

UM SISTEMA AUTOMÁTICO PARA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DE NEBULOSIDADE

Natalia Fedorova¹, Dmitri Fedorov², Nelson Jesus Ferreira² e Maria Helena de Carvalho¹

¹ Universidade Federal de Pelotas, natalia@cpmet.ufpel.tche.br, mhelena@cpmet.ufpel.tche.br

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, fedorov@nucleo.inpe.br, nelson@met.inpe.br

ABSTRACT

An automatic system for analysis of cloudiness evolution and displacement was developed. This system was developed to support weather analysis, short-term weather forecasting and weather monitoring. The procedure involves simultaneous processing of geostationary satellite GOES-8 infrared and water vapor imagery. The results show that the methodology is very useful for the identification and analysis of several meteorological features of cloudiness evolution and weather systems.

1. INTRODUÇÃO

Os meteorologistas que trabalham operacionalmente na previsão de tempo de curto prazo, ao analisar as imagens de satélites para uma dada região, freqüentemente perguntam: a nebulosidade/instabilidade associada ao sistema sinótico vai aumentar ou diminuir? Por exemplo, sobre o Estado do Rio Grande do Sul podem passar diferentes componentes de um sistema frontal, tal como a parte mais próxima do centro do ciclone ou a extremidade da frente. Mas sempre os meteorologistas têm dúvidas e perguntam: a frente irá intensificar ou enfraquecer? Onde vai ocorrer o processo de intensificação da nebulosidade?. Infelizmente, referências sobre esse tipo de trabalho na literatura praticamente não existem. Na revisão geral dos diferentes métodos de análise de dados de satélites, por exemplo, Rao et al. (1990), não mencionam nenhum método de análise de evolução de nebulosidade. Recentemente, Fedorova & Bakst (1999), apresentaram um estudo da evolução e velocidade da nebulosidade dos ciclone. Eles analisaram as ligações desse sistema de tempo com os seus estágios de desenvolvimento, trajetória de deslocamento e a curvatura da espiral de nebulosidade. Entretanto, eles não avaliaram diversos aspectos relativos à evolução da nebulosidade.

Utilizando uma técnica automática para análise de imagens, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a evolução da nebulosidade (desenvolvimento e o enfraquecimento) associada a vários sistemas frontais que ocorreram no Rio Grande do Sul em 1999. Este trabalho é a continuação do estudo dos processos de evolução da nebulosidade, apresentado por Fedorova et al. (1998), onde foram usados dados não disponíveis diariamente. O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um método utilizando dados que estão disponíveis diariamente num centro de previsão. Um outro objetivo é tornar mais fácil o processo de análise de evolução de nuvens e desenvolver um método automático que possa ser usado operacionalmente.

2. DADOS E METODOLOGIA

Os dados do satélite GOES no canal infravermelho (IR) e vapor d' água (WV) para o Hemisfério Sul, foram fornecidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). A área de análise abrange a América do Sul com os oceanos adjacentes ao sul da latitude de 20 °S. As imagens utilizadas são para os seguintes horários: 2:45, 5:45, 7:45 (ou 8:45), 11:45, 17:45, 20:45 e 23:45 UTC. Para cada caso analisado foram preparadas seqüências de imagens de 3 até 4 horários. Foram arquivadas e analisadas as seqüências de imagens para os seguintes dias do ano de 1999: 25/08, 26/08, 27/08, 28/08, 30/08, 07/09, 13/09 e 15/09.

Anteriormente, Fedorova et al. (1998) desenvolveram um método para analisar o desenvolvimento e decaimento de nuvens e de sistemas de nebulosidade que eram função da evolução e do deslocamento dos mesmos. O trabalho citado foi desenvolvido com a utilização de dados da NASA para todo o Hemisfério Sul, os quais não estão disponíveis regularmente. Neste trabalho foram usados dados de satélite disponibilizados pelo CPTEC, os quais podem estar disponíveis diariamente. Todavia, devido à mudança do tipo dos dados, houve a necessidade de se modificar o programa anterior, e desta forma evoluiu-se para um novo sistema chamado "CLOdE".

O programa anterior não aceitava automaticamente os tipos de imagens mais usadas. O sistema CLOdE é um aplicativo cliente para Windows de 32 bits (95, 98, NT 4 e 2000) e utiliza os formatos de imagens mais populares, como JPEG, GIF, BMP e DAT. Para a criação do sistema CLOdE foram usados os métodos descritos em HEINY (1992). Foi desenvolvida uma técnica de preparação automática destas imagens para o

processamento que utilizaram imagens de dois tipos: JPEG e GIF. Foi feita uma comparação dos resultados da análise de evolução da nebulosidade utilizando estes dois tipos de dados.

Todo sistema CLOdE é escrito em uma linguagem Object Pascal em um ambiente de programação visual Delphi (CANTÚ, 1993). A técnica utilizada foi a Orientação a Objetos. Para isso, foram criadas várias classes para o processamento de imagens, o que torna o aplicativo fácil de manutenção e modificação. O programa contém as seguintes funções de processamento, as quais estavam no programa anterior: filtros e diferentes tipos de identificação de evolução de nebulosidade (Fedorova et al., 1998).

O sistema CLOdE inclui as seguintes novas funções:

- 1) GreyScale,
- 2) Resize,
- 3) Gaussian Blur,
- 4) Filtro Automático e
- 5) busca de últimos arquivos.

A seguir foram definidas as seguintes funções:

- 1) GreyScale que é uma operação que converte a imagem para uma escala de cinza com 256 gradações;
- 2) Resize que consiste no redimensionamento da imagem WV para o tamanho da imagem IR;
- 3) Blur é uma função que melhora a apresentação da imagem resultante uniformizando as imagens de entrada, possui vários métodos, entre os quais, o Gaussian Blur;
- 4) Filtro Automático é uma função que identifica os limites automaticamente e
- 5) Busca de últimos arquivos que é a função que procura os últimos arquivos nos diretórios especificados.

Também foi adicionada uma legenda para a imagem resultante. As novas funções, tais como, Gaussian Blur e Legenda, foram adicionadas para melhorar a qualidade do resultado. Além disso, foi utilizada uma técnica de filtragem das imagens iniciais, para melhorar a percepção visual da imagem resultante.

O sistema CLOdE envolve as seguintes etapas, que foram apresentadas na primeira versão do "software" descrito em Fedorova et al. (1998):

I. Separação da nebulosidade e da superfície terrestre utilizando-se o método dos limites "Threshold Methods", para cada pixel dos dois canais (IR e WV). Na primeira versão do sistema os limites foram determinados através dos histogramas das imagens para cada canal. Utilizando o sistema CLOdE os limites foram identificados para todos os casos. A falta de variação dos limites permite utilizar os mesmos para cada tipo de dados (IR ou WV). Mas no caso do CLOdE é conservada a possibilidade de variação dos mesmos. Além disso, foi desenvolvido um método automático de determinação dos limites através dos valores de cada pixel e o cálculo do valor médio;

II. Classificação de dois tipos de nebulosidade: tipo I que consiste de *Cb* e *Ns* e tipo II que compreende as outras formas de nebulosidade. Os limites para esta classificação foram tirados do histograma da imagem IR. A estabilidade das mesmas para todos os casos analisados permite considerar os limites como constantes. O sistema CLOdE prevê a possibilidade de identificar mais tipos de nuvens usando um método com muitos limites;

III. A análise de desenvolvimento e decaimento da nebulosidade é feita da mesma forma que na primeira versão do programa. O produto/imagem final mostra as regiões de desenvolvimento e enfraquecimento da nebulosidade.

É importante destacar que no sistema CLOdE foi desenvolvida uma nova forma de apresentação dos resultados. Assim, os resultados da análise do desenvolvimento e enfraquecimento da nebulosidade (regiões designadas com diferentes cores falsas) foram "coladas" nas imagens IR (apresentadas em cores azuis).

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Como exemplo, apresenta-se o resultado da análise da evolução da nebulosidade para o dia 25 de agosto de 1999 (figuras 1 e 2). Neste dia observa-se um vórtice ciclônico sobre o sul do Uruguai com uma frente fria no extremo sul do Rio Grande do Sul e nordeste do Uruguai. A frente quente associada localiza-se sobre o Oceano Atlântico e a frente oclusa atinge a costa leste da Argentina. Observa-se também as outras bandas de nuvens no extremo Sul da América do Sul e na região sul do Oceano Pacífico.

O produto/imagem final da análise mostra a área de desenvolvimento da nebulosidade nas vanguardas das frentes fria, quente e oclusa (cor rosa) e a área de decaimento da mesma nas retaguardas do sistema (cores branca e cinza na fig. 1). A intensificação mais significativa da nebulosidade (cor vermelho) ocorre próximo do ponto de oclusão. O produto final foi obtido utilizando-se dois formatos de imagens iniciais

(JPEG e GIF) para o mesmo caso. O campo resultante ficou bem definido, quando foram utilizadas as imagens em formato JPEG. No caso de utilização dos dados em formato GIF a figura resultante apresenta muitos pontos com ruídos.

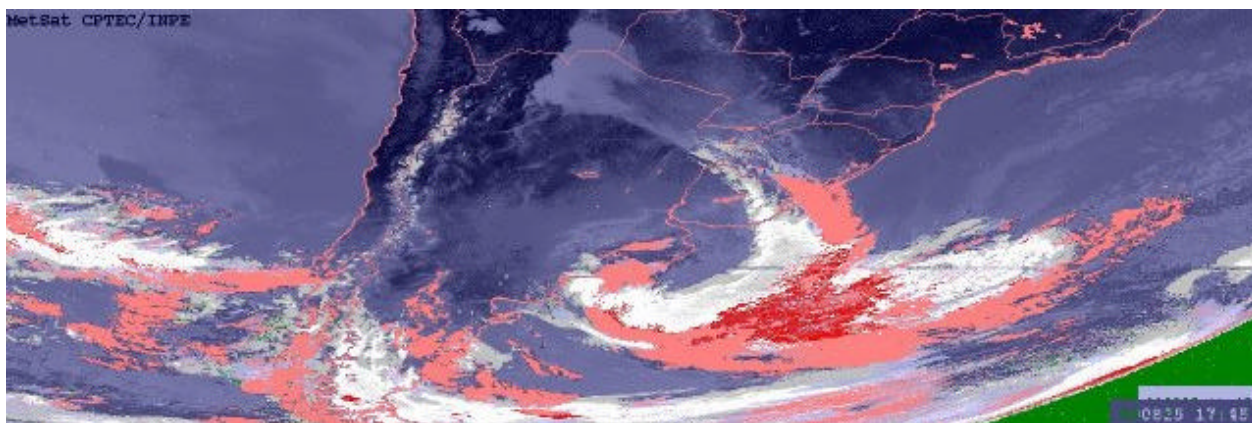


Figura 1- Desenvolvimento (vermelho e rosa) e decaimento (branco e cinza) das nuvens tipo Cb e Ns (vermelho e branco) e todas as outras (rosa e cinza). A cor verde mostra o espaço.

A figura 2 apresenta o produto final para o mesmo dia, mas depois da filtragem das imagens iniciais. Esta figura mostra resultados de forma mais generalizada. Comparando-se com a figura anterior observa-se que na região próxima ao ponto de oclusão frontal, a zona com forte intensificação da nebulosidade (cor vermelha) não está tão bem definida como na figura 1. Assim, pode-se concluir que o processo de filtragem das imagens iniciais, embora mostre os resultados e as regiões de intensificação/enfraquecimento da nebulosidade de forma mais clara; ocorre uma perda de informação no caso dos valores extremos.

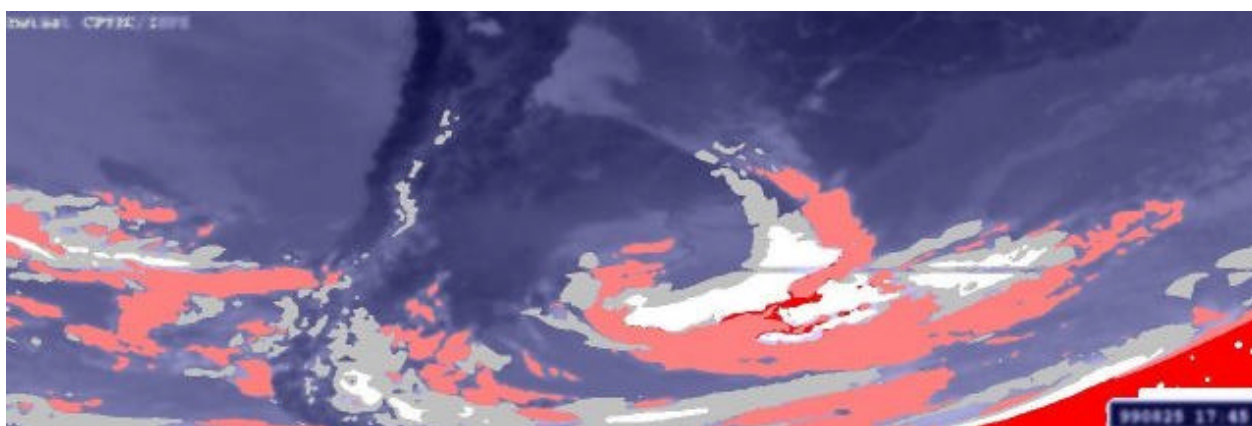


Figura 2- Resultado da análise de desenvolvimento e enfraquecimento de nebulosidade utilizando-se a filtragem das imagens iniciais. Outras indicações como na figura 1.

Os resultados deste trabalho mostram que parte do sistema de nebulosidade se intensificará e parte se enfraquecerá. Por exemplo, utilizando os resultados da figura 1 os meteorologistas que elaboram a previsão de tempo de curto prazo podem dizer que na região da cidade de Pelotas a frente fria se intensificará, mas sobre a cidade de Uruguaiana passará somente a extremidade da mesma frente e nesta parte a frente fria se enfraquecerá. A intensificação da parte mais ativa da frente não atingirá a costa leste do sul do Brasil; ela será observada sobre o oceano Atlântico.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresenta uma nova versão do sistema CLOdE para a análise de desenvolvimento ou enfraquecimento de nebulosidade, utilizando-se dados multiespectrais (infravermelho e vapor d'água) transmitidos pelo satélite meteorológico GOES-8. Os resultados obtidos mostram que a evolução de diversas

características dos sistemas de tempo de escala sinótica pode ser identificada e monitorada automaticamente utilizando-se o CLOdE. Os resultados obtidos sugerem que esse sistema tem grande potencial para ser utilizado em centros operacionais de previsão de tempo.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte para o desenvolvimento deste trabalho, e ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) pelo fornecimento das imagens.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CANTÚ, M. **Dominando o Delphi 3 - "A bíblia"**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1090 p., 1998.

HEINY, L. **Windows graphics programming with Borland C++**". New York: John Wiley & Sons, Inc, 474 p., 1992.

FEDOROVA, N., BAKST, L. Evolução e velocidade da nebulosidade dos ciclones através de dados de satélites meteorológicos. *Revista Brasileira de Meteorologia*. v.14, n.1, p. 67-85, 1999.

FEDOROVA, N., CARVALHO, M. H., FEDOROV, D. Desenvolvimento das nuvens e dos sistemas de nebulosidade com base em produto digital dos canais infravermelho e vapor d'água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília, 1998. **Anais...** (CD-ROM).

RAO, P.K., S.J. HOLMES, R.K. ANDERSON, J.S. WINSTON, E P.E. LEHR. **Weather Satellites: Systems, Data, and Environmental Applications**. Boston: American Meteorological Society, p. 408- 413, 1990.