

Comparação de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na bacia do rio Piquiri (PR)

Fernanda Cristina Araujo^{1,2}
Eloy Lemos de Mello^{1,3}
Bruno Bonemberguer da Silva^{1,4}
Erivelto Mercante^{1,5}
Gisele Maria Golin^{1,6}

¹ Universidade do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel/CCET/PGEAGRI
Rua Universitária, 2069 – JD. Universitário. Prédio de Desenvolvimento de Protótipos
Cascavel - PR – Cep: 85819-110

² fer.crisaraujo@yahoo.com.br; ³ eloymello@gmail.com; ⁴ brunosilva_b@hotmail.com;
⁵ eriveltomercante@yahoo.com.br; ⁶ giselemgolin@hotmail.com

Abstract. This study aimed to compare the performance of five methods of interpolation the Inverse Square Distance - ISQ; Spherical kriging; Radial Basis Function - RBF; Global polynomial interpolation - Interpolation polynomial GPI and location - LPI. For this, it was used rainfall data from 48 rainfall stations in a period of thirty years (1980-2010), obtained from the National Water Agency (ANA) Hydrological Information System (HIDROWEB) located within or near the limit Piquiri of the river basin in the state of Paraná. After completing the series of missing data, by regional weighting of the method based on correlation with neighboring stations, and the analysis of consistency, were calculated for each station the total annual rainfall, and in order to obtain average basin value, was applied interpolation methods. With maps generated, the RBF and IDW methods showed similar patterns, however they differed from the spherical kriging and LPI, which resemble each other. The GPI interpolator showed large anomalies, since it shows great ranges with low rainfall, which does not happen in meteorological data. The results indicate that IDW had the lowest mean relative error (MRE) and Root Mean Squared (RMSE), the efficiency ratio (N-S) and Coefficient of Concordance enhanced Willmott et al. (dr) closer to 1, indicating that this is the interpolator that best represents the spatial distribution of mean monthly rainfall data for the study.

Palavras-chave: Inverse square distance; Spherical kriging; Radial Basis Functions; Global polynomial interpolation; Local polynomial interpolation; Inverso do Quadrado das Distâncias; Krigagem esférica; Funções de Base Radial; Interpolação polinomial global; Interpolação polinomial local.

1. Introdução

A estimação quantitativa da distribuição espacial da chuva é requerida em vários propósitos na gestão de recursos hídricos. A medição de dados pluviométricos é importante na análise hidrológica de projetos (BASISTHA e GOEL, 2008).

A acurácia na estimativa da distribuição espacial da chuva requer uma densa rede pluviométrica e um alto custo operacional. Aliado a isso, as falhas do operador nas anotações da medição de chuva podem acarretar uma baixa densidade de amostras. Sendo assim é necessário estimar as chuvas não registradas ou de localizações de valores circunvizinhos (GOOVAERTS, 2000).

Os métodos de interpolação são utilizados com o objetivo de avaliar a variabilidade espacial de um determinado atributo, baseado em dados amostrais situados numa localidade de interesse (JIMENEZ e DOMECCQ, 2008).

Os interpoladores são distinguidos em globais ou locais, exatos ou suavizantes; e determinísticos ou estocásticos. Interpoladores globais consideram todos os pontos da área amostrada, permitindo interpolar o valor da função em qualquer ponto dentro do domínio dos dados originais, já que determinam apenas uma função que é mapeada através de toda a região (LOUREIRO e LISBOA, 2013).

Neste contexto, o objetivo desse trabalho foi comparar o desempenho de cinco métodos de interpolação: o Método do Inverso do Quadrado das Distâncias - IDW; Krigagem esférica; Funções de Base Radial – RBF; Interpolação polinomial global – GPI e Interpolação polinomial local – LPI.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na bacia do Piquiri, um afluente do Paraná (Brasil). Está localizada inteiramente no estado do Paraná, no quadrilátero formado pelas projeções Universal Transversa de Mercator de 7,384,962.29 7,199,801.53 e norte e oeste 183,689.15 439,551.83 UTM. A bacia ocupa uma área de drenagem de 24,156 km² aproximadamente e é a terceira maior bacia hidrográfica do estado (Figura 1).

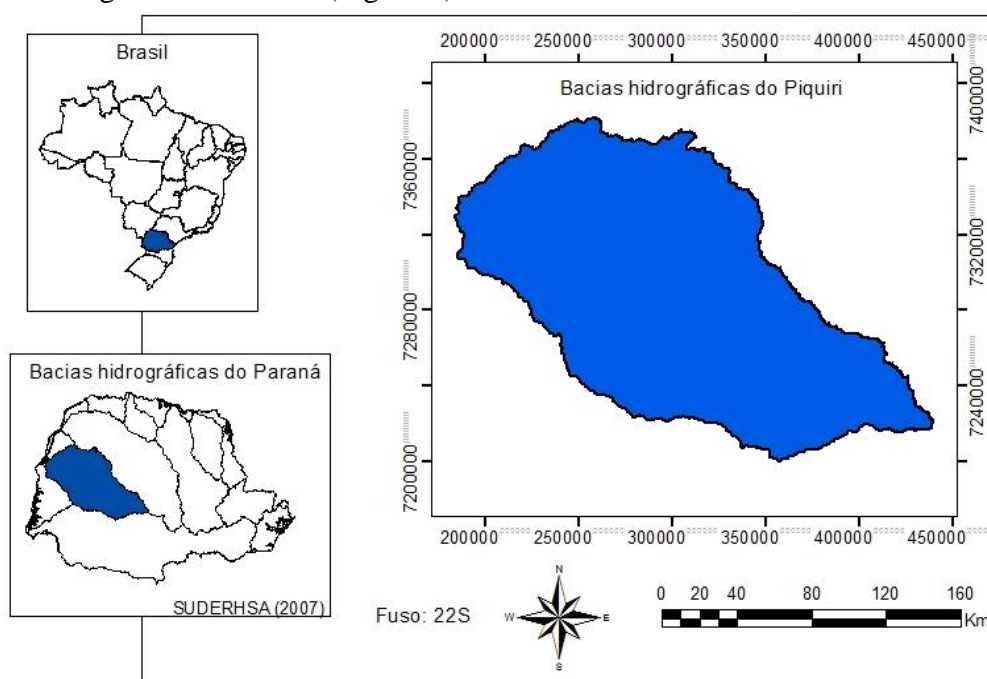


Figura 1. Localização geográfica da bacia hidrográfica do Rio Piquiri – PR

2.2 Seleção, análise e tratamento dos dados

Para a elaboração deste trabalho foram previamente analisadas e selecionadas 48 estações pluviométricas da rede hidrometeorológica nacional, disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), no sistema de informações hidrológicas (Hidroweb). Na Figura 2 é possível observar a distribuição espacial das estações sobre a bacia hidrográfica do Piquiri.

Analisaram-se dados 31 anos (1980 a 2010), dentro desse período as falhas foram identificadas e preenchidas por meio do método de ponderação regional baseado nas correlações com as estações vizinhas. Neste caso, foram estabelecidos os coeficientes de correlação entre o posto pluviométrico com falha (Y) e três postos vizinhos (X1, X2, X3). Para o posto Y, o preenchimento da falha será realizado pela Equação 1.

$$P_Y = \frac{r_{YX1}P_{X1} + r_{YX2}P_{X2} + r_{YX3}P_{X3}}{r_{YX1} + r_{YX2} + r_{YX3}} \quad (1)$$

em que: em que: $r_{YX1}, r_{YX2}, r_{YX3}$, representam, respectivamente, os coeficientes de correlação das precipitações em Y e X₁, Y e X₂, e Y e X₃; P_{X1}, P_{X2}, P_{X3} , representam as precipitações dos postos X₁, X₂ e X₃.

Para a aplicação do método foi adotado como critério mínimo a obtenção de um coeficiente de determinação superior a 0,7, segundo recomendações de Barbosa et al. (2005) e Pruski et al. (2004) e a proximidade das estações.

Em seguida, foi realizada a análise da consistência de cada estação, dentro de uma visão regional, com o objetivo de comprovar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis num posto com relação às observações registradas em postos vizinhos. Para tanto, foi utilizado o método da Dupla Massa.

O método consiste em comparar os valores acumulados anuais (ou sazonais) da estação X com os valores da estação de referência, que é usualmente a média de diversos postos vizinho (FREIRE e OMENA, 2005).

Com as séries históricas de precipitação foram calculadas para cada estação a precipitação total anual (Pt) de cada estação.

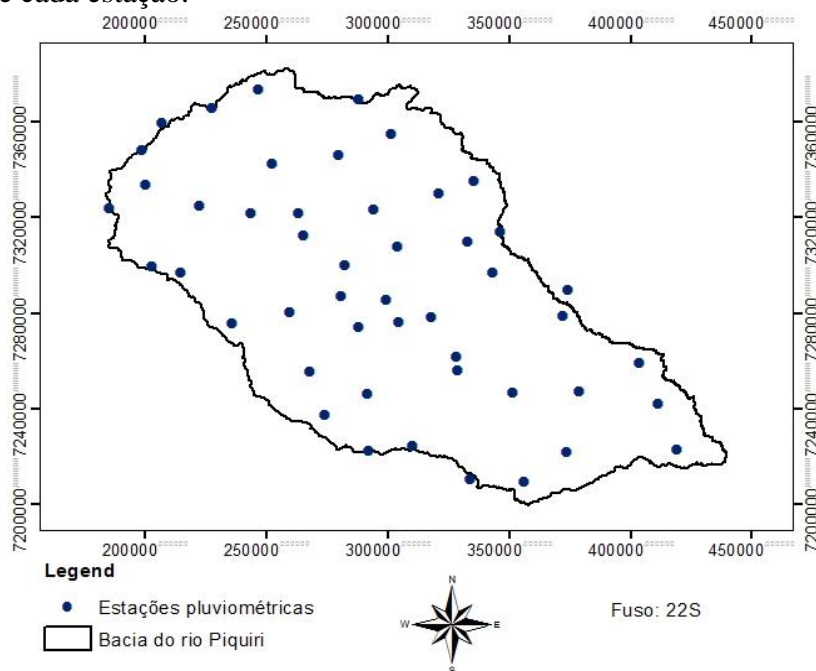


Figura 2. Localização das estações pluviométricas selecionadas para o estudo.

2.3 Interpolação

Para os procedimentos foi utilizado o software ArcGis 10.1, desenvolvido pelo “Environmental Systems Research Institute – ESRI”, que permite gerenciar bancos de dados georreferenciados e realizar análises espaciais e bases cartográficas digitais no formato vetorial shapefile (.shp) e matricial raster (.GRID/.TIN).

A delimitação da bacia hidrográfica utilizada neste estudo em formato 2Shapefile, foi disponibilizada pela SUDERHSA (2007) no site do Instituto de Águas do Paraná e foi elaborado com base nas cartas do DSG/IBGE nas escalas 1:50.000 e 1:100.000.

Os métodos a serem empregados neste estudo específico são: o Método do Inverso do Quadrado das Distâncias - IDW; Krigagem esférica; Funções de Base Radial – RBF; Interpolação polinomial global – GPI e Interpolação polinomial local – LPI.

A) Inverso do Quadrado das Distâncias - IDW: Este método pode ser classificado tanto como um interpolador exato como suavizante, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional á distância do nó da malha. O fator peso pode ser pré-determinado pelo usuário, sendo que quanto maior o valor escolhido, menor será a influência dos pontos mais distantes do nó. Inversamente, quanto menor for o peso, maior o efeito de pontos distantes sobre toda a malha.

B) Kriging, krigagem ou krigeagem: O interpolador krigagem é baseado numa função contínua, que explica o comportamento de uma variável nas distintas direções de um espaço geográfico. Permite associar a variabilidade da estimacão com base na distância que existe entre um par de pontos, pelo uso de um semivariograma, o qual permite verificar o nível de similitude que existe entre estes, à medida que se afastam (GALLARDO, 2006).

C) Funções de Base Radial – RBF: é um interpolador determinístico moderadamente rápido e exato. Não é realizada uma avaliação da predição de erros. No entanto, fornece uma predição de superfícies que é comparável a forma exata do método de krigagem.

D) Interpolação polinomial global – GPI: Ajusta uma superfície suavizada definida por uma função matemática (polinomial) aos pontos observados. Esta superfície gradualmente muda e captura o padrão de escala dos dados. Seria como ajustar um plano aos pontos observados, que pode ser linear (função polinomial de primeira ordem), de segunda ordem (quadrática), de terceira ordem (cúbica), até a décima ordem.

E) Interpolação polinomial local – LPI: este método atribui valores aos nós da malha utilizando o método dos mínimos quadrados a partir dos dados de dentro da elipse de busca do nó, sendo que os dados observados mais próximos do nó obtêm maior peso nos cálculos, e os mais distantes, menores pesos.

2.4 Comparação entre os interpoladores

Para a validação e verificação das cinco metodologias de interpolação abordadas, utilizou-se: o erro relativo médio (ERM), conforme apresentado por Schaeffer (1980), raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE), índice de eficiência (N-S) proposto por Nash e Sutcliffe (NASH; SUTCLIFFE, 1970), e Coeficiente de Concordância aprimorado de Willmott et al. (2012) (*dr*); definidos respectivamente, nas Equações 2 a 5.

$$ERM = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \left| \frac{O - E}{O} \right| \right] \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (O - E)^2} \quad (3)$$

$$N - S = \frac{\sum (O - E)^2}{\sum (O - \bar{O})^2} \quad (4)$$

$$dr = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |O - E|}{2 \sum_{i=1}^n |O - \bar{O}|} \quad (5)$$

em que:

O = valor observado no posto pluviométrico (mm.ano⁻¹); E= valor estimado com base nos métodos de interpolação (mm.ano⁻¹) e \bar{O} é a média dos valores observados (mm.ano⁻¹).

3. Resultados e Discussão

Para efeito comparativo, os dados de precipitações pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Piquiri, interpolados, são detalhados na Figura 3, nota-se que ocorreram variações entre os diferentes interpoladores utilizados na espacialização da precipitação.

Nota-se, que apesar do método RBF ser mais flexível que o IDW (MAZZINI e SCHETTINI, 2009), os mesmos apresentam comportamento semelhante (Figura 2a e 2c), em contra partida diferiram da Krigagem esférica (Figura 2b) e LPI (Figura 2e), que se assemelham entre si.

Já o interpolador GPI (Figura 2d), apresenta grandes anomalias, pois mostra grandes faixa com precipitação baixa, o que não acontece nos dados reais, o mesmo comportamento pode ser observado, nos erros e coeficientes já apresentados na Tabela 1.

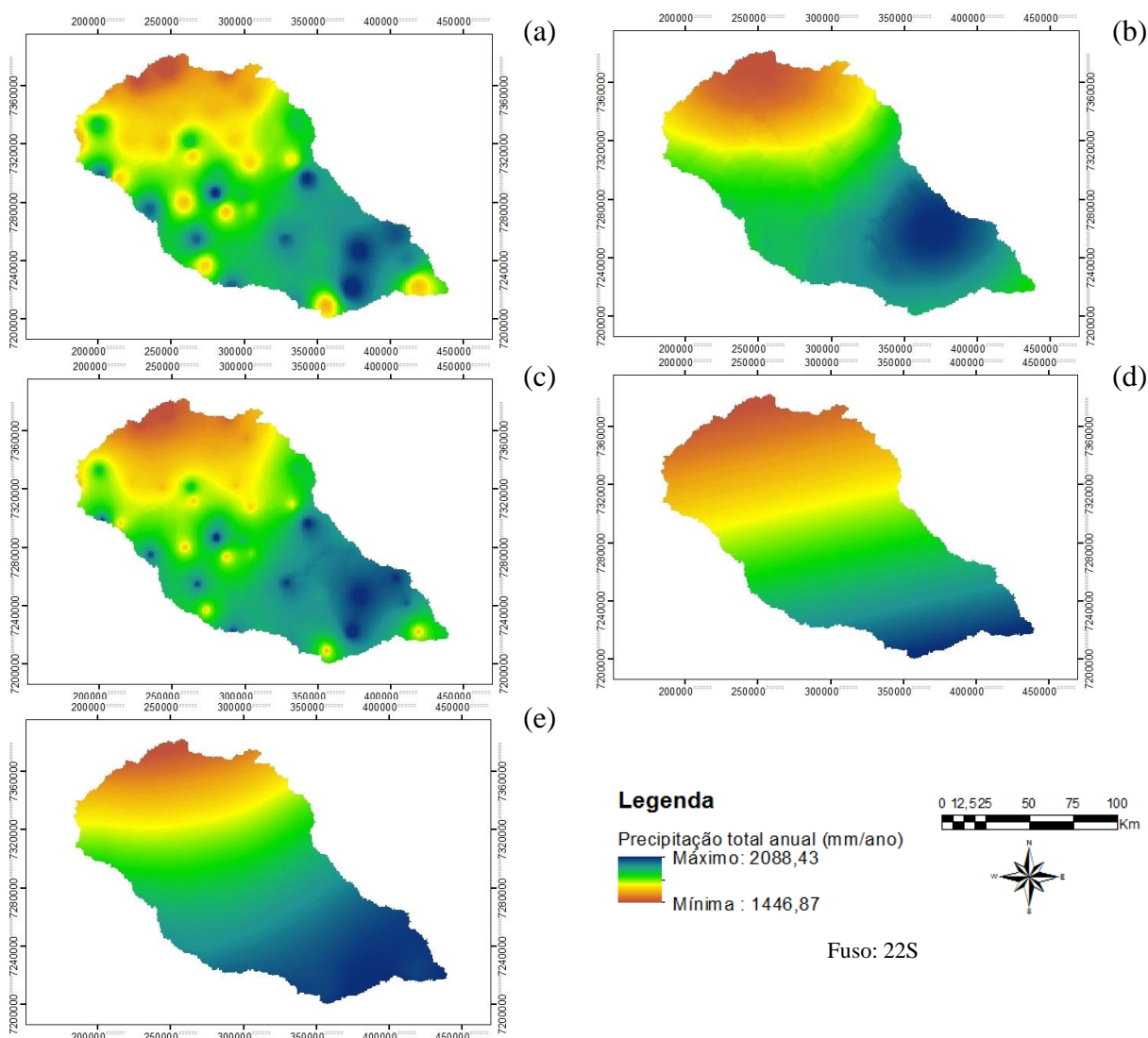


Figura 3. Comparação da interpolação da precipitação total anual do período de 1980 a 2010, pelos métodos IDW (a), Krigagem esférica (b), RBF (c), GPI (d), LPI (e), na bacia hidrográfica do rio Piquiri.

Na Tabela 1 estão apresentados os valores dos erros e coeficientes para verificação das cinco metodologias de interpolação analisadas neste estudo.

Tabela 1. Comparação entre os métodos de interpolação

Interpolador	ERM	RMSE	N-S	dr
IDW	0,00022	0,33735300	0,999998	0,996429
Krigagem	0,15779	205,667300	0,49569	0,670044
RBF	0,00188	2,66622149	0,999915	0,996031
GPI	0,17227	233,100334	0,352148	0,641004
LPI	0,15328	209,751005	0,475528	0,678733

A análise dos dados pelo erro relativo médio (ERM) permitiu constatar que as precipitação total anual, obtidas pelo interpolador IDW e RBF obtiveram melhor resultado do que os outros interpoladores estudados, entretanto o interpolador RBF, obteve um ajuste semelhante ao IDW.

O mesmo comportamento pode ser observado no RMSE, que informa sobre a acurácia do modelo, o menor valor é verificado no interpolador IDW seguido do RBF.

O Índice de Concordância Aprimorado de Willmott (dr) que mede o grau de afastamento dos valores estimados (interpolados) em relação aos valores observados (ANA) mostrou que para os interpeladores IDW e RBF, os resultados ficaram em torno de 0,99. O mesmo pode ser observado ao analisar o índice de eficiência (N-S).

Da mesma forma, os resultados apontam, para a região estudada, que o melhores métodos de interpolação são o IDW e o RBF.

4. Conclusão

Dentre os métodos de interpolação utilizados para a espacialização da precipitação total anual, para a bacia hidrográfica do rio Piquiri-PR, o inverso do quadrado das distâncias – IDW e a Funções de Base Radial – RBF foram os métodos de interpolação que apresentaram as melhores estimativas, em caráter comparativo aos demais métodos.

5. Agradecimentos

A capes pelo apoio financeiro e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, pela estrutura.

6. Referências Bibliográficas

- BARBOSA, S. E. da S.; BARBOSA JÚNIOR, A. R.; SILVIDA, QUEIROZ DE CAMPOS, E. N. B.; RODRIGUES, V. de C. Geração de modelos de regionalização máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a Bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10, n.1, p-64-71, 2005.
- BASISTHA, A.; ARYA, D. S.; GOEL, N. K. Spatial Distribution of Rainfall in Indian Himalayas – A Case Study of Uttarakhand Region. Water Resources Management, Índia, (22-10), pp. 1325-1650. 2008
- FREIRE, C. C.; OMENA, S. P. F. Princípios de hidrologia ambiental, 2005. 203p.
- GOOVAERTS, P. Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. Journal Of Hydrology, Michigan, (228-2), pp. 113-129. 2000
- MAZZINI, P.L.F. & SCHETTINI, C.A.F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. Brazilian Journal of Aquatic Sciences & Technology, (1-31), pp. 53-64. 2009
- PRUSKI, F.F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.8, n.2/3, p.247-253, 2004.