

ESTIMATIVA DA ALTURA DA BASE DE NUVENS A PARTIR DE IMAGENS DE SATÉLITES

Renato Galante Negri¹ e Luiz Augusto Toledo Machado¹

RESUMO

Esse artigo descreve uma técnica de estimativa da altura da base das nuvens utilizando imagens do canal infravermelho janela (10,7 μ m) do satélite GOES-12. Essa técnica faz parte do modelo de estimativa do vento para os baixos níveis desenvolvido pelo CPTEC/INPE, sendo utilizada para determinar a altura dos vetores estimados. A altura é inferida através do ponto de mínimo local de um polinômio ajustado a partir do histograma calculado de um segmento de imagem que contém nuvens e regiões de céu claro. Os resultados iniciais mostraram que a técnica apresenta bons resultados para as regiões oceânicas.

ABSTRACT

This paper describes a technique to estimate the cloud base height using infrared satellite images from GOES-12 satellite. This procedure was developed to be part of the low level winds estimation model. (the cloud drift wind height). The cloud base height is obtained from the local minimum of the polynomial adjusted curve, from the infrared image histogram of an image segment containing cloud and NCEP data. This technique was applied to the ocean region where more spatial homogeneous cloud field is observed.

Palavras-Chave: Altura da Base da Nuvem, Nível de Condensação por Levantamento (NCL), Meteorologia por Satélite

INTRODUÇÃO

Imagens dos canais térmicos dos satélites geoestacionários são de grande utilidade para a meteorologia. Devido a grande área compreendida nas imagens e a alta resolução temporal é possível acompanhar o desenvolvimento e deslocamento de sistemas convectivos, frentes frias e outros fenômenos de meso e grande escala. Em meados da década de 60 as imagens dos satélites geoestacionários começaram a ser utilizadas para estimar a direção e velocidade do vento a partir do deslocamento das nuvens presentes nelas (Hubert e Whitney, 1971). Nessa estimativa supõe-se que

as nuvens deslocam-se apenas devido a ação do vento. Determinando a posição inicial e final de uma nuvem qualquer e conhecendo o intervalo de tempo entre as duas posições, a velocidade e direção do vento são facilmente determinadas. Contudo, é preciso determinar a altura da nuvem rastreada pois de nada adianta conhecer a velocidade e direção do vento sem conhecer a altura em que ele ocorre. Esse trabalho trata da técnica empregada no modelo de estimativa do vento a partir de imagens de satélites para os baixos níveis, desenvolvido CPTEC/INPE (veja Negri R.G., 2005 e Machado et al. 2006, para maiores detalhes), para determinar a altura de cada vetor de vento estimado. O modelo de estimativa do vento desenvolvido utiliza imagens dos canais 1 (visível) e 2 (infravermelho próximo) do satélite geo-estacionário GOES-12. Segundo Hubert e Whitney, (1971) as nuvens em baixos níveis se deslocam com o vento na altura da base da nuvem. Como o satélite identifica o topo da nuvem, esse procedimento não é trivial. Le Marshall et al. (1994) sugere que um histograma de um campo de radiâncias incluindo nuvens e céu claro pode conter informações sobre a base da nuvem no ponto de mínimo local da curva. O Objetivo deste trabalho é verificar essa hipótese e desenvolver uma metodologia automática de cálculo da altura da base da nuvem.

ESTIMATIVA DA ALTURA DA BASE DAS NUVENS

Segundo Smith e Hasler (1976) as nuvens baixas se deslocam em função do vento na altura da sua base. Seguindo essa hipótese, a altura de cada vetor de vento estimado pelo modelo é tomada como sendo a altura da base do conjunto de nuvens utilizado em tal estimativa. A técnica desenvolvida para determinar a altura dos vetores se baseia num método proposto por Le Marshall et al. (1994), Schmetz et al. (1996), Andreas et al. (1997), que implica no cálculo de um histograma da temperatura de brilho do canal infravermelho (10,7 μ m) para cada vetor vento. Segundo os autores, a técnica é mais indicada para as regiões oceânicas, pois, sobre o continente a não homogeneidade dos campos de nuvens baixas pode comprometer o uso desta técnica que requer uma análise espacial de áreas em torno de 64x64 km². Esse histograma é calculado a partir do segmento de imagem (conjunto de nuvens e céu claro) na área a ser determinada a base da nuvem. Os histogramas são utilizados para estimar a temperatura de brilho da base das nuvens a partir de uma descrição do campo de temperatura de brilho da cena que contém informações dos topos das nuvens e da superfície.

A técnica baseia-se na hipótese de que os histogramas bimodais, limitados por um determinado limiar (para eliminar nuvens médias e altas) descrevem duas populações distintas, uma da superfície oceânica/continental e outra das nuvens. A intersecção destas duas populações

determina a temperatura típica da base da população de nuvens baixas presente no segmento de imagem. Um polinômio $P(n)$ é ajustado ao histograma para determinar essa zona de intersecção. O polinômio é determinado utilizando o método dos mínimos quadrados e a escolha do grau do polinômio $P(n)$ foi feita empiricamente elegendo-se um valor que fornecesse uma aproximação satisfatória. A utilização de um polinômio de grau 12 permitiu que a precisão da aproximação fosse suficiente para a execução da técnica, descrevendo com facilidade a distribuição característica das duas populações de pixels (nuvens e superfície). O ponto de mínimo que determina a temperatura de brilho da base da nuvem, encontra-se entre os dois máximos locais da função, como indicado na figura 1.

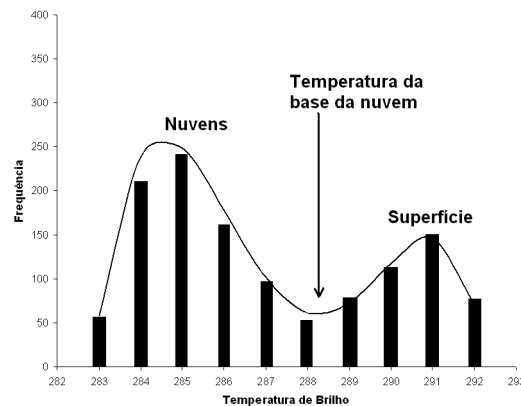


FIGURA 1 - Histograma típico para uma região oceânica com presença de nuvens e áreas de céu claro.

A conversão da temperatura de brilho da base da nuvem em um nível de pressão (altura) é feita com base em um perfil de temperatura da atmosfera (perfil proveniente do modelo ETA do CPTEC). Foram testadas diversas dimensões de segmento de imagem usado para o cálculo do histograma. Pequenos segmentos não contêm uma população de pixels suficiente para gerar um padrão semelhante ao mostrado na figura 1. Quanto maior a dimensão desse segmento melhor definido é o histograma e conseqüentemente melhor é o ajuste da curva polinomial. Grandes segmentos representando áreas com raio de centena de quilômetros apresentam uma ótima qualidade na determinação da altura da base, pois apresentam uma grande probabilidade de incluir membros suficientes das duas populações, contudo, não representam razoavelmente as condições termodinâmicas homogêneas. Para tanto, adotou-se o seguinte critério para definir a dimensão do segmento: a partir de um segmento de 16x16 pixels (64x64 km) procura-se um polinômio cuja primeira derivada possua três raízes reais no intervalo do histograma, caso isso não ocorra a dimensão do segmento é ampliada até que essa condição seja satisfeita ou até que a mesma seja

maior que 100, neste caso não pode-se calcular com precisão a altura da base do conjunto de nuvens. Para o uso sobre o continente o tamanho da maior área deve ser drasticamente reduzido de forma a fornecer um valor realista em conformidade com a baixa homogeneidade das condições termodinâmicas da superfície continental.

Avaliação do Método

Foram utilizados nessa avaliação, dados de re-análise fornecidos pelo NCEP ([National Centers for Environmental Prediction](#)). Esta avaliação visa verificar a precisão do método de estimativa da altura da base da nuvem. Foi calculado o RMS dos vetores em relação aos campos de vento fornecidos pelo NCEP supondo que a altura determinada corretamente levaria a um erro menor. O valor da altura dos vetores foi subestimado e superestimado em intervalos de 25hPa a fim de verificar a qualidade das estimativas da altura do vetor vento.

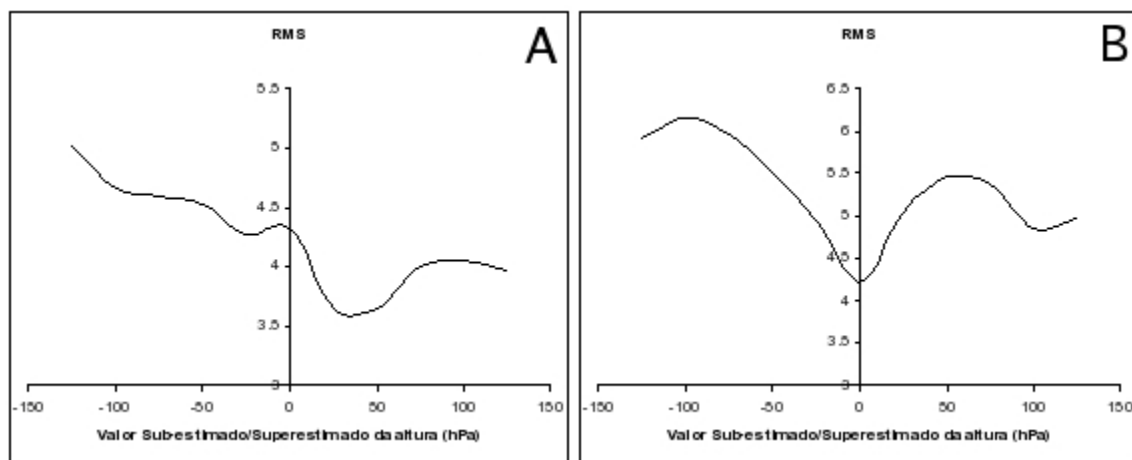


FIGURA 2 – (A) Erro quadrático médio do campo de vento em relação ao campo de vento calculado pelo NCEP em diferentes níveis. A ordenada corresponde a diferença na altura do vento entre os dois conjuntos de dados. (B) Erro quadrático médio do campo de vento em relação ao campo de vento calculado pelo NCEP para o caso em que foi aplicada a correção na temperatura de brilho devido à absorção do vapor d'água presente nas camadas superiores ao alvo.

Os dados de vento obtidos a partir do NCEP são fornecidos apenas nos níveis de 1000, 925, 850 e 700 hPa para os níveis baixos. Já os vetores vento obtidos a partir do modelo de estimativa usando a técnica de estimativa da base da nuvem descrita neste trabalho assumem altura (nível de pressão) em qualquer valor no intervalo de 1000 a 700 hPa. Durante o cálculo do RMS e BIAS, os valores das componentes zonal e meridional dos campos do NCEP foram interpoladas de forma que

a cada vetor do campo avaliado correspondesse a um vetor referente ao campo do NCEP no mesmo nível de pressão. Devido à baixa resolução espacial dos campos do NCEP em relação à resolução do campo resultante do modelo de estimativa por satélite, apenas os vetores que estivessem à distância máxima de 1 grau de um vetor do campo do NCEP foram utilizados na avaliação. A figura 2 mostra o valor do RMS calculado entre os vetores extraídos da série e os campos do NCEP subestimando e superestimando a altura inferida pela técnica.

Pelo gráfico apresentado na figura 2(A), nota-se que o menor valor do RMS ocorre quando a altura do vetor estimado é cerca de 25hPa maior que o valor dos campos obtidos pelo NCEP. Esse viés ocorre não em função do método empregado, mas na hipótese de conversão da temperatura de brilho, medida pelo satélite, diretamente como sendo a temperatura do ar no mesmo nível. Devido à existência de vapor d'água acima do topo da nuvem a radiação emergente é parcialmente absorvida e portanto a temperatura de brilho é levemente reduzida. Utilizando o modelo de transferência radiativa FLISS (Fomin, 1994) e um perfil climatológico das regiões tropical e extratropical, calculou-se a absorção da radiação de onda longa na janela atmosférica em 10,7 μ m, na qual o canal 4 do satélite GOES-12 opera. Devido a essa absorção, é esperado para a região tropical um decréscimo de cerca de 1,5 K. Para a região extratropical espera-se um decréscimo de cerca de 1 K na temperatura de brilho. Aplicando essa correção à temperatura estimada para a base da nuvem obteve-se um resultado mais consistente do que o anterior. Isso pode ser visto na figura 2(B), ela mostra que o valor do erro aumenta à medida que subestimamos ou superestimamos a altura (nível de pressão) da base das nuvens, confirmando que a estimativa para a base da nuvem utilizada torna-se melhor com essa correção, sendo bastante coerente com os dados do NCEP.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa técnica mostrou-se capaz de estimar a altura da base das nuvens com uma precisão satisfatória para a determinação do nível de pressão dos vetores estimado pelo modelo de estimativa do vento. Devido à escassez de radiossondagens nas regiões oceânicas, onde a técnica é mais indicada para ser aplicada, não foi possível realizar uma validação direta. Comparando os campos de vento estimados pelo modelo desenvolvido no CPTEC/INPE aos campos fornecidos pelo NCEP verificou-se que ambos são muito similares o que mostra que a altura inferida para os vetores é coerente. Uma importante aplicação deste método, além de possibilitar monitorar a altura da base das nuvens a cada 30 minutos, é que a altura da base da nuvem é associada ao nível de condensação por levantamento (NCL). Conhecendo-se o NCL e a temperatura da superfície do mar, na qual é facilmente estimado por satélite e a pressão na superfície do oceano, informação com boa precisão

nas re-análises, pode-se conhecer a umidade específica na superfície que é uma variável chave na determinação dos processos convectivos e uma informação pouco precisa nas re-análises.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andreas, O., Tomassini, M., Holmlund, K., Schmetz, J., 1997: Low-Level Cloud Motion Winds from METEOSAT High-Resolution Visible Imagery. *Weather and Forecasting, Notes and Correspondence*, 12, 175-184.

Fomin, B.a. Benchmark, 1994: Computation for Solar Fluxes and Influxes in Aerosol and Cloudy Atmosphere. *Izvetiya Atmospheric Oceanic Physics*, V. **30**, N. 3, P. 283-290.

Hubert, L. F., E Whitney, L. F. Jr., 1971: Wind Geostationary-Satellite Pictures. *Monthly Weather Review*., Vol 99, No 9, 665-671.

Machado L. A. T., Negri R.G., Lima W. F. A., and Ferreira S. H. S., 2006: CPTEC Atmospheric Motion Vectors: Validation, Assimilation and Characteristics. *Proc. Eighth International Winds Workshop, Beijing, China, EUMETSAT Eum P 47*.

Marshall, J. L., Pescod. N., Seaman, B., Mills, G. and Stewart, P., 1994: An Operational System for Generating Drift Winds in the Australian Region and Their Impact on Numerical Weather Prediction. *Weather and Forecasting*, 9, 361-370.

Negri R. G., 2005: Um Modelo de Estimativa dos Vento para os Baixos Níveis Utilizando Imagens dos Canais Visível e Infravermelho Próximo (3,9 μ m). São José dos Campos. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Schmetz, J., K. Holmlund, and A. Ottenbacher, 1996: Low-Level Winds from High-Resolution Visible Imagery. *Proc. Third International Winds Workshop, Ascona, Switzerland, EUMETSAT Eum P 18*, 71-79.

Smith C. L., and Hasler A. F., 1976: A Comparison of Low-Cloud Satellite Wind Estimates with Analyses Based on Aircraft Observations in a Disturbed Tropical Regime. *Monthly Weather Review*, **104**, 702-708.