

Análise comparativa de imagens de radar meteorológico e de campos de densidade de descargas elétricas atmosféricas para eventos convectivos severos

Mirian Caetano, Augusto Brandão D'Oliveira, César Strauss,
Stephan Stephany, Nelson Jesus Ferreira

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
Laboratório Associado de Computação e Matemática Aplicada (LAC/INPE)
Coordenação de Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA/INPE)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Emails: [mirian.caetano, agosto.oliveira, nelson.ferreira]@cptec.inpe.br,
cstrauss@cea.inpe.br, stephan@lac.inpe.br

Resumo: Um evento convectivo de 16/03/2007 no noroeste do estado de São Paulo é analisado por meio de imagens de radar meteorológico e de campos de densidade de ocorrência de descargas elétricas atmosféricas. A análise comparativa destas imagens permite estabelecer uma correlação entre as estruturas precipitantes observadas pelo radar e as regiões mais intensas do campo de densidade de descargas elétricas atmosféricas. Isso demonstra o potencial destes campos de densidade para monitoramento de atividade convectiva e para a previsão meteorológica em curtíssimo prazo ou *nowcasting*.

Abstract: A convective event occurred in March 3rd 2007 in the Northwest of the São Paulo State is analyzed by means of images of both meteorological radar and density fields of atmospheric electrical discharge occurrences. The comparative analysis of such images shows a correlation between the precipitating structures observed in the radar images and the more intense parts of the discharge density fields. Therefore, these fields could be employed for the monitoring of convective activity and nowcasting.

1. Introdução

O monitoramento de atividade convectiva severa apresenta interesse óbvio em Meteorologia. A análise conjunta de saídas de modelos, imagens de satélites e de radares meteorológicos permite ao meteorologista a previsão desses eventos. Entretanto, embora haja satélites meteorológicos, norte americanos e europeus, disponíveis, sua resolução temporal é restrita a 15 minutos, no melhor caso, e há limitações relativas às suas órbitas, as quais foram otimizadas para cobertura do hemisfério norte, exceto pelo GOES-10. Da mesma forma, os radares meteorológicos disponíveis no território brasileiro são em pequeno número e consequentemente com pequena abrangência.

A visualização de campos de densidade de ocorrências de descargas elétricas atmosféricas tem potencial para monitorar sistemas de tempo severo. A existência de uma rede de sensores de descargas fornece uma boa cobertura geográfica do território brasileiro e apresenta uma resolução temporal da ordem de milisegundos [5]. Na medida em que se pode associar tempo severo ligado a atividade convectiva às descargas elétricas, esses sensores constituem uma alternativa viável para monitoramento de tais eventos e complementam as informações dos satélites e radares meteorológicos. Vários estudos apresentam resultados que demonstram uma forte correlação entre descargas elétricas e sistemas convectivos, muitas vezes inclusive associados a condições de tempo severo [3].

2. Dados e Métodos

2.1 Imagens de radares meteorológicos do IPMET

Os radares meteorológicos permitem a observação da composição vertical das nuvens, imageando-as lateralmente de forma a obter seus perfis, mas estão limitados ao seu alcance relativamente curto, pois a linha de visada do feixe ganha altura proporcionalmente à distância, devido à curvatura terrestre. Assim, tipicamente, o alcance desses radares está limitado a 240 km [2]. Entretanto, o uso de radares para estudo das precipitações já é bastante disseminado, graças à sua alta resolução espacial e temporal.

A medida do eco de retorno do radar fornece a refletividade (em dBZ) devida à precipitação, isto é, da energia radiante que é retroespalhada por esta de volta ao receptor. Uma equação adequada, implementada no software de pré-processamento do radar, associa então a refletividade à taxa de precipitação.

Os dados utilizados para a realização deste trabalho são provenientes de dois radares meteorológicos pertencentes ao Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet), da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (UNESP) de Bauru. Estes radares estão situados nos arredores das cidades de Bauru e Presidente Prudente, ambas no estado de São Paulo. O radar de Bauru está situado na latitude de 22° 21' 30'' S e longitude 49° 01' 42'' W, com altitude de 640 metros, enquanto o radar de Presidente Prudente está em latitude 22° 10' 30'' S e longitude 51° 22' 30'' W, e sua altitude é de 493 metros. Ambos os radares operam em banda S. O software proprietário IRIS fornece as imagens com a precipitação dada em mm/h.

2.2 A ferramenta Edda de geração de campos de densidade de ocorrência de descargas elétricas atmosféricas

Desde 2005, com a criação da Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas (RINDAT), o Grupo de Previsão de Tempo (GPT) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) vem utilizando dados obtidos por meio de sensores de detecção de descargas elétricas atmosféricas como uma ferramenta de monitoramento de sistemas precipitantes. Estes dados encontram-se no formato UALF (Universal ASCII Lightning Format) e foram utilizados neste trabalho.

Dada a natureza esparsa, no espaço e no tempo, das ocorrências de descargas elétricas atmosféricas, fica difícil associá-las a sistemas convectivos. Em 2005, foi proposta uma abordagem inovadora, o agrupamento espacial e temporal de dados de descargas elétricas nuvem-solo por meio de uma técnica de análise espacial, o estimador de densidade de núcleo [6,7]. Esta técnica, implementada na linguagem de programação MatLab, gera um campo de densidade de ocorrências de descargas que permite identificar regiões mais densas, as quais foram denominadas Centros de Atividade Elétrica (CAE's). No mesmo escopo, foi desenvolvido um ambiente computacional que emprega essa técnica de agrupamento de ocorrências de descargas visando a análise de casos de atividade convectiva [4], utilizando a linguagem C++ e o pacote Gnuplot. Estes centros estão associados a nuvens convectivas que geram descargas elétricas, permitindo um acompanhamento indireto da atividade convectiva, uma vez que parece haver uma correspondência espacial e temporal dos mesmos com estruturas precipitantes observadas em imagens de satélites e radares [1].

A ferramenta EDDA [8] foi desenvolvida objetivando operacionalizar a geração de campos de densidade de ocorrência de descargas elétricas atmosféricas para fins de mineração de dados meteorológicos, bem como prover animações do campo de densidade em função do

tempo. Esta ferramenta estima a densidade de ocorrência de descargas elétricas atmosféricas a partir do registro de eventos individuais, para uma extensão geográfica e intervalo de tempo selecionados. O método utilizado é o estimador de núcleo gaussiano com janela adaptativa, sendo gerados arquivos em formato ASCII adequados aos algoritmos de mineração, bem como em formato de grade binário para a ferramenta de visualização meteorológica GRADS. Parâmetros específicos podem ser ajustados de forma a se poder correlacionar a densidade com outros dados meteorológicos.

3. Resultados e Considerações finais

A análise sinótica do horário 00 UTC, do dia 16/03/2007 apresentada no boletim técnico elaborado pelo Grupo de Previsão do Tempo do CPTEC/INPE, destaca na carta de altitude em 250 hPa a presença da Alta da Bolívia [10], com centro sobre o Estado de MT, favorecendo o transporte de umidade da Amazônia para a Região Sudeste do Brasil. Em médios níveis, 500 hPa há uma circulação anticiclônica sobre o noroeste do estado de SP, reflexo da mencionada Alta da Bolívia em 250 hPa. Neste mesmo nível, há presença de ondas curtas, sobre o norte da Argentina e Paraguai favorecendo o levantamento e instabilizando a atmosfera sobre o sudeste do Brasil. Em superfície, sobre os estados de MT, GO, MS e oeste de SP, se observa a presença de uma massa de ar úmido. A situação sinótica acima descrita favoreceu a formação de nuvens convectivas sobre o centro-oeste do estado de SP, conforme se observa na correspondente imagem do satélite GOES-10 apresentada na Figura 1.

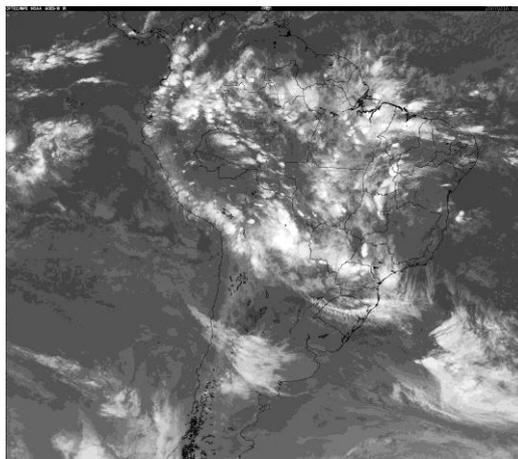


Figura 1: Imagem do satélite GOES-10 para o horário 00 UTC de 16/03/2007.

A figura 2 apresenta uma seqüência de imagens compostas dos radares do IPMET no intervalo das 00:31 as 00:46 UTC (figuras 2d, 2e e 2f). Nestas imagens, observa-se a presença de um sistema precipitante no noroeste de SP, com valores de refletividade entre 30 e 40 dBZ e com alguns pontos máximos de 60 dBZ, indicando precipitação moderada a forte. Na mesma figura aparecem as correspondentes imagens dos campos de densidade de descargas elétricas atmosféricas, calculados para os 5 minutos anteriores a cada imagem de radar (figuras 2a, 2b e 2c). Nestas últimas, observam-se as regiões mais intensas do campo, correspondentes aos CAE's em cores "quentes" para valores de densidade acima de 0,3.

Analisando qualitativamente as imagens de radar e as imagens de densidade de descargas nota-se correspondência das áreas de maior taxa de precipitação nas imagens de radar com os CAE's nas imagens de densidade de descargas, sendo possível estabelecer uma correlação significativa entre as estruturas precipitantes observadas pelo radar e as regiões mais densas do campo de densidade de descargas elétricas atmosféricas.

Assim sendo, pode-se considerar que a ferramenta EDDA, que gera estes campos de densidade, pode ser útil nos diagnósticos de condições de tempo severo. O próximo passo será incorporar esta ferramenta ao ambiente operacional do CPTEC/INPE, de forma a permitir, o monitoramento em tempo real de tais condições. Em um trabalho futuro será realizada uma análise quantitativa da comparação dos CAE's com imagens de satélite e radares meteorológicos de forma a comprovar estatisticamente a acurácia da metodologia proposta no auxílio ao monitoramento de condições de tempo severo, bem como para *nowcasting*.

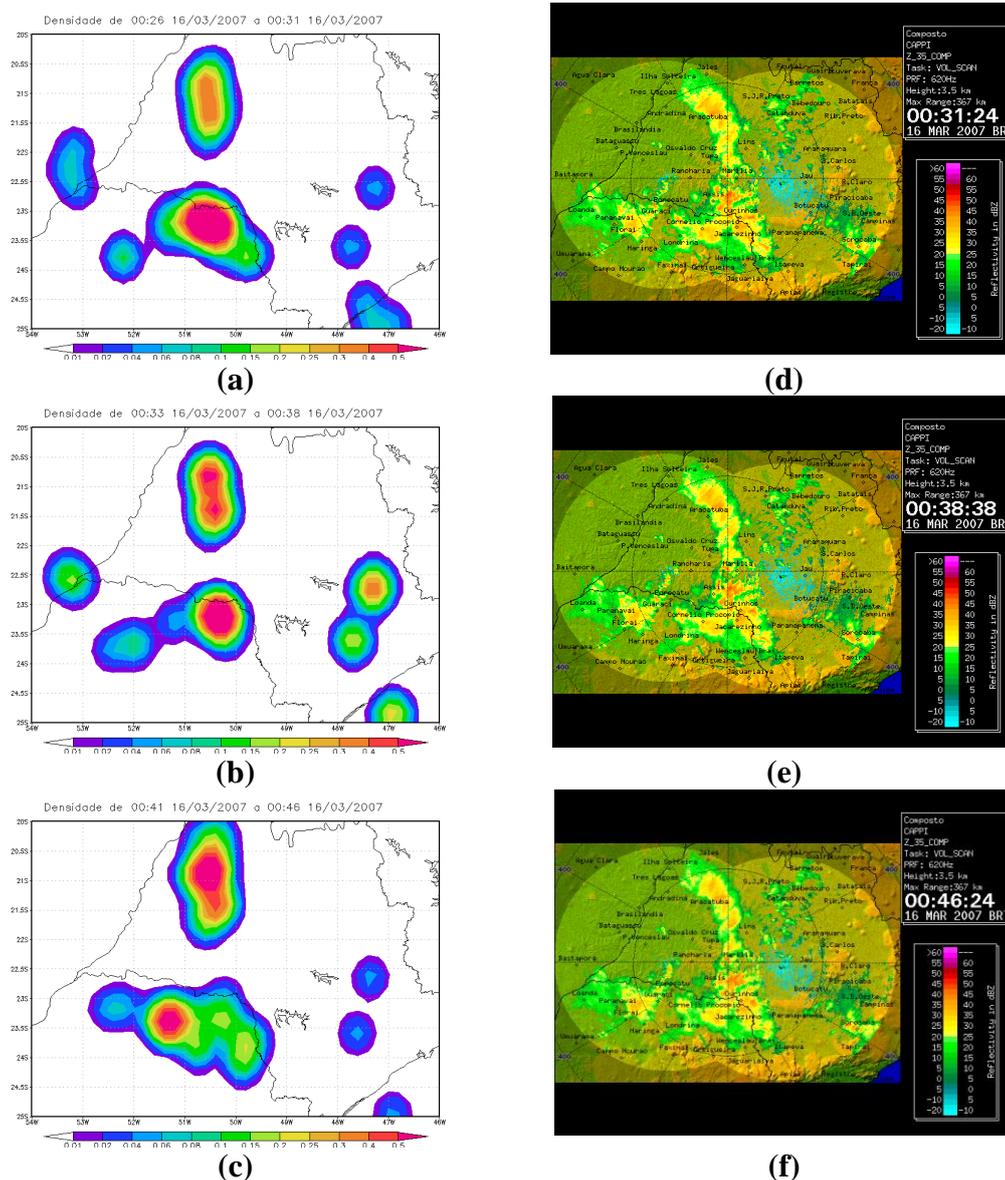


Figura 2: Sequência temporal de imagens de densidade de descargas e as correspondentes imagens de radar referentes à taxa de precipitação para 3 horários do dia 16/03/2007.

Agradecimentos: Ao CNPq, pelo projeto do Edital Universal “Mineração de Dados Associados a Sistemas Convectivos” (“Cb-Mining”, processo 479510/2006-7). À FINEP, pelo projeto “ADAPT – Tempestades: desenvolvimento de um sistema dinamicamente adaptativo para produção de alertas para a região Sul/Sudeste”, mais especificamente sua Meta 2 – “Mineração de dados para identificação de condições favoráveis à gênese e evolução de tempestades”. Ao CPTEC/INPE pelos dados e imagens, bem como ao IPMet pelas imagens de radar, particularmente a José Márcio Bassan e Paulo Sérgio Borges.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CAETANO, M.; ESCOBAR, G.C.J.; STEPHANY, S.; MENCONI, V.E.; FERREIRA, N.J.; DOMINGUES, M.O.; MENDES JUNIOR, O. Visualização de campo de densidade de ocorrências de descargas elétricas atmosféricas como ferramenta auxiliar no nowcasting. In: XIII LATIN AMERICAN AND IBERIAN CONGRESS ON METEOROLOGY (CLIMET XIII) AND X ARGENTINE CONGRESS ON METEOROLOGY (CONGREGMET X). **Proceedings...** Buenos Aires: 2009.
- [2] CALHEIROS, R. V.; D'OLIVEIRA, A. B. Radar Extended Range Nowcasting at São Paulo. In: INTERNATIONAL RADAR SYMPOSIUM. **Proceedings...** Hamburgo: 2009.
- [3] MACGORMAN, D. R.; NIELSEN, K. E.. Cloud-to ground lightning in a tornadic storm on 8 May 1986. **Monthly Weather Review**, v.119, p.1557-1574, 1991.
- [4] MENCONI, V. E.; CAETANO, M.; STEPHANY, S.; FERREIRA, N. J.; DOMINGUES, M. O.; MENDES JR., O. A Tool for the monitoring of electrically active convective activity, **Weather and Forecasting**, 2010 (em submissão).
- [5] NACCARATO, K. P; PINTO JR., O. The third Generation relative detection efficiency model for the Brazilian Lightning Detection Network (Brasildat). In: 20TH INTERNATIONAL LIGHTNING DETECTION CONFERENCE AND 2nd INTERNATIONAL LIGHTNING METEOROLOGY CONFERENCE. **Proceedings...** Tucson: 2008.
- [6] POLITI, J.; STEPHANY, S.; DOMINGUES, M. O.; MENDES JR., O. Mineração de dados meteorológicos associados à atividade convectiva empregando dados de descargas elétricas atmosféricas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.2, p.232-244, 2006.
- [7] POLITI, J. **Implementação de um Ambiente para Mineração de Dados Aplicada ao Estudo de Núcleos Convectivos**. 2005. 137 p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2005.
- [8] STRAUSS, C.; STEPHANY, S.; CAETANO, M. A ferramenta EDDA de geração de campos de densidade de descargas atmosféricas para mineração de dados meteorológicos. In: 33º CONGRESSO NACIONAL DE MATEMÁTICA APLICADA E COMPUTACIONAL (CNMAC-2010). Água de Lindóia, SP: 2010 (submetido).
- [9] VICENTE, G. A.; SCOFIELD, R. A.; MENZEL W. P. **The operational GOES infrared rainfall estimation technique**. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.79, n.9, p.1883-1898, 1998.
- [10] VIRJI, H. An estimate of the summertime tropospheric vorticity budget over South America. **Monthly Weather Review**, v.110, p.217-224, 1982.