfeiçoamentos nos procedimentos de monitoramento das condições de tempo severo na operação do SIN, o ONS em maio de 2010 passou a contar com o serviço de vigilância contínua das condições de tempo no tronco de 765kV. Este serviço vem sendo desempenhado com o suporte técnico do Instituto Tecnológico SIMEPAR. Posteriormente, recomendação da

(*)Instituto Tecnológico SIMEPAR - Centro Politécnico da UFPR - Jardim das Américas - Caixa Postal 19100
CEP 81531-980 - Curitiba - PR – Brasil - Tel.: (41) 3320-2000 (41) 3320-2000 - E-mail: marco@simepar.br

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL corroborou esta intensificação do monitoramento das condições de tempo nesta região.

2.0 - TRABALHO COOPERATIVO ENTRE ONS E SIMEPAR E DIVISÃO DO TRECHO DO TRONCO

A função de monitorar e verificar as condições de risco de eventos meteorológicos severos em todo o trajeto do tronco de 765 kV entre Foz do Iguaçu (no estado do Paraná) e Mogi das Cruzes (no estado de São Paulo) para fins de operação do SIN está a cargo da equipe de meteorologia do ONS. Esta equipe trabalha em período de expediente comercial, permanecendo em estado de sobreaviso para eventuais contingências. Devido a disponibilidade da equipe de meteorologistas do SIMEPAR em regime de escala de revezamento ininterrupto, o que proporciona a presença de profissionais capacitados para dar o suporte meteorológico necessário nos momentos em que a equipe do ONS não está disponível. O trabalho cooperativo entre as instituições ficou definido da seguinte maneira:

a. no período de expediente normal (segunda a sexta-feira), o monitoramento do tronco está a cargo dos meteorologistas do ONS, ficando a equipe do SIMEPAR como suporte técnico adicional, disponível para troca de informações e análises técnicas para subsidiar a equipe do ONS em seu trabalho;

b. nos períodos noturnos e nos finais de semana, o monitoramento do tronco está a cargo dos meteorologistas do SIMEPAR, que entram em contato direto com os meteorologistas do ONS informando aquele setor sobre a evolução das tempestades e do risco de ocorrer tempestades nas proximidades do tronco.

Com esta divisão objetiva de trabalho das duas equipes para cobrir todo o período das 24 horas diárias, em 365 dias por ano, o ONS terá sempre a melhor informação meteorológica necessária para poder trabalhar os cenários operativos de maneira mais adequada possível.

Outra ação técnica foi dividir a extensão do tronco de 765kV em trechos para que as informações do monitoramento e dos alertas fossem disponibilizadas de forma objetiva para os usuários desta informação. Dessa forma, foram selecionados 3 trechos a partir das subestações: Foz do Iguaçu-PR a Ivaiporã -PR, Ivaiporã -PR a Itaberá-SP e Itaberá-SP a Tijucu Preto em Mogi das Cruzes-SP.

3.0 - MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES DE TEMPO – ONS

Para realizar o monitoramento das condições de tempo nas linhas de transmissão, o ONS coleta e processa dados e informações meteorológicas observadas e previstas de diversas instituições de meteorologia e de Agentes do setor elétrico.

Os dados observados incluem as variáveis meteorológicas coletadas nas estações meteorológicas convencionais e automáticas, os dados de descargas elétricas, as imagens de radar e de satélite. A frequência de coleta destas informações varia de 1min, no caso das descargas elétricas, a 1 hora para as estações meteorológicas, exceto a precipitação que em estações convencionais é obtida a cada 24 horas. Para gerir estas informações de forma eficaz o ONS possui vários sistemas computacionais que armazenam, distribuem e permitem a visualização destes dados.

As previsões meteorológicas consideradas neste monitoramento contemplam os modelos numéricos de previsão do tempo disponibilizados pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos- CPTEC, pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA e pelo Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

Todas estas informações integradas permitem acompanhar o desenvolvimento dos sistemas meteorológicos que atuam no país e que podem ocasionar condições de tempo severo nas linhas de transmissão e nas bacias hidrográficas com aproveitamentos hidroelétricos integrantes do SIN.

Para o monitoramento das condições de tempo do tronco de transmissão de 765kV o ONS utiliza os dados da rede de estações meteorológicas automáticas, do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e do Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA existentes nos estados da região Sul, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Por estes estados se deslocam ou se formam os sistemas meteorológicos que ocasionam alterações significativas nas condições de tempo na região do referido tronco de transmissão. Estas estações fornecem informações horárias de diversas variáveis meteorológicas, entre elas o vento, temperatura, pressão e precipitação.

No caso da precipitação também são utilizados os dados coletados nos postos pluviométricos pertencentes aos Agentes de Geração, porém este valor refere-se ao total acumulado em 24 horas, e é repassado ao ONS somente uma vez por dia.

Na Figura 1 é apresentada a rede de estações meteorológicas utilizadas pelo ONS no monitoramento das condições de tempo.

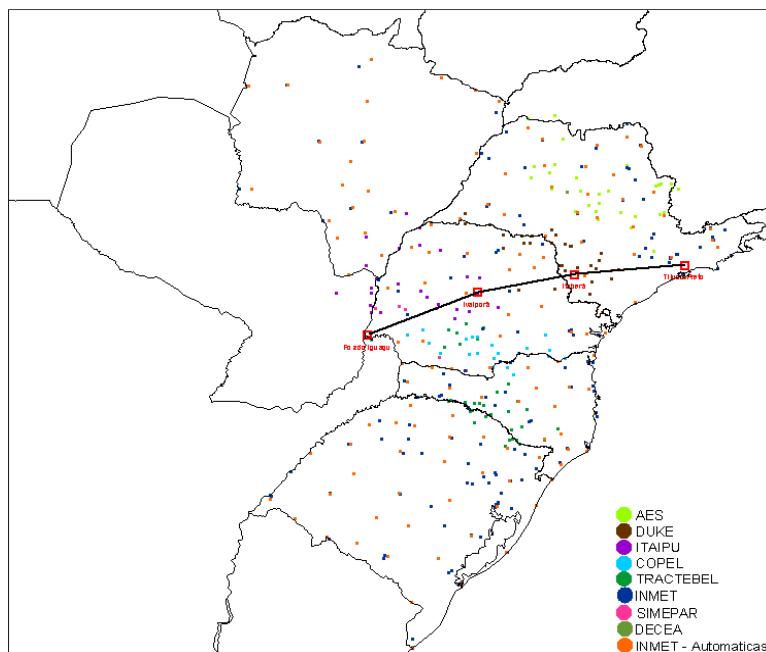


Figura 1: Rede meteorológica e pluviométrica do DECEA, INMET e Agentes de Geração.

Para esta região são utilizadas as informações de descargas atmosféricas provenientes da Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas – RINDAT, cujos sensores e cobertura são mostrados na Figura 2. O intervalo de tempo entre a ocorrência da descarga e a visualização da informação é em média inferior a 1min, dependendo da configuração da central de processamento.

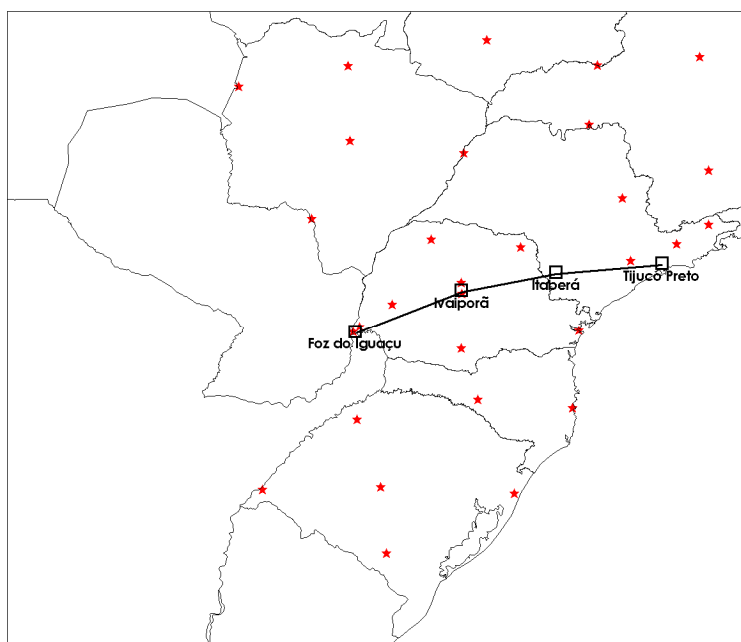


Figura 2: Rede de sensores de descargas atmosféricas da RINDAT.

Por último são utilizadas as informações dos radares meteorológicos do DECEA, SIMEPAR e do Instituto de Pesquisas Meteorológicas – IPMet que permitem identificar em tempo real a severidade de uma tempestade por meio da estimativa do vento e da precipitação. A localização e o alcance dos radares utilizados no monitoramento são apresentados na Figura 3.

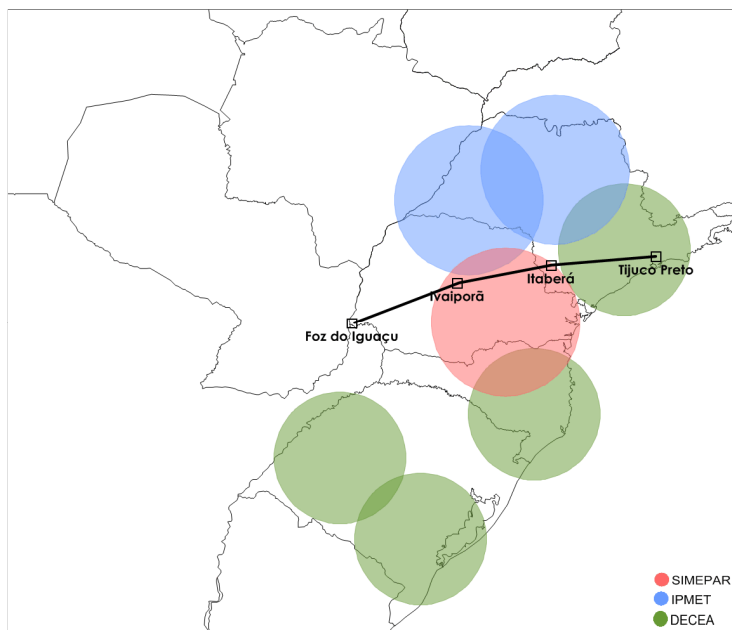


Figura 3: Rede de radares do DECEA , SIMEPAR e do IPMet.

4.0 - MONITORAMENTO E ALERTA DE TEMPESTADES – SIMEPAR

Como o SIMEPAR possui diversos sistemas de telemetria hidrometeorológica instalados no estado do Paraná, o instituto possui as condições ideais para realizar este tipo de ação neste trecho do tronco de 765kV. A estruturação e o funcionamento de um sistema de monitoramento meteorológico com capacidade de realizar o acompanhamento de tempestades em sistemas de transmissão de energia elétrica são mostrados em [1]. Este sistema foi concebido para o estado do Paraná inicialmente visando os interesses da Companhia Paranaense de Energia – COPEL, empresa local de energia elétrica. Contudo, a mesma infraestrutura pode ser utilizada por empresas ou usuários específicos que necessitem de informações hidrometeorológicas da área de atuação destes sistemas.

Os sistemas de telemetria operados e mantidos pelo SIMEPAR serão descritos brevemente:

4.1 Rede Telemétrica Hidrometeorológica

Uma rede de estações meteorológicas e hidrológicas instaladas em áreas estratégicas do estado do Paraná que fornecem dados meteorológicos e hidrológicos com uma frequência temporal de 15 minutos. A transmissão dos dados dessas estações é realizada por satélite, por telefonia celular ou por um canal de dados físico (fibra ótica). Todas as informações são enviadas para o SIMEPAR, são consistidos por um programa de controle de qualidade, que qualifica todas as informações recebidas e então são armazenadas em banco de dados específico para consultas e estudos.

4.2 Sistema de Recepção e Análise de Imagens de Satélites Meteorológicos

Uma estação de recepção de dados de satélites meteorológicos que monitoram toda a área da América do Sul e arredores. Esta estação recebe os dados enviados pelo satélite, que posteriormente processa e analisa estas informações e gera imagens e outros tipos de dados para que os meteorologistas possam analisar de maneira adequada a situação do tempo na área de interesse.

4.3 Radar Meteorológico Doppler

O radar meteorológico possui a capacidade de detectar os hidrometeoros (gotas de nuvem e de chuva, granizo, neve, entre outros) presentes na atmosfera. Já a informação de velocidade Doppler permite avaliar qual é a velocidade de aproximação e/ou de afastamento desses hidrometeoros em relação a posição do radar. Com essas informações é possível avaliar intensidade e a velocidade de deslocamento das tempestades na área de atuação do radar, que permite aos meteorologistas realizarem previsões de muito curto prazo (conhecidas como

nowcasting) desses fenômenos. Um exemplo da utilização do radar neste sistema de vigilância está mostrado na Figura 4.

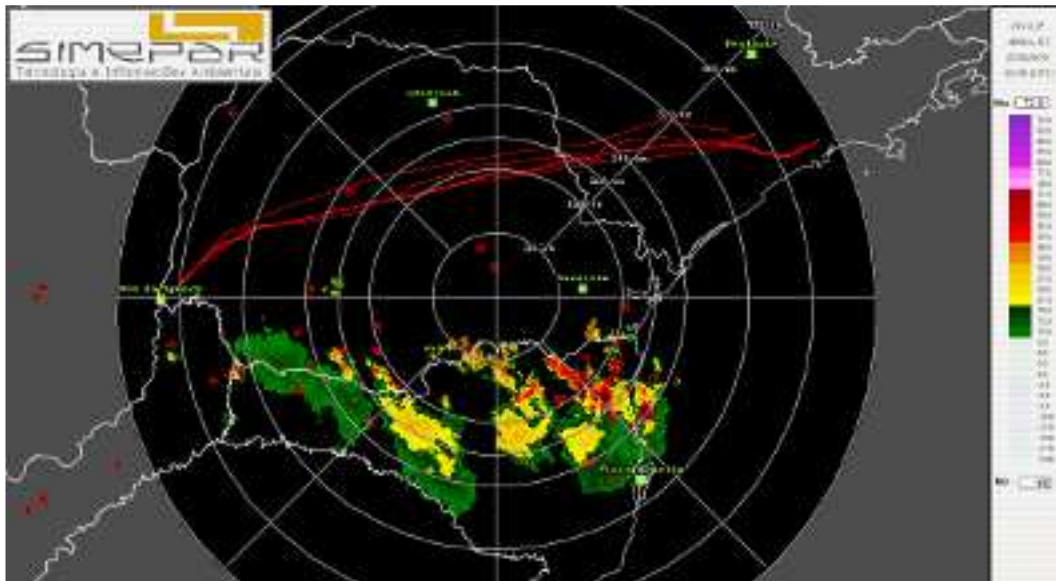


Figura 4: Tempestades monitoradas pelo radar meteorológico do SIMEPAR e a referência do tronco de 765kV.

4.4 Sistema de Detecção de Descargas Atmosféricas

O sistema de detecção de descargas atmosféricas possui 6 antenas instaladas pelo SIMEPAR no estado do Paraná desde 1996. No SIMEPAR existe uma central de processamento, que é composta por um computador e um programa dedicado a receber e a processar as informações dessas antenas em tempo-real. Ao receber as informações das antenas, a central de processamento é capaz de, em poucos segundos após a detecção da descarga, calcular e informar diversos parâmetros relativos a cada descarga atmosférica detectada, como localização, tempo da ocorrência com precisão de milésimos de segundo, estimativa da intensidade do pico de corrente em kA, medidas da incerteza da localização, entre outros. Os sensores de descargas atmosféricas operados pelo SIMEPAR no estado do Paraná também fazem parte da RINDAT, que está mais detalhadamente descrita em [2] e [6]. Um exemplo de aplicação das informações de descargas atmosféricas utilizando modelos probabilísticos para a previsão de ocorrência de raios na próxima hora é o Sistema Probabilístico de Previsão de Eventos de Raios - SIPPER, descrito em [4] e mostrado na Figura 5.

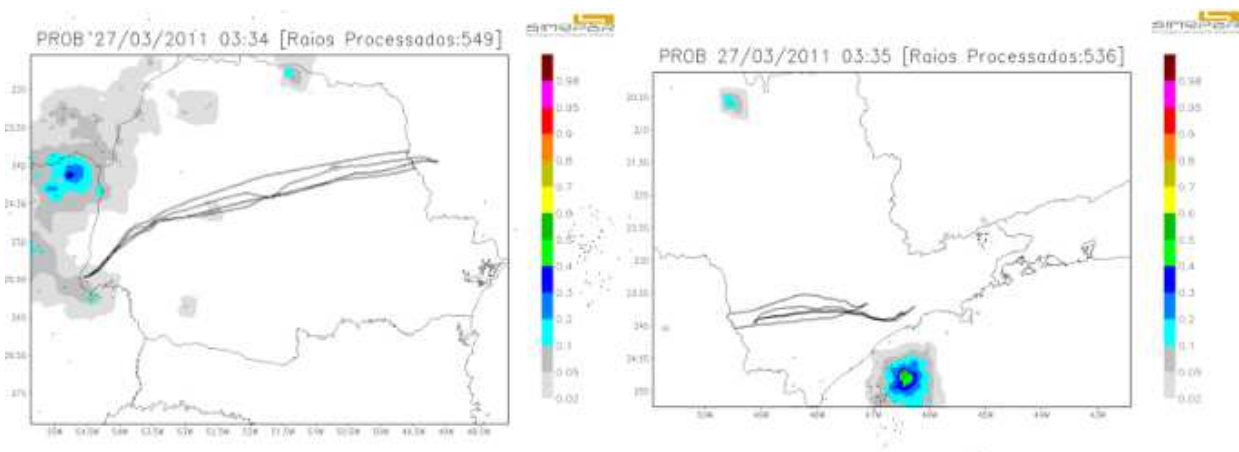


Figura 5: Previsão probabilística de ocorrência de raios para a próxima hora, baseado no estado atual de atividade de descargas atmosféricas observado pela RINDAT.

Com base nestas informações e de outras adicionais disponíveis para os meteorologistas a todo o momento, a equipe do SIMEPAR realiza o monitoramento meteorológico da área do tronco de 765kV nos períodos que lhe são destinados. No caso de uma tempestade apresentar risco significativo de atingir algum dos três trechos do tronco, um alerta meteorológico é emitido pelo centro operacional do SIMEPAR para o ONS, notificando o usuário sobre o sistema meteorológico avaliado, sua intensidade e qual o trecho de maior impacto a ser verificado.

5.0 - AMPLIAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO NO PARANÁ

O SIMEPAR está modernizando e ampliando os seus sistemas de monitoramento hidrometeorológico no estado do Paraná, visando se adequar tecnologicamente a um provável cenário de sistemas meteorológicos severos mais frequentes, como os relatados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC.

Para contemplar a região oeste do estado do Paraná com a cobertura de informações qualificadas de precipitação, encontra-se em processo de aquisição um outro radar meteorológico. Este radar, da mesma categoria do já existente no estado, será instalado nas proximidades do município de Cascavel, o que possibilitará a integração das informações deste com o atual, assim como com outros que estão instalados no estado de São Paulo (Bauru e Presidente Prudente).

O sistema de detecção de descargas atmosféricas também está sendo modernizado. Neste sentido serão adquiridos novos sensores da categoria LS7000 e LS7001 em substituição aos atuais LPATS III. Um projeto conjunto com Eletrobrás Furnas prevê a aquisição de sensores LS8000 para a instalação de uma subrede de detecção de descargas totais (total lightning, descargas nuvem-solo e intranuvem) no oeste do Paraná e a atualização da central de processamento de dados destes sensores, conforme a Figura 6.

Com todas essas ações, associada a manutenção sistemática da rede telemétrica hidrometeorológica e dos demais sistemas de monitoramento existentes, todo esse conjunto de sistemas de geração de informação será bastante robusto e atualizado para realizar esse trabalho de maneira adequada.

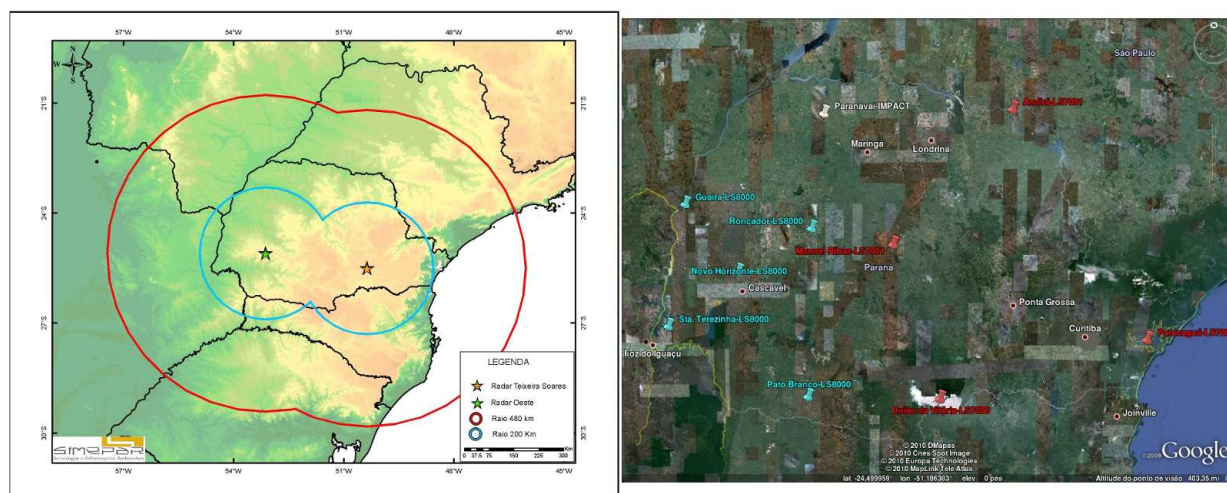


Figura 6: Ampliação e modernização da rede de radar meteorológico do Oeste do Paraná e novos sensores de descargas atmosféricas em aquisição e instalação no estado do Paraná.

6.0 - CONCLUSÃO

O monitoramento meteorológico contínuo do tronco de 765 kV entre as cidades de Foz do Iguaçu e Mogi das Cruzes fornece informações estratégicas para a operação adequada deste tronco. Este serviço foi idealizado e disponibilizado pelo SIMEPAR para o ONS, após ampla consulta entre os técnicos das duas instituições, visando adequar a melhor configuração operacional para o usuário, levando em conta todas os requisitos e demandas técnicas do ONS. O suporte meteorológico fornecido pelo SIMEPAR, tanto na geração de informações meteorológicas de qualidade como na utilização de sua equipe de meteorologistas em período integral, permite ao ONS ter plena cobertura operacional para as suas necessidades.

A modernização dos sistemas de monitoramento que está sendo conduzida pelo SIMEPAR nos últimos anos permitirá que o sistema fique mais consistente e que os eventos meteorológicos severos sejam monitorados e registrados de maneira adequada por todo o tronco no estado do Paraná.

Agradecimentos: Ao ONS pelo apoio no fornecimento de informações para elaboração deste artigo, em especial aos meteorologistas Christiane Osório Machado e Marcio Cataldi, os quais integram a equipe de meteorologistas do ONS, responsável pelo monitoramento das condições do tempo no âmbito do SIN. Aos engenheiros Vinicius

Forain Rocha e Francisco José Arteiro de Oliveira, responsáveis por parte do ONS pela gestão deste monitoramento conjunto realizado pelo ONS e SIMEPAR.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BENETI, C. A. A., Calvetti, L., JUSEVICIUS, M. A. R., SATO, F., Zandona, C. (2005). Sistema de Análise e Monitoramento de Tempestades Atmosféricas para Linhas de Transmissão de Energia. IN: XVIII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Curitiba, PR.
- (2) BENETI, C. A. A., E. A. Leite, S. A. M. Garcia, L. A. R. Assunção, A. Cazetta Filho, e R. J. Reis (2000). RIDAT - Rede integrada de detecção de descargas atmosféricas – perspectivas e futuro. IN: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, RJ.
- (3) JUSEVICIUS, M. A. R., BENETI, C. A. A., Calvetti, L. (2007). Análise Meteorológica de Eventos de Queda de Torres de Transmissão de Energia Elétrica no Paraná IN: XIX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Rio de Janeiro, RJ.
- (4) LEITE E. A., IGARASHI, A. T., JUSEVICIUS, M. A. R. (2011). Sistema de Previsão Probabilística Espacial de Eventos de Descargas Atmosféricas e sua Aplicação na Vigilância Meteorológica do Sistema Elétrico. IN: XIX Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Florianópolis, SC.
- (5) MACHADO, C. O., CATALDI, M. ROCHA V. F. e OLIVEIRA, F. J. A. (2007). A Aplicação das Informações Meteorológicas no Planejamento Eletroenergético de Curto Prazo e Operação em Tempo Real do Sistema Interligado Nacional. IN: IX EDAO – Encontro para Debates de Assuntos de Operação, Caldas Novas, GO.
- (6) PINTO Jr. O., NACCARATO, K. P., SABA, M. F. F., PINTO, I. R. C. A., GARCIA, S. A. de M., CAZETTA FILHO, A. (2006). Recent Upgrades to the Brazilian Integrated Lightning Detection Network. IN: 19th International Lightning Detection Conference, Tucson, AZ.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Marco Antonio Rodrigues Jusevicius;

Nascido em Mogi da Cruzes/SP em 1967;

Graduado em Meteorologia pela Universidade de São Paulo em São Paulo/SP em 1990 e pós graduado em nível de Mestre em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em São José dos Campos/SP em 1999; Tem grande experiência em monitoramento e previsão meteorológica, análise e nowcasting de tempestades, pesquisa e desenvolvimento de informações customizadas e de disseminação de informações meteorológicas para mídia. Desde 2005 trabalha intensamente com aplicações de informações de descargas atmosféricas para diversos usuários (como setor elétrico, petróleo e gás, construção civil, entre outros).

César Augustus Assim Beneti;

Nascido em Tupi Paulista/SP em 1964;

Graduado em Meteorologia pela Universidade de São Paulo em São Paulo/SP em 1986 e pós graduado em nível de Mestre em Meteorologia pela Universidade de São Paulo em São Paulo/SP em 1991;

Tem experiência na área de Meteorologia, com ênfase em Sensoriamento Remoto da Atmosfera, atuando principalmente nos seguintes temas: radar meteorológico, descargas elétricas atmosféricas, nowcasting e previsão do tempo. Atualmente é Diretor Adjunto e Coordenador da Área de Monitoramento e Previsão desta Instituição.

Cezar Gonçalves Duquia;

Nascido em Rosário do Sul/RS em 1957;

Graduado em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas em Pelotas/RS em 1982;

Tem ampla experiência em monitoramento e previsão meteorológica, análise e nowcasting de tempestades. Atualmente coordena o setor de monitoramento e previsão de tempo do SIMEPAR, onde lidera uma equipe com 9 meteorologistas que atende diversos usuários como empresas do setor elétrico, de petróleo e gás, construção civil, entre outros.

Eduardo Alvim Leite, nascido em Carangola (MG), ano de 1959.

Graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) em 1982, mestre em administração estratégica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) em 1994 e doutor em engenharia civil, área de recursos hídricos e meio ambiente, pela Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia / Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) em 2008.

Atuou como analista de sistemas e de pesquisa operacional (de 1984 a 2000 em empresas privadas), engenheiro e gerente de planejamento tecnológico (de 1988 a 1995 no LACTEC), pesquisador, coordenador de desenvolvimento tecnológico e diretor superintendente (de 1995 a 2011 no Instituto Tecnológico SIMEPAR).