

IMPACTO DA RESOLUÇÃO ESPACIAL DOS DADOS DE TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR NA QUALIDADE DAS PREVISÕES DO MODELO WRF

L. C. Carvalheiro⁽¹⁾, Y. Yamazaki^(1,2), M. D. M. Orgaz⁽¹⁾

⁽¹⁾ Universidade de Aveiro, Departamento de Física,
Campus Universitário de Santiago, 3810 – 193 Aveiro.
lcarvalheiro@ua.pt; maria.dolores@ua.pt

⁽²⁾ Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário, s/n,
Caixa Postal 354, 96010-900 Pelotas, RS, Brasil,
yamasaki@fis.ua.pt

RESUMO:

Apresenta-se um estudo motivado pela questão: “De que forma a resolução espacial dos campos de temperatura da superfície do mar (SST) pode afectar o desempenho da previsão numérica de tempo?”. Deste modo, comparam-se directamente previsões de tempo, em regime semi-operacional, utilizando como condições de fronteira para a SST: **a)** dados de 0,5° de resolução espacial (RTG_SST) e **b)** dados de 0,083° de resolução espacial (RTG_SST_HR).

Para a avaliação global de diferenças, bem como para a quantificação do impacto dos dados de mais elevada resolução espacial, foram calculadas, à escala da grelha (3 km de resolução), medidas básicas de erro para as variáveis meteorológicas comuns, fazendo uso de dados observacionais. Adicionalmente, avaliou-se o impacto da utilização dos dados de SST em diferentes resoluções horizontais nos resultados de variáveis meteorológicas simulados sobre zonas costeiras vs regiões do interior de Portugal. Os resultados das análises efectuadas são ilustrados e discutidos, tendo em vista a optimização da qualidade das previsões.

1. INTRODUÇÃO

A temperatura da superfície do mar (SST) é uma grandeza ilustrativa das interações entre o oceano e a atmosfera, tendo em conta os seus efeitos sobre os fluxos de calor latente e calor sensível ao longo da interface ar/mar. Deste modo, os modelos de previsão numérica de tempo podem beneficiar com a inclusão, como dados de inicialização, dos campos de SST que são, actualmente, medidos de forma cada vez mais precisa (por meios de detecção remota) e com resoluções espaciais cada vez maiores, no intuito de uma maior acuidade na preservação dos seus gradientes.

Os dados de análise *Real Time Global Sea Surface Temperature* (RTG_SST)¹ começaram a ser

disponibilizados pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) no sentido de prover as necessidades de melhoria na previsão numérica de tempo para os EUA, a partir de 2001. Os campos de SST, de cobertura global com resolução espacial de 0,5° são obtidos diariamente, com recurso a medições *in situ* (de bóias flutuantes, bóias fixas e navios) e de satélite (NOAA-18) coligidos nas 24 horas antecedentes ao dia a que se refere a análise.

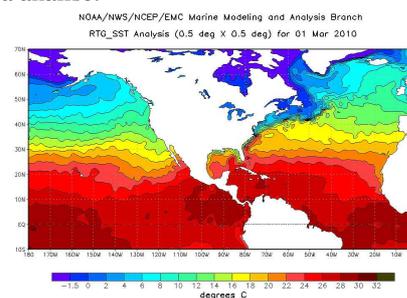


Fig. 1 - RTG SST 1/2 °

Por imperativos relacionados com a demanda de maior resolução espacial dos campos de SST, o Marine Modeling and Analysis Branch (MMAB) dos National Centers for Environmental Prediction (NCEP) operacionalizou, em 2005, o produto RTG_SST_HR², com resolução espacial de 1/12° (~ 8.3 km), actualmente obtido a partir de dados *in situ* e do radiómetro *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR), a bordo dos satélites NOAA-18 e METOP-A.

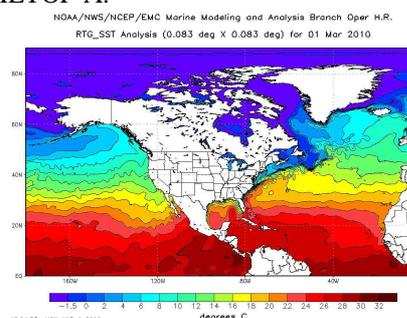


Fig. 2 - RTG SST 1/12 °

¹Disponíveis em <http://polar.ncep.noaa.gov/sst/oper/Welcome.html>

² Disponível em <http://polar.ncep.noaa.gov/sst/ophi/>

2. METODOLOGIA

a) Domínios de simulação, configuração e inicialização

O modelo WRF (versão 3.1) foi configurado para os domínios de simulação da figura 3 (dx=15 km no d1, dx=3 km no d2 e 31 níveis na vertical), com as parametrizações físicas exibidas na tabela 1.

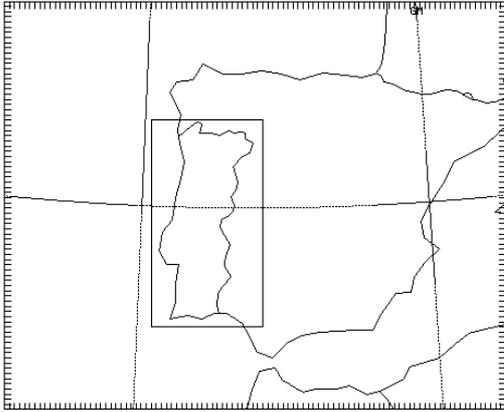


Fig. 3 - Configuração dos dois domínios de simulação WRF.

Opções Físicas	Esquema
Microfísica	WSM6 (d1 e d2)
Radiação de longo comprimento de onda	GFDL (d1 e d2)
Radiação de curto comprimento de onda	Dudhia (d1 e d2)
Camada superficial	MM5 (d1 e d2)
Superfície do Solo	NOAH LSM
Camada Limite	Yonsei University (d1 e d2)
Cúmulos	Betts-Miller-Janjic (d1)

Tabela 1 – Configuração Física do WRF.

Como condições iniciais e de fronteira, utilizaram-se os dados de 0,5° de resolução do modelo GFS, na inicialização das 12 UTC, bem como os dados de SST de 0,5° (RTG_SST) e de 0,083° (RTG_SST_HR). As primeiras 12 horas de cada uma das simulações (com horizonte de previsão de 48 horas) foram consideradas como de *spin-up*, tendo-se, pois, constituído uma base de dados de variáveis meteorológicas simuladas (horárias) que compreendem o período de 19 de Março a 23 de Outubro de 2009.

b) Validação e avaliação do impacto da resolução dos dados de SST

Os dados resultantes das simulações efectuadas (219 para cada uma das fontes de dados de SST) foram comparados com dados observados à superfície, coligidos pelas estações automáticas da Rede do Instituto de Meteorologia de Portugal, ilustradas na figura 2.

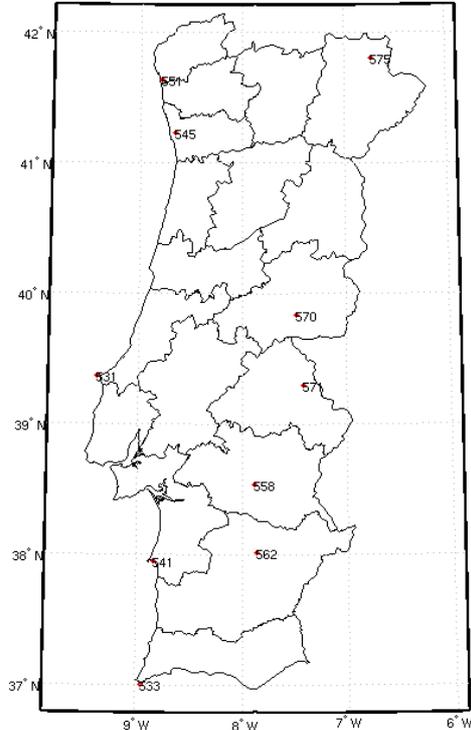


Fig. 4 - Localização das Estações Meteorológicas Automáticas usadas para validação

Para cada dia do período em análise calcularam-se, pois, as seguintes medidas de erro, para a temperatura aos 2 m (T), intensidade do vento aos 10 m (V) e humidade relativa a 2 m (%):

$$bias = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (m_i - o_i) \quad (1)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n |m_i - o_i| \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n (m_i - o_i)^2} \quad (3)$$

Onde:

m_i : é o valor previsto pelo modelo;

o_i : é o valor observado;

n : número de pares previsão/observação.

Numa primeira abordagem, destinada à avaliação do impacto da resolução horizontal dos dados de SST de forma geral, consideraram-se todas as 10 estações para validação dos resultados e aferição das suas diferenças, mediante o uso dos dados de SST ou SSTHR.

Posteriormente, no sentido de verificar se o eventual impacto resultante das diferentes resoluções espaciais dos dados de SST se reflecte de forma análoga em zonas do litoral ou do interior, o mesmo procedimento foi repetido, levando apenas em consideração, num caso, estações meteorológicas localizadas no litoral (as estações 551, 531, 541, 533 e 545 da figura 4) e noutro, estações meteorológicas localizadas no interior de Portugal (as estações 575, 570, 571, 558 e 562 da figura 4).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados globais, quer da aferição do impacto da maior resolução dos dados de SST à escala do grelha que constitui o segundo domínio de simulação, quer individualizando as regiões localizadas no interior e no litoral, ilustram-se na tabela 1.

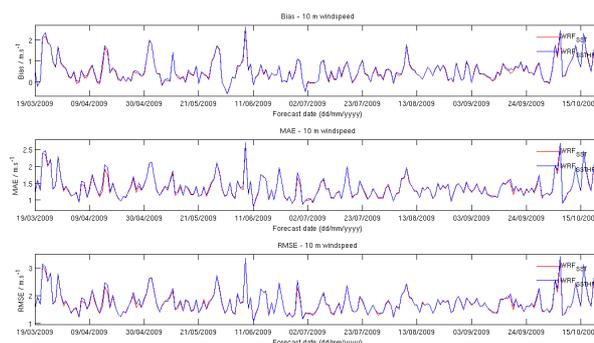


Fig. 6 - Evolução temporal dos erros à escala da grelha, para a intensidade do vento aos 10 m.

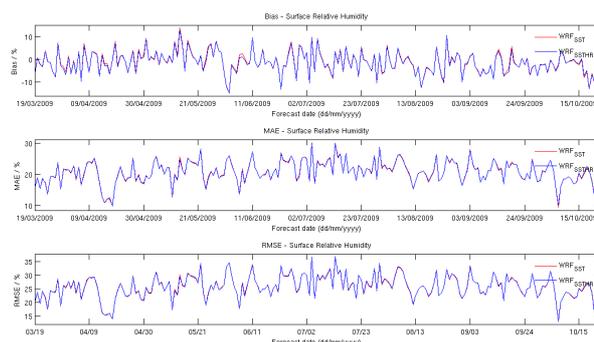


Fig. 7 - Evolução temporal dos erros, calculados à escala da grelha, para a humidade relativa aos 2 m.

Variável	Medida de Erro	Interior + Litoral (10 estações)		Interior (5 estações)		Litoral (5 estações)	
		SST	SSTHR	SST	SSTHR	SST	SSTHR
T	Bias (°C)	-0.3001	-0.1838	-0.9922	-0.9597	0.4153	0.6196
	MAE (°C)	1.6764	1.6857	1.7835	1.7726	1.5632	1.5932
	RMSE (°C)	2.0988	2.1040	2.1733	2.1600	1.9693	1.9949
V	Bias (m/s)	0.5478	0.5755	0.1768	0.1792	0.9405	0.9947
	MAE (m/s)	1.3757	1.3921	1.2068	1.2118	1.5543	1.5826
	RMSE (m/s)	1.7600	1.7788	1.5488	1.5543	1.9360	1.9653
RH	Bias (%)	-1.2081	-1.3480	-0.6602	-0.5372	-1.7427	-2.1584
	MAE (%)	20.8592	20.8576	26.4520	26.5299	14.9703	14.8862
	RMSE (%)	25.8014	25.8255	30.8674	30.9562	18.4080	18.3246

Tabela 2 – Resultados gerais (agregados) das medidas de erro calculadas.

No que concerne à evolução temporal das medidas de erro, considerem-se as figuras 5 a 7.

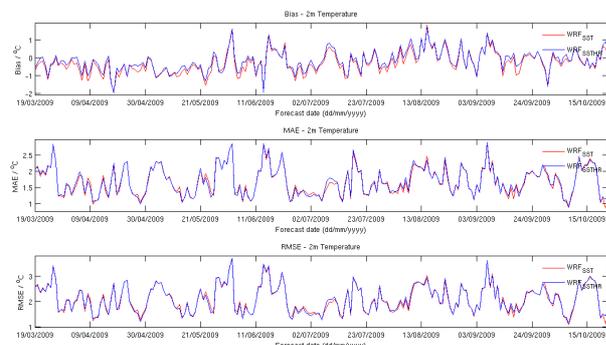


Fig. 5 - Evolução temporal dos erros, calculados à escala da grelha, para a temperatura aos 2 m.

À luz dos resultados exibidos, pode inferir-se que as diferenças introduzidas pela alteração da resolução espacial dos dados de SST não são significativas, para a configuração do WRF utilizada. O aparente impacto (positivo) nas previsões de temperatura, sugerido pela análise do viés, surge em consequência de um maior impacto (positivo) sobre as previsões em regiões do interior, em contração com um impacto negativo sobre as previsões em regiões do litoral. A análise do MAE possibilita um maior discernimento sobre a afirmação anterior, suportando que as diferenças introduzidas são pouco expressivas. Muito embora a diferença seja de pequena magnitude, verifica-se, consultando os resultados de RMSE, que a variação dos valores simulados de temperatura em torno dos valores observados é maior quando são utilizados os

dados de SSTHR. No que ao impacto da mais elevada resolução espacial dos campos de SST sobre a previsão da intensidade do vento a 10 m diz respeito, verifica-se que, apesar de forma pouco significativa, o uso de SSTHR leva a uma maior sobrestimação da velocidade do vento, quer à escala global, quer nas regiões do interior, quer nas regiões do litoral. Por último, considerando as estatísticas de verificação para a humidade relativa à superfície, pode afirmar-se que o uso de dados de SST de mais elevada resolução espacial introduz uma ligeira melhoria na qualidade das previsões (no que concerne à menor discrepância entre os valores simulados face aos observados), muito embora tal não seja imediatamente visível, se se considerarem somente os valores de viés. Na verdade, em consonância com o que se reportou para as previsões de temperatura, o uso dos campos de SSTHR tem um impacto positivo sobre as previsões de humidade relativa em regiões do interior, em oposição com um impacto negativo sobre as previsões desta variável em regiões do litoral.

4. CONCLUSÕES

Tendo em conta os resultados obtidos e reportados na secção anterior, pode concluir-se que não existe um impacto significativo da resolução espacial dos dados de SST nas previsões de tempo obtidas mediante o uso do WRF (utilizando a configuração descrita e os domínios de simulação ilustrados). De acordo com o conjunto de dados observacionais utilizados (que se reconhece como em número manifestamente insuficiente), o impacto (positivo) que advém do uso dos dados de SST de mais elevada resolução surge em regiões do interior, em detrimento de um pequeno aumento da magnitude dos erros em regiões do litoral.

Investigações adicionais serão efectuadas, no sentido de adquirir uma melhor compreensão para os resultados obtidos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gemmill, William, Bert Katz and Xu Li, 2007: *Daily Real-Time Global Sea Surface Temperature - High Resolution Analysis at NOAA/NCEP*. NOAA / NWS / NCEP / MMAB Office Note Nr. **260**, 39 pp
- [2] Jolliffe I. T., and D. B. Stephenson (eds.), 2003: *Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science*. John Wiley and Sons, 254 pp.
- [3] Wilks D. S., 1995: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences—An Introduction*. International Geophysics Series, Vol. 59, Academic Press, 467 pp.

Agradecimentos

O primeiro autor exprime a sua gratidão à Fundação para a Ciência e Tecnologia, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior pela atribuição da Bolsa de Investigação de referência SFRH/BD/28602/2006.