

## USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO

### Resumo

O conhecimento da precipitação tem grande importância para a realização de projetos nas áreas agrícola e hidráulica e outras. Tendo em vista que a disponibilidade de dados de precipitação é restrita a poucas estações climatológicas, torna-se necessária a estimativa dos valores esperados para as localidades onde não há disponibilidade de dados. Diante disso, realizou-se, com base em dados de 7 estações climatológicas, a espacialização dos dados de precipitação requeridos para o projeto de reativação de uma microcentral hidrelétrica situada nas dependências da Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu no Estado de São Paulo, utilizando-se o método de interpolação do Inverso do Quadrado da Distância no sistema de informações geográficas gvSIG. O gvSIG se mostrou eficaz para a elaboração de mapas de precipitação com a utilização do modelo Inverso da Distância do Quadrado na geração do modelo digital do terreno.

**Palavras-chave:** gvSIG, inverso do quadrado da distância, isoietas.

### Agradecimentos

Ao CNPQ e à CAPES, pela concessão das bolsas estudo de doutorado e doutorado sanduíche (Processo BEX 18907/12-1); ao GEPAG - Grupos de Estudos e Pesquisas Agrarias Georreferenciadas e a Universidad de Castilla La Mancha.

**Francienne Gois Oliveira<sup>1</sup>; Manuel Esteban Lucas Borja<sup>2</sup>; Joyce Silvestre de Sousa<sup>3</sup>; Odivaldo José Seraphim<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Doutoranda em Agronomia – Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu – UNESP; Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, 18.610-307 – Botucatu/SP – Brasil; 0055 14 3880-7165; [francienne@yahoo.com.br](mailto:francienne@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Prof. Dr. Universidad de Castilla La Mancha; Campus Universitario s/n, C.P. 02071, Albacete/Spain; [ManuelEsteban.Lucas@uclm.es](mailto:ManuelEsteban.Lucas@uclm.es)

<sup>3</sup> Prof<sup>ª</sup> Msc. Instituto Federal do Triangulo Mineiro, Uberaba/MG. [joyce@iftm.edu.br](mailto:joyce@iftm.edu.br)

<sup>4</sup>Prof<sup>º</sup>. Dr. Adjunto, Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu; [seraphim@fca.unesp.br](mailto:seraphim@fca.unesp.br)

### 1. Introdução

O conhecimento sobre a espacialidade das chuvas possui relevância para estudos tais como a previsão da disponibilidade hídrica no solo (Assad & Sano 1992), cálculos do balanço hídrico ou a modelação distribuída de vazão que pode subsidiar projetos de construção de barragens de

hidroelétricas ou controle de cheias e secas (Tucci 2004; Porto 2004).

A frequência de ocorrência das precipitações e a sequência com que estas ocorrem, apresenta grande importância nos estudos relativos à erosão dos solos. Nesses estudos as características de precipitação normalmente utilizadas, são a intensidade e a duração dos eventos, porém, a ocorrência de precipitações contínuas ou mesmo com intervalos curtos entre eventos pode vir a provocar grandes prejuízos no tocante à erosão dos solos mesmo que sua intensidade seja baixa.

Em estudos hidrológicos necessita-se, além do conhecimento das precipitações máximas observadas nas séries históricas, da previsão das precipitações máximas que possam vir a ocorrer na localidade com determinada frequência (Villela e Mattos, 1975). A qualidade dos resultados esperados nas estimativas esta intimamente ligada a disponibilidade de dados de precipitação e a qualidade destes dados, bem como a sua distribuição espacial.

A utilização de técnicas de espacialização, disponíveis nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), facilita a verificação da forma como estas precipitações se distribuem no espaço, bem como a associação com diferentes fatores do ambiente. Estas técnicas, conforme Reis, et al. (2005), permitem abranger grandes regiões com agilidade e precisão.

A incorporação de funções direcionadas à hidrologia e aos recursos hídricos, tais como a manipulação de modelo numérico do terreno com a habilidade de extrair características fisiográficas e representativas do fluxo, caracteriza parcialmente a funcionalidade que os SIG's podem representar para o avanço dessa ciência.

A expansão da utilização de Sistemas de Informações Geográficas tem permitido a caracterização espaço-temporal de variáveis ambientais, dentre as quais se incluem as agroclimáticas. O desenvolvimento de sistemas computacionais para aplicações gráficas vem, cada vez mais, influenciando as áreas de cartografia, mapeamento, análise de recursos naturais e planejamento urbano e regional.

Existem diversos métodos disponíveis para a realização da espacialização de dados pontuais, permitindo a geração de resultados bastante diferenciados dependendo da forma como são utilizados. Para dados climáticos, um dos mais utilizados o Inverso do Quadrado da Distância (IQD). O método IQD estima a variável de interesse atribuindo maior peso a pontos mais próximos; é a técnica de interpolação mais simples. Vários trabalhos têm utilizado métodos de interpolação espacial para estimativas de variáveis ou parâmetros geograficamente distribuídos, no entanto não tem se atentado para a necessidade de definir qual o melhor método de interpolação.

Com base nestes aspectos o presente projeto teve por objetivo espacializar dados de

precipitação para o projeto de reativação da Microcentral Hidrelétrica da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu no Estado de São Paulo.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Área de Estudos

A área estudada envolve a bacia do Ribeirão Lavapés e a área da Fazenda Lageado, onde a principal nascente deste curso d' água está localizada praticamente dentro da zona urbana do município de Botucatu, e recebe vários afluentes como os córregos da Água Fria, Cascata, Tanquinho, Antártica, Boa Vista e Tenente até a foz da bacia no ponto de encontro de suas águas com a Represa de Barra Bonita, Rio Tietê.

A bacia do Ribeirão Lavapés drena uma área de 10.704 ha e conjuntamente com a área da Fazenda Lageado ocupam uma área de 11.105ha. O principal curso d' água, percorre um longo trecho de 40 km até a desembocadura na Represa de Barra Bonita, Rio Tietê, sendo seu afluente esquerdo e por sua vez integrando a bacia hidrográfica do Rio Paraná. Está geograficamente localizada entre as coordenadas 22<sup>o</sup>43'12" de latitude Sul e 48<sup>o</sup>29'43" de longitude Oeste de Greenwich, com altitudes variando entre 925 e 455 metros (Figura 1).

Estão visualizadas também na Figura 1 as localizações das 7 estações pluviométricas do Departamento de Água e Energia do Estado de São Paulo - DAEE que foram utilizadas para elaboração do modelo de interpolação espacial.



Figura 1. Localização da área de estudos – Bacia do Ribeirão Lavapés, Município de Botucatu/SP, Brasil.

## 2.2. Geração da base de dados de precipitação

A base de dados de precipitação foi obtida a partir da análise de frequência de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos foram obtidos junto ao DAEE, sendo utilizadas 7 estações climatológicas listadas na Tabela 1.

Para tanto foram utilizadas as precipitações totais anuais em milímetros dos anos de 1981, 1991, 2001 e 2012 e a média dos referidos anos (Tabela 1).

Tabela 1. Estações, coordenadas geográficas e precipitações média, e dos anos de 1981,1991,2001 e 2012 em mm.

Estações	X	Y	P 1981-2012	P 1981	P 1991	P 2001	P 2012
Fazenda Lageado	763597	7471143	1525.23	1285.40	1934.00	1598.90	1895.80
F. S. J. M. Vermelho	763454	7474495	1570.97	1390.46	2120.00	1427.00	1982.35
Fazenda Monte Alegre	741115	7469331	1352.50	1128.90	1804.00	1383.90	1650.83
Botucatu (CESP)	763197	7459728	1472.75	1139.10	1481.00	1504.32	1472.75
Bairro Anhumas	776907	7461327	1427.21	1067.58	1696.90	1593.00	1680.40
Fazenda Morrinhos	744323	7456347	1429.42	1123.25	1710.00	1457.76	1768.28
Rio Bonito	773991	7489090	1241.40	1040.90	1594.20	1261.30	1537.42

## 2.3. Base de dados digital

A base de dados digitais foi constituída do limite da Bacia do Ribeirão Lavapés, bem como a localização das estações climatológicas utilizadas. A base Geográfica da bacia foi obtida a partir da vetorização da carta planialtimétrica do município de Botucatu utilizando-se um CAD (Computer Aided Design).

Importou-se a base de dados para o sistema de informações geograficas gvSIG e transformada do formado dxf (Drawing Exchange Format) do CAD para SHP (shape file).

Os dados referentes às estações climatológicas foi posteriormente importada pelo software gvSIG, por meio de um arquivo no formato X, Y e Z (Longitude, Latitude, e precipitação), de modo a compor arquivo vetorial contendo as informações de localização e de valores de precipitação utilizados e posteriormente transformado em raster.

## 2.4. Geração dos mapas de precipitação

Para a geração dos mapas de precipitação, os valores de precipitação foram interpolados no gvSIG utilizando o interpolador IQD, gerando diferentes mapas de precipitação. Com a interpolação gerou-se o modelo digital de elevação e a validação cruzada dos dados.

O método IQD, dado pela seguinte equação descrita por Mello *et al.* (2003):

$$x_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} \cdot x_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^2} \right)}$$

em que:  $x_p$  = atributo interpolado;  $x_i$  = valor do atributo do  $i$ -ésimo ponto de amostragem;  $d_i$  = distância euclidiana entre o  $i$ -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado; e  $n$  = número de amostras.

Este método de interpolação IQD é uma ferramenta de análise espacial que assume que cada amostra de ponto tem influência local que diminui com a distância. Este método admite que os pontos mais próximos, para o processamento da célula, influam mais fortemente que aqueles mais afastados. O uso de interpolador IQD é recomendado quando a variável a ser mapeada diminui com a distância na localização amostrada (Wei e McGuinness, 1973 citado por Tsuyuguchi, et al 2010).

## 3. Resultados

Nas Figuras 2 e 3 são apresentados os mapas do temático de precipitação e de isoietas gerados pelo interpolador IQD no gvSIG. Observa-se nas imagens apresentadas na Figura 2 que ocorreram variações entre os anos devido a maior ou menor quantidade de chuva. As maiores precipitações foram observadas no ano de 1991.

A Figura 3 mostra o mapa de Isoietas das médias de precipitação total dos anos 1981, 1991, 2001 e 2012.

Diante da validação cruzada gerada pelo gvSIG e assim como Deus, et al 2007; Silva, et al 2010 e Tsuyuguchi, et al 2010, verificou-se aumentos e diminuições em relação aos valores reais para os estimados pelo interpolador. O maior aumento foi verificado na interpolação das médias no valor de 21,01% como pode ser observado na Tabela 2 e o menor valor foi registrado na validação cruzada do ano de 1991 com o valor negativo de 10,78%.

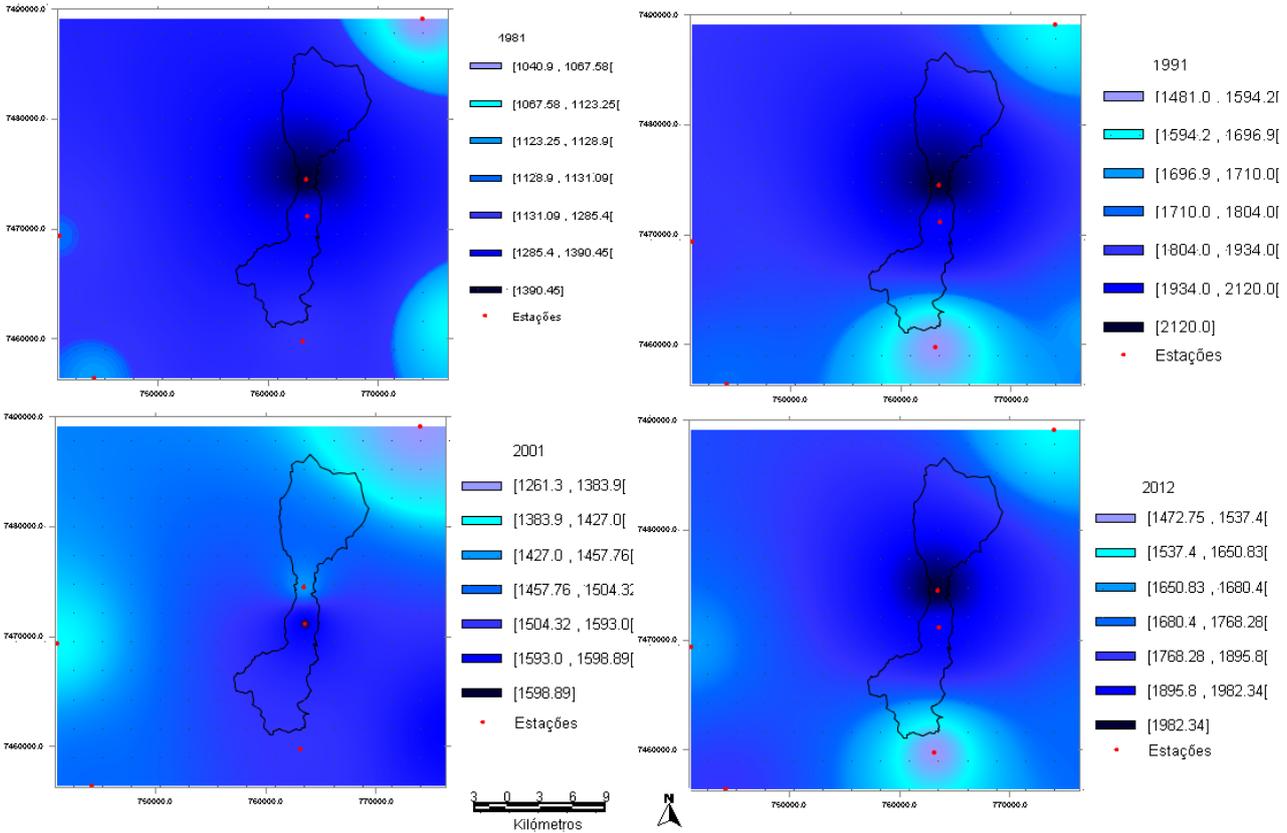


Figura 2. Mapas temáticos de precipitação gerados utilizando o interpolador IQP dos anos de 1981, 1991, 2001 e 2012.

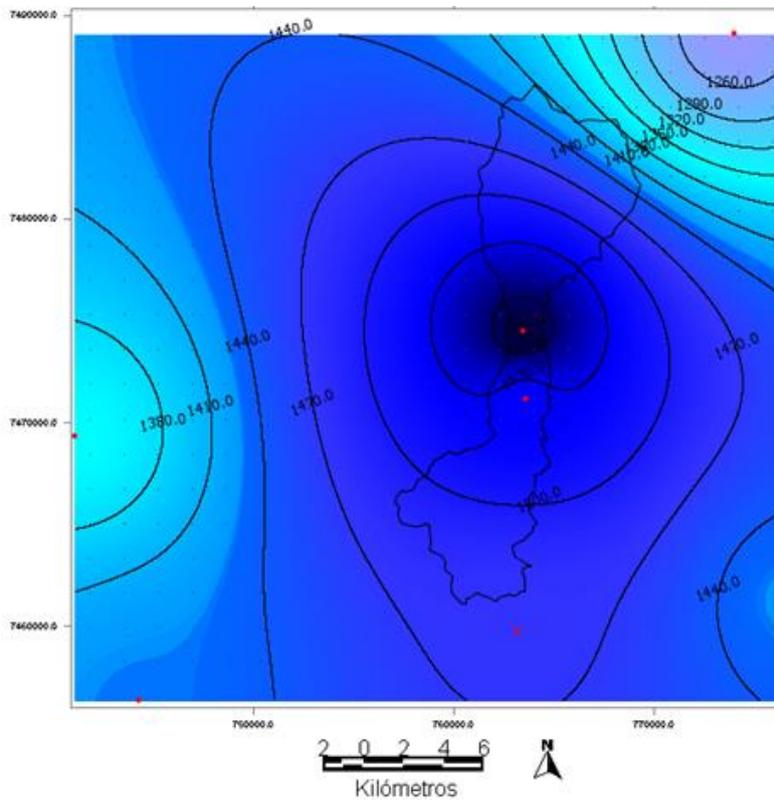


Figura 3. Mapa de Isoietas das médias de precipitação dos anos 1981, 1991, 2001 e 2012.

Tabela 2. Valores das precipitações médias reais e estimativos de acordo com as medias dos anos de 1981, 1991, 2001 e 2012.

X	Y	Valor real	Valor estimado	Diferença	%
763597	7471143	1525.23	1545.40	20.17	1.32
763454	7474495	1570.97	1507.12	-63.85	-4.06
741115	7469331	1352.5	1461.38	108.88	8.05
763197	7459728	1472.75	1475.01	2.26	0.15
776907	7461327	1427.21	1475.67	48.46	3.40
744323	7456347	1429.42	1425.95	-3.47	-0.24
773991	7489090	1241.4	1502.25	260.85	21.01

#### 4. Conclusão

Os dados hidrológicos e demais informações pertinentes à pesquisa, além dos dados obtidos por sensoriamento remoto, foram utilizados na produção de mapas e, em consequência, na interpretação de resultados que vieram a auxiliar na caracterização da área da bacia em estudos.

A partir dos mapas de espacialização da chuva, torna-se possível visualizar a precipitação que intercepta cada ponto da bacia do Ribeirão Lavapés.

O gvSIG se mostrou eficaz para a elaboração de mapas de precipitação com a utilização do modelo Inverso da Distancia do Quadrado na geração do modelo digital do terreno.

#### 5. Referencias bibliográficas

Assad e Sano (Org.). (2003) *Sistemas de Informações Geográficas: aplicações na agricultura*. 4ed. Brasília, Embrapa.

Deus, B.V.; Zeilhofer, P.; Santos, E. S. (2007). Interpolação Espacial de Precipitações Anuais na Bacia do Alto e Médio Teles Pires, MT. In “*Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*”, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2525- 2531.

Mello, C.R.; Lima, J.M.; Silva, A.M.; Mello, J.M.; Oliveira, M.S. 2003. “*Krigagem e Inverso do Quadrado da Distancia para Interpolação dos Parâmetros da Equação de Chuvas Intensas*”. Revista Brasileira de Ciências do Solo. V. 27, p. 925-933.

Porto, R L L (Org.) (2002). *Técnicas quantitativas para o gerenciamento de recursos hídricos*. Ed.2, Associação Brasileira de Recursos Hídricos.

Reis, M. H; Griebeler, N. P; Sarmiento, P. H. L. (2005). *Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal*. Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. INPE.

Silva, A. F.; Lima, J. S. S. ; Oliveira, R. B. (2010). “*Métodos de interpolação para estimar o pH em solo sob dois manejos de café Arabica*”. Idesia (chile), Chile, v. 28, n. 2, p.61-66.

Tucci, Carlos E. M. (Org.).(2004) *Hidrologia: ciência e aplicação*. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS.

Tsuyuguchi, B. B.; Cunha, J. E. B. L.; Rufino, I. A. A. (2010). Uso de geotecnologias para espacialização de dados de precipitação, ndvi e temperatura de superfície da bacia do rio Taperoá. “Anais III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação”. Recife: Universidade Federal do Pernambuco.

Villela, S.M., Mattos, A. (1975). *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw Hill do Brasil.