

O MODELO DE VENTO ESTIMADO POR SATÉLITE NA DSA/CPTEC: COMPARAÇÃO COM DADOS DE RADIOSSONDAS

Wagner Flauber Araújo Lima, Luiz Augusto Toledo Machado, Renato Galante Negri e Rafael Castelo
Guedes Martins.

Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais / Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos / Instituto
Nacional de Pesquisas Espaciais (DSA/CPTEC/INPE)
Rodovia Presidente Dutra km 39, 12630-000, Cachoeira Paulista / SP

E-mail: wagner@cptec.inpe.br, machado@cptec.inpe.br, galante@cptec.inpe.br, rcastelo@cptec.inpe.br

RESUMO

A Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) produz campos de vento na troposfera para uma região que cobre toda a América do Sul em diversos níveis, utilizando os canais do infravermelho e vapor da água do satélite geo-estacionários GOES-12. Este trabalho apresenta uma comparação do vento extraído pelo modelo operacional da DSA/CPTEC com dados de radiossondas ao longo do ano de 2004. Observou-se que os ventos estimados pelo canal infravermelho (IR) são subestimados para altos níveis e superestimados para níveis médios e baixos. Os resultados mostram que o RMS dos vetores estimados através do canal do vapor d'água (WV) são superiores aos obtidos pelo canal IR. Este fato se deve a melhor precisão na determinação da altura dos vetores do vento obtidos pelo método IR. O BIAS e o RMS calculados são comparáveis à qualidade dos vetores obtidos pela NOAA, EUMETSAT e JMA.

Palavra-chave: Vento, GOES-12, Infravermelho (IR), Vapor da água (WV), Radiossonda

ABSTRACT

The Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) of the Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) operationally produces wind fields in the troposphere at several levels for a region extended over all South America, using Infra-Red (IR) and Water Vapor (WV) channels of the geostationary satellite Goes-12. This work presents a comparison between winds extracted by the model and radiosonde data for 2004. It is found that the winds estimated using the IR channel are underestimated for high levels and overestimated for intermediate and low levels. The results show that the RMS of the vectors estimated using the WV channel are stronger than those IR channel. This is due to better determination of winds height by the IR method. The calculated BIAS and RMS make evident a quality similar to that of the vectors assessed by NOAA, EUMETSAT and JMA.

1 - INTRODUÇÃO

A atual rede global de satélites geo-estacionários proporciona uma boa base de dados para a estimativa das componentes do vento através do movimento das nuvens para serem utilizados nas análises diagnósticas e assimilados por modelos numéricos de tempo, suprimindo a escassez de dados de ar superior, principalmente sobre a América do Sul. Estudos sobre os impactos desses produtos para a previsão de tempo mostraram uma influência positiva no Hemisfério Sul (Kallberg et al. 1982).

A extração das componentes do vento a partir de imagens de satélites teve início na segunda metade da década de 70. Leese et al. (1971) propôs a técnica de rastreamento automático de nuvens utilizando método das correlações cruzadas, onde o rastreamento individual de uma nuvem era descartado devido à complexidade para um computador realizar tal tarefa, preferindo a técnica em que um dado conjunto de nuvens numa dada área é selecionado e a partir daí o movimento desse conjunto é deduzido utilizando uma imagem anterior. Kastner et al. (1980) e Eigenwillig e Fischer (1981) demonstram a utilidade do canal do vapor d'água, o qual torna possível a detecção e rastreamento de estruturas puras de vapor d'água nas imagens do satélite METEOSAT. Laurent (1993) utiliza imagens do canal do vapor d'água provenientes do satélite METEOSAT para extração do vento, concluindo que essas imagens são muito úteis para a detecção do vento em altos níveis. No mesmo contexto, Rao et al. (2002) estudam a extração de ventos a partir do canal do vapor d'água dos satélites GOES, comparando-os à observações de radiossondas e confirmam que os ventos extraídos a partir do canal do vapor d'água desses satélites representam muito bem as camadas da troposfera. Os autores ressaltam a utilidade e qualidade da extração utilizando esse canal em situações de céu claro, sendo possível captar movimentos em camadas mais profundas se comparado ao canal infravermelho.

Atualmente a Divisão de Satélites Ambientais (DSA) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) possuem um modelo de extração de vento operacional utilizando imagens do satélite GOES-12, desenvolvido por Laurent et al. (2002), apresentando valores satisfatórios para altos níveis, porém de mais baixa qualidade para os vetores de vento em níveis baixos e médios. Esse modelo é baseado no modelo desenvolvido pela EUMETSAT (European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) e pelo LMD (Laboratoire de Météorologie Dynamique) (Schmetz et al.1993). O modelo para o IR utiliza imagens no canal infravermelho para o cálculo dos deslocamentos e uma imagem no canal do vapor d'água para correção da altura dos vetores obtidos. Nesse contexto, a meta desse trabalho é apresentar o modelo operacional de extração do vento da DSA/CPTEC e suas avaliações para o período de 2004, utilizando dados de radiossondas.

A segunda seção deste trabalho apresenta à descrição do modelo e as características do produto operacional. Na parte 3 são apresentados os dados e as metodologias aplicadas na avaliação do produto, por último são apresentados os resultados e conclusões obtidas no trabalho.

2 - ESQUEMA DE EXTRAÇÃO DE VENTOS – DSA/CPTEC

2.1 – DEFINIÇÃO DOS VETORES

Os vetores de ventos são determinados com ajuda de um esquema de rastreamento. Esse procedimento consiste de uma técnica de janelamento, onde uma pequena janela, a janela alvo, situada no tempo t , procura por o padrão de nuvens mais similar numa segunda janela, na imagem no tempo $t+30$ minutos. Inicialmente o modelo utilizava uma janela alvo com 32×32 pixels e para

a janela de procura, 96 x 96 pixels. A procura é realizada em forma de espiral. Na definição dos vetores utiliza-se o método da distancia euclidiana, onde padrões semelhantes são determinados em uma seqüência de três imagens. A utilização de três imagens se dá pelo fato de que um dos testes aplicados no controle de qualidade necessita que haja um vetor de vento anterior para ser comparado com o vetor extraído.

2.2 – DEFINIÇÃO DO NÍVEL DOS VETORES

O nível dos vetores é determinado comparando-se a temperatura de brilho das nuvens com o perfil vertical de temperatura e pressão, portanto a altitude determinada para os vetores de vento é o nível onde a temperatura atmosférica se iguala à temperatura de brilho das estruturas rastreadas. Testes mostraram que o uso de perfis feitos por radiossondas proporciona bons resultados, porém, devido à sua escassez, os dados fornecidos pelo modelo do CPTEC são mais utilizados. O vento obtido pelo canal infravermelho conta com uma rotina para a correção das nuvens semi-transparentes. Detalhes do modelo de correção de nuvens semi-transparentes podem ser encontrados no trabalho de Laurent et al. (2002)

2.2 – TESTE DE CONTROLE DE QUALIDADE DOS VETORES INSERIDO NO MODELO

Após os cálculos realizados na extração das componentes do vento, é necessário que os resultados obtidos passem por algum tipo de filtro no qual se teste a qualidade dos vetores, verificando se os mesmos descrevem o evento meteorológico analisado ou se correspondem a um ruído. Primeiramente, calculam-se os coeficientes de correlação entre as janelas alvos que definiram o vetor vento, para correlações inferiores à 0,5 os vetores são automaticamente rejeitados. Após essa primeira filtragem, os vetores passam por um teste de consistência temporal que consiste em calcular o vetor vento entre as imagens em t_0 e t_0-30 minutos e compará-lo ao vetor obtido entre as imagens t_0 e t_0+30 minutos. Caso tais vetores forem muito diferentes entre si, o vetor é rejeitado, pois se considera que a correlação existente que deu origem ao vetor, foi baseada em formações de nuvens aleatórias e não a partir de um conjunto de nuvens com consistência sinótica. Quantificando esse critério, consideramos V_1 o vetor calculado entre t_0 e t_0-30 , V_2 o vetor calculado entre as imagens em t_0 e t_0+30 minutos, V_2 não é descartado caso a inequação abaixo for verdadeira:

$$|V_1 - V_2| < 5 + 0,2|V_1|(m/s)$$

Os vetores de vento que apresentam velocidades menores que 3m/s são rejeitados, pois não existe precisão na determinação de velocidade do vento inferior a esse valor de corte para a resolução espacial e temporal utilizada para o calculo dos vetores. Outro teste aplicado é da consistência espacial, descrito em detalhes por Laurent et al (2002), que tem o intuito de verificar a consistência espacial dos vetores de vento obtidos pelo método de extração. Em tal método, para cada um dos vetores obtidos, são calculadas as diferenças vetoriais com os vetores que estiverem na vizinhança num raio de 4 graus e numa camada de 100hPa acima ou abaixo. Sendo ΔV a maior diferença vetorial, V_2 será desprezado caso a relação abaixo não seja satisfeita:

$$|\Delta V| < 1,5(0,2|V_1| + 1)(m/s)$$

A aplicação desse teste proporciona a remoção de cerca de 12% dos vetores, levando a uma redução do erro quadrático médio total. Laurent et al (2002) observou que a velocidade de referência não apresentou diminuição, mas sim um ligeiro aumento, logo pode-se concluir que o teste não desprezou os vetores de maior velocidade mas sim os vetores inconsistentes espacialmente.

3 – DISPONIBILIZAÇÃO DO PRODUTO DE VENTO NA REDE

O produto vento na troposfera está disponível para uma região que cobre toda a América do Sul, a cada meia hora, com resolução de 4 x 4 km. Esses campos de vento estão disponíveis para qualquer nível, contudo, na web são apresentados somente para as camadas baixa (1000-700 hPa), médio(700-400 hPa) e alta (400-100 hPa). A figura 1 ilustra um exemplo do campo de vento disponível na home-page.

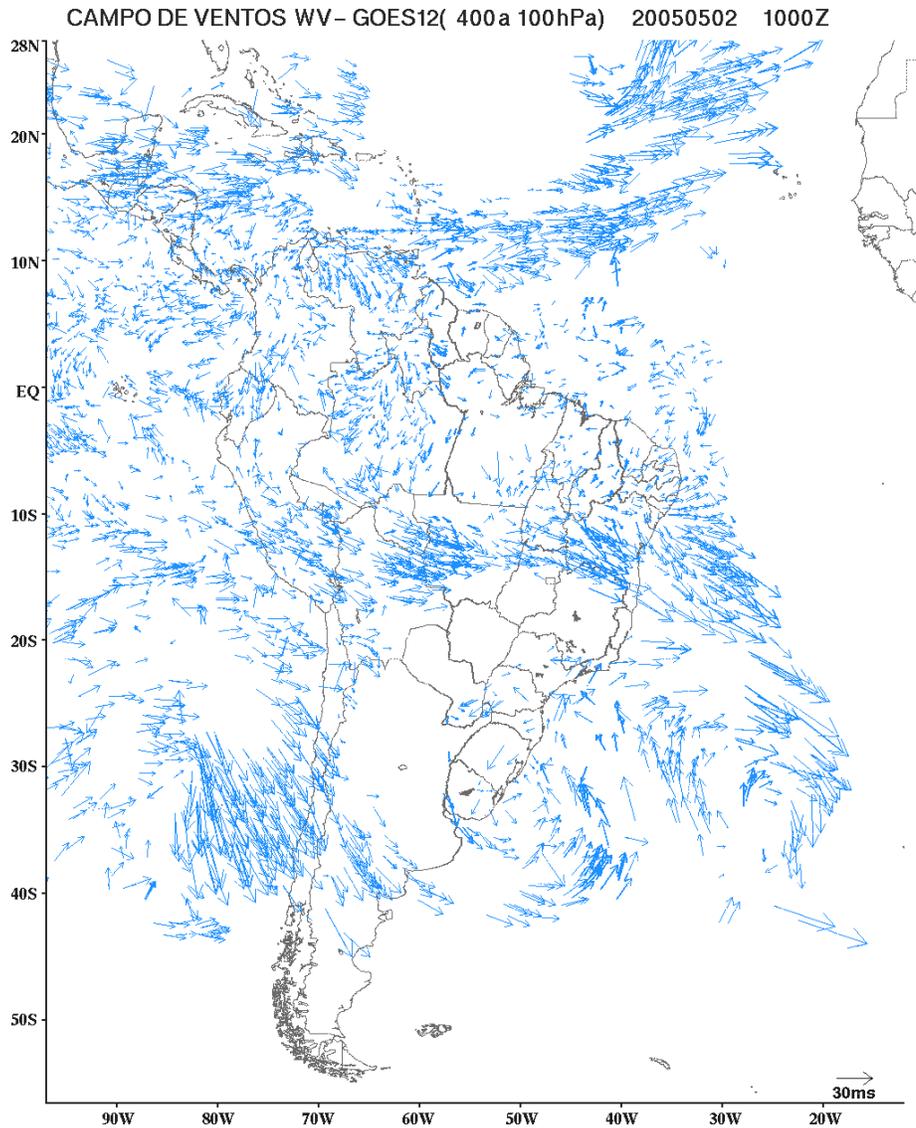


Figura 1 – Campos de ventos derivados das imagens GOES-WV pelo esquema operacional da DSA/CPTEC para o dia 02 de maio de 2005 as 1000 GMT, para níveis altos.

4 – DADOS E METODOLOGIA

Este trabalho apresenta uma avaliação dos vetores vento produzido pela atual versão implementada no DSA/CPTEC, utilizando os canais infravermelho e o vapor d'água. A avaliação foi realizada com dados de radiossondagem e ventos extraídos pelo modelo da DSA/CPTEC, no período de janeiro a dezembro de 2004 sobre América do Sul. Os dados de radiossonda foram coletados duas vezes por dias (12 e 00 UTC), a figura 2 mostra a localização das radiossondas utilizadas para este estudo.

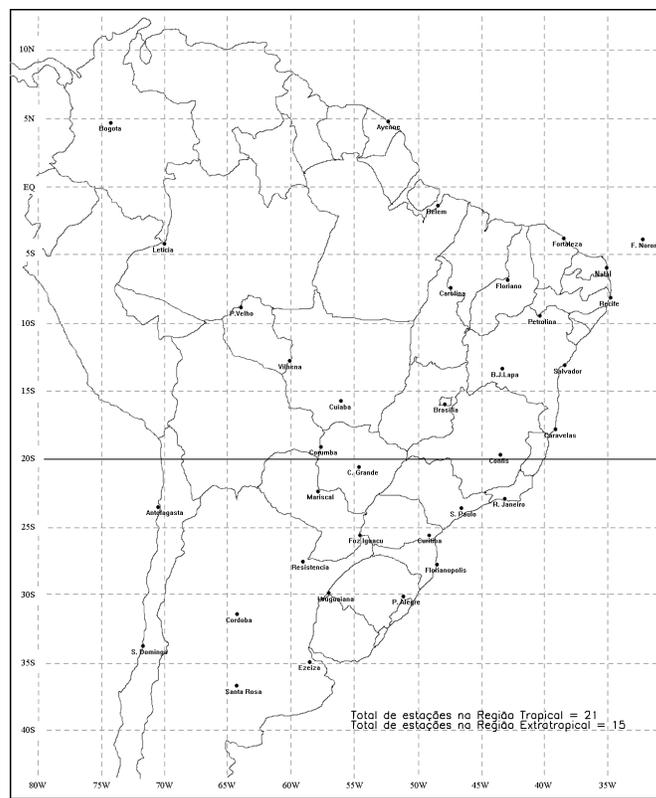


Figura 2 – Mapa com a localização das estações de radiossonda utilizada durante as avaliações.

Para avaliação do modelo, são calculados os erros BIAS e RMS entre as observações feitas por radiossondas e os resultados do modelo. Nessa comparação, leva-se em conta um intervalo máximo de 1 hora entre a estimativa do vento e o dado da radiossonda. Os vetores comparados com a radiossonda devem estar localizados a uma distancia menor que 150 km. Para verificar a tendência média da velocidade dos ventos estimados, foi calculada a diferença média na velocidade através da equação:

$$BIAS = \bar{V}_e - \bar{V}_r$$

Onde \bar{V}_e corresponde ao vento estimado e \bar{V}_r é o observado pela radiossonda. Outro parâmetro estatístico utilizado foi o erro médio quadrático do vento estimado em relação à radiossonda, dada por:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (u_e - u_r)^2 + \sum_{i=1}^N (v_e - v_r)^2}{N}}$$

N é numero das amostras, u e v são as componentes zonal e meridional do vetor vento, estimado (e) e da radiossonda (r).

5 – RESULTADOS E CONCLUSÕES

Para realizar a comparação com radiossonda, foi selecionado o período de janeiro a dezembro de 2004, a figura 3 e 4 mostram a evolução do BIAS e RMS ao longo do ano de 2004 para estimativa do vento utilizando os canais do infravermelho (IR) e vapor da água (WV), respectivamente.

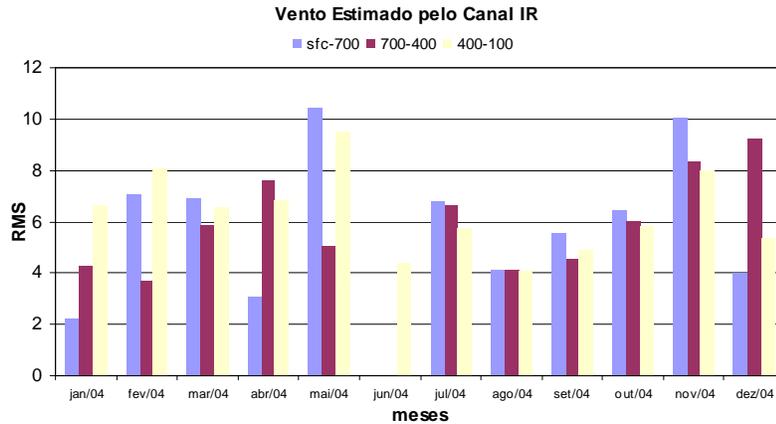
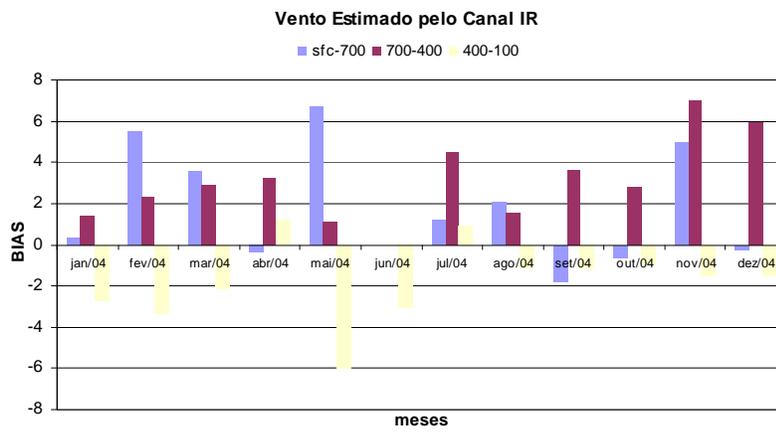
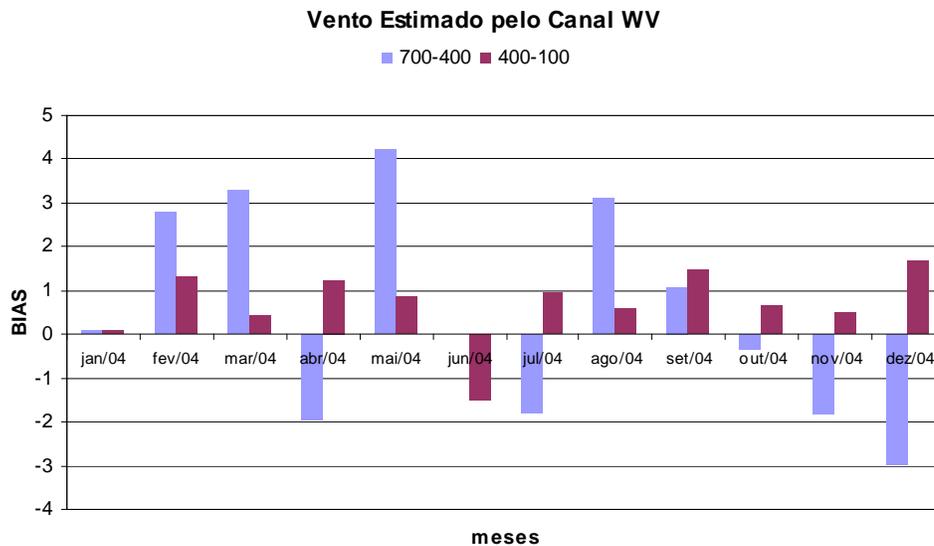


Figura 3 – Parâmetros estatísticos calculados para comparação entre o vento estimado com o canal infravermelho (IR) e radiossondagem, para o ano de 2004.

Observando a evolução do BIAS nota-se que, de uma forma geral, os vetores obtidos para altos níveis são subestimados, enquanto os vetores obtidos para níveis médios e baixos superestimam a velocidade do vento. Nota-se também que essa superestimativa é ainda maior para os vetores em baixos níveis. O RMS obtido é em torno de 7 m/s comparável a qualidade dos vetores obtidos pela NOAA, EUMETSAT e JMA.



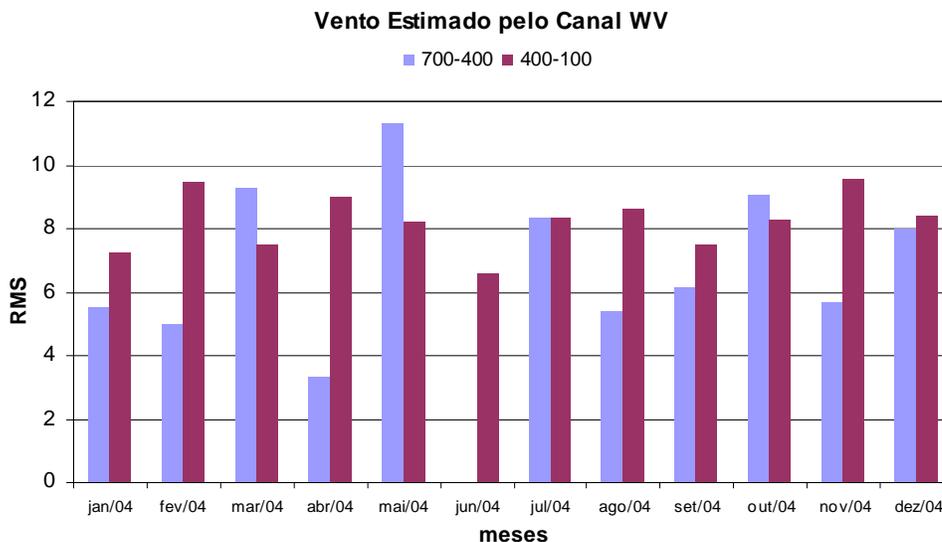


Figura 3 – Parâmetros estatísticos calculados para comparação entre o vento estimado com o canal infravermelho (WV) e radiossondagem, para o ano de 2004.

Os vetores obtidos através do canal WV são obtidos somente para os níveis altos e médios devido a função peso deste canal que descreve a camada superior da atmosfera. Nota-se que o RMS da estimativa do vento pelo canal vapor d água é superior ao obtido pelo canal IR. Este fato se deve a melhor precisão na determinação da altura do vento dos vetores obtidos pelo método IR. O método usando o canal IR utiliza uma correção de nuvens semi-transparentes aumentando significativamente a precisão na altura do vetor. Essa correção utiliza um modelo radiativo, perfis de temperatura e umidade e os canais IR e WV. Embora a precisão seja melhor do vento no canal IR, os mesmos são em menor número pois o rastreamento depende da presença de nuvens o que não ocorre no caso do WV que permite seguir as estruturas dos campos de vapor d água independentes dos campos de nuvens.

Os resultados apontam a necessidade de realizar ajustes no modelo, principalmente no que se refere à questão da semi-transparência das nuvens, que deve ser alterado para a subestimação do nível do vetor estimado. Embora, quantitativamente os resultados obtidos tenham apresentados erros, não se pode deixar de destacar a boa performance na detecção da tendência dos ventos observados, o que por si só torna os campos de vento derivado por satélites, uma poderosa fonte de informações.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Eigenwillin, N., and H. Fischer, 1982. Determination of midtropospheric wind vectors by tracking pure water vapor structures in Meteosat water vapor image sequences. **Bulletin of American Meteorology Society.**, 63, 44-58

Kallberg, P., S. Uppala, N. Gustafsson, and J. Paileux, 1982: The impact of clouds track wind data on global analyses and medium range forecast. **ECMWF Technical Report.** 34, 60 pp.

Kästner, M., H. Fischer, and H. J. Bolle, 1980: Wind determination from Nimbus-5 observation on 6.3 μm water vapor band. **Journal of Applied Meteorology.** 19, 409-418

Laurent, H., Arai, N., Fomin, B., Machado, L. A. T., e Gondin, M. A., 2002: Extração do vento utilizando imagens de satélite no CPTEC: Nova versão e avaliação com dados do WETAMC/LBA e dados operacionais da DAS/CPTEC. **Sixth International Winds Workshop**

Laurent, H., 1993, Wind extraction from Meteosat water vapor channel image data, **Journal of Applied Meteorology**, 6, vol. 32, 1124-1133.

Leese, J. A., Novak, C. S. and Clark, B. B., 1971, An automatic technique for obtaining cloud motion from geostationary satellite data using cross correlation. **Journal of Applied Meteorology**, 10, 144-152.

Schmetz, J., Holmlund, K., Hoffman, J., Strauss, B., Mason, B., Gaertner, V., Koch, A. and Van De Berg, L., 1993: Operational Cloud-Motion Winds from Meteosat Infrared Images. **Journal of Applied. Meteorology**, 32, 1206-1225.