

Uso da Variação Temporal da Altura do Topo das Nuvens para Previsão Imediata

Luiz A.T. Machado¹, José L. Oliveira¹, Carlos A. Morales² e Rafael C.G. Martins.¹

Resumo

Este trabalho utiliza as varreduras volumétricas de um radar Banda S para estimar a variação temporal da altura do topo das nuvens como parâmetro predictor de tempestade severa. Os dados cobrem a região e período do experimento RACCI/LBA na pré estação chuvosa da região Amazônica. Combinando as varreduras volumétricas com o Fortracc pode-se seguir as estruturas precipitantes no tempo. Com base em 2500 ciclos de vidas das células precipitantes pode-se inferir a variação da altura do topo da parte precipitante da nuvem (aqui definido como 20 dBz). A variação da altura do topo no tempo mostrou ser um parâmetro que permite prever a evolução da convecção em curto prazo.

Abstract

This study combines the volume scan from S band radar, operating during the RACCI/LBA during the dry to wet season, with the Fortracc software. The Fortracc output allows following the rain cells during the life cycle. Rain cells were roughly defined as the 20 dBz threshold. This procedure produced 2500 life cycles to be analyzed. The preliminary results show the importance of the cloud top rate in the nowcasting of the intensity of the convective cells.

Palavra Chave: Convecção, previsão imediata

Introdução

A previsão imediata de tempestades severas está se tornando uma importante ferramenta no dia a dia dos centros de previsões. Devido à importância atual, Desastres Naturais foi escolhido, pela WMO, como tema do ano 2006. Uma série de ações está sendo previstas para os próximos anos para minimizar os efeitos devastadores dos Desastres Naturais, entre eles podemos citar o GEOSS (Global Earth Observing System of System) que tem a intenção de fazer com que as informações meteorológicas e ambientais cheguem rapidamente a mão dos tomadores de decisões e dos grupos especializados. A importância neste assunto é decorrente do grande número de Desastres Naturais ocorridos nos últimos anos, por exemplo citamos a alta frequência de furacões corridos em 2005 no Atlântico, o fenômeno Catarina e o grande número de tornados reportados no Brasil nos últimos anos. Em particular, as tempestades severas causam geralmente grandes transtornos a população. Neste sentido, um crescente número de ferramentas tem sido disponibilizado a sociedade, como por exemplo: o ForTraCC, para previsão imediata usando satélites (Machado e Laurent , 2004), a integração de radares (Angelis et al, 2006), a integração das informações de descargas elétricas com o Fortracc e diversos outros produtos (Macedo et al. , 2006 e Souza et al., 2006).

O Objetivo deste trabalho é analisar a potencialidade do uso da variação temporal da altura do topo das nuvens para prever o desenvolvimento das tempestades usando informações de radar. Machado et al., (2005), mostram que essa derivada tem uma clara capacidade de prever o desenvolvimento de tempestades em até 30 minutos. Contudo, nesse trabalho os autores utilizaram a informação ao nível do pixel, não levando em consideração o movimento das células. Este trabalho combina um sistema de rastreamento

¹ Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos /INPE – Cachoeira Paulista, Rod. Dutra km 40.

² Instituto Astronômico e Geofísico/USP – Cidade Universitária – São Paulo

das tempestades (o ForTraCC) para verificar essa hipótese e analisar qual a sensibilidade deste parâmetro em função da duração do ciclo de vida.

O Radar Meteorológico

Neste trabalho, foram utilizadas as varreduras volumétricas do radar meteorológico da Tectelcom, instalado em Rondônia, e operando no período compreendido pelos dias 25 de setembro a 05 novembro de 2002, durante o experimento RACCI (Radiation, Cloud, and Climate Interactions in the Amazon). As varreduras volumétricas medidas pelo radar meteorológico, a cada 10 minutos, foram utilizadas para o cálculo dos CAPPI (Constant Altitude Plan Position Indicator), a cada 1 km, a partir do nível de 2 km até 20 km de altura. Os CAPPIS, com resolução espacial de 1 km, são compostos por matrizes de resolução de 300x300, cobrindo uma região de 150 km de raio.

O Acompanhamento das estruturas precipitantes

O ciclo de vida das estruturas precipitantes foi obtido utilizando o sistema Fortracc (Forecast and Tracking of Cloud Cluster), operacional no CPTEC, para acompanhamento dos sistemas convectivos determinados a partir de satélites (Machado et Laurent 2004). Para tanto, foi necessário adaptar o ForTraCC para seguir estruturas em maior resolução e em passos de tempo mais curtos (10 minutos). Para definir as estruturas precipitantes, utilizamos o CAPPI de 2 km e definimos um limiar que leve em consideração as estruturas mais ativas dos campos de refletividade medido pelo radar. Neste sentido, optou-se pelo limiar de 20 dBz que consiste, em uma primeira aproximação, as refletividades associadas aos campos de precipitação.

Após a aplicação do ForTraCC, o resultado obtido foi o conhecimento do ciclo de vida de cada estrutura precipitante, associando uma data estrutura em uma imagem com a mesma estrutura na imagem sucessiva em outra fase do ciclo de vida (ou seja, 10 minutos mais tarde). Além dessas informações, foi obtida uma caracterização da morfologia e da dinâmica da estrutura precipitante. O resultado final do Fortracc é um extenso relatório textual indicando a posição e área de cada estrutura precipitante em imagens sucessivas, e outras informações complementares, tais como: ocorrência de divisão, crescimento ou dissipação da célula, excentricidade. O relatório textual fornecido pelo sistema Fortracc, permite o acompanhamento evolutivo de cada estrutura precipitante nas imagens subseqüentes.

A análise tridimensional das estruturas precipitantes

Conhecendo-se a localização da estrutura precipitante em 2km em cada passo de tempo, é possível reconstituir a estrutura tridimensional do sistema em cada fase do ciclo de vida. Com base nestas informações, foi analisado tridimensionalmente todo conjunto de dados, visando caracterizar, o perfil vertical de refletividade nas diferentes fases do ciclo de vida, as alturas do topo, os máximo de refletividade, entre outros parâmetros.

A população de estruturas precipitantes analisadas

Aplicando esses procedimentos foram classificados pelo sistema ForTraCC cerca de 2500 estruturas precipitantes. Em função da grande variabilidade na duração destes sistemas e, principalmente, para estabelecer uma metodologia de análise dos dados visando a previsão de tempo em curto prazo (nowcasting), optou-se em analisar o ciclo de vida das estruturas precipitantes de curta duração (até 40 minutos), média duração (entre 40 e 80 minutos) e longa duração (entre 80 e 120 minutos). Essas análises foram realizadas para diferentes fases do ciclo de vida (**Iniciação** (tempo inicial), **Maturação** (Período em que atinge a maior área) e **Dissipação** (tempo final)).

Resultados:

Os resultados aqui são preliminares e serão expandidos para uma série maior de parâmetros, nesta fase nos concentramos principalmente na análise da variação temporal da altura do topo da nuvem, que mostrou ser um importante parâmetro com forte potencial de previsibilidade.

As figuras 1, 2, e 3 ilustram as médias dos perfis de refletividade e os respectivos desvios padrão em função do ciclo de vida para as estruturas de curta média e longa duração. Pode-se notar nestas figuras que à medida que o ciclo de vida da célula convectiva é mais longo os campos de refletividade são maiores indicando atividade convectiva mais intensa e maior taxa de precipitação. Outro ponto a ser destacado, é com relação a evolução dos perfis em função da fase do ciclo de vida. Nota-se que células precipitantes com média e curta duração, o perfil com maior refletividade é na fase de iniciação, bastante similar a fase de maturação (esse fato mais pronunciado no de média duração) e com o perfil de dissipação mostrando uma atividade convectiva mais fraca, porém não apresentando uma estrutura estratiforme de banda brilhante. Os sistemas de menor duração não têm um tempo hábil para formar grandes estruturas estratiformes. Já o perfil que descreve as células precipitantes de longa duração, nota-se, na fase de maturação, o considerável aumento de refletividade associado aos níveis mais altos, mostra o desenvolvimento da fase de gelo do sistema, muito superior a fase de iniciação. Esse resultado mostra que sistema com forte desenvolvimento da parte de gelo, provavelmente associado a grande atividade elétrica e a processos de crescimento de nuvens frias, precisam ter um tempo suficiente de vida. A fase de dissipação não apresenta uma característica marcante que diferencie os diferentes tipos de células precipitantes.

Os sistemas convectivos possuem um ciclo de vida bem característico e fortemente relacionado com o crescimento e decréscimo do topo de nuvem. Machado et al. (2004) apresentam gráficos da variação de perfis de refletividade de radar e observam que a derivada da variação temporal da altura do topo da nuvem ($\delta h/\delta t$) pode ser um bom descritor do ciclo de vida e uma possível ferramenta para descrever os processos microfísicos dos sistemas convectivos. Essa derivada pode ser associada ao movimento vertical médio no interior da camada de nuvem definida pelo limiar utilizado. Por exemplo, $\delta h/\delta t$ negativo, ilustra que um sistema precipitante teve um movimento descendente, por outro lado um $\delta h/\delta t$ positivo ilustra um movimento ascendente. A magnitude deste sinal pode ser um preditor do comportamento da célula precipitante no instante futuro.

Para testar essa hipótese, separou-se os valores de $\delta h/\delta t$ em diferentes faixas de valores, sempre utilizando o limiar de 20 dBz como referência para a altura do topo da nuvem. Após análises estatísticas das populações de $\delta h/\delta t$, escolheu-se 7 faixas, conforme apresentado a seguir: **a)**-16 m/s a -10 m/s; **b)**-10 m/s a -6m/s; **c)** -6ms a -3 m/s; **d)** -3 a 0m/s; **e)** 0m/s a 3m/s; **f)** 3 m/s a 12 m/s e **e)** 12 m/s a 15 m/s.

As figuras 4,5 e 6 mostram a variação do perfil de refletividade após 10 minutos para as diferentes faixas de $\delta h/\delta t$ e diferentes durações do ciclo de vida. A Figura 4 mostra que $\delta h/\delta t$ positivos implica em um aumento de refletividade após 10 minutos em todo o perfil vertical e $\delta h/\delta t$ negativos implicam em uma diminuição. Altos valores de $\delta h/\delta t$ correspondem a um aumento, nos próximos 10 minutos, nos níveis mais baixos, mais associados a precipitação, de 30-40 dBz. Esse padrão é relativo aos sistemas de curta duração com ciclo de vida menor que 40 minutos. Para os sistemas de média (figura 5) e longa duração (figura 6), o comportamento é bastante similar. Logo, não parece haver uma necessidade de conhecimento de informações a cerca do ciclo de vida para realizar a previsão em função da variação temporal da altura do topo.

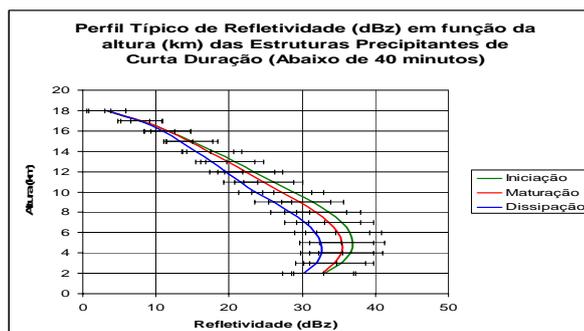


Figura – 1 Perfil típico de refletividade (dBz) em função da altura (km) das estruturas precipitantes de curta duração (abaixo de 40 minutos)

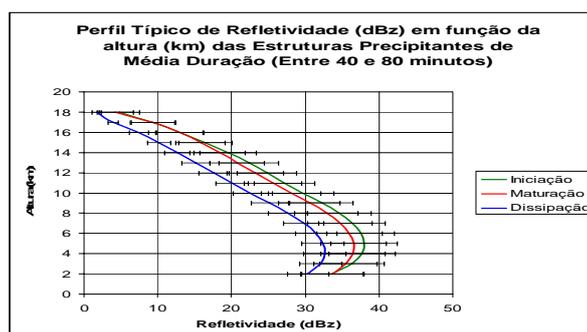


Figura 2 – Perfil típico de refletividade (dBz) em função da altura (km) das estruturas precipitantes de média duração (Entre 40 e 80 minutos)

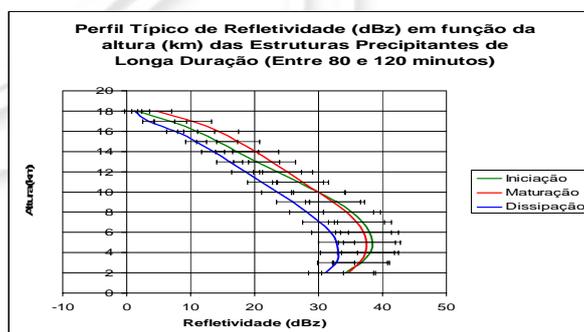


Figura 3 – Perfil típico de refletividade (dBz) em função da altura (km) das estruturas precipitantes de longa duração (Entre 80 e 120 minutos)

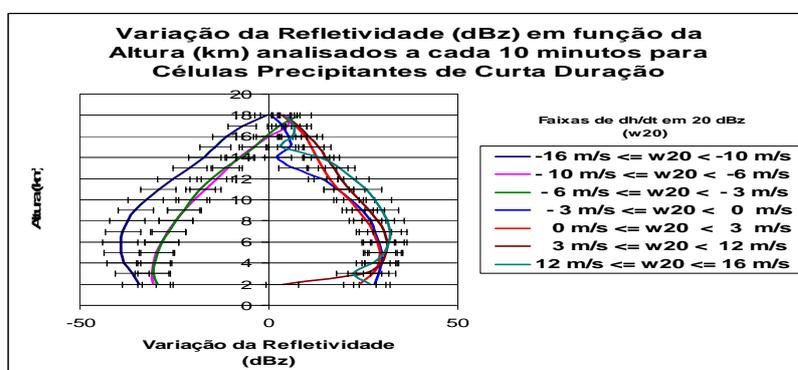


Figura –4 Variação da Refletividade (dBz) em função da Altura (km) analisados a cada 10 minutos para Células Precipitantes de Curta duração.(10-40 minutos)

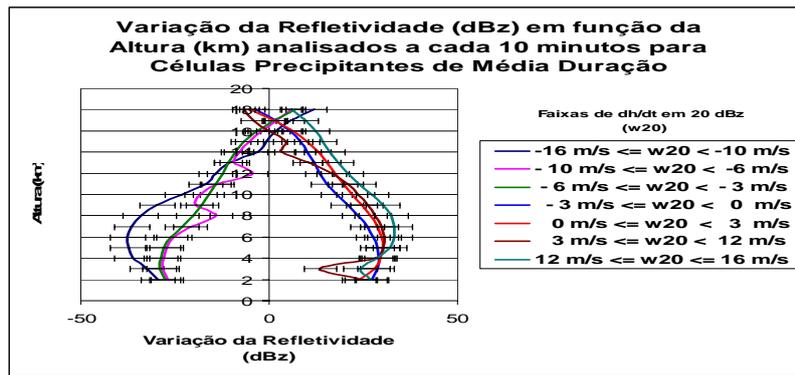


Figura –5 Variação da Refletividade (dBz) em função da Altura (km) analisados a cada 10 minutos para Células Precipitantes de Média Duração (40-80 minutos)

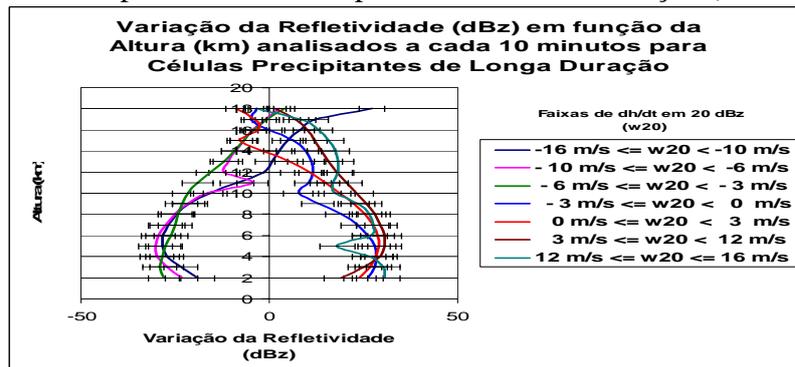


Figura –6 Variação da Refletividade (dBz) em função da Altura (km) analisados a cada 10 minutos para Células Precipitantes de Longa Duração (80-120 minutos)

Conclusão

Esse trabalho descreve o uso do FortTraCC para seguir estruturas precipitantes e descrever as etapas do ciclo de vida. Com essas informações foi possível testar a potencialidade do uso do parâmetro $\delta h/\delta t$ como previsor da evolução da tempestade. Esse parâmetro mostrou-se apropriado, com resultados estáveis e para algumas faixas independentes da duração do ciclo de vida. Altos (baixos) valores de $\delta h/\delta t$ estão associados com aumento no perfil de refletividade nos próximos 10 minutos. Esse estudo irá testar essas características para passos maiores de tempo.

Referências

- Macedo, S.R.; W.F.A. Lima, L.A.T. Machado, O. Pinto Jr. Monitoramento e evolução de descargas elétricas atmosféricas associadas a sistemas convectivos de mesoescala. Submetido ao Boletim da Soc. Bras. Meteorologia, 2005.
- Machado, L.A.T., C.A. Morales, H. Laurent, D. Vila, S.M. Rodrigues, W.F.A. Lima. Convective system area expansion, high-level wind divergence and vertical velocity: A tool for nowcasting. In WORLD WEATHER RESEARCH PROGRAMME'S SYMPOSIUM ON NOWCASTING AND VERY SHORT RANGE FORECASTING (WSN05), Toulouse.. 2005.
- Machado, L. A. T., Laurent, H. The convective system area expansion over Amazonia and its relationships with convective system life duration and high-level wind divergence. *Monthly Weather Review*, 132, 714-725, 2004.
- Souza, R.A.F., M.P. Corrêa, J.C. Ceballos, C.F. de Angelis, Luiz Augusto Machado, W.F.A. Lima, S.R. Macedo. Contribuições à Meteorologia por Satélite: Produtos Operacionais no CPTEC. Boletim da Soc. Bras. Meteorologia, v. 29, n.2, pp. 52, 2005.