

# SIMULAÇÃO DE UM CASO DE EVENTO EXTREMO DE PRECIPITAÇÃO NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE GUARULHOS COM O MODELO WRF, UTILIZANDO DIFERENTE PASSOS DE TEMPO.

Miguel Ângelo V. de Carvalho<sup>1,2</sup>, Carlos Alberto F. Gisler<sup>1</sup>, André Muniz M. da Rocha<sup>1</sup>, Roberto Tadeu de Araujo<sup>1</sup>, Priscila da Silva Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PCA/ICEA – São José dos Campos – São Paulo – [miguelmavc@icea.gov.br](mailto:miguelmavc@icea.gov.br)<sup>2</sup>

**RESUMO:** Este trabalho apresenta uma avaliação da precipitação simulada de um caso de evento extremo de precipitação no Aeroporto Internacional de Guarulhos (AIG), utilizando diferentes passos de tempo (em s): 180, 90 e 45. As simulações são realizadas com o modelo *Weather Research and Forecasting* (WRF) instalado no Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA). As simulações são comparadas com os dados observacionais provenientes do Banco de Dados Climatológicos do ICEA. Numa análise preliminar, os resultados não mostraram uma variação significativa da precipitação simulada entre o conjunto de testes realizados.

**ABSTRACT:** This work presents an evaluation of the simulated precipitation of a case of extreme rainfall event in Aeroporto Internacional de Guarulhos (AIG) using different time steps (in s): 180, 90 and 45. Simulations are carried out with the Weather Research and Forecasting model (WRF) installed in Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA). The simulations are compared with observational data from climatological database of ICEA. In a preliminary analysis, the results showed no significant variation of simulated precipitation among the set of tests accomplished.

## 1. INTRODUÇÃO

Um modelo de previsão numérica de tempo (PNT) resolve um conjunto de equações matemáticas baseadas nas leis físicas, aplicadas para atmosfera, de modo a prever o estado futuro da atmosfera partindo de condições iniciais específicas. Essas equações prognósticas são atualizadas repetidamente dentro de um determinado espaço de tempo (*time step*,  $\Delta t$ , em s). A escolha adequada do espaço temporal mantém o modelo numericamente estável. Para o WRF, recomenda-se realizar as integrações com passo de tempo equivalente até seis vezes o valor do espaçamento de grade ( $\Delta x$ , em km, ARW V3 Modeling System User's Guide, 2011). Além disso, a sua variação pode ter efeitos significativos nos resultados da intensidade da precipitação simulada. Xu et al. (2001), através de simulações de um Sistema Convectivo de Mesoescala (SCM) com a 5ª Geração do Modelo de Mesoescala (MM5), mostrou que quando se diminui o passo temporal de 225 para 150 s, a quantidade da precipitação de uma região também pode ser reduzida por mais de 50%. O objetivo deste trabalho é avaliar a sensibilidade da precipitação simulada a diferentes passos de tempo no AIG.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção, será descrita a metodologia utilizada para o estudo da sensibilidade da precipitação simulada a diferentes passos de tempo (*time step*, TS), utilizando o modelo WRF instalado no ICEA (IRIART ET AL., 2011). A região escolhida para o estudo é o AIG, o mais movimentado do Brasil e se estabeleceu como um “*hub* sul-americano”, ou seja, impacto nesse aeroporto, por condições adversas de tempo ou outro motivo qualquer, provocam transtornos em toda a malha aeroviária do continente sul-americano. Os prognósticos são gerados para uma grade centrada nas coordenadas do AIG (23,43°S e 46,47°W), com resolução de 36 km e números de pontos zonais e meridionais de 90 x 95. A resolução vertical (pressão no topo) é de 28 níveis (50 hPa). A escolha das parametrizações físicas segue os valores *default* da instalação do modelo: WSM3 (HONG; DUDHIA; CHEN, 2004) para microfísica (convecção explícita); RRTM (MLAWER ET AL., 1997) para radiação de onda longa; Dudhia (DUDHIA, 1989) para radiação de onda curta; MM5 similaridade (PAULSON; DYER; HICKS; WEBB, 1970) para camada superfície; Noah-LSM (CHEN; DUBHIA, 2001) para processos de superfície; Yonsei University Scheme (HONG; NOH; DUDHIA, 2006); e Kain-Fritsch (KAIN; FRITSCH, 1990; 1993) convecção rasa e profunda. As condições iniciais e de contorno provêm das análises do modelo global *Global Forecast System* (GFS) do NCEP<sup>1</sup> no formato GRIB2, com resolução horizontal de 0,5°; resolução temporal e 3h; e 64 níveis na vertical. São realizadas três simulações com TS distintos (em s): 180, 90 e 45. O tempo total de integração para cada simulação será de 72h a partir das 1200 UTC, com saídas horárias, sendo que as 12 primeiras horas são descartadas como *spin-up* (tempo necessário para ajuste dos campos atmosféricos) e, para a análise deste estudo, são utilizadas as 24h seguintes. Sendo assim, o período estudado está compreendido entre 01:00 UTC do dia 10/01/2011 e 00:00 UTC do dia 11/01/2011. Para obter valores representativos da precipitação, é selecionado o evento extremo de precipitação ocorrido no dia 10 de janeiro de 2011 no AIG. Os dados observacionais da estação de superfície do AIG são provenientes do Banco de Dados Climatológicos do ICEA. A precipitação simulada é obtida do ponto de grade das coordenadas do AIG (23,43°S e 46,47°W). A quantidade horária de precipitação simulada será comparada com a precipitação observada, através de duas medidas estatísticas: erro médio (BE, *Bias Error*) e raiz quadrada do erro quadrático médio (RMSE, *Root Mean Square Error*).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para se testar a influência do passo de tempo na previsão da quantidade de precipitação, foi selecionado um caso de evento extremo de precipitação ocorrido no dia 10/01/2011, com precipitação acumulada de 82,50 mm. Segundo o Boletim Climanalise (2011), os altos valores de precipitação foram modulados pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), associada às temperaturas da superfície do mar acima da média em parte da costa da

---

<sup>1</sup> <http://nomads.ncep.noaa.gov/pub/data/nccf/com/gfs/prod>

Região Sudeste. Os TS utilizados foram 180, 90 e 45 s e o tempo gasto para cada simulação foi de aproximadamente (em min): 41, 84, 161, respectivamente. A Figura 1 mostra a precipitação acumulada no dia 10/01/2011, onde a sua distribuição espacial parece não sofrer alterações significativas nos diferentes testes realizados.

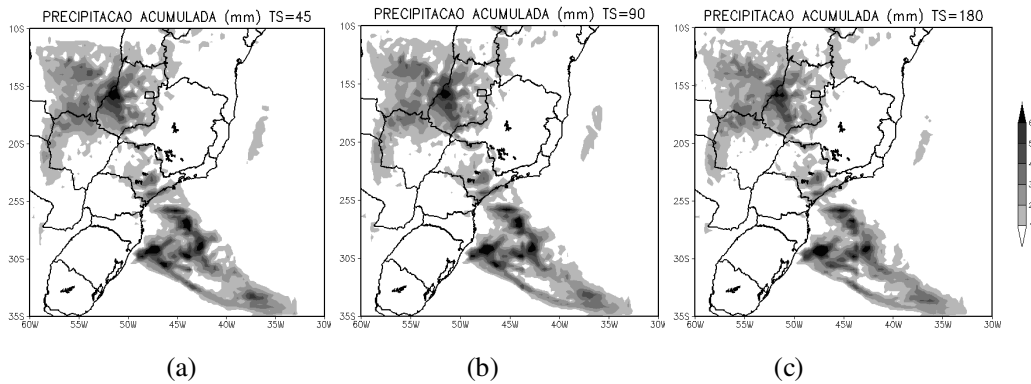


Figura 1 – Simulações da precipitação acumulada do dia 10/01/2011 para TS (em s) igual a 45 (a), 90 (b) e 180 s (c).

A Figura 2 mostra a variabilidade horária da precipitação observada (PO) e da precipitação simulada (PS). Diferente dos resultados obtidos por Xu et al. (2001), as alterações dos passos de tempo não acarretaram em variações significativas da PS: 16,24 mm para TS de 180s, 14,38 mm, para 90s e 14,98 mm, para 45s. Notou-se também o comportamento da PS semelhante ao da PO. Entretanto, a PS foi subestimada nos três testes realizados no período que a precipitação foi mais intensa, entre 21 e 24 UTC.

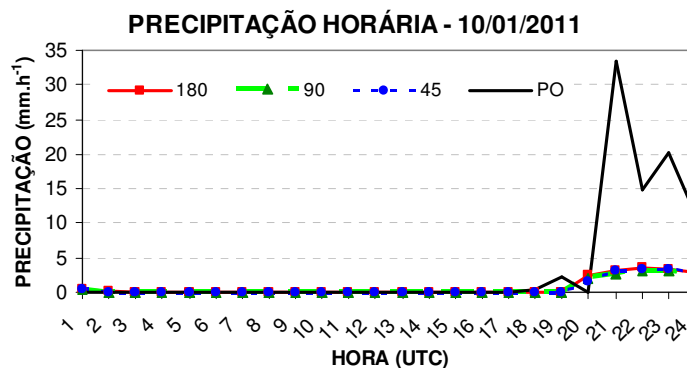
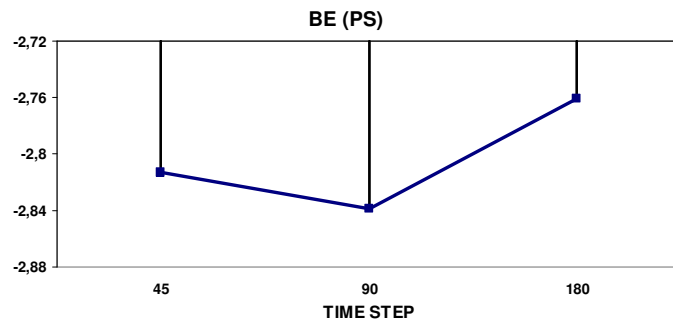


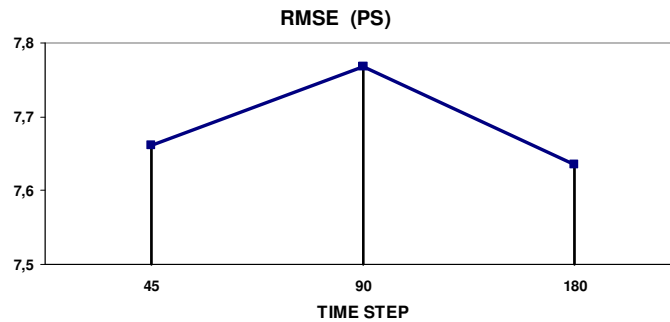
Figura 2 – Variabilidade horária da precipitação observada (PO, linha contínua preta) e da precipitação simulada (PS) para o TS (em s) 180 (linha vermelha contínua), 90 (linha tracejada verde) e 45 (linha pontilhada azul) do dia 10/01/2011.

Por meio das medidas estatísticas do erro médio (a, BE) e da raiz quadrada do erro quadrático médio (b, RMSE) são mostradas as comparações objetivas entre a PS e PO entre o conjunto de testes realizados em 10/01/2011 (Fig.3). Os valores de BE indicam que a PS foi subestimada em

todas as simulações, variando aproximadamente entre -2,76 a -2,84 mm. O RMSE variou entre 7,64 e 7,77 mm. Os valores muito próximos indicam que a PS não foi significativamente afetada pela variação do TS.



(a)



(b)

Figura 3 – Erro médio (a, BE), raiz quadrada do erro quadrático médio (b, RMSE) da precipitação simulada (mm) do dia 10/01/2012 para os diferentes espaços de tempo testados.

#### 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho, foram realizadas 3 simulações numéricas com TS distintos (180, 90 e 45s) para um caso de evento extremo de precipitação ocorrido no AIG no dia 10/10/2011. Os dados simulados foram comparados com os dados da estação meteorológica localizada no AIG. Os resultados preliminares mostraram que há pequenas diferenças na distribuição espacial e na quantidade de precipitação entre os conjuntos de testes realizados. Como esperado, o tempo de execução do modelo aumentou significativamente, quase que linearmente: à medida que o TS era reduzido pela metade, o tempo de execução do modelo duplicava. Este estudo é preliminar e, portanto, não é conclusivo. Para testar esses indícios de forma mais completa, um período maior de avaliação do modelo seria necessário. Espera-se que o presente trabalho tenha contribuído para uma melhor compreensão das características da configuração do WRF. Informação detalhada e precisa da utilização desse modelo é necessária para o aperfeiçoamento do sistema de previsão de tempo desenvolvido no ICEA, tornando-se útil para serem aplicadas nas atividades de gerenciamento do fluxo de tráfego aéreo.

**AGRADECIMENTOS:** Ao ICEA, pelo apoio à pesquisa e disponibilização de sua infraestrutura e dos recursos computacionais.

## **REFERÊNCIAS**

**ARW Version 3 Modeling System User's Guide.** Weather Research & Forecasting. Mesoscale & Microscale Meteorology Division. National Center for Atmospheric Research. Apr. 2011. Disponível em: [http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user\\_guide\\_V3/contents.html](http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3/contents.html)

**CLIMANALISE** - Boletim de Monitoramento e Análise Climática. Cachoeira Paulista, SP: INPE, 2011. Mensal. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>.

CHEN, F.; DUDHIA, J. Coupling an advanced land-surface/ hydrology model with the Penn State/ NCAR MM5 modeling system. Part I: Model description and implementation. **Mon. Wea. Rev.**, v. 129, p. 569-585, 2001.

DYER, A. J.; HICKS, B. B. Flux-gradient relationships in the constant flux layer, **Quart. J. Roy. Meteor. Soc.**, v. 96, p. 715-721, 1970.

DUDHIA, J. Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model. **J. Atmos. Sci.**, v. 46, p. 3077-3107, 1989.

HONG, S-Y; DUDHIA, J.; CHEN, S.-H. A revised approach to ice-microphysical processes for the bulk parameterization of clouds and precipitation. **Mon. Wea. Rev.**, 132, 1, 103-120, 2004.

KAIN, J. S.; FRITSCH, J. M. A one-dimensional entraining/detraining plume model and its application in convective parameterization. **J. Atmos. Sci.**, v. 47, n. 23, p. 2748-2802, 1990.

KAIN, J. S.; FRITSCH, J. M. Chapter 16 – Convective parameterization for mesoscale models: The Kain-Fritsch Scheme, in meteorological monographs. **Amer. Meteor. Soc.**, v. 24, n. 46, 1993.

MLAWER, E. J.; TAUBMAN, S. J.; BROWN, P. D.; IACONO, M. J.; CLOUGH, S. A. Radiative transfer for inhomogeneous atmosphere: RRTM, a validated correlated-k model for the longwave. **J. Geophys. Res.**, v.102, n. D14, p. 16663-16682, 1997.

IRIART, P. G.; CARVALHO, M. V. C; PEREIRA NETO, A.V. **Manual de instalação, compilação e execução do sistema de modelagem numérica WRF no ICEA.** Subdivisão de Climatologia e Arquivo Meteorológico (PBCA), Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), São José dos Campos, 2011. Disponível em: <http://www.icea.gov.br/climatologia/modelagemWRF.html>.

PAULSON, C. A. The mathematical representation of wind speed and temperature profiles in the unstable atmospheric surface layer. **J. Appl. Meteorol.**, v. 9, p. 857-861, 1970.

WEBB, E. K. Profile relationships: The log-linear range, and extension to strong stability. **Q. J. Roy. Meteor. Soc.**, v. 96, p. 67-90, 1970.

XU, M.; BAO, J. W.; WARNER, T. T.; STENSRUD, D. J. Effect of time step size in MM5 simulations of a mesoscale convective system. **Mon. Wea. Rev.**, v. 129, p. 502-516, 2001.