



VISÃO GERAL DO SISTEMA DE PREVISÃO IMEDIATA DO CPTEC/INPE

(¹)Diego Pereira Enoré; (¹)Izabelly Carvalho da Costa; (¹)Alan James Calheiros; (²)Luiz Augusto Toledo Machado; (¹)Gilvan Sampaio de Oliveira (³)Enrique Vieira Mattos.

(1) Tecnologista. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista. São Paulo. (diego.enore@inpe.br; izabelly.costa@inpe.br; alan.calheiros@inpe.br; gilvan.sampaio@inpe.br).

(2) Pesquisador. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Cachoeira Paulista. São Paulo. (luiz.machado@inpe.br)

(3) Professor. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. Minas Gerais. (enrique@unifei.edu.br)

Resumo: Em março de 2016 foi criado, no âmbito do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do INPE, o grupo de previsão imediata de tempo. O grupo tem como finalidade desenvolver e implementar uma ferramenta que permita realizar a previsão de tempestades severas utilizando um conjunto de ferramentas que compreendem desde técnicas já consolidadas na meteorologia para previsão de áreas com possibilidade de formação de tempestades por meio de índices de instabilidade até a previsão de deslocamento e intensificação da mesma utilizando extração de informações de radares e satélites meteorológicos. Essa gama de ferramentas aliada a análise de diversas variáveis meteorológicas formam um conjunto de informações essenciais para tomadores de decisão e meteorologistas.

Palavras-chave: Nowcasting. Satélite. Previsão a curto prazo.

INTRODUÇÃO

Denomina-se previsão imediata de tempo (*nowcasting*, em inglês) (Browning, 1980), um conjunto de técnicas aplicadas para previsão de tempo para um período de até 6 horas e que sejam baseadas na utilização de técnicas de estimativas do estado do tempo futuro a partir de diferentes fontes de dados, como por exemplo, satélite e radar. A evolução das técnicas de nowcasting tem grande correlação com os avanços de áreas como sensoriamento remoto, computação e telecomunicações durante o pós 2ª Guerra Mundial.

Um previsor de tempo imediato utiliza-se de diversas ferramentas provenientes de dados observacionais, modelos numéricos de previsão de tempo, técnicas de extração utilizando dados de radar e satélite meteorológicos, etc. Atualmente, um esforço considerável é feito para a utilização de modelos de previsão do tempo em escalas espaciais menores do que 5-10km (modelos regionais e 1-4km escala convectiva). No entanto, este tipo de ferramenta ainda requer bastante fundamentação teórica, uma vez que, por ser uma técnica relativamente nova, iniciada nos anos 90 (Lin *et al.*, 1993), possui ainda diversos desafios para sua implementação (como, por exemplo, uma densa plataforma de coleta de dados associadas a radar e estações de superfície, supercomputadores para processar resultados em tempo hábil ao *nowcasting*, etc.). Esta gama de ferramentas aliada a análises de diversas variáveis meteorológicas, como mapas com distribuição espacial de parâmetros que indiquem áreas de instabilidade atmosférica, formam um conjunto de informações essenciais para tomada de decisões do previsor do tempo. Pensando na sequência cronológica da evolução dos sistemas convectivos os processos de monitoramento do nowcasting podem ser divididos em quatro fases. A primeira fase, chamada de pré-convectiva, se refere a momentos antes do surgimento das primeiras células convectivas sobre uma determinada área, em que as principais informações são extraídas dos índices de instabilidade atmosférica. A segunda fase, denominada de iniciação convectiva, é aquela quando as células de convecção já estão desenvolvendo e podem ser observados a partir de radares e satélites meteorológicos. Já na fase madura, os sistemas estão em pleno desenvolvimento e a definição das características de propagação e severidade são fundamentais ao nowcasting. Por último estão os sistemas de previsão, que se utilizam de dados de sensoriamento remoto por satélite e radares meteorológicos e ambientais ou modelos numéricos para realizar a previsão imediata do tempo (Calheiros *et al.*, 2017).

Com base nas definições acima, o grupo de previsão imediata tem por objetivo desenvolver e implementar uma ferramenta viável a previsão de tempestade severa que possa ser utilizada em centros operacionais de meteorologia e que conte com as quatro fases de maturação de uma tempestade.



I ENMET SC

ENCONTRO DE METEOROLOGIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA
SANTA CATARINA - SC 30 a 31 de AGOSTO de 2017
CAMINHOS PARA VIABILIZAR AS PREVISÕES
DE CURTO PRAZO NO ESTADO DE SANTA CATARINA



O SISTEMA NOWCASTING

O sistema nowcasting em desenvolvimento no CPTEC/INPE trabalha com as mais diversas fontes de dados visando fornecer informações completas e em tempo hábil para operadores meteorológicos.

Os produtos do sistema são disponibilizados por meio de uma página WEB (Figura 1) que é acessada via login e senha. A tela inicial da página é dividida em quatro partes que, por sua vez, são referentes às quatro fases do *nowcasting*, contudo é possível maximizar apenas uma das fases se necessário. A página ainda conta com ferramentas de animação, formulário de avaliação do sistema, possibilidade de emitir alertas aos órgãos competentes, emissão de relatório, informações relevantes de limiares dos índices de instabilidade, menus com produtos organizados pelas suas respectivas fontes, etc.

Abaixo são listados algumas técnicas presentes no sistema e corresponde a um pequeno resumo do documento técnico elaborado pelo grupo de previsão imediata disponível em <http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34P/3MRS5JS>.

Técnicas Pré-Convectivas

A identificação de áreas propícias à ocorrência de eventos severos pode ser realizada a partir da análise de mapas que fornecem a distribuição espacial dos principais parâmetros meteorológicos. Essas áreas podem ser identificadas a partir da observação de parâmetros como índices de instabilidade, cisalhamento do vento, convergência de umidade em baixos níveis, água precipitável, etc. Em termos de índices de instabilidade o *Convective Available Potential Energy* (CAPE), *Convective INhibition Energy* (CINE) e o número de Richardson (índice que relaciona o CAPE com o cisalhamento do vento), são indicadores importantes de ocorrência de tempestades (Brooks et al., 1994; Markowski et al., 1998; Rotunno, 2000). A importância destes índices de instabilidade reside no fato que sistemas que crescem em uma região com forte cisalhamento do vento tendem a ser maiores e mais duradouros, pois a água condensada é advectada e contribui para a expansão do sistema.

Os índices de instabilidade são gerados com base no modelo ETA com resolução espacial de 5 km e temporal de 3 horas para as saídas de 0 e 12 UTC e nas radiossondagens de mesmo horário (quando disponível). Informações que possibilitem a identificação de supercélulas e áreas propícias à ocorrência de tornado como o *Energy Helicity Index* (EHI), que é a combinação do CAPE e o *Storm Relative Helicity* (SRH) (Rasmussen e Blanchard, 1998) são calculados para os perfis termodinâmicos. Além das técnicas supracitadas, ainda utiliza-se perfis termodinâmicos derivados por satélites, o *Global Instability Index* (GII) (Koenig e De Coning, 2009), que fornece um mapeamento das regiões mais instáveis e propícias à convecção, obtido a partir das combinações de canais do satélite *Meteosat Second Generation* (MSG).

Iniciação Convectiva

A iniciação convectiva é um desafio, principalmente, para os modelos numéricos de previsão de tempo, já que os mesmos apresentam dificuldades em determinar onde e quando as tempestades irão ocorrer, além da baixa densidade de informações observacionais em escala temporal e espacial para determinar as características termodinâmicas em baixos níveis, umidade na camada limite e inversões (Mecikalski et al., 2010).

Os produtos desta fase visam determinar os parâmetros radiativos e morfológicos dos sistemas convectivos. São utilizadas informações do sistema ForTraCC (*Forecasting and Tracking of the Evolution of the Cloud Clusters*) (Vila et al., 2008) com o canal infravermelho do satélite GOES (*Geostationary Operational Environmental*). Outros produtos que utilizam informações de satélite são derivados da combinação e/ou diferenças de canais para descrever nuvens convectivas profundas. Além destes, são utilizados informações de PPI (*Plan Position Indicator*) obtidos a partir de radares meteorológicos a cada 10 minutos ou menos, dependendo do radar e é utilizado para apresentar as varreduras do radar, ou seja, apresenta os sinais recebidos em um sistema de coordenadas polares com elevação fixa.



I ENMET SC

ENCONTRO DE METEOROLOGIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA
SANTA CATARINA - SC 30 a 31 de AGOSTO de 2017
CAMINHOS PARA VIABILIZAR AS PREVISÕES
DE CURTO PRAZO NO ESTADO DE SANTA CATARINA



Sistema Maduro

Quando o sistema já está em estágio de maturação, momento o qual apresenta fortes ventos e altos valores de taxa de chuva, diversos métodos podem ser aplicados para identificá-los e determinar sua severidade. A identificação de nuvens convectivas profundas podem ser realizadas a partir da estimativa do vapor d'água injetado na estratosfera pelas fortes correntes ascendentes através da diferença de temperatura entre os canais do vapor de água e da janela atmosférica no infravermelho termal (Schmetz *et al.*, 1997). Com a ajuda de radares meteorológicos é possível ter uma visão tridimensional da precipitação e/ou outras propriedades físicas das nuvens, dependendo da sua sensibilidade. Dessa forma, nesta fase é utilizado o mesmo sistema ForTraCC aplicado para radar e satélite (neste último, utilizando diferença entre o canal de vapor de água e infravermelho) para ter informações das características físicas/morfológicas e de intensificação dos sistemas convectivos. No caso de radar, são utilizadas informações do conteúdo de água líquida integrada verticalmente (VIL, *vertically integrated liquid* em inglês) que é um parâmetro normalmente utilizado para identificar sistemas convectivos profundos com possibilidade de causar tempestades severas acompanhadas por queda de granizo. Adicionalmente, a detecção de tornados e microexplosão (*downbursts*) podem ser observados a partir da inferência da velocidade de propagação radial dos alvos amostrados (*Doppler velocity*).

Sistema de Previsão

A previsão de deslocamento da célula pode ser realizada através da extrapolação do vetor deslocamento (Noel e Fleisher, 1960 apud Wilson, 1997). É possível assumir o estado estacionário, ou seja, sem mudança no tamanho ou intensidade, ou considerar o aumento através de tendência linear. A fusão e a separação de células são problemas recorrentes nas técnicas de extrapolação devido aos erros que causam na previsão de deslocamento das células. Utilizando-se de duas ou mais imagens de radar ou satélite é possível rastrear células através de técnicas de sobreposição (Morel *et al.*, 2002), projeção de centróide (Johnson *et al.*, 1998), otimização do erro da posição e longevidade (Lakshmanan *et al.*, 2010), sobreposição seguido de função de custo global (Han *et al.*, 2009) e através do *Variational Echo Tracking* (VET; Bellon *et al.*, 2010). Dessa forma, o sistema ForTraCC utilizado nas fases anteriores é utilizado como método de identificação e acompanhamento de sistemas convectivos, através de dados de satélite (baseado na temperatura do topo da nuvem), durante o seu ciclo de vida, com até 120 minutos de antecedência (Vila *et al.*, 2008) e 20 minutos com dados de radar.

CONCLUSÕES

Estudos de caso utilizando o sistema de *nowcasting* desenvolvido e implementado no CPTEC tem mostrado que os produtos que compõem o sistema apresentam alta aplicabilidade, podendo fornecer uma previsão de tempestade intensa com até 2 horas de antecedência. De forma que, se usado diariamente pelos centros de meteorologia, a previsão imediata de tempo trará benefícios sociais e econômicos para a população em geral.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a equipe de desenvolvimento do CPTEC/INPE pela criação da página WEB do sistema de *nowcasting*.



I ENMET SC

ENCONTRO DE METEOROLOGIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA
SANTA CATARINA - SC 30 a 31 de AGOSTO de 2017
CAMINHOS PARA VIABILIZAR AS PREVISÕES
DE CURTO PRAZO NO ESTADO DE SANTA CATARINA

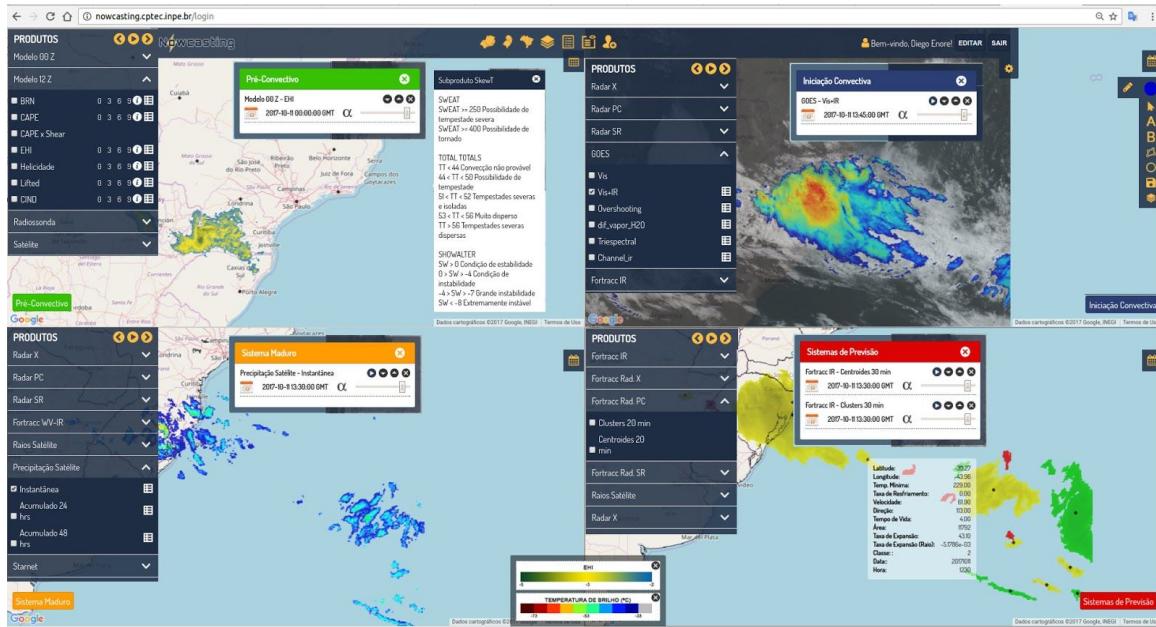


Figura 1. Página WEB do sistema de *nowcasting* do CPTEC/INPE.

REFERÊNCIAS

- BELLON, A. et al. McGill Algorithm for precipitation nowcasting by Lagrangian extrapolation (MAPLE) applied to the South Korean radar network. Part I: Sensitivity studies of the Variational Echo Tracking (VET) technique. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, v. 46, n. 3, p. 369-381, 2010.
- BROOKS, H. E., C. A. DOSWELL III, and R. B. WIILHELMSON. On the role of mid-tropospheric winds in the evolution and maintenance of low-level mesocyclones. *Mon. Wea. Rev.*, 122, 126-136. 1994.
- BROWNING, K. A. Local weather forecasting, *Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Vol. 371, No. 1745*, pp. 179–211. 1980.
- CALHEIROS, A.J.; ENORÉ, D. P.; MATTOS, E. V.; COSTA, I. C.; MACHADO, L. A. T. Sistema de Previsão Imediata: Descrição dos Produtos. Manual Técnico. São José dos Campos-SP, 2017.
- HAN, Lei et al. 3D convective storm identification, tracking, and forecasting-An enhanced TITAN algorithm. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, v. 26, n. 4, p. 719-732, 2009.
- JOHNSON, J. T. et al. The storm cell identification and tracking algorithm: An enhanced WSR-88D algorithm. *Weather and Forecasting*, v. 13, n. 2, p. 263-276, 1998.
- KOENING, M.; CONING, E. The MSG Global instability indices product and its use as a nowcasting Tool. *Weather and Forecasting*, 24, 272-285. 2009.
- LAKSHMANAN, V.; SMITH, T. An objective method of evaluating and devising storm-tracking algorithms. *Weather and Forecasting*, v. 25, n. 2, p. 701-709, 2010.
- LIN, Y., RAY, P. ; JOHNSON, K. Initialization of a modelled convective storm using Doppler radar derived fields. *Monthly Weather Review*, v.121, p. 2757- 2775, 1993.
- MARKOWSKI, P.M., E.N. RASMUSSEN, and J.M. STRAKA: The Occurrence of Tornadoes in Supercells Interacting with Boundaries during VORTEX-95. *Wea. Forecasting*, 13, 852–859. 1998.
- MECIKALSKI, J. R.; MACKENZIE, W. M.; KÖNIG, M.; MULLER, S. Cloud-top properties of growing cumulus prior to



I ENMET SC

ENCONTRO DE METEOROLOGIA DO ESTADO DE SANTA CATARINA
SANTA CATARINA - SC 30 a 31 de AGOSTO de 2017
**CAMINHOS PARA VIABILIZAR AS PREVISÕES
DE CURTO PRAZO NO ESTADO DE SANTA CATARINA**



convective initiation as measured by Meteosat Second Generation. Part I: Infrared fields. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, v. 49, n. 3, p. 521-534, 2010.

MOREL, C.; SENESI, S. A climatology of mesoscale convective systems over Europe using satellite infrared imagery. I: Methodology. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v. 128, n. 584, p. 1953-1971, 2002.

NOEL, T. M.; FLEISHER, A. The linear predictability of weather radar signals. Research report (Massachusetts Institute of Technology. Weather Radar Research (Project)), no. 34, Cambridge, M.I.T. Dept. of Meteorology, Weather Radar Research, 1960.

RASMUSSEN, E. N.; BLANCHARD, A. O. A baseline climatology of sounding-derived supercell and tornado forecast parameters. *Weather and Forecasting*. 13. 1148-1164. 1998

SCHMETZ, J., TJEMKES, S. A.; GUBE, M.; VAN DE BERG, L. Monitoring deep convection and convective overshooting. *Advances in Space Research*, v.19, p.433-441, 1997.

VILA, D.A.; MACHADO, L. A. T; LAURENT, H; VELASCO, I. Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters (ForTraCC) Using Satellite Infrared Imagery: Methodology and Validation. *Weather and Forecasting*, v. 23, n. 2, p. 233–245, 2008.

WEISMAN, M. L.; ROTUNNO. The use of vertical wind shear versus helicity in interpreting supercell dynamics. *J. Atmos. Sci.*, 57, 1452-1472. 2000.

WILSON, J. W.; MEGENHARDT, D. L. Thunderstorm initiation, organization, and lifetime associated with Florida boundary layer convergence lines. *Monthly Weather Review*, v. 125, n. 7, p. 1507-1525, 1997.