

ESPACIALIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO MÉDIA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PATU A PARTIR DE SÉRIE TEMPORAL DE 10 POSTOS PLUVIOMÉTRICOS COMPREENDIDA ENTRE 1975 E 2017

Lucas Florêncio da Cunha Teixeira (*), Ulisses Costa de Oliveira, Jefferson Sousa Rocha, Raquel Ferreira Gomes Rosa, Ernane Cortez Lima

* Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, lucasfengcivil@gmail.com

RESUMO

A precipitação é um parâmetro importante que reflete o comportamento dos demais processos envolvidos no ciclo hidrológico, sendo de grande relevância conhecer a entrada efetiva de água na bacia hidrográfica. Com dados coletados ao longo dos anos com pluviômetros e utilizando metodologias adotadas por métodos de interpolação, é possível espacializar para toda uma área de interesse os valores de precipitação, seguindo determinados critérios. Assim, esse trabalho se propõe a espacializar os dados de precipitação de uma série temporal compreendida entre 1975 e 2017 de 10 postos pluviométricos presentes na bacia hidrográfica do rio Patu, adotando os métodos dos polígonos de Thiessen, do inverso do quadrado da distância e da krigagem ordinária, além de analisar estatisticamente cada um. Os resultados são apresentados por mapas de grades de precipitação e por meio de parâmetros de medidas de posição (média) e dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação). Os três métodos apresentaram boa precisão, com coeficientes de variação menores que 15%, e a krigagem ordinária foi o que obteve dados mais homogêneos, sendo o mais indicado, apesar de apresentar maior dificuldade de aplicação em relação aos demais.

PALAVRAS-CHAVE: Precipitação, Interpolação, Série temporal, Bacia Hidrográfica.

1. INTRODUÇÃO

Conhecer a precipitação incidente sobre uma bacia hidrográfica é um dos parâmetros mais importantes para se determinar o comportamento dos processos envolvidos no ciclo hidrológico, uma vez que esta corresponde à entrada efetiva de água na bacia. Este elemento, em conjunto com outras características fisiográficas, condiciona a resposta hidrológica da bacia, em termos de escoamento superficial e infiltração, por exemplo. Dessa forma, com dados coletados temporalmente por pluviômetros, podem-se adotar métodos de interpolação de forma a distribuir espacialmente, obedecendo a determinados critérios, a precipitação para pontos onde não foram medidos os valores de precipitação diretamente.

Mensurar dados de precipitação pluvial é muito importante em diversos contextos, tais como produção e produtividade de culturas, manejo dos recursos hídricos, avaliação ambiental, erosão hídrica e prevenção de cheias.

Assim, segundo Righi e Basso (2016), os métodos de interpolação são ferramentas que contribuem para a compreensão espacial de determinado atributo, sem a necessidade de levantar dados em toda a área de interesse. Estes geram superfícies distribuídas de determinada variável a partir de dados pontuais, tornando viável economicamente uma análise do todo sem a necessidade de uma densa rede de medições pluviométricas.

Childs (2004) afirma que cada método de interpolação pode ser útil para uma aplicação específica, que depende do tipo de fenômeno estudado e da distribuição espacial dos pontos amostrais.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitem espacializar quaisquer dados obtidos pontualmente sobre a superfície terrestre, além de permitir a sua análise espacial, constituindo, dessa forma, uma importante ferramenta no campo das geociências. (DRUCK et al., 2004).

2. OBJETIVOS

Este trabalho propõe a espacialização de dados de precipitação média de dados pontuais obtidos a partir de série temporal de 43 anos de 10 postos pluviométricos presentes na bacia hidrográfica do rio Patu, assim como a comparação entre os métodos de interpolação adotados, avaliando, estatisticamente, qual o método mais adequado em termos de homogeneidade de dados.

3. METODOLOGIA

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia do rio Patu, área de estudo deste trabalho, está inserida na região hidrográfica do rio Banabuiú, presente na porção mais central do Ceará, região esta responsável pela drenagem de uma área total de 19.810 km², correspondente a 13% do território do estado. A bacia é responsável pela drenagem de quinze municípios, a constar: Banabuiú, Boa Viagem, Ibicuitinga, Itatira, Madalena, Mombaça, Monsenhor Tabosa, Morada Nova, Pedra Branca, Piquet Carneiro, Quixadá, Quixeramobim, Senador Pompeu, Limoeiro do Norte e Milhã. (INESP, 2009).

Segundo INESP (2009), a bacia apresenta clima Tropical Quente Semiárido, com temperaturas médias anuais entre 26°C a 28°C. A média pluviométrica anual fica em torno dos 725,4 mm. Suas altitudes variam entre 89 e 725 m.

O padrão geológico da bacia é simples, composta predominantemente por rochas do embasamento cristalino (96,53%), com gnaisses e migmatitos diversos. Sobre esse substrato, repousam os sedimentos (3,47%) terciários do grupo Barreiras. A litologia é composta de Neossolos Litólicos, Planossolos, Vertissolos, Luvisolos (solos medianamente profundos), Planossolos Solódicos (rasos, suscetíveis à erosão) e Argissolos Eutróficos (solos medianamente profundos com grande potencial agrícola). (INESP, 2009).

A vegetação é formada por caatinga degradada, frequentemente representadas por cactáceas. As formações predominantemente encontradas são a Caatinga Arbustiva Aberta (na porção central da bacia) e a Caatinga Arbustiva Densa (na parte leste e oeste da bacia). (FUCK JÚNIOR, 2008).

3.2. MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO ADOTADOS

Na ausência de dados de chuvas para toda a área estudada, foram realizadas interpolações baseadas nos métodos propostos dos polígonos de Thiessen, inverso do quadrado da distância e krigagem ordinária.

3.2.1. MÉTODO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN

É um método que consiste em atribuir pesos às áreas de influência de cada posto pluviométrico, proporcional à área de influência de cada um. Dá bons resultados em terrenos levemente acidentados, com postos não muito distantes um dos outros. (JÚNIOR; NEVES, 2014).

3.2.2. MÉTODO DO INVERSO DO QUADRADO DA DISTÂNCIA (IDW)

Segundo Cegatta (2017), a interpolação pelo inverso do quadrado da distância é feita considerando-se “[...] o valor de cada vizinho ponderado pelo inverso da distância entre ele e o ponto interessado”. Dessa forma, vizinhos distantes apresentam menor contribuição para o valor final do que vizinhos próximos. A expressão que representa o método é a seguinte:

$$x_p = \frac{[\sum (x_i / d_i^2)]}{[\sum (1 / d_i^2)]} \quad \text{equação (1)}$$

Sendo x_p = valor interpolado; x_i = valor do i -ésimo ponto vizinho; d_i = distância entre o i -ésimo ponto vizinho e o ponto de interesse.

3.3.3 MÉTODO DA KRIGAGEM ORDINÁRIA

A krigagem é um método que utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para o cálculo das interpolações. Embasando-se no princípio da Primeira Lei de Geografia de Tobler, que afirma que unidades mais próximas são mais parecidas que unidades mais distantes, a krigagem utiliza métodos matemáticos para dar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores para posições mais distantes, criando novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

“A krigagem ordinária é ‘linear’ porque suas estimativas são combinações lineares ponderadas dos dados disponíveis; é ‘não-viciada’ porque busca o valor de erro ou resíduo médio igual a 0; e é ‘melhor’ porque minimiza a variância dos erros.” (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

Carvalho e Assad (2005) citam que o método da krigagem é não tendencioso e de mínima variância, inferindo maior homogeneidade de dados.

3.3. DADOS DE PRECIPITAÇÃO

A partir dos dados de precipitação média dos postos de Mineirolândia, Encantado, Açude Patu, Senador Pompeu, Quixeramobim, São Miguel, Riacho do Algodão, Boa Vista, Açude Trapia e Mombaça, circunvizinhas à área de estudo, foi realizado o tratamento dos dados compreendidos entre 1975 e 2017. Por apresentarem ausência de dados na maior parte dos anos, foi realizado o procedimento de preenchimento de falhas por ponderação regional, prosseguindo-se para a obtenção da média anual para cada estação pluviométrica.

Posteriormente, os dados foram exportados para o software QGIS, versão 2.18.7, sendo utilizados os plugins GRASS/GIS e SAGA/GIS para a implementação dos algoritmos necessários à interpolação dos três métodos descritos.

4. RESULTADOS

Os resultados da aplicação dos métodos descritos com o auxílio do software QGIS e seus plugins estão demonstrados nas Figuras 1, 2 e 3.

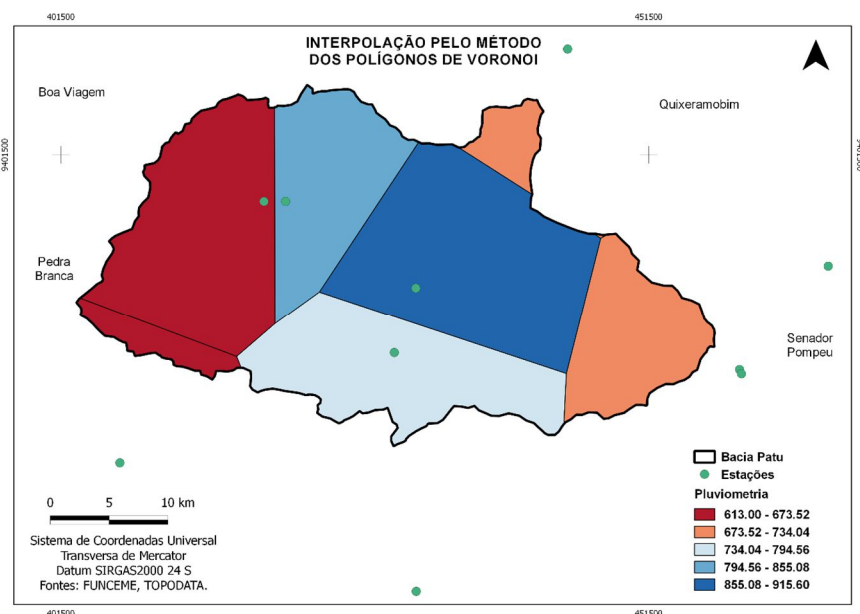


Figura 1: Mapa da grade de precipitações pelo Método de Thiessen. Fonte: Autor do trabalho.

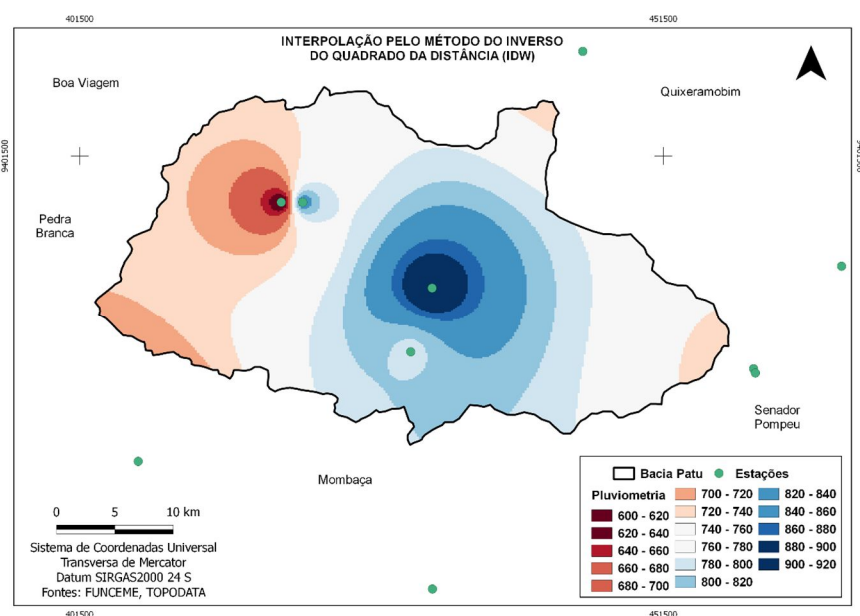


Figura 2: Mapa da grade de precipitações pelo Método do Inverso do Quadrado da Distância. Fonte: Autor do trabalho.

Observa-se que a metodologia de Thiessen preenche as células vazias com base nas regiões em torno dos pontos que representam os pluviômetros, inclusive daqueles que estão fora da área delimitada pela bacia. Já no caso da metodologia do IDW, as regiões são preenchidas com base nas suas distâncias em relação aos pluviômetros. Apesar de serem metodologias distintas, os valores obtidos por ambas se aproximam, concentrando precipitações na porção central da bacia e com menores valores de pluviometria a oeste.

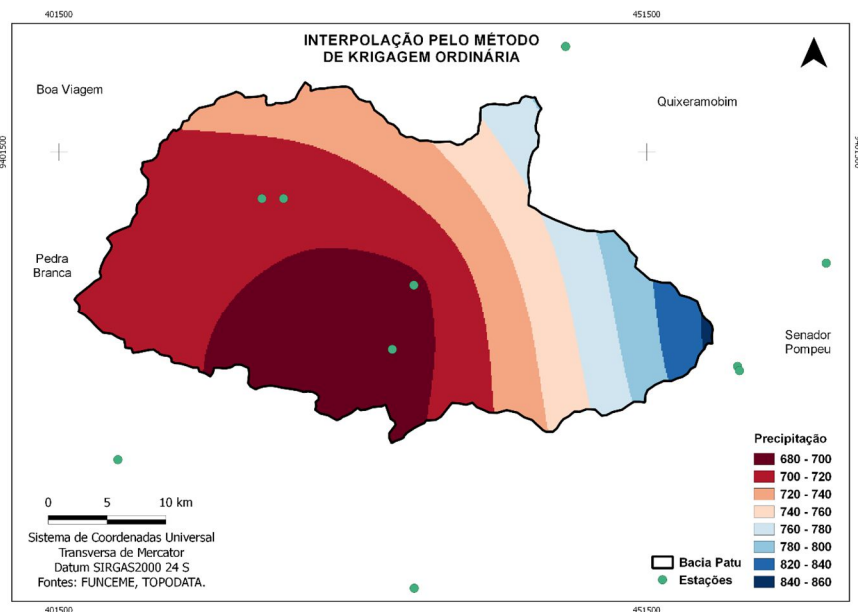


Figura 3: Mapa da grade de precipitações pelo Método do Inverso da Krigagem Ordinária. Fonte: Autor do trabalho.

Para a krigagem, os espaços vazios são preenchidos também com base na sua distância em relação aos pluviômetros, mas se diferencia do IDW por proporcionar distribuição espacial mais homogênea, apresentando ponderação otimizada, trazendo resultados satisfatórios.

Observa-se, nos três métodos utilizados, a tendência de maiores pluviometrias a leste da bacia (região de barlavento) em relação a oeste (região de sotavento), podendo esses resultados serem associados à presença de relevos mais acidentados de leste para oeste, caracterizando a formação de chuvas orográficas a leste, de longas durações e intensidades maiores.

Analisando estatisticamente cada dado, foi gerada a Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Análise estatística dos valores de precipitações médias. Fonte: Autor do trabalho.

Método Adotado	IDW	Krigagem Ordinária	Thiessen
Precipitação média (mm)	773,89	723,51	745,01
Precipitação média máxima (mm)	915,55	823,79	915,60
Precipitação média mínima (mm)	613,27	688,06	613,00
Desvio Padrão	44,80	30,05	102,69
Coefficiente de Variação	5,79%	4,15%	13,78%

Segundo Garcia (1989), em condições igualmente observadas, mais preciso é o experimento que apresentar menor coeficiente de variação. Portanto, o método que obteve menor dispersão de dados em torno da média foi o da krigagem ordinária, condição esperada por ser um método que oferece melhores resultados.

5. CONCLUSÕES

De posse dos resultados de cada um dos métodos adotados, entende-se que o método IDW e o método de Thiessen obtiveram valores próximos na distribuição espacial da precipitação na área estudada. Os três métodos apresentaram boa precisão, por seus coeficientes de variação serem menores que 15%, caracterizando dados homogêneos.

Em relação a valores de precipitação média máxima e mínima, os resultados obtidos por Thiessen e IDW foram bem próximos. Os mesmos valores obtidos pela krigagem distanciaram-se do restante em torno de 11%.

Por fim, recomenda-se a adoção da krigagem ordinária para melhores resultados em relação à dispersão, apesar de ser de aplicação com dificuldade maior em relação ao restante. Os demais métodos são recomendados por serem de mais fácil implementação e também possibilitarem boa precisão.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CARVALHO, J. R. P., ASSAD E. D.: **Análise Espacial da Precipitação Pluviométrica no Estado de São Paulo: Comparação de Métodos de Interpolação**, 2005.
2. Druck, S. et al. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 03 set. 2019.
3. FRAGOSO JÚNIOR, Carlos Ruberto; NEVES, Marllus Gustavo Ferreira Passos das. **Hidrologia**: Maceió: Aula, 2014. 145 slides, color. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/tenerrodriguesdarosa/aula04-precipitao>>. Acesso em: 15 jul. 2019.
4. FUCK JÚNIOR, S.C. de F. Subsídio à Gestão Ambiental: descrição fisiográfica e análise funcional das bacias hidrográficas do Ceará. Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Jataí - UFG. Jataí, GO, N.10. jan-jun. 2008. Geoambiente On-Line. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/view/25953>.
5. GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).
6. INESP. **Caderno regional da sub-bacia do Banabuiú/Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos**, ALECE. Fortaleza, 2009. 116p.: il. – (Coleção Cad. Reg. Pacto das Águas, v. 2).
7. ISAAKS, Edward H.; SRIVASTAVA, R.M. **An Introduction to Applied Geostatistics**. NY: Oxford University Press, Inc., 1989.
8. JAKOB, Alberto Augusto Eichman. A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos. In: XIII ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 2002, Ouro Preto. **Anais**. Ouro Preto: Abep, 2002. p. 1 - 21. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/1179/1143>>. Acesso em: 15 jul. 2019.
9. RIGHI, Eléia; BASSO, Luís Alberto. Application and analysis of interpolation techniques for spatialization of rainfall. **Ambiência**, [s.l.], v. 12, n. 1, p.101-117, 2016. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.5935/ambiencia.2016.01.06>. Disponível em: <<https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/download/3531/pdf>>. Acesso em: 03 set. 2019.