

ANÁLISE DA VARIACAO DO EXPOÊNTE DA DISTÂNCIA NO MÉTODO DO INVERSO DA DISTÂNCIA PONDERADA NA INTERPOLAÇÃO DE DADOS HORÁRIOS DE TEMPERATURA DO AR

Raniéri Carlos Ferreira de Amorim¹; Aristides Ribeiro²; Brauliro Gonçalves Leal³; Gilberto Chohaku Sedyama⁴

[1] Pesquisador DCR do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus de Marechal Deodoro.

Rua Lourival Alfredo, 176. CEP 57160-000, Marechal Deodoro - AL. Email: rcfamorim@gmail.com

[2] Professor Associado do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. Pesquisador CNPq.

[3] Professor adjunto do Departamento Engenharia da Computação Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Petrolina-PE.

[4] Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG. Pesquisador CNPq.

Apresentado no XVII Congresso de agrometeorologia 2011 – 18 a 21 de Julho de 2011 – SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho do interpolador IDP com o expoente de ponderação da distancia variando de 0,5 a 4.0 para a espacialização de dados horários de temperatura do ar no estado de Minas Gerais. Os resultados mostraram que a área de estudo 1, que compreende as mesoregiões do Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce e Vale do Mucuri, apresentou os melhores resultados para o coeficiente 4,0 em todos os meses analisados. Enquanto que para a área de estudo 2, formada pelas mesoregiões metropolitana de Belo Horizonte, oeste, sul e sudoeste de minas, campo das vertentes e zona da mata o IDP com potência 1,5 produziu melhores resultados e para a área de estudo 3 (triângulo mineiro, central mineiro, noroeste, norte e oeste de minas) o IDP, tanto com a potência 0,5 quanto com a 1,0 mostraram-se adequados para a interpolação dos dados de temperatura, gerando melhores resultados.

Palavras Chaves: Variáveis climáticas, interpolação espacial, Inverso do quadrado da distância.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the performance of the interpolator IDW with the exponent of distance weighting ranging from 0.5 to 4.0 for the spatialization of the hourly data of air temperature in the state of Minas Gerais. The results showed that the study area 1, which comprises the mesoregions Jequitinhonha Valley, Rio Doce Valley and Mucuri Valley, showed the best results for the coefficient 4.0 in all months analyzed. While for the study area 2, formed by mesoregions Metropolitan Belo Horizonte, west, south and southwest of Minas, Campo das vertentes and the zona da mata of the IDW with 1.5 power produced better results and to study area 3 (triangulo mineiro, central Minas Gerais, northwest, north and west of Minas) IDW, both with power 0.5 to 1.0 were adequate for interpolation of temperature data, generating better results.

Key words: Climate variables, spatial interpolation, Inverse distance weighted.

Introdução: Para estimar variáveis meteorológicas em locais onde não há estações, pode-se usar a interpolação espacial (Caruso & Quarta 1998, Campling et al. 2001). A escolha do interpolador espacial é especialmente importante em áreas montanhosas onde as coletas de dados são escassas e a abrangência desses dados está limitada às áreas próximas aos pontos onde são medido (LI et al., 2006). A temperatura é uma das mais importantes variáveis climáticas por ser o fator principal no controle de sistemas agrícolas nas regiões de altas e

médias latitudes onde a variabilidade da temperatura é relativamente alta (Chen et al., 2007). Em geral, os métodos de interpolação funcionam bem sobre terrenos homogêneos, porém em terrenos montanhosos, Dodson e Marks, (1997) e Hulme et al., (1997), recomendam incorporar a informação da topografia nestes métodos através de um Modelo digital de Elevação (MDE) para que eles respondam melhor aos efeitos da elevação na temperatura.

O método do Inverso da Distância Ponderada (IDP) é um estimador determinístico, nele, considera-se que os pontos próximos dos locais não amostrados são mais representativos do que aqueles mais afastados. Assim, a ponderação muda de acordo com a distância linear das amostras aos pontos não amostrados. A escolha do parâmetro do expoente de ponderação da distância do IDP pode afetar significativamente o resultado da interpolação. O objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho do interpolador IDP com o expoente de ponderação da distância variando de 0,5 a 4.0 para a espacialização de dados horários de temperatura e umidade relativa do ar para o estado de Minas Gerais combinando o método de interpolação com o modelo digital de elevação GTOPO30.

Materiais e Métodos: A região de estudo abrange o Estado de Minas Gerais e seu entorno (Figura 1), situado na Região Sudeste do país, entre os paralelos 14° e 24° de latitude Sul e os meridianos 38° e 52° a Oeste de Greenwich, com altitudes variando de 3 a 1800 m e uma área de 586.528 km². A região sudeste se caracteriza por apresentar uma topografia irregular e regiões montanhosas. O relevo é um importante fator na distribuição espacial das temperaturas, por esse motivo, um dado importante utilizado neste estudo foi o Modelo Digital de Elevação (MDE), que é uma matriz de números que representa a distribuição geográfica de elevações de terreno (Moore et al., 1991). O MDE usado foi o GTOPO30 definido por uma grade regular com resolução espacial de 30'', aproximadamente 900m. Foram selecionadas 80 estações meteorológicas automáticas (Vaisala, MAWS301) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instaladas no estado de Minas Gerais e seu entorno, com dados horários de temperatura do ar. Estas estações foram organizadas em três subáreas de estudos contendo as mesorregiões do Estado, e foram denominadas Área de estudo 1 (A1), Área de estudo 2 (A2) e Área de estudo 3 (A3), descritas a seguir:

- A1 - Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce e Vale do Mucuri;
- A2 - Região Metropolitana de BH, Oeste de Minas Gerais, Sul de Minas Gerais, Sudoeste de Minas, Campo das Vertentes e Zona da Mata;
- A3 - Triângulo Mineiro, Central Mineiro, Noroeste de Minas, Norte de Minas e Oeste de Minas.

Os períodos analisados foram: 14 a 28/06/2007; 14 a 28/09/2007; 14 a 28/12/2007 e 14 a 28/03/2008, num total de 1440 dados horários. Estes períodos foram escolhidos para representarem as transições entre as estações do ano (solstícios e equinócios). No hemisfério sul temos os equinócios de outono (21/03) e de primavera (23/09), e os solstícios de inverno (22/06) e verão (22/12).

Considerando os efeitos da altitude, a interpolação dos dados de temperatura do ar, foi feita a partir dos dados observados nas estações automáticas, os quais foram ajustados ao nível do mar, com isso, os dados foram interpolados e convertidos a temperaturas atuais para as elevações de superfície do MDE. Sendo assim, os dados das temperaturas atuais estimados e os dados de pressão atmosférica observada na estação são usados sob condições de estabilidade atmosférica neutra para a equação da temperatura potencial (θ_0) e em seguida, retornando para a temperatura do ar (Ver mais detalhes em Amorim, 2008).

Os dados horários de temperatura do ar foram submetidos aos procedimentos do método determinístico IDP, onde foi usado coeficiente da potência $k \in \{0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0;$

3,5 e 4,0}. O algoritmo IDP (Equação 1) calcula estimativas de valores desconhecidos dependendo dos valores vizinhos conforme a seguinte equação:

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left(\frac{x_j}{d_{ij}^k} \right)}{\sum_{j=1}^n \left(\frac{1}{d_{ij}^k} \right)} \quad (1)$$

O desempenho do IDP foi avaliado por meio de análises estatísticas obtidas usando a validação cruzada (Issaks & Srivastava, 1989). Para o teste de validação cruzada, o período utilizado compreende 28 dias ao longo dos anos de 2007 e 2008 para cada estação do ano (outono inverno, primavera e verão), sendo 14 a 21/03/2007; 14 a 21/06/2007; 14 a 21/09/2007 e 14 a 21/03/2008. As medidas estatísticas utilizadas para avaliar o desempenho do IDP entre os dados observados e estimados foram: Viés Médio (VM), Erro Absoluto Médio (EAM) e Raiz do Erro Quadrático Médio (REQM),

Resultados e discussão: A Tabela 3 mostra os resultados para os meses de junho e setembro de 2007. Podemos observar que a temperatura do ar foi superestimada nesses dois meses nas três áreas de estudo para todas as variações do coeficiente da potência. Em junho a temperatura foi superestimada em até 2°C nas três áreas de estudo para todas as variações da potência. Os maiores erros absolutos médios entre os dados observados e simulados ocorreram na área de estudo 2, onde o erro alcançou os 2,89°C para os coeficientes 0,5 e 4,0.

Tabela 3. Resultados estatísticos da temperatura do ar para cada coeficiente de variação da potência para os meses de 06/2007 e 09/2007 nas subáreas de estudo 1, 2 e 3

Área de estudo		Junho				Setembro			
		VM (°C)	EAM (°C)	REQM (°C)	(r ²)	VM (%)	EAM (%)	REQM (%)	(r ²)
A 1	IQD 0.5	1,99	2,72	3,22	0,77	1,86	2,98	3,64	0,66
	IQD 1.0	1,92	2,61	3,08	0,78	1,81	2,75	3,31	0,71
	IQD 1.5	1,86	2,51	2,98	0,78	1,75	2,55	3,04	0,75
	IQD 2.0	1,80	2,43	2,90	0,79	1,70	2,40	2,83	0,78
	IQD 2.5	1,75	2,37	2,85	0,79	1,65	2,29	2,68	0,80
	IQD 3.0	1,72	2,34	2,82	0,78	1,61	2,21	2,58	0,81
	IQD 3.5	1,69	2,32	2,80	0,78	1,58	2,15	2,52	0,82
	IQD 4.0	1,68	2,30	2,80	0,78	1,55	2,11	2,48	0,82
A 2	IQD 0.5	1,80	2,89	3,56	0,74	1,64	3,46	4,32	0,62
	IQD 1.0	1,79	2,76	3,45	0,75	1,54	3,07	3,86	0,68
	IQD 1.5	1,82	2,72	3,45	0,75	1,52	2,78	3,58	0,72
	IQD 2.0	1,84	2,73	3,52	0,75	1,55	2,67	3,50	0,74
	IQD 2.5	1,85	2,76	3,62	0,73	1,60	2,64	3,54	0,74
	IQD 3.0	1,87	2,81	3,72	0,72	1,65	2,65	3,61	0,74
	IQD 3.5	1,89	2,85	3,79	0,71	1,70	2,68	3,68	0,73
	IQD 4.0	1,91	2,89	3,85	0,71	1,74	2,72	3,74	0,73
A 3	IQD 0.5	1,70	2,23	2,84	0,80	1,67	2,35	3,24	0,73
	IQD 1.0	1,78	2,21	2,83	0,81	1,80	2,30	3,16	0,77
	IQD 1.5	1,86	2,23	2,84	0,82	1,91	2,28	3,10	0,79
	IQD 2.0	1,92	2,29	2,88	0,81	1,98	2,30	3,07	0,81
	IQD 2.5	1,94	2,34	2,93	0,81	2,01	2,33	3,06	0,82
	IQD 3.0	1,95	2,38	2,98	0,80	2,02	2,34	3,06	0,82
	IQD 3.5	1,95	2,42	3,02	0,79	2,01	2,35	3,05	0,82
	IQD 4.0	1,94	2,45	3,05	0,78	2,00	2,36	3,05	0,82

A área de estudo 2 também apresentou os maiores valores da raiz do erro quadrático médio, chegando a erros de até 3,85°C para o coeficiente 4,0. Por outro lado, a área de estudo 3 apresentou os melhores valores de correlação entre os dados observados e estimados pelo IDP. O maior coeficiente de correlação (0,82) ocorreu para o coeficiente da potência 1,5 na área de estudo 3. No mês de setembro (Tabela 3), de acordo com o viés médio, a temperatura foi superestimada em até 1,86°C na área de estudo 1, 1,74°C na área de estudo 2 e 2°C na área de estudo 3. O erro absoluto médio foi maior na área de estudo 2, para o coeficiente 0,5 e o menor na área de estudo 1 para o coeficiente 4,0. A área de estudo 2 também apresentou o maior valor da raiz do erro quadrático médio (4,32°C) para o coeficiente 0,5 e a área de estudo 1 apresentou o menor valor (2,48°C) para o coeficiente 4,0. Observamos também que os melhores coeficientes de correlação entre os dados observados e simulados chegaram a obter até 82% de correlação, tanto na área de estudo 1 quanto na 3, enquanto que na área de estudo 2 a correlação foi de no máximo 74%.

Na Tabela 4 podemos observar os resultados estatísticos para o mês de dezembro de 2007 e março de 2008. Em dezembro, a temperatura do ar também foi superestimada em até 2,65°C na área de estudo 1, 2,55°C na área de estudo 2 e 2,66°C na área de estudo 3. O maior valor do erro absoluto médio ocorreu na área de estudo 1 e foi de 3,06°C para o coeficiente da potência 0,5 e o menor (2,65°C) na área de estudo 3 para o coeficiente 2,0. A raiz do erro quadrático médio (REQM), para as três áreas de estudo, variou entre 3,16°C e 3,68°C. O coeficiente de correlação atingiu 81% de correlação.

Tabela 4. Resultados estatísticos da temperatura do ar para cada coeficiente de variação da potência para os meses de 12/2007 e 03/2008 nas subáreas de estudo 1, 2 e 3

Área de estudo		Dezembro				Março			
		VM (°C)	EAM (°C)	REQM (°C)	(r ²)	VM (%)	EAM (%)	REQM (%)	(r ²)
A 1	IQD 0.5	2,64	3,06	3,55	0,73	2,69	3,04	3,48	0,78
	IQD 1.0	2,65	3,00	3,46	0,75	2,68	2,99	3,41	0,79
	IQD 1.5	2,64	2,94	3,38	0,77	2,67	2,93	3,35	0,80
	IQD 2.0	2,63	2,88	3,31	0,78	2,66	2,88	3,29	0,80
	IQD 2.5	2,62	2,82	3,26	0,79	2,65	2,84	3,25	0,81
	IQD 3.0	2,60	2,78	3,23	0,79	2,63	2,80	3,22	0,81
	IQD 3.5	2,59	2,75	3,20	0,79	2,62	2,78	3,20	0,81
	IQD 4.0	2,58	2,72	3,19	0,79	2,61	2,76	3,19	0,81
A 2	IQD 0.5	2,45	2,96	3,68	0,76	2,49	3,01	3,69	0,78
	IQD 1.0	2,41	2,82	3,47	0,79	2,45	2,86	3,46	0,81
	IQD 1.5	2,41	2,77	3,35	0,81	2,45	2,81	3,34	0,83
	IQD 2.0	2,43	2,78	3,33	0,81	2,46	2,82	3,31	0,83
	IQD 2.5	2,46	2,82	3,37	0,81	2,49	2,84	3,34	0,82
	IQD 3.0	2,49	2,86	3,43	0,80	2,52	2,87	3,39	0,82
	IQD 3.5	2,53	2,91	3,48	0,80	2,55	2,90	3,43	0,81
	IQD 4.0	2,55	2,94	3,53	0,79	2,57	2,92	3,47	0,80
A 3	IQD 0.5	2,53	2,66	3,17	0,73	2,66	2,75	3,28	0,72
	IQD 1.0	2,57	2,68	3,16	0,75	2,72	2,77	3,26	0,75
	IQD 1.5	2,62	2,70	3,16	0,77	2,78	2,82	3,25	0,77
	IQD 2.0	1,75	2,65	3,46	0,75	2,80	2,84	3,24	0,79
	IQD 2.5	2,66	2,73	3,16	0,78	2,80	2,85	3,24	0,79
	IQD 3.0	2,66	2,74	3,16	0,78	2,79	2,85	3,24	0,79
	IQD 3.5	2,65	2,74	3,17	0,78	2,77	2,84	3,23	0,78
	IQD 4.0	2,65	2,74	3,17	0,78	2,75	2,84	3,23	0,78

Para o mês de março de 2008 a temperatura do ar foi superestimada, assim como nos meses de junho, setembro e dezembro de 2007. A superestimativa da temperatura, para as três áreas de estudo, não ultrapassou os 2,80°C. O maior valor do erro absoluto médio ocorreu na área

de estudo 1 (3,04°C para o coeficiente da potência 0,5) e o menor na área de estudo 3 (2,75°C) também para o coeficiente 0,5. A raiz do erro quadrático médio variou entre 3,19°C e 3,69°C. A maior correlação entre os dados observados e estimados foi de 83% para a área de estudo 2 e a menor foi de 72% para a área de estudo 3.

Conclusões: Em virtude dos resultados encontrados, não é possível determinar qual o melhor coeficiente da potência do IDP para interpolar dado de temperatura do ar no estado de Minas Gerais. Porém, é possível observar que, analisando as áreas de estudo separadamente, para cada variação do coeficiente da potência, o método de interpolação IDP, apresenta diferentes respostas. A área de estudo 1, que compreende as mesorregiões do Vale do Jequitinhonha, Vale do Rio Doce e Vale do Mucuri, com altitudes variando entre 3m a 1356 m, apresentou os melhores resultados para o coeficiente 4,0 em todos os meses analisados. Enquanto que para a área de estudo 2, formada pelas mesorregiões metropolitana de Belo Horizonte, oeste, sul e sudoeste de Minas, campo das vertentes e zona da mata e com altitude variando entre 9 m e 1777 m, o IDP com potência 1,5 produziu melhores resultados, ou seja, menores valores de erro (EAM e REQM), do que com as outras potências. Enquanto que, para a área de estudo 3 (triângulo mineiro, central mineiro, noroeste, norte e oeste de Minas, com altitudes entre 313 m e 1260 m) o IDP, tanto com a potência 0,5 quanto com a 1,0 mostraram-se adequados para a interpolação dos dados de temperatura, gerando melhores resultados.

Referências

- AMORIM, R. C. F. Espacialização de variáveis meteorológicas combinando estimativas de imagens de satélites com técnicas de interpolação para o estado de Minas Gerais. Tese de doutorado em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2008.
- CAMPLING, P; GOBIN, A; FEYEN, J. Temporal and spatial rainfall analysis across a humid tropical catchment. *Hydrologic Process*. Vol. 15. p. 359 - 375, 2001.
- CARUSO, C; QUARTA, F. Interpolation methods comparison. *Computers & Mathematics with Applications*. Vol. 35, n. 12, p. 109 - 126, 1998.
- DODSON, R.; MARKS, D. Daily air temperature interpolated at high spatial resolution over a large mountainous region. *Climate research*. Vol. 8. p.1-20, 1997.
- HULME, M., NEW, M. Dependence of large-scale precipitation climatologies on temporal and spatial sampling. *Journal Climate*. Vol. 10, p. 1099 - 1113. 1997.
- KURTZMAN, D. AND R. KADMON. Mapping of temperature variables in Israel: a comparison of different interpolation methods, *Climate Research*, vol. 13, p. 33-43, 1999.
- ISAAKS, E. H. & SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, p. 561, 1989.
- LI, J.; HUANG, J.; WANG, X. A GIS-based approach for estimating spatial distribution of seasonal temperature in Zhejiang Province, China. *Journal Zhejiang University SCIENCE A*. Vol. 7, n. 4, p. 647-656, 2006.
- Chen, D.; Gong, L.; Xu, C.-Y.; Halldin, S. A high-resolution, gridded dataset for monthly temperature normals (1971–2000) in Sweden. *Geogr. Ann.* Vol. 89 n. 4, p. 249–261, 2007.