

## VERIFICAÇÃO DA PRESSÃO ATMOSFÉRICA AO NÍVEL MÉDIO DO MAR NA REGIÃO SUL DO BRASIL ESTIMADA PELO MODELO WRF PARA O INVERNO E A PRIMAVERA DE 2009

**LIMA, Elias Galvan de<sup>1</sup>; HÄRTER, Fabrício Pereira<sup>2,3</sup>; CAMPOS, Cláudia Regina Jacondino de<sup>2,4</sup>; CARVALHO, Jonas Costa<sup>2,5</sup>.**

<sup>1</sup>UFPEL, Meteorologia, elias.gl@hotmail.com; <sup>2</sup>UFPEL, Faculdade de Meteorologia, <sup>3</sup>Fabricio.harther@ufpel.edu.br, <sup>4</sup>jonas.carvalho@ufpel.edu.br, <sup>5</sup>cjcampos@ufpel.edu.br.

### 1 INTRODUÇÃO

O Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas (CPPMET) da UFPEL, disponibiliza diariamente à sociedade produtos gerados pelo sistema previsor de tempo baseado no The Weather Research and Forecasting Model (WRF). Este sistema previsor é composto por três fases: (1) construção da condição inicial e de fronteiras para integração do modelo; (2) processamento do modelo e (3) avaliação dos resultados, elaboração de gráficos e envio para Web Page.

Embora modelos numéricos de equações primitivas, tais como o WRF, sejam ferramentas extremamente úteis na previsão de tempo, apresentam erros intrínsecos. Estes erros têm várias causas, tais como, imperfeição do método numérico que aproxima as equações diferenciais por equações de diferenças finitas, resolução da grade, dificuldade em representar os termos não-lineares das equações do modelo e erros nos dados observados usados na elaboração da condição inicial. Neste trabalho, apresentam-se resultados parciais sobre a verificação do modelo WRF em ponto de grade do modelo, ou seja, comparando-se a previsão com a análise GFS, interpolada para a resolução, coordenada e níveis verticais configurados na implementação em questão do WRF, conforme HÄRTER (2008).

Verificação da previsão é o procedimento pelo qual se avalia a qualidade da previsão. Este processo não se limita a ciências atmosféricas, como previsão de tempo e clima. Portanto, tem sido desenvolvido paralelamente em outras áreas, tais como biologia, economia e engenharias (WILKS, 2006).

Destacam-se três razões que tornam o procedimento de verificação importante: (1) monitorar a qualidade da previsão: quantificar o quanto precisa é a previsão e se a mesma está melhorando com o tempo; (2) melhorar a qualidade da previsão: investigar a causa dos erros é um passo importante para a melhoria da qualidade de previsão; (3) comparar a previsibilidade de diferentes sistemas previsores: julgar em que sentido um sistema é melhor do que outro.

De acordo com MURPHY (1993), a previsão pode ser avaliada segundo três características: (1) consistência: significa avaliar o quanto a previsão objetiva (fornecida pelo modelo determinístico ou estocástico) corresponde à previsão subjetiva (elaborada com base na interpretação do previsor); (2) qualidade: avalia-se em que grau a previsão corresponde ao que “realmente” ocorreu na natureza [EHRENDORFER e MURPHY (1992), KRZYSZTOFOWICZ e LONG (1991)] e; (3) valor: avalia o benefício de ordem econômica e humano obtido em decorrência da previsão.

Observa-se que a qualidade e o valor estão diretamente relacionados, embora sejam conceitos bem diferentes. Uma previsão de alta qualidade é a que prevê as condições observadas na atmosfera. Esta previsão terá valor, se o tomador

de decisão fizer bom uso da mesma. Ilustra-se a relação qualidade x valor através dos exemplos a seguir. Imaginemos a situação em que o modelo de previsão indica o desenvolvimento de uma tempestade isolada em uma determinada região e a tempestade ocorre numa região vizinha. De acordo com a maioria dos sistemas de avaliação, a qualidade da previsão será baixa, mas mesmo assim terá um benefício social importante, pois ajuda ao previsor a alertar moradores de áreas vizinhas. Um contraexemplo é a previsão de céu claro sobre o deserto de Sahara. Esta previsão tem alta qualidade e pouco valor.

Uma vez que o interesse maior deste trabalho é avaliar uma ferramenta utilizada para fazer a previsão, ou seja, o modelo numérico, o foco deste trabalho é a qualidade da previsão. Nesta pesquisa se calcula a métrica estatística Viés para avaliar a qualidade da previsão do WRF.

## 2 METODOLOGIA

Inserido no projeto intitulado “Avaliação do Modelo Numérico WRF Instalado no Centro de Previsão e Pesquisas Meteorológicas (CPPMET)”, este trabalho visa quantificar o viés e os erros do WRF instalado no CPPMET.

É importante ressaltar que para a meteorologia o conhecimento da pressão atmosférica ao nível médio do mar (PNMM) é de extrema importância quando se quer fazer uma previsão do tempo com qualidade, desta forma os autores julgaram necessário avaliar o desempenho do modelo para a previsão desta variável neste trabalho. Assim para avaliar se os algoritmos estão adequadamente escritos a análise de duas estações do ano já se mostra eficiente, porém para aprimorar os resultados a estatística será calculada para um período de 12 meses, visando avaliar o desempenho do modelo nas quatro estações do ano de 2009.

O WRF é um modelo de equações primitivas desenvolvido pelo National Center for Atmospheric Research (NCAR) em colaboração com o National Centers for Environmental Prediction/ National Oceanic and Atmospheric Administration (NCEP/NOAA) e o Forecast Systems Laboratory (FSL). O WRF constitui um sistema de previsão numérica de tempo de última geração podendo ser implementado em várias arquiteturas de computadores, suportando diferentes diretivas de paralelismo e pode ser integrado tanto no modo hidrostático como não-hidrostático.

Neste trabalho é utilizada a versão 3.2 do WRF, integrado por 72 horas no modo hidrostático com resolução horizontal de 20 km, 28 níveis verticais (27 níveis mais a superfície), modelo de solo com 4 camadas e passo de tempo de 2 minutos. As condições iniciais e de fronteira são obtidas do Global Forecast System (GFS), que é um modelo global com aproximadamente 100 km de resolução horizontal e 64 níveis verticais integrado no National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

As análises GFS tem resolução horizontal de 100 km e são interpoladas para os níveis verticais e para o sistema de coordenada vertical híbrida (pressão-sigma) do WRF. A metodologia consiste em calcular o Viés entre as previsões de 24, 48 e 72 horas e as análises, através da seguinte equação:

$$Vies_{(i,j)24,48,72} = P_{(i,j)24,48,72} - A_{(i,j)}$$

Onde:  $P_{(i,j)}$  representa a previsão do modelo WRF em cada ponto de grade  $(i,j)$ , para cada nível vertical;

$A(i,j)$ : representa a análise em cada ponto de grade  $(i,j)$ , para cada nível vertical do modelo, na coordenada híbrida do WRF, correspondente a previsão em cada ponto de grade  $(i,j)$ .

Valores negativos de viés indicam regiões onde o modelo tende a subestimar os valores das variáveis, enquanto valores positivos de viés indicam regiões onde o modelo tende a superestimar os valores das variáveis. Viés zero é, uma vez que se considera a análise a verdade.

### 3 RESULTADOS

Os resultados obtidos através desta pesquisa podem ser observados na Fig. 1 e Fig. 2 deste texto, nelas encontram-se o viés médio da PNMM do inverno de 2009 das previsões de 24hrs (a), 48hrs (b) e 72hrs (c) relacionadas às análises. De uma maneira geral percebe-se que o modelo consegue estimar muito bem a PNMM, ou seja, os números observados estão próximos à zero. Porém há uma leve tendência de o modelo superestimar a PNMM no inverno em toda região sul e na primavera na metade sul da região em análise. Na Fig. 1a é possível perceber que o modelo tende a superestimar numa faixa que varia de 0,4 a 1hpa em toda região sul, com exceção ao litoral de SC e PR onde o modelo tende a subestimar em 0,4hpa. Na Fig. 1b o modelo apresenta somente superestimativas, os maiores erros se concentram na metade leste do Paraná. Na Fig. 1c o modelo continua superestimando na metade leste do Paraná e de uma maneira geral no litoral do RS e litoral sul de SC.

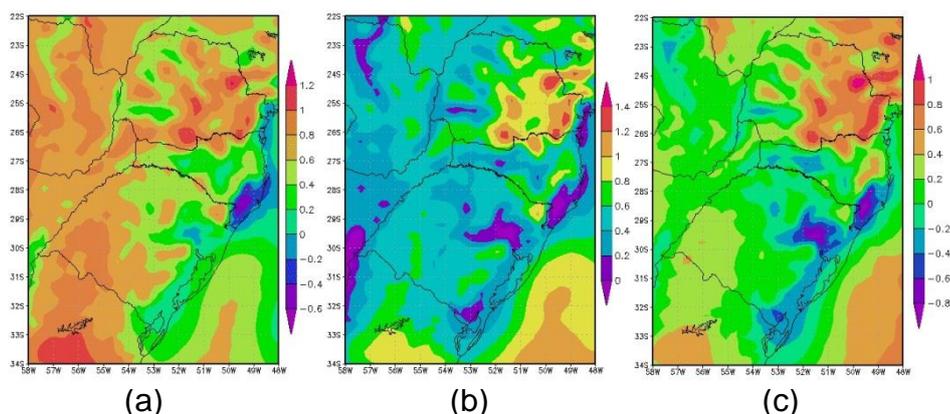


Figura 1 – Viés médio da pressão ao nível do mar do inverno de 2009 estimada pelo modelo WRF para 24hrs (a), 48hrs (b) e 72hrs (c).

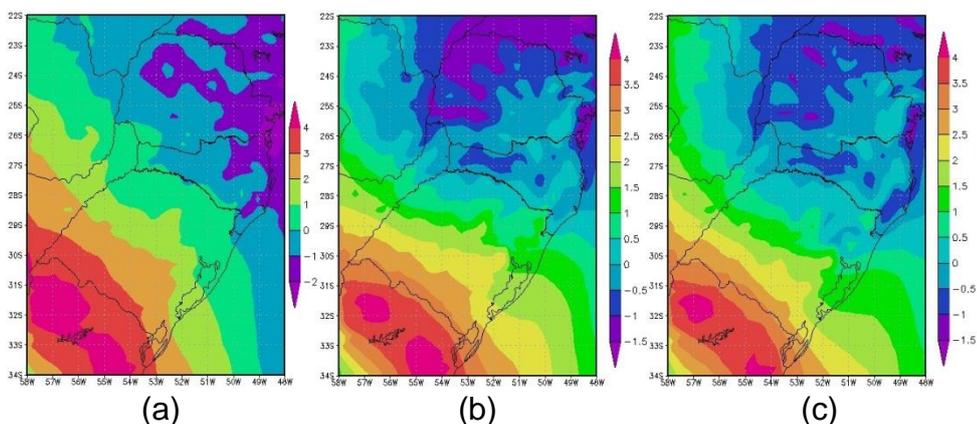


Figura 2 – Viés médio da pressão ao nível do mar da primavera de 2009 estimada pelo modelo WRF para 24hrs (a), 48hrs (b) e 72hrs (c).

Na Fig. 2, desta vez, têm-se os resultados obtidos para a primavera. Em todos os tempos a tendência do modelo WRF para o RS foi de superestimar os resultados, variando de valores por volta de 3hpa na região da campanha, a 0,5 na região norte. Em SC e PR o modelo tendeu a subestimar em todas as regiões por volta de 1hpa, porém no litoral desses estados e no norte/noroeste do PR a tendência de erro foi maior que nas outras regiões.

#### 4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentada a verificação da PNMM gerada pelo WRF para o inverno e a primavera de 2009.

Analisando os resultados obtidos foi possível perceber que o modelo WRF apresentou um bom desempenho para prever o comportamento do campo de pressão ao NMM durante o inverno e a primavera, pois conforme foram observados, os valores de viés apresentaram-se de uma maneira geral pequenos. Comparando-se as duas figuras, é possível perceber que em cada estação as tendências de erro possuem comportamentos diferentes, evidenciando a importância que existe em analisar os resultados gerados pelos modelos meteorológicos.

Para o caso em análise foi verificada uma pequena tendência dos erros aumentarem com o conseqüente aumento no horizonte da previsão.

Por fim, os melhores resultados foram obtidos no inverno isso porque nessa estação sistemas de escala sinótica em latitudes médias, onde o geostrofismo e a hidrostaticidade são boas aproximações, costumam ter boa previsibilidade.

Em trabalhos futuros pretendem-se explorar os resultados através de gráficos de correlações, outras métricas estatísticas e com uma amostra maior de dados.

#### 5 REFERÊNCIAS

WILKS, D.S. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. San Diego: Elsevier, 2006. 627 p.

EHRENDORFER, M.; Murphy A.H. Comparative Evaluation of Weather Forecasting Systems: Sufficiency, Quality and Accuracy. **Monthly Weather Review**, v. 116, p. 1757-1770, 1992.

HÄRTER, F.P.; Barros, F.J.G.; Braga, T.T.; Santos, R.R. ; Bonatti, G.R.; MOL, J.M.D.; Quixaba Filho, F.; Alves, F.; Guedes, J. M. F. Um Sistema Previsor Baseado no WRF em Fase de Testes no INMET. **Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 35-41, 2008.

KRZYSZTOFOWICZ, R.; Long, D. Forecast Sufficiency Characteristic: Construction and application. **International Journal Forecasting**, v. 7, p. 39-45, 1991.

MURPHY, A.H. What is a Good Forecast? An essay on the Nature of Goodness in Weather Forecasting. **Weather Forecasting**, v. 8, p. 281-293, 1993.