



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GCQ 10
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

**GRUPO XIII
GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DA
ENERGIA ELÉTRICA**

**METODOLOGIA DE PREVISÃO DA OCORRÊNCIA DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS COM PRECISÃO:
APLICAÇÃO PARA O SETOR ELÉTRICO**

Dr. Kleber P. Naccarato *

Dr. Osmar Pinto Jr

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE)

RESUMO

Uma metodologia inovadora e de baixo custo para a previsão de ocorrência de descargas atmosféricas com no máximo 2h de antecedência em regiões com áreas inferiores a 1.000km² é apresentada nesse trabalho. Combinando dados de descargas atmosféricas obtidos em tempo real e imagens de satélites e radares meteorológicos, um operador especializado, com bom conhecimento das características climáticas da região monitorada, é capaz de estimar qual a probabilidade de haver uma tempestade neste local e eventualmente sua duração total com uma dada antecedência. Um projeto piloto no Vale do Paraíba (localizado nos estados de SP e RJ), região com boa cobertura de radares meteorológicos e de sensores da rede de detecção de descargas atmosféricas, apresentou resultados muito acima daqueles obtidos por outros métodos atualmente empregados em atividades semelhantes: índice de acerto de aproximadamente 85%, antecedência média de 1h e duração total de 02:20h. Esses números foram obtidos a partir de 12 meses de monitoramento (ano de 2006), garantindo assim uma boa significância estatística dos resultados, já que foram gerados cerca de 380 alertas durante todo o período. Conclui-se com esses resultados que é possível aplicar essa nova metodologia de alertas de tempestades no suporte à operação de redes de transmissão, sub-transmissão e mesmo distribuição visando minimizar não só o número de desligamentos como também a sua duração.

PALAVRAS-CHAVE

Descargas Atmosféricas, Previsão, Distribuição, Tempestades, Transmissão.

1.0 - INTRODUÇÃO

O grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) desenvolveu, ao longo de 2 anos de pesquisa, uma metodologia inédita para a previsão de ocorrência de descargas atmosféricas, com no máximo 2h de antecedência, em regiões com menos de 1.000km² ou ao longo de traçados com no máximo 40km de extensão, apresentando uma margem de acerto de aproximadamente 85%. Trata-se de uma abordagem bastante inovadora uma vez que, atualmente, toda previsão de ocorrência de tempestades (e, conseqüentemente, de descargas atmosféricas) é feita com base em subprodutos dos modelos meteorológicos, os quais trabalham em escala sinótica e mesoescala, sendo específicos, portanto, para grandes áreas continentais, como Estados, por exemplo. Previsões para regiões mais específicas (como, por exemplo, cidades) com base nos resultados desses modelos não oferecem uma precisão satisfatória do ponto de vista espacial e, muitas vezes, temporal. Isso porque esses modelos são utilizados para previsões de larga escala a médio prazo, ou seja, da ordem de dias. Hoje, com os recursos computacionais cada vez mais poderosos e acessíveis, é possível reduzir cada vez mais a resolução espacial dos modelos e aumentar o número de dados de entrada para que as características do microclima de regiões específicas sejam consideradas na previsão. Entretanto, isso demandaria um esforço muito grande no sentido de se obter todos os dados meteorológicos necessários em intervalos de tempo muito curtos (praticamente em tempo real) de forma a alimentar continuamente o modelo e

assim obter os resultados para escalas menores. Tal processo acaba se tornando inviável, ainda mais quando se trata de modelar as tempestades convectivas (ou seja, aquelas que se formam localmente devido à instabilidade atmosférica associada a gradientes de temperatura), as quais apresentam características extremamente dinâmicas e variáveis, sendo fortemente dependentes das condições regionais (topografia, hidrografia, circulação, umidade, etc). Desta forma, esta dinâmica atmosférica local tende a ser desprezada (ou pela indisponibilidade dos dados de entrada ou pela limitação na resolução espacial do modelo ou ainda pelos elevados custos associados à aquisição e manutenção dessa infra-estrutura), aumentando assim a margem de erro da previsão para áreas muito específicas (como o traçado de um trecho de linha de transmissão, por exemplo).

Com base na discussão acima, a maior contribuição desse trabalho para o setor elétrico é apresentar uma solução de baixo custo para o monitoramento e previsão da ocorrência de descargas atmosféricas em regiões particulares por onde passem malhas de transmissão e sub-transmissão (cidades e subestações, por exemplo) ou ao longo de determinados trechos de linhas. Desta forma, a partir de informações precisas sobre as condições atmosféricas de uma região específica (que indicam o potencial de ocorrência de tempestades), é possível otimizar, através de ações preventivas, a operação da malha de transmissão (e mesmo de distribuição), minimizando assim o número e a duração das eventuais interrupções.

Conforme será visto a seguir, o levantamento das condições atmosféricas locais é feito a partir da avaliação conjunta dos dados de descargas atmosféricas obtidos em tempo real e das imagens de satélite e radares meteorológicos. A partir daí, orientando-se pelos resultados dos modelos de previsão numérica, é possível estimar o potencial de ocorrência de tempestades em uma região de interesse.

2.0 - OS DADOS METEOROLÓGICOS E A REDE BRASILEIRA DE DETECÇÃO DE DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Conforme discutido, este trabalho apresenta uma nova metodologia para a previsão da ocorrência de tempestades com boa precisão a partir da análise integrada dos dados da Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas com dados de satélite, radar e modelos meteorológicos. Esta rede, atualmente composta por 34 sensores eletromagnéticos que operam na faixa de LF (até 400kHz), possui uma abrangência que se estende desde o RS até GO, compreendendo nove estados da federação: RS, SC, PR, MS, SP, RJ, MG, ES e GO. Essa cobertura, que corresponde a cerca de 50% da área total do país, só foi possível graças à integração dos sensores de duas outras redes regionais: RINDAT (1),(2) e SIDDEM (3) através da central de processamento do ELAT/INPE, instalada em São José dos Campos/SP. A Figura 1 mostra um mapa com a localização dos sensores da atual rede brasileira.

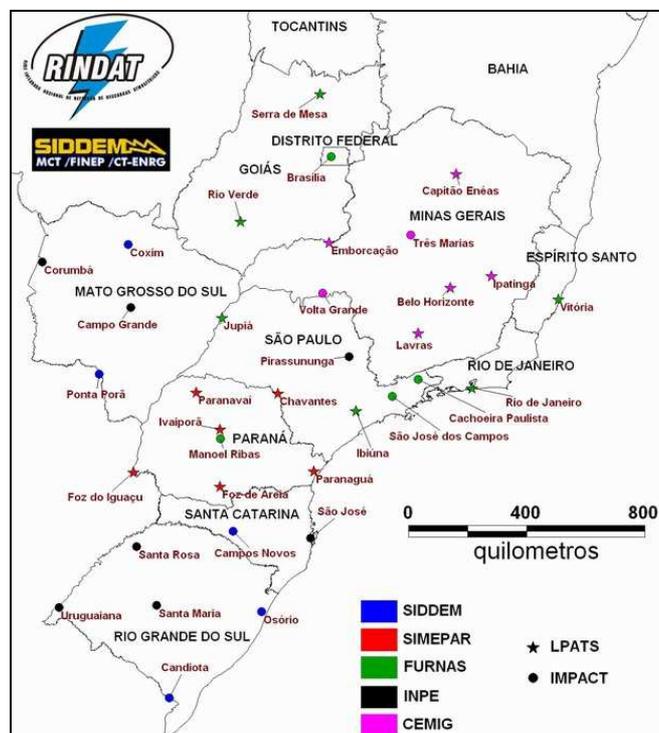


FIGURA 1 – Localização dos sensores da Rede Brasileira de Detecção de Descargas Atmosféricas

Este complexo sistema constitui hoje a mais moderna tecnologia em termos de monitoramento de tempestades em tempo real, sendo largamente utilizado como instrumento de pesquisa e como apoio à operação (em diversas áreas como o setor elétrico, aviação, meteorologia, construção civil, entre outros) em todo o mundo, incluindo Estados Unidos, Canadá, União Européia e Japão. Na região tropical do planeta, o Brasil é o único país que possui um sistema como esse em operação contínua e gerando informação qualificada, ocupando hoje a posição de terceira maior rede de detecção do mundo. Desconsiderando as inevitáveis variações regionais, pode-se dizer que a rede brasileira, de um modo geral, possui índices de desempenho comparáveis aos níveis americanos e europeus, com uma eficiência de detecção entre 70-90% e uma precisão na localização das descargas atmosféricas inferior a 1km (1).

As imagens de satélite e os resultados dos principais modelos meteorológicos são fornecidos pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE (4). Por outro lado, o acesso às imagens dos radares meteorológicos depende de convênios e/ou parcerias com as instituições que detêm essas informações: Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) da Aeronáutica (5) responsável pelos radares da RedeMet; Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) vinculado a Fundação do Centro Tecnológico de Hidráulica e Recursos Hídricos (FCTH) da USP através do projeto SAISP (6) que opera o radar de Salesópolis/SP; o Laboratório de Meteorologia (LabMet) da UNIVAP (7) responsável pelo radar de São José dos Campos/SP e o Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet) da UNESP (8) que controla os radares de Bauru/SP e Presidente Prudente/SP. É importante salientar que o INPE possui convênios de cooperação científica com a maioria das instituições detentoras de radares meteorológicos, o que lhe possibilita o acesso irrestrito aos dados dos radares meteorológicos atualmente em operação.

3.0 - DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

A previsão da ocorrência de tempestades para uma determinada região ou para um trecho de linha de transmissão não é uma tarefa que possa ser feita automaticamente. Atualmente ainda não existem ferramentas computacionais precisas o suficiente para substituírem completamente a decisão humana. Por esse motivo, na metodologia proposta, um operador especializado, enquanto monitora a atividade de descargas atmosféricas em tempo real (atualizada a cada minuto), analisa simultaneamente os diferentes tipos de imagens de satélite (atualizadas a cada 15min, 30min, 1h ou 3h em função do produto) e as imagens dos radares meteorológicos (atualizadas a cada 5min, 15min, 30min ou 1h dependendo do radar). A partir daí, com base no conhecimento prévio das características meteorológicas locais e nos resultados dos modelos meteorológicos de mesoescala (avaliados diariamente), ele tem condições de estimar qual a probabilidade de ocorrência de uma tempestade convectiva sobre a área monitorada. Neste caso, há duas situações: ou a tempestade se forma exatamente sobre o local ou se desenvolve nas vizinhanças e se desloca até lá. Com base então nessa probabilidade (que representa o potencial de ocorrência de descargas atmosféricas), o operador então decide se gera ou não um alerta de tempestade para a área em questão. Além disso, ele estima também o tempo até que uma tempestade vizinha alcance a região monitorada e o seu tempo de permanência sobre o local; ou o tempo até que uma nuvem existente sobre o local se desenvolva e atinja o estado ativo (quando então passa a gerar descargas atmosféricas e se transforma em tempestade) bem como o seu tempo de vida.

Com isso, conclui-se que estimar a probabilidade de ocorrência de uma tempestade convectiva sobre uma dada região (previsão), atribuir-lhe um tempo de vida aproximado e ainda garantir a precisão dessas informações com certa antecedência constitui, sem dúvida, uma tarefa bastante complexa. Isso porque, essas estimativas se baseiam em cinco fatores básicos:

- (1) Nos índices de refletividade das nuvens em diferentes alturas determinados pelos radares meteorológicos;
- (2) Nas temperaturas dos topos das nuvens (que estão relacionadas com sua altura) obtidas a partir das imagens de satélite na banda do infravermelho;
- (3) Nos índices de instabilidade atmosférica e nos níveis de umidade relativa estimados pelos modelos de previsão numérica de mesoescala para aquele dia específico;
- (4) Na atividade de descargas atmosféricas das vizinhanças, uma vez que, quanto maior o número de tempestades próximas ao local monitorado, mais instável a atmosfera e, portanto, maior as chances de que uma tempestade se forme sobre a região ou se desloque até ela;
- (5) E, fundamentalmente, na experiência e conhecimento técnicos do operador, o qual deve montar um cenário suficientemente completo das condições atmosféricas da região em questão para então fazer a sua previsão e assim decidir sobre o alerta.

É importante salientar que o tempo de antecedência é inversamente proporcional à qualidade da previsão (ou índice de acerto) a qual, por sua vez, está inversamente relacionada com o nível de risco. Desta forma, quanto maior a antecedência, menor será a precisão na estimativa do potencial de ocorrência de tempestades, elevando-se assim o risco de falhas na previsão e na geração dos alertas. Como consequência, aumenta-se o número de falsos alertas, levando à execução de ações preventivas desnecessárias o que invariavelmente acarretarão prejuízos. Por outro lado, a ocorrência de uma tempestade no local monitorado sem que tenha havido um alerta com a antecedência mínima necessária, pode gerar prejuízos ainda maiores ou, até mesmo, em alguns casos, culminar com perdas humanas. Por esse motivo, em todos os projetos de monitoramento desse tipo deve-se sempre obter um compromisso entre o nível de risco considerado aceitável e o tempo de antecipação desejado.

4.0 - RESULTADOS DO PROJETO-PILOTO NO VALE DO RIO PARAÍBA (SP E RJ)

Com o objetivo de avaliar a eficácia da metodologia descrita na seção anterior, desenvolveu-se então um projeto de cooperação técnico-científico entre o grupo ELAT e empresas do setor privado no sentido de monitorar e prever tempestades em uma área de interesse para ambas as partes. Após estudos iniciais, optou-se pela região do Vale do Paraíba Paulista, compreendendo a faixa desde a cidade de São José dos Campos/SP até a cidade de Barra Mansa/RJ (o chamado cone leste paulista). Fundamentalmente, os motivos dessa escolha foram:

- (1) As empresas participantes possuem uma atuação bastante concentrada nessa área e, por esse motivo, demonstraram grande interesse no projeto;
- (2) A existência de dois sensores instalados a menos de 200km um do outro (um em São José dos Campos/SP e outro em Cachoeira Paulista/SP) ambos sob responsabilidade do INPE fazem com que a rede de detecção de descargas atmosféricas presente, na região, índices de desempenho equivalentes aos obtidos pelas redes americanas e européias (eficiência de detecção em torno de 80-90% e precisão de localização de menos de 1km), garantindo assim alta qualidade da informação;
- (3) A existência de quatro radares meteorológicos em Pico do Couto/RJ (RedeMet), São Roque/SP (RedeMet), Salesópolis/SP (FCTH) e São José dos Campos/SP (UNIVAP) possibilitam uma cobertura completa de toda a região com redundância de informações e produtos diferenciados, viabilizando assim o monitoramento sistemático de suas condições atmosféricas.

A Figura 2 mostra a área do Vale do Paraíba escolhida e os cinco trechos, com extensão máxima de 50km cada um, que compõem um traçado específico através da região. Esses trechos foram criados convenientemente para atender os interesses das empresas participantes e da pesquisa científica, tendo sido então denominados:

- Trecho 01: Barra Mansa/RJ (km84) – São José do Barreiro/SP (km120)
- Trecho 02: São José do Barreiro/SP (km120) – Cachoeira Paulista/SP (km166)
- Trecho 03: Cachoeira Paulista/SP (km166) – Roseira/SP (km212)
- Trecho 04: Roseira/SP (km212) – Taubaté/SP (km248)
- Trecho 05: Igaratá/SP (km134) – São José dos Campos/SP (km150)

Ao redor dos trechos, foram definidas áreas de monitoramento a 4km, 10km e 20km de distância do traçado (linhas vermelha, laranja e verde, respectivamente), utilizadas não só na determinação das probabilidades de ocorrência de tempestades em cada trecho respectivo como também na inferência dos índices de acerto. Estes valores seguem os mesmos critérios adotados internacionalmente (9),(10) os quais permitem avaliar a área de influência de uma tempestade em função de sua magnitude (determinada pelos radares meteorológicos e pela atividade de descargas atmosféricas), as distâncias de segurança para as quais os riscos de impacto de descargas atmosféricas em um determinado ponto são mínimos (uma vez que raios podem ocorrer distantes do núcleo da tempestade em função da propagação horizontal do canal na atmosfera) e a área de influência das próprias descargas atmosféricas individualmente. Isso permitiu que o monitoramento e a previsão das tempestades fossem otimizadas, minimizando a quantidade e a duração dos alertas sem, no entanto, prejudicar a precisão das informações e reduzir significativamente os índices de acerto.

A Tabela 1 mostra um resumo dos resultados obtidos durante o monitoramento dos cinco trechos durante o verão (meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro), período em que a atividade de tempestades do Vale do Paraíba é máxima, conforme estudos anteriores já haviam constatado (1). Já a Tabela 2 traz os resultados para o inverno (meses de abril a setembro) considerando a mesma região e os mesmos trechos.

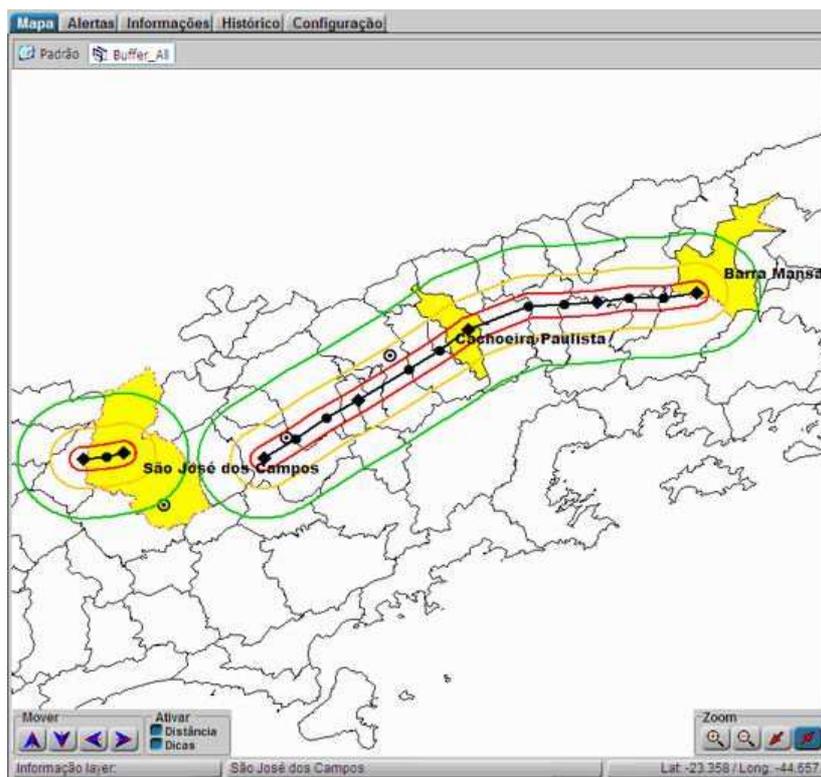


FIGURA 2 – Mapa da região do Vale do Paraíba (entre São José dos Campos/SP e Barra Mansa/SP) mostrando os segmentos utilizados no monitoramento das tempestades.

TABELA 1 – Principais Resultados do Projeto Piloto no Vale do Paraíba (Verão)

<i>Período</i>	<i>Dias de Monitoramento</i>	<i>Dias de Alerta</i>	<i>No. de Alertas</i>	<i>Média de Alertas por Dia</i>
Verão (out – mar)	156	91 (58%)	340	2,18
<i>Média do Horário dos Alertas</i>	<i>Tempo de Antecedência</i>	<i>No. de Alertas Bem Sucedidos</i>	<i>Duração Média da Interrupção</i>	
15:21h	01:01h	291 (86%)	02:23h	

TABELA 2 – Principais Resultados do Projeto Piloto no Vale do Paraíba (Inverno)

<i>Período</i>	<i>Dias de Monitoramento</i>	<i>Dias de Alerta</i>	<i>No. de Alertas</i>	<i>Média de Alertas por Dia</i>
Inverno (abr – set)	164	15 (9%)	38	0,23
<i>Média do Horário dos Alertas</i>	<i>Tempo de Antecedência</i>	<i>No. de Alertas Bem Sucedidos</i>	<i>Duração Média da Interrupção</i>	
13:48h	00:36h	36 (95%)	01:46h	

Os dados da Tabela 1 mostram que, de fato, o período do verão apresenta uma alta atividade de tempestades, indicado claramente pelo número médio de alertas por dia (2,2) e pelo número de dias com alerta (58% do número de dias total em que houve monitoramento). Outro ponto importante a destacar é que os alertas concentraram-se fundamentalmente no período da tarde, já que a média dos horários ficou em torno de 15:20h. Isso reflete claramente as características das tempestades, as quais predominam no período vespertino (1). Por fim, os índices de qualidade do monitoramento (em azul na Tabela 1) mostram que a metodologia consegue maximizar o número de alertas bem sucedidos para um determinado tempo de antecedência, ao mesmo tempo, em que minimiza sua duração média. Isso graças ao acompanhamento contínuo do ciclo de vida das tempestades através da análise conjunta dos dados de descargas atmosféricas com as imagens dos radares meteorológicos e satélite. Para esse projeto piloto, estabeleceu-se uma hora como tempo de antecedência. Como resultado, obteve-se um índice de acerto de 86% com um tempo de antecedência médio de 1h exatamente. A duração média dos alertas foi de 02:20h. O índice de acerto (ou percentual de alertas bem sucedidos) representa a fração dos alertas gerados para os quais se verificou realmente a ocorrência de descargas atmosféricas dentro da respectiva área de segurança de 4km para cada um dos trechos monitorados, de acordo com os critérios internacionais (9).

Por outro lado, os dados da Tabela 2 mostram que o período do inverno possui uma dinâmica de tempestades bastante distinta do verão. No inverno, as tempestades estão fundamentalmente associadas com entrada de sistemas frontais na região sudeste do país e não mais com a atividade convectiva isolada (1). Em função disso, observa-se um reduzido número de alertas nesse período (apenas 9% dos dias de monitoramento) com uma média de 0,3 alertas por dia (uma redução de cerca de 90% em relação ao verão). Como provável consequência do baixo número de alertas, o índice de acerto alcançou um valor bastante alto: cerca de 95%. Outra característica interessante observada no inverno, é que as tempestades tendem a ocorrer cerca de 1h mais cedo (descontado o horário de verão) e a duração média dos alertas diminui cerca de 30min. Por fim, observou-se que o tempo de antecipação do alerta nesse período foi cerca de 50% menor que o definido (1h). Isso pode ter sido causado pela falta de imagens de radar que predominou durante quase todo o período, causada por problemas técnicos e de manutenção. Isso mostra claramente que, na ausência de alguma informação (radar ou satélite), tornam-se necessárias alterações nos parâmetros da metodologia para adequar a previsão à falta de dados.

5.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Uma nova metodologia de monitoramento e previsão de tempestades, desenvolvida pelo grupo ELAT do INPE, foi testada através de um projeto piloto no Vale do Paraíba (entre as cidades de São José dos Campos/SP e Barra Mansa/RJ) para o ano de 2006. Os resultados mostraram que é possível prever com precisão a ocorrência de tempestades em uma determinada região com no máximo 2h de antecedência utilizando dados de descargas atmosféricas em tempo real em conjunto com imagens de radares e satélites meteorológicos. Um operador especializado, acompanhando os dados de descargas atmosféricas e as imagens dos radares e satélites, monta um cenário das condições dinâmicas da atmosfera na região monitorada e, orientado pelos modelos meteorológicos de mesoescala, decide pela geração ou não de um alerta de tempestade.

Desta forma, esta metodologia apresentou um índice de acerto de 86% para uma região com aproximadamente 180km de extensão e 20km de largura, segmentada em 5 trechos de menos de 50km cada um. O tempo de antecedência ficou em exatos 60min (tendo sido inicialmente dimensionado para 1h) e a duração dos alertas apresentou uma média de 02:20h. Com isso, conclui-se que é viável sua aplicação para a previsão de tempestades em ao longo de linhas de transmissão e sub-transmissão (e mesmo redes de distribuição) no sentido de otimizar sua operação através de ações preventivas com base em alertas de tempestades. A proposta é minimizar não só a quantidade como também a duração dos alertas gerados sem reduzir significativamente o índice de acerto. Cabe ressaltar, entretanto, que vários fatores afetam diretamente a qualidade das previsões obtidas através dessa metodologia:

- (1) O tempo de antecedência desejado. Obviamente, quanto maior a antecedência, maiores as incertezas associadas à previsão e, portanto, maiores os riscos de erro, o que aumenta o número de alertas falsos. Por esse motivo, deve sempre encontrar um ponto de equilíbrio entre a mínima antecedência requerida e o máximo nível de risco aceitável;
- (2) A quantidade de dados disponíveis. A eficácia da metodologia está justamente na análise dos dados de descargas atmosféricas em tempo real em conjunto com as imagens de radares e satélites meteorológicos. A falta de qualquer uma dessas informações durante o monitoramento sistemático acarretará invariavelmente em erros na previsão, tanto no que se refere à geração de alertas falsos quanto na ausência de alertas. É importante notar, entretanto, que o processo de previsão ainda é possível com uma margem de erro aceitável sem eventualmente imagens de radar e/ou satélite. Porém, a ausência de dados de descargas atmosféricas inviabiliza completamente o processo de previsão dentro dos níveis de risco aceitáveis.

- (3) Existência de um ou mais operadores especializados que possuam um conhecimento das características meteorológicas específicas (microclima) da região monitorada. Para isso, é necessário um período de treinamento prévio desses operadores para que se familiarizem com as condições termodinâmicas (formação de tempestades) e climáticas (ação de sistemas meteorológicos) da região que vão trabalhar;
- (4) Utilização de critérios comprovados cientificamente e adotados mundialmente para a avaliação das áreas de influência das tempestades e das próprias descargas atmosféricas. Estes parâmetros são fundamentais para se definir as diferentes áreas de segurança ao redor da região monitorada, as quais vão nortear geração dos alertas de acordo com as condições atmosféricas, além de definirem os critérios para avaliar os índices de acerto e a precisão da metodologia.

6.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) NACCARATO, Kleber P. Análise das características dos relâmpagos na região sudeste do Brasil. Tese de Doutorado, INPE-8380-TDI/770, São José dos Campos, INPE, 2005, p. 95-130. Acesso em 10/03/2007, disponível em http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalleObraForm.do?select_action=&co_obra=33930.
- (2) RINDAT. Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas. Acesso em 05/03/2007, disponível em: <http://www.rindat.com.br>.
- (3) SIDDEM. Sistema de Informações Integradas Baseado no Sistema de Detecção de Descargas Atmosféricas. Acesso em 06/03/2007, disponível em <http://www.siddem.org.br>.
- (4) CPTEC. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Acesso em 05/03/2007, disponível em <http://www.cptec.inpe.br>.
- (5) REDEMET. Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica, Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA). Acesso em 10/03/2007, disponível em <http://www.redemet.aer.mil.br>.
- (6) SAISP. Sistema de Alerta a Inundações de São Paulo, Fundação Centro Técnico de Hidrologia e Recursos Hídricos (FCTH). Acesso em 10/03/2007, disponível em <http://www.saisp.br>.
- (7) LABMET. Laboratório de Meteorologia, Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). Acesso em 01/03/2007, disponível em <http://www.labmet.univap.br>.
- (8) IPMET. Instituto de Pesquisas Meteorológicas, Universidade do Estado de São Paulo (UNESP). Acesso em 01/03/2007, disponível em <http://www.ipmet.unesp.br>.
- (9) NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. The NOAA Storm Watch Project. Acesso em 15/04/2006, disponível em <http://www.noaa.gov/stormwatch>.
- (10) RAKOV, Vladimir A.; UMAN, Martin A. Lightning: Physics and Effects. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2003, p. 24-240.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Dr. Kleber P. Naccarato

Nascido em São Paulo, SP, em 25 de junho de 1974

Graduação: Engenharia Elétrica Modalidade Eletrônica (1996) - Escola de Engenharia de São Carlos / USP

Ênfase em Computação Eletrônica (1996) - Instituto Ciências Matemáticas e Computação de São Carlos / USP

Mestrado: Geofísica Espacial, Eletricidade Atmosférica (2001) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Doutorado: Geofísica Espacial, Eletricidade Atmosférica (2005) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Pesquisador do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), INPE

Dr. Osmar Pinto Jr.

Nascido em Porto Alegre, RS, em 01 de setembro de 1954

Graduação: Engenharia Elétrica Modalidade Eletrônica (1977) - PUC-RS

Mestrado: AstroGeofísica (1979) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Doutorado: Geofísica Espacial, Magnetosfera (1984) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

Pós-Doutorado: Eletricidade Atmosférica (1987) - Universidade de Washington (EUA)

Coordenador do Grupo de Eletricidade Atmosférica (ELAT), INPE