

## **Avaliação de interpoladores para a espacialização de variáveis de precipitação na bacia hidrográfica do rio Ivaí**

Fabio Corrêa Alves<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual de Maringá - UEM  
Caixa Postal- 87020-900- Maringá- PR, Brasil  
fabinho\_netz@hotmail.com

**Abstract.** A greater care with data handling in softwares using GIS also requires a greater knowledge and dedication to better represent and visualize the real surface. The use of a GIS for spatial analysis by the interpolation process with the precipitation variable is useful where values which are not sampled in a given region are estimated, favoring a better land use planning, associated with different environmental factors. Improper handling of a given interpolator may hide the expected outcome, underestimating or overestimating the final results, requiring further knowledge for better treating the data. The aim of this study is to evaluate the interpolators' performance: quadrant Weighted average, weighted average, simple average and nearest neighbor, used in the regular grids generation with the version 5.0.6 SPRING software. The research was carried out based on 111 weather station samples with precipitation information distributed along the Ivaí river basin. The analysis was done visually by the thematic maps generated, accuracy verification and interpolators performance, using methods of cross validation and root mean squared error. The best results in accuracy and performance were obtained by the simple average interpolator, thus a better investigation is recommended with multiple variables at different sampling arrangements. For both methods, the weighted average interpolator showed the worst results.

**Palavras-chave:** GIS, Spatial analysis, Interpolator, Accuracy, SIG, análise espacial, interpolador, acurácia.

### **1. Introdução**

Com o avanço e aperfeiçoamento nos sistemas computacionais foi possível o crescimento de softwares que utilizassem Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) integrando um número de usuários cada vez maior. Segundo Câmara e Davis (2001) na década de 60 estes sistemas, no entanto, eram muito difíceis de usar: não existiam monitores gráficos de alta resolução, os computadores necessários eram excessivamente caros, e a mão de obra tinha que ser altamente especializada e caríssima.

O processamento de um SIG para análise espacial de uma superfície real é de suma importância uma vez que ultrapassa a técnica analógica de armazenar informações geográficas em mapas, transferindo-as para um ambiente digital, facilitando a representação, visualização e comparação de um conjunto de variantes, tais como sobreposição de camadas (*Overlay*).

A importância de tal técnica junto com o processo de interpolação para a variável desejada, no caso precipitação é necessária uma vez que estima valores não amostrados em uma determinada região, possibilitando um melhor planejamento do uso do solo na agricultura. A quantificação das chuvas com intensidades superiores ao suporte do ambiente é importante no planejamento agrícola e ambiental para o correto dimensionamento das obras, tanto na construção civil quanto na conservação do solo, Vieira e Carvalho, (2001).

A utilização de técnicas de espacialização, disponíveis nos SIGs, facilita a verificação da forma como estas precipitações se distribuem no espaço, bem como a associação com diferentes fatores ambientais. Estas técnicas, conforme Caruso e Quarta (1998) permitem abranger grandes regiões com agilidade e precisão.

Vários trabalhos têm utilizado métodos de interpolação espacial para estimativas de variáveis ou parâmetros geograficamente distribuídos, no entanto, muitos não tem se atentado para a necessidade de definir qual o melhor método de interpolação, não existindo até o momento, evidências que um método qualquer seja o melhor para diversas condições. Em

estudos que utilizam a espacialização das informações, torna-se importante determinar o melhor método de interpolação para cada circunstância, Lennon e Tunner (1995), o que é realizado através da avaliação do desempenho dos interpoladores para as variáveis estudadas.

O conceito de interpolação é útil quando os dados disponibilizados para uma determinada área são insuficientes e se quer ter conhecimento dos valores de abrangência dessas amostras. O manuseio inadequado de um determinado interpolador pode mascarar o resultado estimado, subestimando ou superestimando os resultados finais, sendo necessário um maior conhecimento para melhor tratamento nos dados.

Para a visualização da distribuição de uma determinada variável no espaço geográfico, são utilizados os Modelos Numéricos de Terreno (MNTs).

Um MNT consiste em uma forma de espacialização de dados alfanuméricos, ou seja representação matemática computacional da distribuição espacial de uma determinada característica vinculada a uma superfície real, Maguire et al.(1991). O processamento de um MNT se dá a partir da geração de grades regulares ou triangulares irregulares TIN (*Triangulated Irregular Network*) sendo a primeira acompanhada de interpoladores.

A geração de uma grade regular é mais utilizada para dados qualitativos, quando se quer ter conhecimento sobre a distribuição de um elemento contínuo em uma determinada superfície real. O processo de interpolação a partir das amostras estima novos valores para as localidades e como produto final gera uma grade numérica e uma imagem em níveis de cinza.

A geração de um TIN é mais utilizada para dados quantitativos, onde o conjunto amostral pertence a cada vértice do triângulo, o que permite a verificação das discontinuidades morfológicas importantes do relevo. O software SPRING versão 5.0.6 ainda oferece a opção de refinamento de grades para ambas.

O objetivo da pesquisa é de avaliar os interpoladores, Média ponderada por quadrante, Média ponderada, Média simples e Vizinho mais próximo, ambos utilizados na geração de grades regulares e espacialização de dados de precipitação. A análise foi feita visualmente pelos mapas temáticos gerados, verificação de acurácia e desempenho dos interpoladores. Foi necessária a geração de grades regulares que melhor representam a variável abordada a partir do software SPRING versão 5.0.6, sendo gratuito e desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) pois fornece um ambiente unificado de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto para aplicações urbanas e ambientais, Inpe (2010).

## **2. Material e métodos**

Para a realização do trabalho foi necessário uma base de dados de precipitação e uma base de dados digital.

### **2.1 Base de dados de precipitação**

As coordenadas e os valores de precipitação foram adquiridos através das estações climatológicas do Instituto das Águas do Paraná, antiga SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Obteve um total de 111 amostras das séries históricas de precipitação total anual, localizadas na bacia hidrográfica do rio Ivaí no Paraná pelo ano de 2009. Os dados de precipitação foram posteriormente importados com as coordenadas X,Y e Z (longitude, latitude e precipitação) através do modelo de dados MNT no software SPRING.

### **2.2 Base de dados digital**

A base cartográfica utilizada foi referente ao limite da bacia hidrográfica do rio Ivaí, em formato shp georreferenciada adquirida através do Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG) onde foi vetorizada e trabalhada utilizando técnicas de geoprocessamento pelo mesmo software.

### 2.3 Para a geração dos mapas de precipitação

Para a geração de mapas temáticos de precipitação foi necessário a técnica de interpolação e fatiamento dos dados. Foram utilizados os 111 pontos amostrais com resolução de 30 x 30 m para melhor refinamento e confiabilidade nos valores interpolados e potência de número 2. O fatiamento para todos os mapas temáticos foi dividido em intervalos, gerando 8 classes temáticas, definidas por cores claras (valores menores) e escuras (valores maiores) de precipitação. O intervalo para o interpolador Média simples foi de 85,75mm e para os demais interpoladores intervalos de 200,25 mm.

### 2.4 Variabilidade espacial dos interpoladores

Para a avaliação dos interpoladores pela variável precipitação, respeitando a espacialização do conjunto amostral e a forma com que estão distribuídos no espaço, foi feita uma comparação visual entre os diferentes mapas temáticos, avaliação de acurácia e desempenho dos interpoladores, para melhor compreensão dos resultados finais.

### 2.5 Acuracidade dos interpoladores

Para a verificação da acurácia dos interpoladores e suas variantes foi utilizado a metodologia proposta por Caruso e Quarta, (1998) pelo procedimento conhecido como validação cruzada onde a partir dos dados de precipitação conhecidos se gera novos arquivos sendo que nesses novos arquivos são extraídos uma amostra desses dados e se realiza a interpolação com esse novo número de estações. Assim a idéia é de simular a situação e como resultante se pode comparar o valor real com o estimado. Foram extraídas 30 amostras aleatoriamente ao longo da bacia hidrográfica do rio Ivaí, sendo que em cada amostra retirada se realizou o processo de interpolação para cada um dos 4 interpoladores distintos. Os valores obtidos foram comparados e analisaram-se as diferenças observadas.

### 2.6 Desempenho dos interpoladores

O desempenho dos interpoladores foi estatisticamente calculado através do método do erro quadrático médio-EQM por Philips et al. (1992), através da **equação 1**. De acordo com esse índice o melhor interpolador para cada variável é o que apresentar o menor valor de EQM.

$$EQM = \frac{\sum(X_{est} - X_{real})^2}{N} \quad (1)$$

em que:

EQM = erro quadrático médio;

X<sub>est</sub> = valor interpolado da variável;

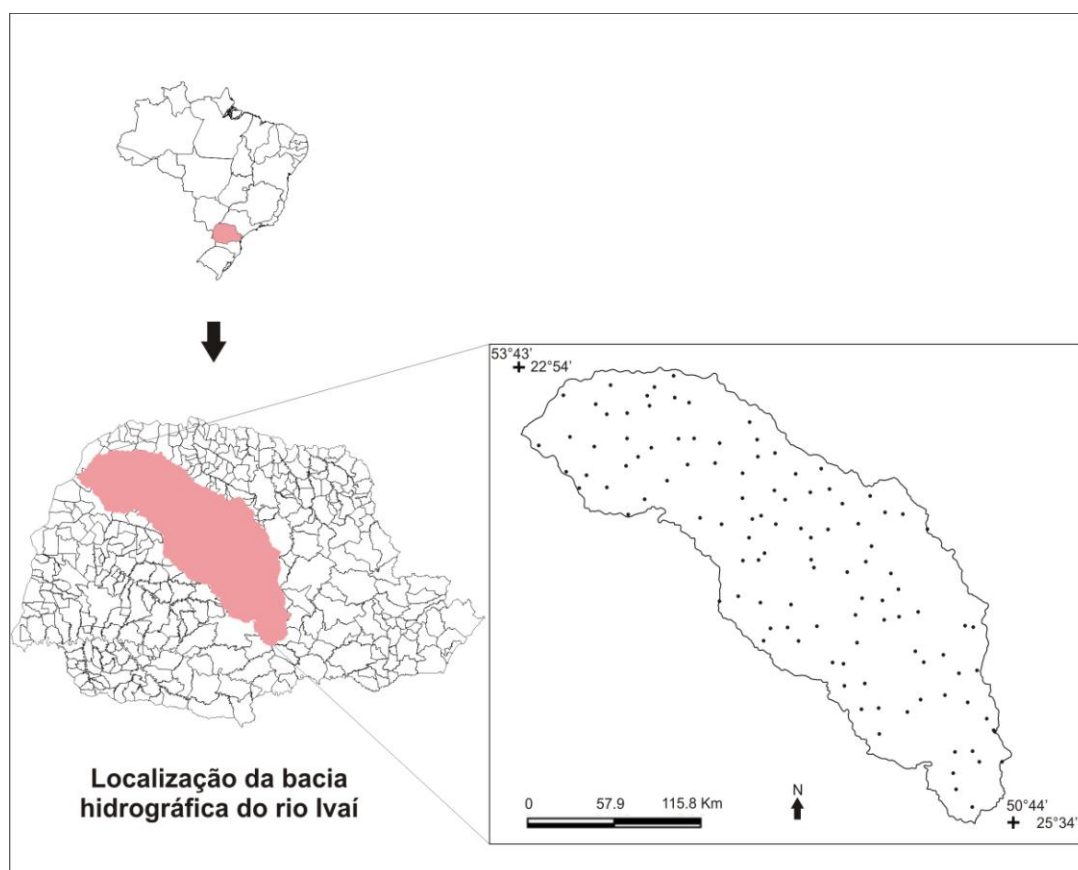
X<sub>real</sub> = valor real da variável; e

N= número de postos considerados, no caso 30.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Localização da área de estudo

A **figura 1** apresenta a localização da bacia hidrográfica do rio Ivaí e a distribuição espacial das 111 amostras de precipitação. Verifica-se a distribuição do conjunto amostral ao longo da bacia, com vazios amostrais.

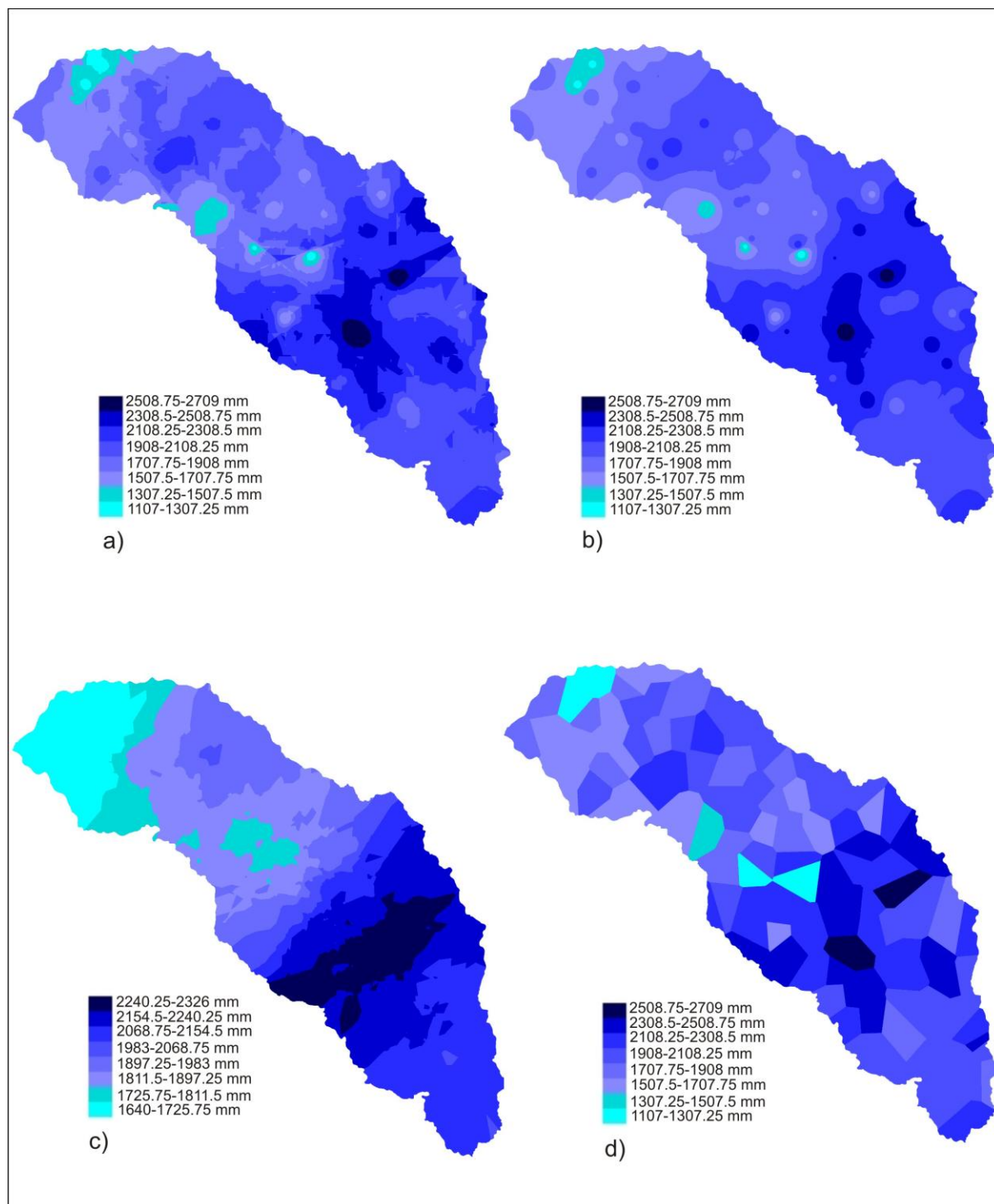


**Figura 1.** Localização e espacialização das amostras da bacia hidrográfica do rio Ivaí

#### 3.2 Espacialização dos valores

Na **figura 2** são ilustrados os 4 mapas temáticos de precipitação gerados através dos 4 diferentes interpoladores utilizados.

Observa-se que ocorrem variações entre os diferentes processos de interpolação e seus respectivos valores, verificados através das tonalidades das cores. O fatiamento realizado por apenas 3 interpoladores utilizou os mesmos valores de entrada. O mapa temático gerado através do interpolador Média simples apresentou o fatiamento diferenciado, uma vez que generalizou os valores no processo de interpolação. Visualmente o mapa temático pelo interpolador média ponderada é o que apresenta melhor organização e suavização na representação das classes temáticas.



**Figura 2-**Mapas temáticos de precipitação utilizando os interpoladores: a) Média ponderada por quadrante, b) Média ponderada, c) Média simples e d) Vizinho mais próximo.

### 3.3 Acuracidade dos interpoladores

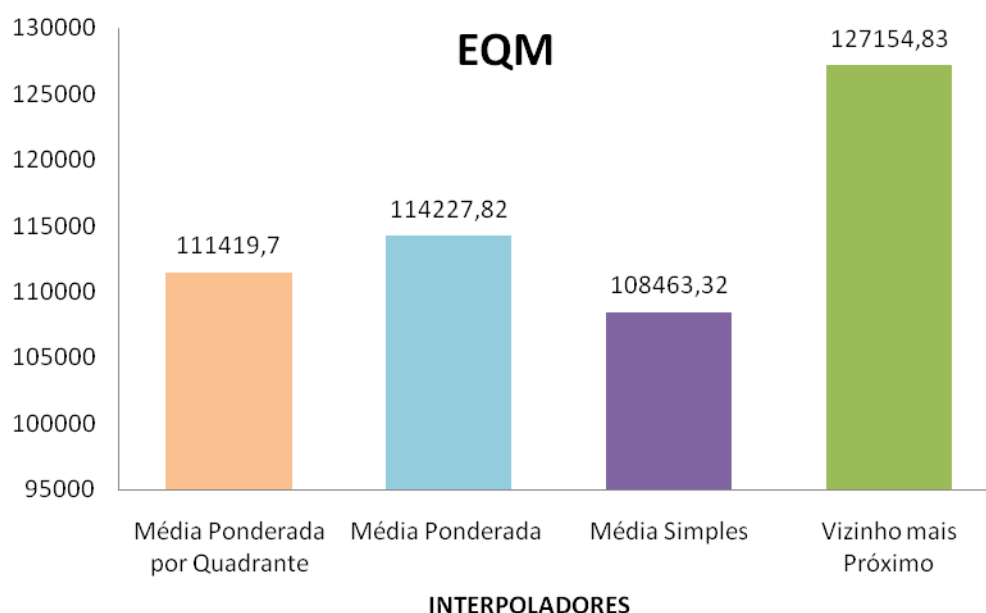
**Tabela 1.** Valores reais de precipitação e valores estimados pelo uso dos diferentes Interpoladores.

LOCALIDADES	INTERPOLADORES				VALORES REAIS (mm)
	MPQ	MP	MS	VMP	
Santa Isabel do Ivaí	<b>1687.71</b>	1695.85	1707.55	1838.6	1240,9 mm
Douradina	1675.73	1678.43	1697.03	<b>1575.7</b>	1524,8 mm
Terra Boa	1872.88	1849.12	1842.08	<b>1949.3</b>	1995,3 mm
Araruna	1695.95	1799.17	1882.08	<b>1524.5</b>	1326,3 mm
Pitanga	<b>2257.0</b>	2224.93	2215.49	2084.3	2386,3 mm
Prudentópolis	1983.15	2017.34	<b>2068.07</b>	1929.2	2106,3 mm
Ariranha do Ivaí	2158.25	<b>2217.21</b>	2298.7	1923.4	2198,6 mm
Barbosa Ferraz	2234.89	2189.84	<b>2076.89</b>	2265.8	1107,5 mm
Engenheiro Beltrão	1919.86	1904.98	<b>1866.63</b>	2098.7	1797,0 mm
Floraí	1983.06	1944.3	<b>1938.96</b>	1860.4	1923,8 mm
Rondon	1900.41	<b>1945.59</b>	1926.39	1819.7	1974,5 mm
Cidade Gaúcha	1898.3	1867.35	<b>1837.34</b>	1880.1	1600,6 mm
Maria Helena	1664.39	1677.84	<b>1743.49</b>	1640.2	1967,8 mm
Planaltina do Paraná	1782.42	<b>1790.75</b>	1713.95	2043.2	1819,6 mm
Bom sucesso	1984.22	1953.11	1972.34	<b>1993.8</b>	2038,1 mm
Lidianópolis	2312.17	2240.68	<b>2123.38</b>	2390.1	2150,1 mm
Rio Branco do Ivaí	2091.9	2210.86	2285.7	<b>1923.4</b>	2002,8 mm
Iretama	2099.4	2096.06	2045.64	<b>2424.2</b>	2301,1 mm
Campo Mourão	1932.41	1916.24	<b>1890.66</b>	1977.4	1248,0 mm
Manoel Ribas	2361.42	2286.5	2272.12	<b>2401.1</b>	2666,5 mm
Grandes Rios	2186.04	2191.03	<b>2245.87</b>	2139.6	2709,0 mm
Tapejara	1779.22	1805.39	1782.09	<b>1592.4</b>	1529,6 mm
Roncador	2273.37	2145.96	2041.36	<b>2301.1</b>	2424,2 mm
Borrazópolis	2111.23	2122.17	2089.42	<b>2150.2</b>	2390,1 mm
Marilândia do Sul	<b>2289.4</b>	2148.6	2143.97	2248.7	2414,7 mm
Santa Mônica	1745.86	1731.83	<b>1700.46</b>	1838.6	1636,8 mm
Reserva 1	1860.14	1906.49	<b>2175.73</b>	1834.7	2181,5 mm
Indianópolis	1976.2	1918.66	1823.88	<b>2179.3</b>	2273,6 mm
Quinta do Sol	1856.03	1856.23	<b>1809.28</b>	1927.4	1619,8 mm
Reserva 2	2345.67	2225.31	<b>2127.27</b>	2371.3	1993,0 mm

As menores diferenças entre os valores reais e aqueles estimados foram encontrados nos interpoladores Média simples e Vizinho mais próximo, sendo o primeiro o que obteve as menores diferenças e portanto melhor veracidade com os valores.

### 3.4 Desempenho dos interpoladores

A **figura 3** apresenta os resultados obtidos pelo cálculo de erro quadrático médio para os 4 interpoladores.



**Figura 3-** Calculo do EQM para os 4 interpoladores distintos.

Verifica-se que o melhor estimador apresentando os menores valores pelo calculo de EQM foi o interpolador Média simples. O interpolador vizinho mais próximo apresentou os piores resultados, verificando maior extrapolação nas estimativas.

#### 4. Conclusões

Os resultados obtidos permitem concluir que:

- 1- O interpolador Média simples e Vizinho mais próximo apresentaram os valores estimados mais próximos dos reais pela verificação de acurácia.
- 2- O interpolador Média simples novamente apresenta os melhores resultados pelo cálculo do EQM e em contrapartida o Vizinho mais próximo os piores.
- 3- O interpolador Média Simples apresentou resultados significativos, porém recomenda-se melhores investigações e detalhamento para múltiplas variáveis em diferentes arranjos amostrais.
- 4- Para os dois métodos o interpolador Média ponderada apresentou os piores resultados

#### 5. Referências bibliográficas

Caruso, C. e Quarta F. **Interpolation Methods Comparison. Computers Mathematical application.** v. 35, p. 109-126, 1998.

Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A.M.; D'Alge, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada)

Inpe.; **SPRING - Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas.** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/index.html>> Acesso em: 14 set. 2010.

Lennon, J. J. Turner, J. R.G. Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. **International Journal of Forecasting**, n. 64, p 392-670, 1995.

Maguire, D.; Goodchild, M.; Rhind, D. (eds) **Geographical information Systems: Principles and Applications**. New York , John Wiley and Sons, 1991.

Phillips, D. L.; Dolph, J.; Marks, D. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitations in mountainous terrain. **Agricultural and Forest Meteorology**, n. 58, p. 119-141, 1992.

Vieira, S.R.; Carvalho, J.R.P. de. **Estudo da periodicidade temporal de chuvas em bacia hidrográfica dos Rios Turvo/Grande - uma proposta**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2001. 17 p. (Documentos, 10).