



AVALIAÇÃO DOS DADOS DECENIAIS DE PRECIPITAÇÃO, TEMPERATURA MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA DO AR, RADIAÇÃO SOLAR E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA SIMULADOS PELO MODELO ECMWF PARA MINAS GERAIS

Rafael Aldighieri Moraes¹, Wezer Lismar Miranda²

¹ Eng.º. Agrícola, Grupo Educacional UNIESP, Campinas – SP, Fone: (0 xx 19) 3756-2306, rafagricola@yahoo.com.br
² Eng.º. Agrícola, Doutorando em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Depto. de Engenharia, UFLA, Lavras - MG

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Eventos Benedito Nunes, Belém- PA.

RESUMO: As condições do tempo afetam diretamente a agricultura, desde o preparo do solo até a colheita. Assim, dados meteorológicos provenientes de estações automáticas são utilizados para acompanhar estes efeitos. Porém, devido à dificuldade de acesso aos dados em tempo quase-real, problemas técnicos e a baixa densidade de estações meteorológicas no Brasil, tem se mostrado como uma alternativa a utilização de dados provenientes de modelos atmosféricos, como o do ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecast*). Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a precisão e acurácia do modelo atmosférico ECMWF pela comparação de dados deceniais simulados de precipitação, temperatura média, máxima e mínima do ar, radiação solar e evapotranspiração de referência aos observados de 12 estações meteorológicas automáticas do INMET do estado de Minas Gerais para o ano de 2007. Esta comparação foi feita a partir de dados da estação e a média de pontos do modelo dentro de um buffer de 25 quilômetros de cada município. Como resultado, observou-se que o modelo ECMWF simula satisfatoriamente com maior parte dos resultados com $R^2 > 0,75$, $d > 0,9$ e erros médios e sistemáticos satisfatórios, recomendando seu uso a Minas Gerais.

PALAVRAS-CHAVE: dados meteorológicos, acurácia, precisão, índices estatísticos

EVALUATION OF 10-DAY PERIOD PRECIPITATION, AVERAGE, MAXIMUM AND MINIMUM AIR TEMPERATURE, SOLAR RADIATION AND REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FROM THE ECMWF MODEL IN MINAS GERAIS STATE

ABSTRACT: The weather and climate has a direct influence in agriculture, it affects all stages of farming, since soil preparation to harvest. Meteorological data derived from automatic weather stations are used to monitor these effects. These meteorological data has problems like difficulty of data access and low density of meteorological stations in Brazil. Meteorological data from atmospheric models, such as ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecast*) can be an alternative. Thus, the aim of this study was to compare 10-day period precipitation, average, maximum and minimum air temperature data, solar radiation and reference evapotranspiration from the average points of ECMWF model in





a 25 km buffer with 12 weather stations in Minas Gerais state in 2007. Statistical index showed spatially satisfactory (most of the results with $R^2 > 0.75$, $d > 0.9$ and RMSE and Es satisfactory. The ECMWF can be recommended for use in the Minas Gerais state.

KEYWORDS: meteorological data, accuracy, statistics index, ground truth

INTRODUÇÃO

Segundo PEREIRA et al. (2002), a agricultura é, sem dúvida, aquela com maior dependência das condições do tempo e do clima, pois as condições atmosféricas afetam todas as etapas das atividades agrícolas. Como as condições adversas do tempo são frequentes e muitas vezes imprevisíveis a médio e longo prazo, a agricultura constitui-se em atividade de grande risco. HODGES, 1991 apud HOOGENBOOM, 2000, afirma que as variáveis críticas associadas com a produção agrícola são precipitação, temperatura do ar e radiação solar. De um modo geral, os dados meteorológicos são provenientes de estações meteorológicas automáticas ou convencionais. O Brasil por suas dimensões continentais ainda não apresenta uma rede de estações meteorológicas que atenda às suas necessidades, sendo que em áreas mais desenvolvidas há um maior número do que em outras mais remotas (PEREIRA et al., 2002). Neste sentido, a utilização de dados meteorológicos provenientes de modelos globais, como o do ECMWF (*European Center for Medium-Range Weather Forecast*) tem se mostrado como uma alternativa aos problemas listados acima. O objetivo deste trabalho foi avaliar as estimativas decenais de precipitação, temperatura média, máxima e mínima do ar, radiação solar e evapotranspiração de referência feitas pelo modelo global ECMWF para 12 municípios no estado de Minas Gerais para o ano de 2007.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado considerando 12 municípios localizados no estado de Minas Gerais para o ano de 2007 (Figura 1). Foram utilizados dados observados de estações meteorológicas automáticas do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), presentes em cada município avaliado. Da série de informações, foram utilizados dados de precipitação (mm), temperatura média, máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), radiação solar ($\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e evapotranspiração de referência estimado pelo método Penman-Monteith FAO-98 (mm). Estes foram transformados da escala horária para diária e finalmente para escala decenal (10 dias), totalizando 36 pontos para cada município.

Como dados estimados, foram considerados os provenientes do modelo global ECMWF, com resolução temporal decenal. Na página eletrônica do JRC, é disponibilizado um banco de dados a partir de 1974. Dentre eles temos precipitação (mm), radiação global ($\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$), temperatura média, mínima e máxima do ar ($^{\circ}\text{C}$), evapotranspiração de referência, com intervalos diários, decenais e mensais (JRC, 2008).

O ECMWF coleta informações meteorológicas de estações espalhadas por todo mundo, radares meteorológicos, satélites entre outras fontes. Essas informações são coletadas para as horas sinóticas (00, 06, 12, 18 UTC). Estes dados são usados para produzir variáveis meteorológicas. Por meio de equações que descrevem características atmosféricas, os dados



são processados para formar um modelo fisicamente válido da atmosfera transformando em pontos distantes 0,25 graus de latitude e longitude, resultando em variáveis para o mundo inteiro (ECMWF, 2009; Person e Grazziani, 2007). Porém, utilizando-se somente o modelo atmosférico ECMWF como base de dados meteorológicos pode se incorrer em erros como a falta de acurácia para a região desejada. Isto se agrava quando se objetiva monitorar áreas agrícolas. Para o pareamento dos dados, foram considerados os dados de cada estação representando o município de sua localização. De modo a comparar estes com o modelo ECMWF, que possui pontos com distâncias constantes entre si, foi feito um buffer de cada município de 25 quilômetros e extraído os pontos do ECMWF presente dentro de cada município e buffer. Após a extração, foi feita a média destes pontos, de modo a representar o município analisado. Na tabela 1 temos os valores médios de cada elemento meteorológico para os municípios e suas respectivas estações meteorológicas.

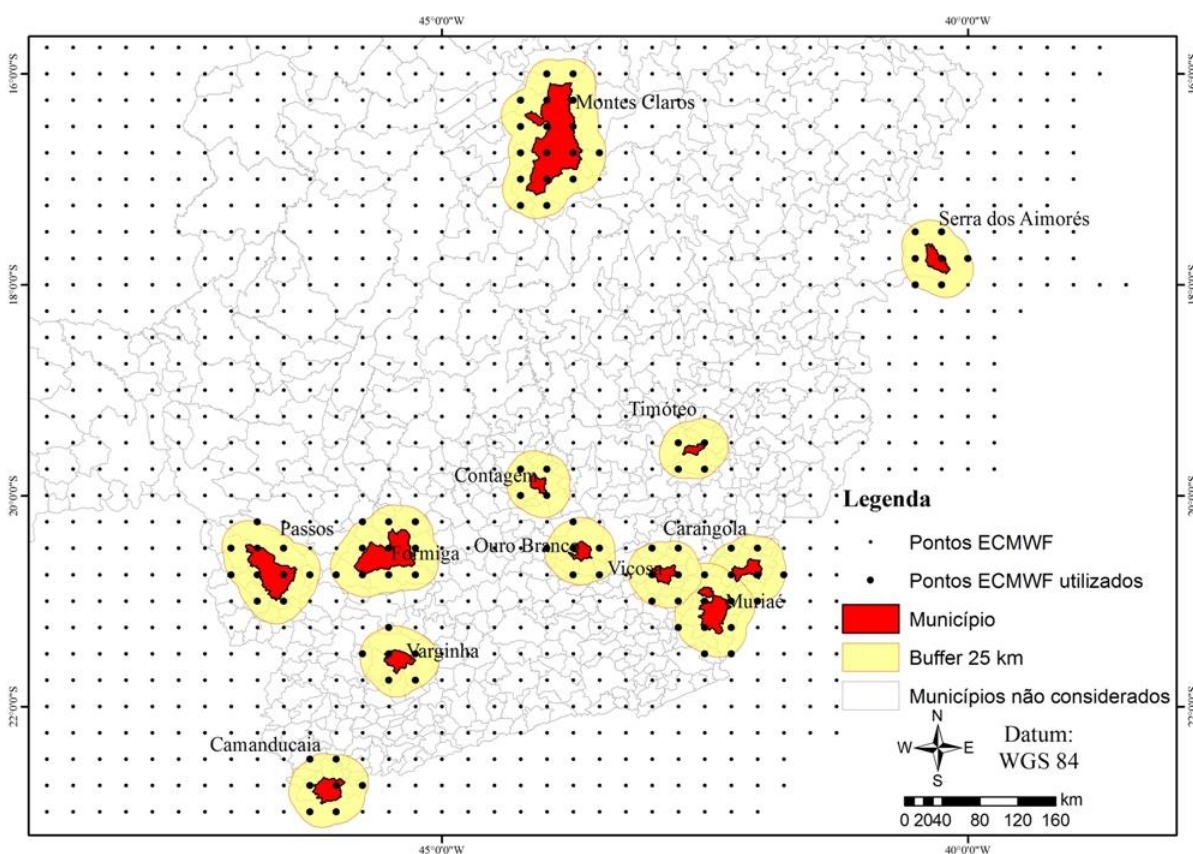


Figura 1 – Mapa de Minas Gerais com a localização dos municípios utilizados no trabalho, o buffer criado, os pontos dispostos do ECMWF e os utilizados na comparação.

Tabela 1. Média dos dados das estações automáticas do INMET para 2007.

Cidade	T _{média}	T _{máxima}	T _{mínima}	Precip.	Rad. Solar	ET ₀
Carangola	21,63	28,84	16,49	31,5	169.643	49,0
Contagem	21,51	26,87	17,45	33,2	212.946	68,9



Formiga	21,47	27,76	16,10	33,5	189.129	59,6
Monte Verde	15,47	21,73	10,41	45,9	170.708	46,1
Montes Claros	23,32	30,50	17,16	15,4	249.038	80,5
Muriaé	23,16	29,59	18,49	38,2	179.586	57,6
Ouro Branco	19,75	25,98	15,23	25,0	178.145	55,1
Passos	21,39	28,86	15,64	40,1	193.443	61,7
Serra dos Aimorés	23,48	29,86	19,35	22,7	184.639	61,5
Timóteo	22,82	28,10	18,98	27,7	165.198	52,2
Varginha	20,47	27,10	15,11	31,6	189.709	59,1
Viçosa	19,91	27,63	14,99	26,9	169.017	52,6

Assim, com os dados organizados na mesma resolução temporal, foi possível a obtenção, considerando o período total (2007), dos índices de precisão pelo coeficiente de determinação (R^2) que indica o quanto da variação de Y pode ser explicado pela variação de X, variando de 0 a 1; o de exatidão (d), que expressa a distância dos valores de x e y em relação à reta 1:1, variando de 0 a 1 (Willmott, 1981); a raiz do erro médio quadrático (RMSE), que indica a magnitude média dos erros, sendo que quanto menor o valor, melhor a estimativa do modelo (varia de 0 a infinito) e o Erro Sistemático (Es), que indica se há nos dados uma tendência de sub ou superestimativa e expressa a sua magnitude, influenciando na exatidão do modelo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após pareamento dos dados, foram gerados os índices para cada variável e município. Estes são divididos em temperatura média, mínima e máxima do ar (Tabela 2) e precipitação, radiação solar e evapotranspiração de referência (Tabela 3).

Tabela 2. Resultados das análises estatísticas (R^2 , índice d, RMSE e Es) na comparação de dados de temperatura média, máxima e mínima do ar, de estações automáticas do INMET para as 12 cidades selecionadas para o estudo no ano de 2007, com dados médios do ECMWF dentro do buffer de 25 quilômetros.

Cidade	$T_{médica}$				$T_{máxima}$				$T_{mínima}$			
	R^2	d	RMSE	Es	R^2	d	RMSE	Es	R^2	d	RMSE	Es
Carangola	0,95	0,9996	0,84	0,66	0,84	0,9974	2,83	2,69	0,96	0,999	0,84	0,59
Contagem	0,95	0,9998	0,59	0,43	0,87	0,9994	1,34	1,16	0,91	0,997	1,86	1,77
Formiga	0,99	0,99995	0,30	0,17	0,91	0,9999	0,66	0,35	0,96	0,9997	0,60	0,20
Camanducaia	0,85	0,990	3,44	3,30	0,86	0,9971	2,49	2,31	0,89	0,978	3,66	3,49
M. Claros	0,98	0,9998	0,70	0,62	0,90	0,9998	0,84	0,53	0,94	0,998	1,40	1,20
Muriaé	0,96	0,9996	0,97	0,87	0,83	0,9991	1,74	1,55	0,95	0,998	1,56	1,45
Ouro Br.	0,97	0,999	1,02	0,96	0,90	0,9997	0,90	0,67	0,96	0,9997	0,55	0,32
Passos	0,98	0,9999	0,46	0,32	0,95	0,9998	0,83	0,68	0,95	0,999	0,94	0,64
Serra d. A.	0,98	0,999	1,29	1,25	0,96	0,9999	0,59	0,21	0,98	0,9999	0,36	0,12
Timóteo	0,95	0,9997	0,86	0,74	0,90	0,9994	1,40	1,23	0,95	0,999	1,24	1,16





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



Varginha	0,98	0,9999	0,36	0,19	0,94	0,9999	0,54	0,05	0,98	0,9997	0,49	0,25
Viçosa	0,95	0,998	2,10	2,02	0,81	0,9997	1,00	0,44	0,96	0,997	1,74	1,60

Tabela 3. Resultados das análises estatísticas (R^2 , índice d, RMSE e E_s) na comparação de dados de precipitação, radiação solar e evapotranspiração de referência (PM-FAO), de estações automáticas do INMET para as 12 cidades selecionadas para o estudo no ano de 2007, com dados médios do ECMWF dentro do buffer de 25 quilômetros.

Cidade	Precipitação				Radiação Solar				ET_0			
	R^2	d	RMSE	E_s	R^2	d	RMSE	E_s	R^2	d	RMSE	E_s
Carangola	0,58	0,90	27,64	6,40	0,71	0,996	23.375	10.522	0,64	0,96	16,15	14,43
Contagem	0,57	0,90	29,10	6,88	0,76	0,996	26.720	19.894	0,75	0,93	28,58	27,90
Formiga	0,64	0,93	26,61	5,63	0,65	0,997	19.973	10.193	0,79	0,96	19,21	18,58
Camanducaia	0,38	0,87	43,36	12,52	0,72	0,996	21.961	12.591	0,76	0,97	14,22	13,35
M. Claros	0,69	0,92	20,31	10,02	0,82	0,989	47.225	44.399	0,85	0,94	32,96	32,45
Muriae	0,67	0,92	29,22	9,76	0,74	0,997	18.346	4.927	0,73	0,96	20,60	19,68
Ouro Br.	0,26	0,79	39,41	12,58	0,75	0,997	20.000	11.923	0,76	0,97	17,68	16,95
Passos	0,81	0,96	24,99	4,49	0,73	0,997	19.473	10.867	0,88	0,96	21,00	20,61
Serra dos Aimorés	0,29	0,80	33,55	9,79	0,89	0,998	15.643	7.216	0,92	0,95	22,41	21,95
Timóteo	0,71	0,93	20,58	7,76	0,70	0,994	28.163	23.327	0,69	0,98	12,35	10,93
Varginha	0,47	0,88	38,22	14,41	0,59	0,996	23.494	10.923	0,78	0,95	21,51	20,82
Viçosa	0,51	0,89	27,80	2,38	0,75	0,996	22.207	15.921	0,65	0,97	15,79	14,20

De acordo com a Tabela 2, a precisão (R^2) para os valores das temperaturas foram maiores que 0,81, sendo quase a totalidade com valores próximos de 1. A exatidão, dada pelo índice d, foi excelente com valores iguais a 0,9995. A magnitude dos erros (RMSE) e o erro sistemático (E_s) foram menores que 1°C para grande parte dos municípios.

Considerando a Tabela 3, verifica-se que a precisão para a precipitação apresentou variações, sendo apenas 5 municípios com valores de R^2 maiores que 0,64. Porém a exatidão (concordância dos pontos na reta 1:1) foi relativamente boa, com valores maiores que 0,79. A magnitude dos erros foi entre 20,31mm e até 43,36 mm para o município de Camanducaia e um erro sistemático de no máximo 14,41 mm em Varginha. MORAES et al. (2012), comparou dados de temperatura máxima e mínima e precipitação, oriundas de estações de superfície com dados do modelo ECMWF para o estado de São Paulo e encontrou resultados satisfatórios maior parte dos resultados, podendo assim ser utilizado de forma direta. A radiação solar apresentou resultados melhores, tanto na precisão como exatidão, com RMSE relativamente baixo (entre 15.643 e 28.163 $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) e E_s variando dentro do período de 10 dias, entre 10.867 e 23.327. Nesta avaliação da radiação solar a única exceção foi observada no município de Montes Claros com RMSE de 47.225 $\text{kJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$. Para a ET_0 , os valores foram satisfatórios tanto para R^2 e índice d, com RMSE e E_s próximos de 20 mm.





**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



CONCLUSÕES

Apesar de apenas 12 estações meteorológicas terem sido avaliadas no período de um ano, os resultados se mostraram satisfatórios para cada município, de acordo com os índices calculados. A representação da realidade meteorológica do modelo ECMWF no ano considerado, para cada município no estado de Minas Gerais, com base na precipitação, temperatura média, mínima e máxima do ar, radiação solar e evapotranspiração de referência, mostrou que sua utilização é viável.

REFERÊNCIAS

HODGES, T. Predicting Crop Phenology. CRC Press, Boca Raton, FL. 1991.

HOOGENBOOM, G.. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its applications. Agricultural and Forest Meteorology. v.103, pp. 137-157, 2000.

JRC - Joint Research Centre. Dados meteorológicos simulados pelo modelo do ECMWF. Disponível em: <http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/FOODSEC/Data-Distribution>. Acesso em 30 de março de 2011.

MORAES, R.A.; ROCHA, J.V.; ROLIM, G.; LAMPARELLI, R.A.C.; MARTINS, M. Avaliação dos dados decendiais de precipitação e temperatura máxima e mínima do ar simulados pelo modelo ECMWF para o Estado de São Paulo. Brazilian Journal of Irrigation and Drainage (IRRIGA), v.3, n.17, p.397-407, 2012.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária, 478p, 2002.

PERSON, A.; GRAZZIANI, F. User guide to ECMWF forecast products. Meteorological Bulletin M3.2, version 4, mar, 2007.

WILLMOTT, C. J. On the validation of models. Physical Geography, v.2, p. 184-194, 1981.

