

COMPORTAMENTO DA PREVISÃO DE PRECIPITAÇÃO SIMULADA PELO MODELO WEATHER RESEARCH AND FORECASTING (WRF) PARA O ESTADO DO ESPÍRITO SANTO.

HUGO ELY DOS ANJOS RAMOS^{1,4}, JOSÉ GERALDO FERREIRA DA SILVA^{2,4},
EDUARDO MORGAN ULIANA.^{3,4}

RESUMO: O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho da previsibilidade de chuvas simuladas pelo modelo WRF comparado com os dados de superfície das estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET instaladas no Estado do Espírito Santo. O período de comparação foi de setembro de 2009 a abril de 2010 e foram utilizados sete parâmetros estatísticos e foram definidas categorias de previsibilidade para fazer as avaliações. Os resultados mostraram um desempenho razoável, com valores de H entre 0,70 e 0,75. A representatividade da previsão de eventos de chuva foi melhor observada no município de Santa Teresa onde ocorreram os maiores valores de TS, POD, IR e uma menor FAR. O município de Vitória foi o que teve um menor desempenho considerando os valores de TS, POD e IR e uma acentuada subestimativa dos eventos de chuva prevista indicada pelo BIAS. Para o IS, os resultados variaram entre 0,51 e 0,69, onde mostra uma representatividade razoável em todos os municípios observados nos eventos de não-chuva.

PALAVRAS-CHAVE: Índices estatísticos, Modelo WRF, Espírito Santo.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE FORECAST OF PRECIPITATION SIMULATED BY WEATHER RESEARCH AND FORECASTING (WRF) MODEL FOR ESPÍRITO SANTO STATE.

ABSTRACT: The objective of this study was to assess the performance predictability of rainfall simulated by WRF model compared with the surface data of automatic weather stations of the “Instituto Nacional de Meteorologia” - INMET established in the Espírito Santo state. The comparison period was September 2009 to April 2010 and were used seven statistical parameters were defined categories and predictability to make the assessments. The results showed a reasonable performance, with values of H between 0.70 and 0.75. The representativeness of the forecast of rain events was better observed in Santa Teresa municipality where there were higher values of TS, POD, IR and a lower FAR. The Vitoria city was the one that had a lower performance observed in the values of TS, POD and IR and a marked underestimation of rainfall events indicated by BIAS. For IS, the results varied between 0.51 and 0.69, which shows a reasonable representation in all municipalities observed in non-rain events.

KEYWORDS: Statistical index, WRF model, Espírito Santo.

¹ Meteorologista, Bolsista da FAPES, INCAPER, Vitória – ES. hugoely@incaper.es.gov.br; hugoely@gmail.com.

² D.Sc. Engenheiro Agrícola, Pesquisador do INCAPER, Vitória – ES. jgeraldo@incaper.es.gov.br.

³ Graduando em Engenharia Ambiental, INCAPER, Vitória – ES. eduardo.morgan@hotmail.com.

⁴ Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER. Rua Afonso Sarlo, 160 – Bento Ferreira, Vitória – ES. C.E.P.: 29.052 - 010

1. INTRODUÇÃO:

O uso de modelos de previsão numérica de tempo como ferramenta auxiliar para definir os prognósticos do tempo passou a ter uma grande importância na medida em que a computação passou a evoluir. Segundo COELHO, JUSTI da SILVA e SANTOS (2000), a utilização de modelos de mesoescala visando refinar o detalhamento das previsões geradas por modelos de larga escala é prática rotineira em centros operacionais e de pesquisa em todo o mundo, pois possibilita previsões destinadas a áreas menores e usuários finais específicos, e também possibilita a análise de fenômenos meteorológicos de escala menor.

O Laboratório de Prognósticos de Mesoescala da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LPM/UFRJ) desenvolveu um sistema automático de previsão do tempo para atender as necessidades dos centros estaduais de meteorologia. O sistema desenvolvido para centro estadual de meteorologia do Estado do Espírito Santo representado pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER realiza os prognósticos a partir de um conjunto de scripts que abrangem todos os passos necessários para a geração de previsões numéricas de tempo para os pontos, sem a necessidade de intervenção humana (JUSTI da SILVA, COELHO, TOZZI, et.al., 2008).

A qualidade das saídas dos modelos de previsão é de fundamental importância dada à necessidade de se conhecer antecipadamente o comportamento do tempo para os dias seguintes. Assim pretende-se neste trabalho avaliar o desempenho da previsibilidade de chuvas simuladas pelo modelo WRF comparado com os dados de superfície, para o Estado do Espírito Santo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS:

O modelo numérico de mesoescala utilizado no sistema é o Weather Research and Forecasting (WRF) e a versão instalada é a ARW 2.2 e usa o módulo WRF Pre-Processing System (WPS) para o pré-processamento. Os dados usados na alimentação do modelo numérico são os do Modelo Global Forecast System (GFS) do National Centers for Environmental Prediction (NCEP) adquiridos nos bancos de dados do Projeto NOMADS. O Modelo WRF é executado com uma resolução horizontal de 9 km, com 28 níveis verticais na atmosfera e 5 níveis de solo. O tempo total de integração é de 168 horas (sete dias), com intervalos de previsão de 3 horas onde são gerados e disponibilizados os produtos no pós-processamento. Os esquemas de parametrização utilizados foram os seguintes: (a) Microfísica de nuvens – WSM -3; (b) Cumulus – Kain Fritsch; (c) Radiação de ondas curtas – Dudhia; (d) Radiação de ondas longas – RRTM; (e) Camada limite superficial – Monin-Obukhov e (f) Superfície – Difusão térmica.

Os dados de chuva acumulada em 24 horas utilizados para o presente estudo foram obtidos nas estações meteorológicas automáticas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET instaladas em vários Municípios do Estado do Espírito Santo conforme descrito na Tabela 1. Os dados de precipitação simulados pelo modelo foram gerados a partir de execuções de scripts e os arquivos foram disponibilizados em formato texto para um período de sete dias de previsão. Para fazer as comparações entre os dados foram considerados apenas os dados das primeiras 24 horas de integração entre os dias 03/09/2009 e 30/04/2010 com um total de 240 dias de previsão.

Tabela 1 – Localização das Estações Meteorológicas Automáticas em operação no Estado do Espírito Santo.

Localidade	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Alegre	-20,7506	-41,4889	138,00
Alfredo Chaves	-20,6364	-40,7414	35,00
Linhares	-19,3567	-40,0686	40,00
Santa Teresa	-19,9886	-40,5794	998,00
São Mateus	-18,7139	-39,8483	39,00
Vitória	-20,3156	-40,3172	9,00

Para a avaliação da previsão do modelo foram aplicadas algumas ferramentas estatísticas de acordo com a metodologia sugerida por ARAVÉQUIA e QUADRO (2003) e descritas por WILKIS (1995). Foram calculados os seguintes parâmetros: Taxa de acerto (“Hit rate” – **H**), Índice crítico de sucesso (“Threat score” - **TS**), Probabilidade de detecção (**POD**), Razão de alarme falso (**FAR**), Erro de deriva (**BIAS**) e os Índices de acerto com chuva (**IR**) e sem chuva (**IS**).

A previsibilidade da precipitação através de categorias e os acertos e erros de precipitação são baseados apenas na ocorrência ou não de eventos de chuvas. As categorias são mostradas conforme a tabela de contingência (Tabela 2) e os índices de avaliação foram definidos da seguinte forma: O modelo previu chuva e ocorreu no ponto de verificação (A); o modelo previu chuva no ponto e não ocorreu (B); o modelo não previu a chuva no ponto e ocorreu (C); o modelo não previu a chuva no ponto e não ocorreu (D).

Tabela 2 – Tabela de contingência para a verificação da ocorrência ou não da previsão de chuva.

Tabela de Contingência		Observado	
		Chuva	Não-Chuva
Previsto	Chuva	A	B
	Não-Chuva	C	D

A taxa de acerto (**H**) é um índice direto que leva em consideração apenas a ocorrência de chuva e não-chuva no período de avaliação estudado. Este índice é calculado de acordo com a Equação (1).

$$H = \frac{A+D}{n} \quad (1)$$

Sendo **A** e **D** são os totais de eventos de acordo com a tabela de contingência e **n** o período total de observação.

O índice crítico de sucesso (**TS**) é utilizado principalmente quando a ocorrência de chuva é significativamente menor que a de não-chuva. A previsão é mais bem observada quando o valor deste índice fica próximo da unidade. O cálculo deste índice é feito de acordo com a Equação (2).

$$TS = \frac{A}{A+B+C} \quad (2)$$

A probabilidade de detecção (**POD**) é a relação entre a chuva detectada prevista correta e incorretamente e a indicação de um melhor desempenho é quando o POD se aproxima de um. Este índice é calculado de acordo com a Equação (3).

$$POD = \frac{A}{A+C} \quad (3)$$

A razão de alarme falso (**FAR**) é a proporção das previsões de chuva que não ocorreram, ou seja, quando o valor de FAR fica próximo a unidade significa que a

previsibilidade de chuva é ruim. A razão de alarme falso é calculada de acordo com a Equação (4).

$$FAR = \frac{B}{A+B} \quad (4)$$

O erro de deriva (**BIAS**) é uma razão simples das previsões de chuvas com as chuvas observadas. Ele indica se há casos em que as previsões de chuvas são maiores que as ocorrências de chuvas (quando **BIAS** > 1) e quando as previsões de chuvas são menores que as ocorrências de chuvas (quando **BIAS** < 1). O **BIAS** é calculado de acordo com a Equação (5).

$$BIAS = \frac{A+B}{A+C} \quad (5)$$

O índice de acerto com chuva (**IR**) mostra a porcentagem de acerto dos eventos de ocorrência de chuvas. A previsão é mais bem observada quando o valor deste índice fica próximo de 100%. O cálculo deste índice é feito de acordo com a Equação (6).

$$IR = \frac{A^2}{(A+C)(A+B)} \quad (6)$$

O índice de acerto sem chuva (**IS**) mostra a porcentagem de acerto dos eventos de ocorrência de não-chuvas. A previsão é mais bem observada quando o valor deste índice fica próximo de 100%. O cálculo deste índice é feito de acordo com a Equação (7).

$$IS = \frac{D^2}{(B+D)(C+D)} \quad (7)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Após definir os casos de acordo com a tabela de contingência, os índices foram calculados de acordo com as equações de (1) a (7) e os resultados do desempenho do modelo com a variável precipitação são exibidas na Tabela 3.

Tabela 3 – Estatística de avaliação de desempenho do modelo WRF no Estado do Espírito Santo.

Localidade	H	TS	POD	FAR	BIAS	IR	IS
Alegre	0,70	0,49	0,67	0,36	1,06	0,43	0,54
Alfredo Chaves	0,75	0,51	0,63	0,27	0,86	0,46	0,64
Linhares	0,73	0,45	0,58	0,33	0,86	0,39	0,62
Santa Teresa	0,73	0,61	0,69	0,16	0,82	0,58	0,51
São Mateus	0,73	0,47	0,65	0,37	1,03	0,41	0,62
Vitória	0,75	0,35	0,42	0,31	0,61	0,29	0,69

Em relação ao acerto dos eventos de chuva e não-chuva, o índice **H** de todos os municípios ficou acima de 70%, isso mostra que o modelo contribui de forma razoável para a previsibilidade de chuva ou de não-chuva no período estudado. Os melhores desempenhos de acerto foram para os municípios de Alfredo Chaves e Vitória com 75% e o menor desempenho foi para o município de Alegre com 70%.

Os maiores valores de **TS** foram obtidos para os municípios de Alfredo Chaves e Alegre, com 0,61 e 0,51 respectivamente. Os outros municípios ficaram abaixo de 0,50 e o que teve o pior desempenho foi Vitória com 0,35, o que mostra que houve uma significativa perda da qualidade na previsão de chuva para este município.

O desempenho em relação à probabilidade de detecção de chuvas **POD**, se mostrou razoável na maioria dos municípios capixabas. Em Santa Teresa ocorreu o melhor índice

nesse período que foi de 0,69, o menor índice POD foi também para o município de Vitória, coincidindo com o baixo desempenho da previsibilidade das chuvas.

A razão de alarme falso (**FAR**) para os municípios estudados variou entre 0,16 em Santa Teresa e 0,37 em São Mateus. Esses resultados mostram que durante os eventos em que a chuva é prevista, o risco de alarme falso é muito pequeno.

Em relação ao erro de deriva (**BIAS**) em duas localidades (Alegre e São Mateus) indica um maior número de casos de chuvas previstas em relação às chuvas observadas, ou seja, há uma ligeira superestimativa (1,06 e 1,03 respectivamente) das previsões de chuvas nesses municípios. Nas demais localidades (Alfredo Chaves, Linhares, Santa Teresa e Vitória) o resultado do **BIAS** aponta para subestimativa entre as chuvas previstas em relação as chuvas ocorridas no período estudado, com atenção especial ao município de Vitória em que ocorreu de forma mais acentuada (0,61), isto significa que na capital há uma maior ocorrência de chuvas do que eventos de chuvas previstas.

No período estudado, o comportamento do acerto de chuvas (**IR**) nos municípios estudados ocorreu de forma irregular. Enquanto que no município de Santa Teresa apresentou um índice razoável de 0,58, em Vitória foi apenas de 0,29, ou seja, não há uma boa representatividade na confirmação dos eventos de chuva no município. Entretanto, ao observar o índice de acerto sem chuvas (**IS**), os valores variaram entre 0,51 em Santa Teresa e 0,69 em Vitória, o que significa uma boa representatividade quando ocorrem eventos não-chuvosos.

4. CONCLUSÕES:

Com base nos resultados dos índices apresentados, conclui-se que o modelo tem uma representatividade razoável quando se leva em consideração o H. Em Santa Teresa registrou-se os melhores índices de previsibilidade de eventos de chuvas (TS, POD, IR e uma menor FAR). O município de Vitória foi o que teve o menor desempenho entre os municípios estudados (menores valores de TS, POD e IR e uma acentuada subestimativa do BIAS). Desta forma, existe a necessidade de ajustes da parametrização da superfície de forma que haja uma melhor representatividade da região de estudo.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET pela disponibilidade dos dados, a FINEP/MCT por fomentar o projeto de pesquisa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo – FAPES pela concessão das bolsas.

5. REFERÊNCIAS:

ARAVÉQUIA, J. A.; QUADRO, M. F. L. Aspectos gerais da previsão numérica de tempo e clima. INPE, São José dos Campos – SP, 2003. Disponível em < <http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/jeferson/2003/12.23.10.21/doc/publicacao.pdf>>. Acessado em 09/05/2010.

COELHO, D. G.; JUSTI da SILVA, M. G. A.; SANTOS, I. A. Modelagem de mesoescala: uma alternativa de baixo custo. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, RJ. Anais. CDROM, 2000.

JUSTI da SILVA, M. G. A.; COELHO, D. G.; TOZZI, L. R. L.; et.al. Rede de monitoramento de tempo e clima: O projeto “Pilotinhos”. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, 32 (2-3) 28-34, 2008.

WILKS, D. S. *Statistical methods in the Atmospheric Sciences*. 2a ed., San Diego, Academic Press, 2006, 627 p.