

ATIVIDADE ELÉTRICA ASSOCIADA A TRÊS TORNADOS OCORRIDOS NO ESTADO DE SÃO PAULO

SIMONE MARIA STRIEDER¹; ROSELI GUETHS GOMES²

¹Universidade Federal de Pelotas – simonemstrieder@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – roseli2g@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Até alguns anos atrás, acreditava-se que no Brasil não havia a ocorrência de tornados. Entretanto, os avanços tecnológicos desmentiram esta crença, na medida em que foi possível registrar a ocorrência destes eventos, seja em imagens (vídeo, fotos) ou dados ou de radar meteorológico, promovendo evidências irrefutáveis. O estado de São Paulo está localizado na região subtropical da América do Sul, onde estudos recentes (ZIPSER et al., 2006; ROMATSCHKE; HOUZE, 2010, CECIL; BLANKENSHIP, 2012) mostraram ser elevada a ocorrência de tempestades intensas, que provocam tempo severo em superfície (tornado, granizo e/ou ventos fortes), além de muitas descargas elétricas atmosféricas.

Sobre as regiões Sul e Sudeste do Brasil, avançam um grande número de frentes frias todos os anos, criando áreas de instabilidade favoráveis à ocorrência de tornados e descargas elétricas (FUJITA, 1973). O aquecimento diferencial da superfície, por se tratar de uma região de latitude média, também contribui para a formação de convecção, como por exemplo, nuvens de tempestades denominadas Cumulonimbus. Estas tempestades, por sua vez, podem ser de três tipos: unicelulares e multicelulares, estes modelos de tempestades foram desenvolvidos por Byers e Braham (1949), ou supercelulares (BROWNING; DONALDSON, 1963). Qualquer uma destas tempestades pode gerar tornados e/ou descargas elétricas.

Na tarde do dia 25 de maio de 2004, dois tornados se formaram no estado de São Paulo. O primeiro tornado atingiu a cidade de Palmital e foi classificado como F2-F3, de acordo com a escala de Fujita (1971). O segundo tornado, ocorrido naquele mesmo dia, atingiu a cidade de Lençóis Paulista e foi classificado como F2. No dia 24 de maio de 2005, houve a formação de outro tornado, classificado como F3, que atingiu a cidade de Indaiatuba. Estes três tornados foram registrados pelos radares meteorológicos, localizados nas cidades de Bauru e de Presidente Prudente. A Figura 1 mostra a trajetória das tempestades tornádicas, sendo que as áreas sombreadas em vermelho denotam os períodos de ocorrência dos tornados (HELD et al., 2006).

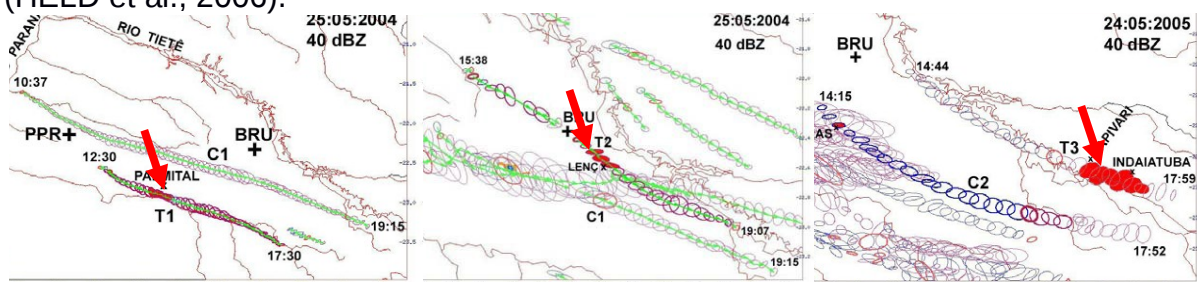


Figura 1 - Trajetória das tempestades e dos tornados que atingiram as cidades de (a) Palmital, (b) Lençóis Paulista e (c) Indaiatuba, no estado de São Paulo, com as respectivas intensidades.

Fonte: HELD et al., 2006.

Durante a rápida intensificação das correntes ascendentes dentro de uma tempestade, colisões mais frequentes entre cristais de gelo e partículas sólidas maiores, particularmente *graupe*, na presença de água líquida super-resfriada produzem um aumento na taxa de descargas nas tempestades, de acordo com Schultz et al. (2009). Ao relacionarem a ocorrência de tempo severo com aumento de descargas geradas pelas tempestades, estes autores encontraram que o tempo severo em superfície (tornado, granizo e/ou ventos fortes) ocorreu entre 5 e 20 minutos após um abrupto aumento na taxa de descargas (descargas nuvem-solo e intranuvem). Estes rápidos aumentos foram denominados “lightning jumps”.

Considerando a importância do presente estudo, o objetivo principal deste trabalho é analisar as evoluções das atividades elétricas associadas a três tempestades tornádicas observadas no estado de São Paulo. Para isso, serão vetorizadas as trajetórias definidas em Held et al. (2006), serão definidas áreas retangulares, centradas nas trajetórias, onde serão avaliadas as descargas atmosféricas detectadas. Será aplicado um algoritmo para identificar aumentos abruptos na taxa de descargas atmosféricas e será analisada a relação entre gênese, duração e severidade dos tornados com a atividade elétrica observada.

2. METODOLOGIA

Para vetorizar as trajetórias das três tempestades supercelulares, será utilizado um recurso do ambiente de programação Matlab, que converte a distância de um ponto no gráfico, em relação à origem do mesmo, em posição geográfica (latitude e longitude).

Uma vez conhecida a trajetória das tempestades, serão definidas várias áreas, adjacentes e centradas na trajetória, onde as descargas atmosféricas serão contabilizadas e será analisada a porcentagem de descargas positivas *versus* negativas, mudanças de polaridade e intensidade da corrente elétrica. O usuário poderá indicar o tamanho desejado destas áreas bem como escolher o período de tempo no qual as descargas serão quantificadas. Este processo será de fundamental importância, pois assim as descargas provocadas pelas tempestades tornádicas, individualmente, serão distinguidas das ocorridas na sua redondeza.

Para um estudo mais detalhado da relação entre tempestade e descargas elétricas, será aplicado um algoritmo conhecido como “Threshold 8” (SCHULTZ et al., 2009). O algoritmo “Threshold 8” utiliza o valor limiar de 8 descargas por minuto, calculado pela equação:

$$\text{TaxDesc}_{\text{média}}(t_i) = \frac{\text{TaxDesc}_{t_1}(t_1) + \text{TaxDesc}_{t_2}(t_2)}{2} \quad (1)$$

onde $\text{TaxDesc}_{t_1}(t_1)$ e $\text{TaxDesc}_{t_2}(t_2)$ são os totais de descargas detectados em 1 minuto e $\text{TaxDesc}_{\text{média}}(t_i)$ é a quantidade média de descargas detectadas em 1 minuto que é calculada a cada 2 minutos. De acordo com Schultz et al. (2009), dentre os 6 algoritmos testados, encontraram que o “Threshold 8” apresentou os melhores resultados para as 107 tempestades analisadas.

Será realizado também, um estudo comparativo entre os resultados obtidos para as três tempestades tornádicas. Em particular, serão analisadas relações entre gênese, duração e severidade dos tornados com as características encontradas nas descargas atmosféricas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados encontrados por Held et al. (2006), mostrados na Figura 1, inicialmente foi feita a vetorização das trajetórias das tempestades que provocaram os respectivos tornados. Para isto, foi utilizado o ambiente de programação Matlab. Na Tabela 1 são indicadas as coordenadas (latitude e longitude) utilizadas para definir as áreas de ocorrência das tempestades que provocaram os tornados em estudo. Tais coordenadas foram definidas a partir dos resultados de Held et al. (2006).

Tabela 1- Latitudes e longitudes do canto superior esquerdo e do canto inferior direito das áreas definidas para analisar os tornados que ocorreram nas cidades de Indaiatuba, Lençóis Paulista e Palmital, localizadas no estado de São Paulo.

Tornado	Lat. superior	Lat. inferior	Lon. esquerda	Lon. direita
Indaiatuba	22,2°S	23,6°S	49°W	46,8°W
Lençóis Paulista	21,8°S	23,2°S	50°W	47,6°W
Palmital	21°S	24°S	52°W	48°W

Utilizando as funções embutidas do Matlab, as posições em pixel (linha/coluna) dos centros das áreas circulares de refletividade igual a 40dBZ foram transformadas em posições geográficas (latitude/longitude). Para testar se estas informações foram obtidas corretamente, as coordenadas dos centros de cada área circular foram sobrepostas às figuras originais. Com os resultados obtidos, podemos observa-se que os centros encontram-se posicionados dentro das áreas circulares e próximos aos respectivos centros geométricos.

De posse dos dados de latitude/longitude das trajetórias vetorizadas, estes foram plotados sobre o mapa do estado de São Paulo. As trajetórias destas tempestades são mostradas na Figura 2.

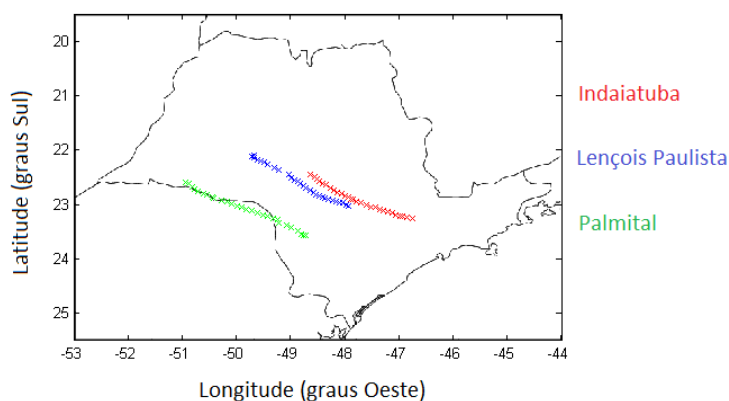


Figura 2 - Plotagem das trajetórias das três tempestades que provocaram os tornados nas cidades de Indaiatuba (em vermelho), Lençóis Paulista (em azul) e Palmital (em verde).

As próximas etapas deste trabalho incluem:

- definir as áreas, adjacentes e centradas nas trajetórias, onde as descargas atmosféricas serão contabilizadas e vários aspectos serão analisados;
- testar o algoritmo "Threshold 8" definido em SCHULTZ et al. (2009), para avaliar a variação temporal das descargas elétricas atmosféricas;

- fazer uma análise comparativa entre os resultados que serão encontrados neste trabalho, com os resultados encontrados na literatura.

4. CONCLUSÕES

Tornados e descargas elétricas atmosféricas são fenômenos meteorológicos considerados de grande importância pelo alto grau de risco e danos que estes fenômenos podem causar. Existem vários estudos na literatura abordando estes temas.

Na tarde do dia 25 de maio de 2004, dois tornados se formaram no estado de São Paulo. O primeiro tornado atingiu a cidade de Palmital e o segundo atingiu a cidade de Lençóis. Um ano mais tarde, no dia 24 de maio de 2005, houve a formação de outro tornado que atingiu a cidade de Indaiatuba. Estes três tornados foram registrados pelos radares meteorológicos, localizados nas cidades de Bauru e de Presidente Prudente.

Uma análise detalhada da atividade elétrica associada a estas três tempestades tornádicas, pode revelar padrões importantes para melhorar a previsão e acompanhamento destas tempestades. Os resultados preliminares obtidos até o momento permitem afirmar que a metodologia foi adequada para a obtenção da vetorização das trajetórias das tempestades que provocaram os tornados em estudo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BROWNING, K.A.; DONALDSON, R.J. Jr. Airflow and structure of a tornadic storm. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v.20, p.533-545, 1963.
- BYERS, H.R.; BRAHAM, R.R. **The Thunderstorm**, EUA. Government Printing, 1949.
- CECIL, D. J., BLANKENSHIP, C.B. Toward a Global Climatology of Severe Hailstorms as Estimated by Satellite Passive Microwave Imagers. **Journal of Climate**, v.25, n. 2, p. 687- 703, 2012.
- FUJITA, T. T. **Tornadoes around the world**. **Weatherwise**, v. 26, n. 2, p. 56-83, 1973.
- HELD, G., GOMES, A.M.; NACCARATO, K.P.; PINTO Jr, O.; NASCIMENTO, E. L. **The structure of three tornado-generating storms based on Doppler radar and lightning observations in the State of São Paulo, Brazil**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY, 8., 2006, Foz do Iguaçu. Anais.... Foz do Iguaçu, 2006.
- ROMATSCHKE, U.; HOUZE Jr., R.A. Extreme Summer Convection in South America. **Journal of Climate**, v.23, n.7, p.3761-3791, 2010.
- SCHULTZ, C. J.; PETERSEN, W. A.; CAREY, L. D. **Preliminary Development and Evaluation of Lightning Jump Algorithms for the Real-Time Detection of Severe Weather**. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v.48, n.12.
- ZIPSER, E. J.; CHUNTAO, L., CECIL, D.J.; NESBITT, S.W.; YORTY, D.P. **Where are the most intense thunderstorms on Earth?** Bulletin of the American Meteorological Society, v. 87, n. 8. p. 1057-1071, 2006.