

## VORTICIDADE NO WRF-3DVAR APLICADO À REGIÃO SUL DO BRASIL

**BECK, Vinicius Carvalho<sup>1</sup>; HÄRTER, Fabrício Pereira<sup>2</sup>; YAMASAKI, Yoshihiro<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>UFPEL - [yonoco@gmail.com](mailto:yonoco@gmail.com)

<sup>2</sup>UFPEL - [fabricao.harter@ufpel.edu.br](mailto:fabricao.harter@ufpel.edu.br)

<sup>3</sup>UFPEL - [yamasaki@fis.ua.pt](mailto:yamasaki@fis.ua.pt)

### 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar os resultados da assimilação de dados das estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e das estações de radiossondagem, feita através do método 3DVAR, na previsão do campo de vortacidade relativa do modelo WRF com assimilação 3DVAR (WRF-3DVAR). Como objetivo específico avaliou-se o procedimento de assimilação na previsão de dois eventos de precipitação ocorridos entre 18 e 19 de setembro de 2012 (Caso 1), e entre 22 e 24 de novembro 2012 (Caso 2) na Região Sul do Brasil (RSB).

O sistema de modelagem *Advanced Research WRF* (ARW), doravante denotado simplesmente WRF (WANG et al., 2012), é um sistema de previsão numérica do tempo de última geração, que pode ser implementado em computadores com diversas arquiteturas e suporta diferentes diretivas de paralelismo. Ele apresenta um módulo constituído pelo modelo de equações primitivas, que vem sendo desenvolvido pelo *Numerical Center for Atmospheric Research* (NCAR), em colaboração com o *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP).

O método 3DVAR consiste, basicamente, na minimização de uma função custo  $J$ , diretamente proporcional à diferença entre observação e estimativa do modelo, com o objetivo de se obter a análise ótima (SASAKI, 1958; LORENC, 1986; FISHER, 2001). A aplicação deste método em modelos numéricos de previsão do tempo vem sendo estudada em trabalhos recentes (BARKER et al., 2004; BARKER et al., 2012).

A região definida para a integração do modelo é a Região Sul do Brasil (RSB). Ela abrange os estados do Paraná (PR), Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS), compreendendo uma área de aproximadamente 577.214km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

No caso 1, a ciclogênese ocorreu no dia 18 de setembro de 2012. Havia um cavado pronunciado em altos níveis e ar quente de norte sendo advectado para a RSB. O sistema se propagou de oeste para leste segundo uma onda de Rossby, numa atmosfera com forte instabilidade baroclínica.

No caso 2, houve precipitação em algumas cidades da RSB, associada a um sistema frontal que se propagou rapidamente. A ciclogênese ocorreu no dia 22 de novembro de 2012 e a oclusão no dia 24 de novembro de 2012. A Baixa do Chaco sobre a Argentina, com um cavado pronunciado em altos níveis, e os Jatos Subtropicais foram os sistemas sinóticos de maior importância que atuaram neste caso.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

No desenvolvimento da pesquisa foram assimilados dados das estações automáticas do INMET, obtidos na página *web* deste instituto (INMET, 2012), através de um *script* desenvolvido em linguagem SHELL, e também os dados de radiossondagens obtidos diretamente na página *web* da Universidade de Wyoming (2012). A conversão destes dados, do formato *ascii* para o formato LITTLE\_R, este último exigido pelo sistema de assimilação de dados do modelo, chamado *WRF Data Assimilation System* (WRFDA), foi feita por um programa em linguagem de programação *IBM Mathematical Formula Translation System* (FORTRAN), especialmente desenvolvido para este fim. Para a RSB, os dados do INMET são disponibilizados por 82 estações automáticas e os dados de radiossondagem por 6 estações.

Com o auxílio das figuras geradas com o sistema de plotagem gráfica *Grid Analysis and Display System (GRADS)*, comparou-se os campos de Vorticidade Relativa em 500hPa (VORT500), com os dados de Precipitação Horária (PREC1) das estações do INMET e com imagens de satélite.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Computacionalmente, o método 3DVAR mostrou-se eficiente, pois obteve a minimização da função custo em 18 iterações. Os experimentos foram realizados em um computador pessoal - *desktop*, com 1 processador *Intel core* de 2300MHz. O tempo de processamento para prognósticos com horizonte de 24 horas foi de cerca 90 minutos.

No caso 1, o deslocamento do cavado em níveis médios está bem representado pelos campos de VORT500 (Fig. 1a,b). À leste do cavado, estão localizadas as cidades onde ocorreram precipitações relativamente intensas, indicadas na tab. 1. Esta configuração está coerente com o modelo teórico de sistemas sinóticos das latitudes médias.

CIDADE	DATA	HORÁRIO	PREC1
Caçapava do Sul	18/09/2012	08:00UTC	33.8mm
Canguçu	18/09/2012	13:00UTC	16.8mm
Santa Rosa	19/09/2012	00:00UTC	32.4mm
Porto Alegre	19/09/2012	02:00UTC	26.8mm

Tabela 1 - PREC1 registrada por estações automáticas do INMET em Caçapava do Sul, Canguçu, Santa Rosa e Porto Alegre no caso 1.

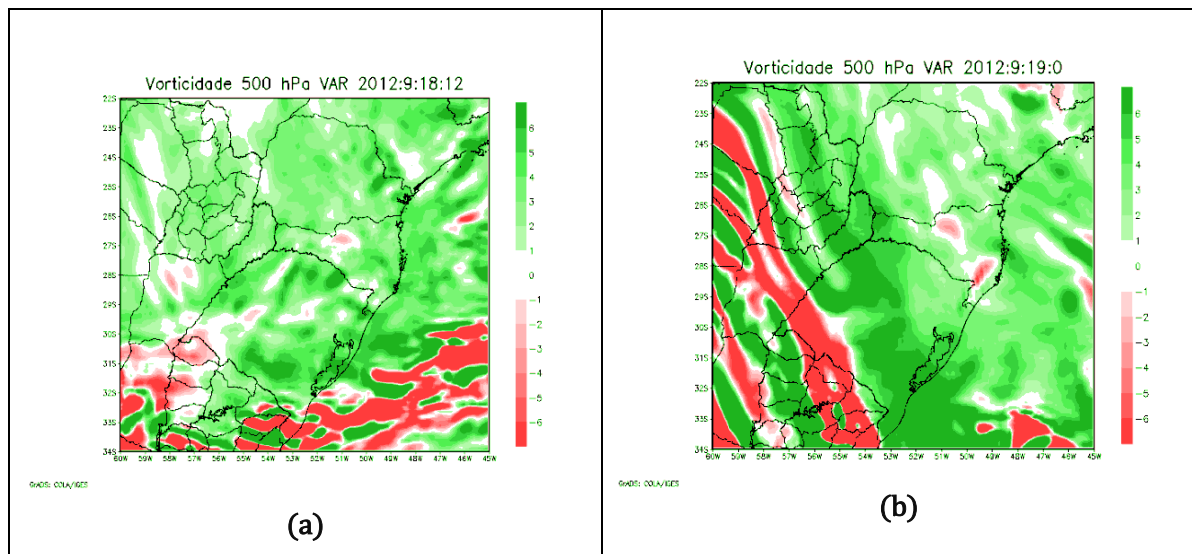


Figura 1 - Campos de VORT500 previstos pelo WRF-3DVAR para (a) 12:00UTC de 18/09/2012 e (b) 00:00UTC de 19/09/2012.

De acordo com as análises realizadas, constatou-se que no caso 2 o eixo do cavado em 500hPa não se aproximou o suficiente do domínio para que o sinal da VORT500 pudesse ser analisado nesta região. No entanto, constatou-se que a VORT500 prevista pelo WRF-3DVAR à leste do cavado (Fig. 2a,b) é menor do que em outros locais, e portanto, a advecção de vorticidade relativa é negativa nesta região, o que está de acordo com o esperado para a região à leste do cavado em níveis médios, nos locais onde ocorreram precipitações, conforme a tab. 2.

CIDADE	DATA	HORÁRIO	PREC1
Jaguarão	22/11/2012	21:00UTC	18.9mm
Rio Grande	23/11/2012	00:00UTC	18.0mm
São Gabriel	23/11/2012	01:00UTC	16.8mm
Santa Maria	23/11/2012	21:00UTC	18.4mm

Tabela 2 - PREC1 registrada por estações automáticas do INMET em Caçapava do Sul, Canguçu, Santa Rosa e Porto Alegre no caso 2.

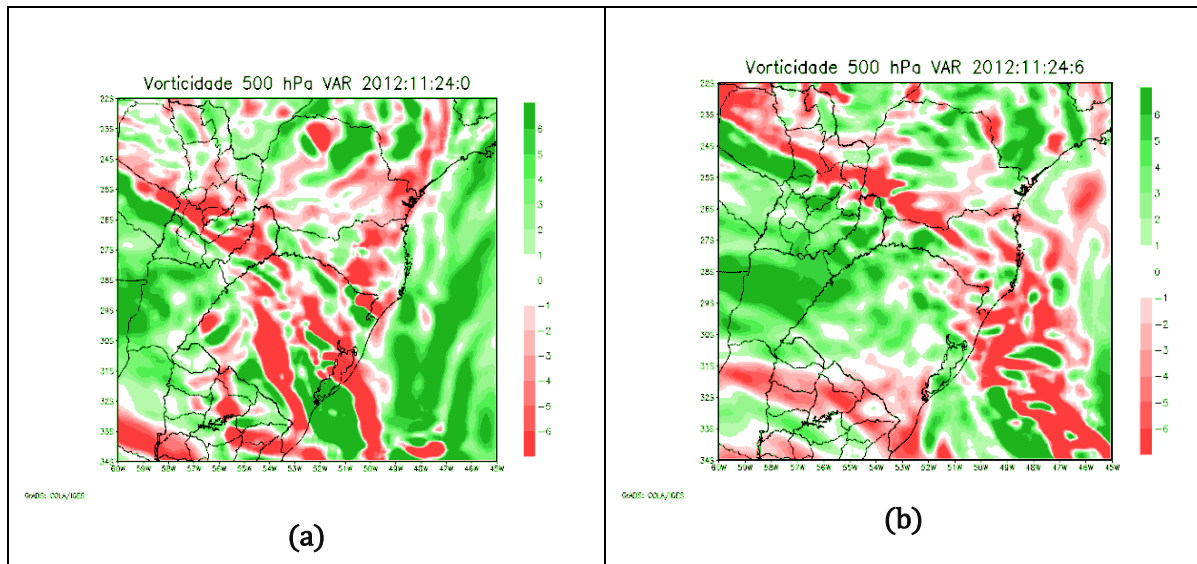


Figura 2 - Campos de VORT500 previstos pelo WRF-3DVAR para o dia 24/11/2012 às (a) 00:00UTC e (b) 06:00UTC.

#### 4. CONCLUSÃO

Concluiu-se destes experimentos, que o WRF-3DVAR previu campos de VORT500 que estão coerentes com o cenário sinótico observado em imagens de satélite e reproduzido pelo modelo global GFS, que fornece a condição inicial para o WRF. A assimilação de dados não degradou a previsão do modelo sem assimilação. Destaca-se que o WRF-3DVAR atribuiu, corretamente, sinal negativo na região sobre o eixo do cavado nos dois casos analisados, permitindo inferir a possibilidade de precipitação nas cidades à leste desta região, o que de fato foi observado nos registros do INMET.

#### REFERÊNCIAS

BARKER, D. M.; HUANG, W.; GUO Y. -R.; XIAO, Q. N. A Three-Dimension (3DVAR) Data Assimilation System For Use With mm5: Implementation and Initial Results. **Monthly Weather Review**, v. 132, p. 897-914, 2004.

BARKER, D. M.; HUANG, W.; LIU, Z.; AULIGNÉ, T.; ZHANG, X.; RUGG, S.; AJAJI, R.; BOURGEOIS, A.; BRAY, J.; CHEN, Y.; DEMIRTAS, M.; GUO, Y. -R.; HENDERSON, T.; HUANG, W.; LIN, H. -C.; MICHALAKES, J.; RIZVI, S.; ZHANG, X. The weather Research and Forecasting Model's Community Variational/Ensemble Data Assimilation System: WRFDA. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 93, p. 831-843, 2012.

FISCHER, Mike. Assimilation techniques (3): 3d-Var. **Meteorological Training Course Lecture Series**, 2001. Disponível em:  
[http://www.ecmwf.int/newsevents/training/lecture\\_notes/pdf\\_files/ASSIM/3dVar.pdf](http://www.ecmwf.int/newsevents/training/lecture_notes/pdf_files/ASSIM/3dVar.pdf).  
 Acesso em: 15 Out. 2012.

IBGE. Página do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em:  
< [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 19 Abr. 2012.

INMET. Página do Instituto Nacional de Meteorologia. 2012. Disponível em:  
< [www.inmet.gov.br](http://www.inmet.gov.br)>. Acesso em: 15 Nov. 2012

LORENC, A. C. Analysis methods for numerical weather prediction. **Quarterly Journal of Royal Meteorology Society**, v. 112, n. 474, p. 1177-1194, 1986.

SASAKI, Y. An objective analysis based on the variational method. **Journal of Meteorological Society of Japan**, v. 36, n. 3, p. 77-88, 1958

WANG, Wei; BRUYÈRE, Cindy; DUDA, Michael; DUDHIA, Jimmy; GILL, Dave; LIN, Hui-Chuan; MICHALAKES, John; RIZVI, Syed; ZHANG, Xin; BEEZLEY, Jonathan D.; COEN, Janice L.; MANDEL, Jan. **ARW Version 3 Modeling System User's Guide**. Mesoscale & Microscale Meteorology Division, National Center for Atmospheric Research, 2012.

WYOMING. Página da Universidade de Wyoming. 2012. Disponível em:  
< <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>>. Acesso em: 15 Dez. 2012.