

KRIGAGEM APLICADA NA AVALIAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO DO MÉDIO CURSO DO RIO PARAÍBA

PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO¹, VIVIANE FARIAS SILVA²,
DJAIL SANTOS³, GEORGE DO NASCIMENTO RIBEIRO⁴, GYPSON DUTRA JUNQUEIRA AYRES⁵

¹Eng. Agric. Doutorando em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

²Eng. Agric. Dra. Profa., PPGEGRN, UFCG, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

³Eng. Agron. Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br

⁴Eng. Agron. Dr. Prof. UFCG, Sumé-PB, georgenribeiro@gmail.com

⁵Eng. Agron. Doutorando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, fgypsond@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
04 a 06 de outubro de 2022

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar e mapear as informações pluviométricas da região do médio curso do rio Paraíba utilizando dados entre 1912 a 2021 que foram homogeneizados e mapeados utilizando a krigagem. A distribuição temporal da precipitação média anual apresentou variabilidade espacial em que as chuvas concentraram-se no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área. Nos meses de janeiro e fevereiro as chuvas foram menos significativas e de formas isoladas, março e abril apresentaram-se mais homogêneos com maior pluviosidade; maio à junho tiveram os maiores totais distribuídos por toda a bacia, em julho os valores de precipitação diminuíram na região central da bacia, áreas mais altas, em agosto os valores de precipitação decaem até dezembro onde é considerado o mês mais seco, onde as chuvas ocorrem de forma isolada com predominância na região leste da bacia. O maior desvio padrão e a maior variância ocorreram na estação chuvosa no mês de junho, em setembro ocorreu o maior coeficiente de variância, e a menor variabilidade ocorreu em julho.

PALAVRAS-CHAVE: geotecnologias, análise estatística, bacia hidrográfica.

KRIGAGE APPLIED IN THE RAINOUND ASSESSMENT OF THE REGION OF THE MEDIUM COURSE OF THE PARAÍBA RIVER

ABSTRACT: This work aimed to evaluate and map the pluviometric information of the region of the middle course of the Paraíba river using data between 1912 and 2021 that were homogenized and mapped using kriging. The temporal distribution of mean annual precipitation showed spatial variability in which rainfall was concentrated in the west/east direction throughout the year, due to the orography of the area. In January and February the rains were less significant and in isolated forms, March and April were more homogeneous with greater rainfall; May to June had the highest totals distributed throughout the basin, in July the precipitation values decreased in the central region of the basin, higher areas, in August the precipitation values decrease until December, which is considered the driest month, where rainfall they occur in an isolated way, predominantly in the eastern region of the basin. The greatest standard deviation and the greatest variance occurred in the rainy season in June, in September there was the greatest coefficient of variance, and the smallest variability occurred in July.

KEYWORDS: geotechnologies, statistical analysis, hydrographic basin.

INTRODUÇÃO

As informações das condições climáticas de uma determinada região são necessárias para que se possam instituir estratégias, que visem o manejo mais adequado dos recursos naturais, planejando dessa forma, a busca por um desenvolvimento sustentável e implementação das práticas agrícolas

viáveis e seguras para o meio ambiente e a produtividade agropecuária do Estado da Paraíba (Costa Neto et al., 2015).

Na atualidade, com o avanço da informática e a disponibilização de programas computacionais para estudos de análise ambiental, ficou mais fácil e barato, realizar trabalhos visando à gestão dos recursos naturais (Duarte & Barbosa, 2009).

Conforme Jakob (2002), a krigagem é considerada uma boa metodologia de interpolação de dados. Ela utiliza o dado tabular e sua posição geográfica para calcular as interpolações.

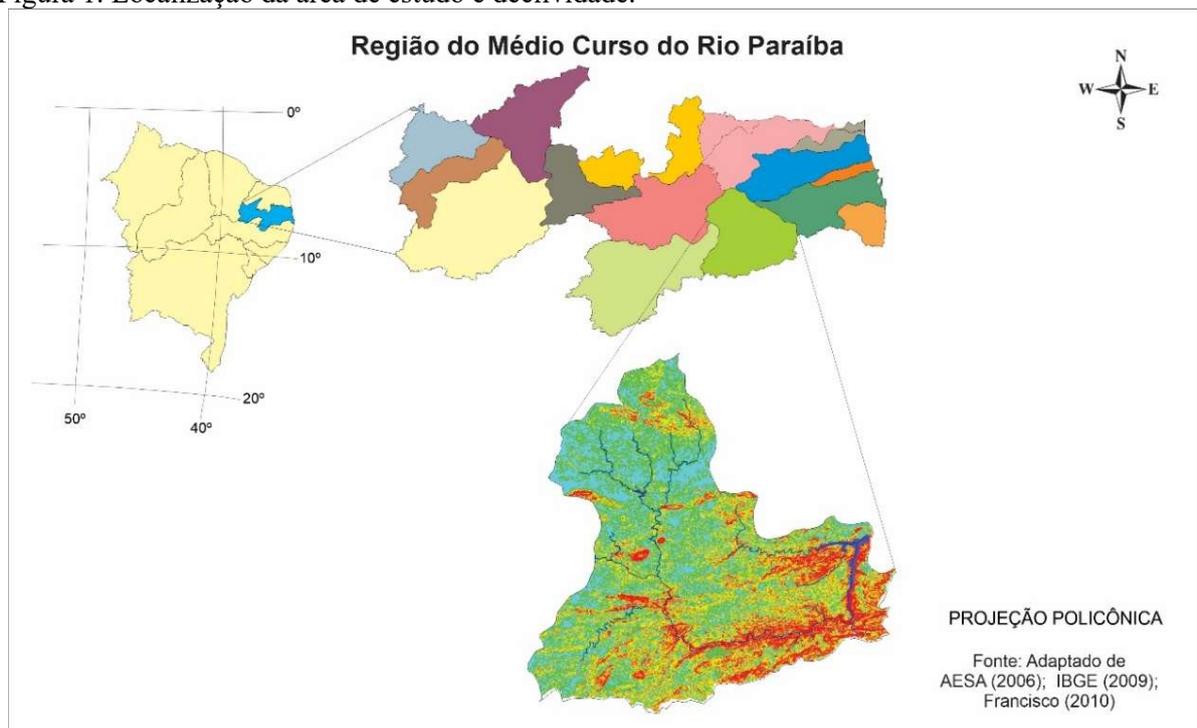
A krigagem compreende um conjunto de técnicas geoestatísticas de ajuste usadas para aproximar dados pelo princípio que: fixado um ponto no espaço, os pontos no seu entorno são mais relevantes do que os mais afastados. Isto pressupõe a existência de dependência entre os dados, exigindo saber até onde espacialmente esta correlação importa (Isaaks & Srivastava, 1989).

Portanto, este trabalho tem como objetivo realizar a avaliação pluviométrica e seu mapeamento da região do médio curso do rio Paraíba utilizando krigagem.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende a região do médio curso do rio Paraíba com área de 379.406,37 ha localizada no Estado da Paraíba, considerada a 6ª maior bacia (Figura 1), composta total e/ou parcialmente pelos municípios de Aroeiras, Alcantil, Barra de Santana, Boa Vista, Boqueirão, Barra de São Miguel, Caturité, Campina Grande, Fagundes, Gado Bravo, Itatuba, Natuba, Pocinhos, Puxinanã, Queimadas, Riacho de Santo Antônio, Santa Cecília e Umbuzeiro (Figura 1).

Figura 1. Localização da área de estudo e declividade.



Fonte: Adaptado de Francisco (2010); PARAÍBA (2006); IBGE (2009).

Conforme Francisco (2010), a área de estudo engloba a encosta oriental do Planalto da Borborema, porção leste da bacia, com o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo As' - Tropical Quente e Úmido com chuvas de outono-inverno. Nesta região as chuvas são formadas pelas massas atlânticas trazidas pelos ventos alísios de sudeste, e a altitude de 600 m nos pontos mais elevados dos contrafortes do Planalto. A precipitação decresce do litoral para o interior da região (600 mm.ano⁻¹) devido, principalmente, a depressão do relevo. Na porção oeste da bacia, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente, abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m).

Os dados de precipitações climatológicas médias mensais e anuais foram adquiridos do banco de dados coletado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), para o período de 109 anos entre 1912 a 2021.

Na metodologia utilizou-se dados obtidos nos postos pluviométricos da Rede Básica do Nordeste, implantados inicialmente pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE, 1990), posteriormente em 1992 a Rede Pluviométrica foi repassada ao Estado da Paraíba para a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs-PB), realizou-se as junções das referidas séries e selecionando-se os postos que possuíam 30 ou mais anos de observações. Tal fato da escolha é para unificação de intervalos entre os postos, vistos que os espaçamentos são amplos, conforme distribuição espaço-temporal.

A utilização dos dados foi procedida de uma análise no tocante à sua consistência, homogeneização e no preenchimento de falhas em cada série (município a município), além das séries já publicadas pela SUDENE até o ano de 1985.

Na metodologia utilizada foi elaborada uma planilha eletrônica e elaborado o cálculo de pluviosidade. O mapa elaborado foi espacializado utilizando o software Surfer® 9.0 Trial pelo método estatístico de interpolação da krigagem para determinar a média, desvio padrão e coeficiente de variação, e após o mapa recortado utilizando os limites da bacia.

O estimador da krigagem é obtido, segundo Matheron (1963), de acordo com a Equação 1.

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(X_i) \text{ (Eq.1)}$$

Onde: $Z^*(X_0)$ é o atributo da variável estimado no ponto; λ_i são os ponderadores de krigagem; $Z(X_i)$ é o valor observado da variável Z no i -ésimo ponto.

Para a krigagem ser ordinária deve-se satisfazer a condição de que:

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

Os ponderadores são obtidos pela resolução de um sistema de equações lineares do tipo $AX=B$, denominado sistema de krigagem, de acordo com Rocha et al. (2007) pode ser escrito como segue pela Equação 2.

$$\begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_1) & \cdots & \gamma(x_1; x_n) & 1 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \gamma(x_n; x_1) & \cdots & \gamma(x_n; x_n) & 1 \\ 1 & \cdots & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \vdots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma(x_1; x_0) \\ \vdots \\ \gamma(x_n; x_0) \\ 1 \end{bmatrix} \text{ (Eq.2)}$$

Onde: $\gamma(x_n; x_n)$ é a variância espacial da n -ésima amostra com relação a ela mesma; μ é o Multiplicador de Lagrange; e $\gamma(x_n; x_0)$ é a variância espacial entre a n -ésima amostra e o ponto x_0 que será estimado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 observam-se os dados de precipitação média mensal e anual de postos da área de estudo, para um período mínimo de trinta anos de observação.

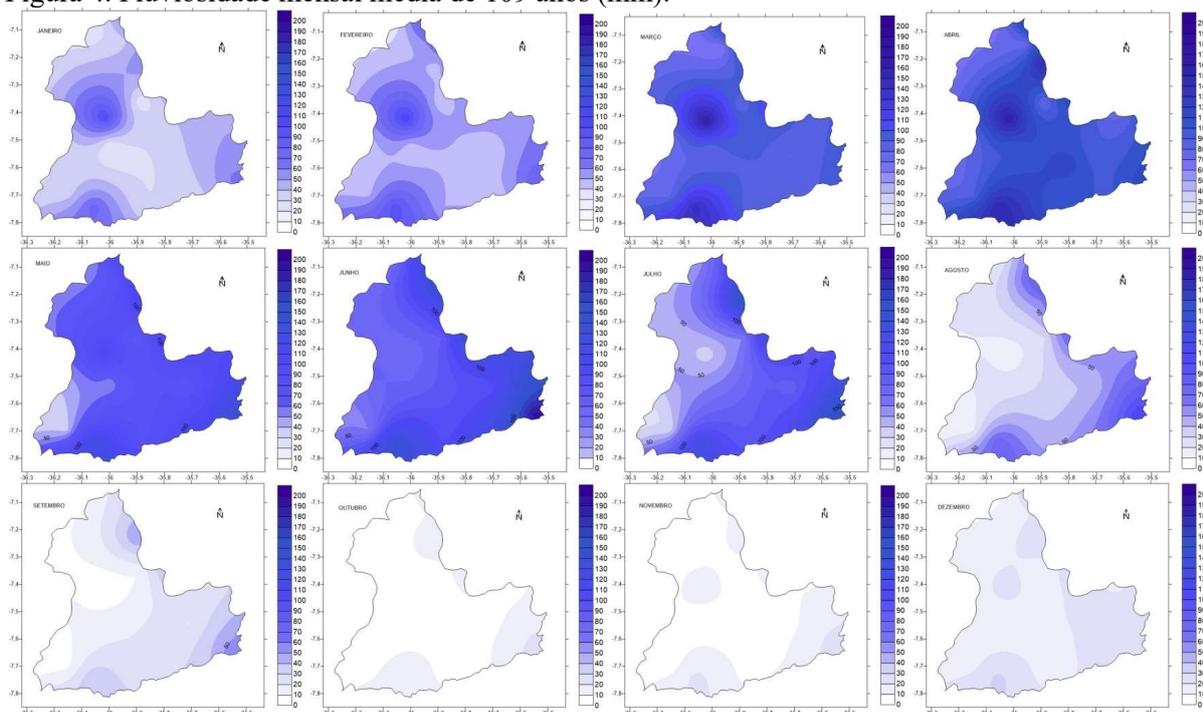
De acordo com a distribuição espacial e temporal das precipitações mensais (Figura 4), pode-se observar a alta variabilidade da precipitação, tanto espacial como temporal. No mês de janeiro observam-se chuvas menos significativas e de formas isoladas nos municípios de Caturité, Alcantil e Natuba localizados ao centro da bacia, sul e leste, respectivamente, com valores mínimos de 20mm e máximos de 102,48mm. No mês de fevereiro esta distribuição mantém o mesmo padrão do mês de janeiro, com maiores valores mínimos de 35,16mm e máximos de 109,66mm.

Os meses de março e abril apresentam-se mais homogêneos com maior pluviosidade mínima de 61,15mm alcançando valores máximos de 163,2mm; e os meses de maio à junho têm-se os maiores totais e que se distribuem por toda a bacia atingindo a 192,86mm. O mês de julho na região central da bacia, áreas mais altas, os valores de precipitação diminuem com mínimo de 32,02mm e máximo de 166,96mm ao leste da bacia. No mês de agosto os valores de precipitação decaem até dezembro onde é considerado o mês mais seco, onde as chuvas ocorrem de forma isolada com predominância na região leste da bacia.

Tabela 1. Precipitação média mensal e anual em milímetros (mm)

Município	Série (anos)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Aroceiras	47	41,2	41,8	79,7	93,4	72,7	83,7	85,1	41,2	19,6	7,6	8,3	26,4	600,9
Alcantil	54	74,0	95,4	144,2	150,3	131,7	142,8	127,8	77,8	38,8	16,7	22,9	32,1	1.054,5
Barra de Santana	50	20,8	43,7	80,8	100,4	55,3	60,5	57,7	23,5	13,7	7,6	5,8	13,1	483,0
Barra de São Miguel	58	33,1	55,4	84,5	86,1	44,2	45,0	32,0	13,6	6,9	5,6	3,2	14,9	424,6
Boa Vista	97	26,0	35,2	82,3	69,4	58,7	53,0	45,9	19,2	5,5	6,6	4,3	9,4	416,3
Boqueirão	48	41,5	49,7	74,6	86,5	51,8	62,5	53,3	24,2	12,0	5,3	8,8	14,0	484,2
Campina Grande	98	55,3	47,7	91,8	141,8	104,7	112,7	154,0	58,8	48,7	17,4	13,2	29,3	875,4
Caturité	28	102,5	109,7	163,2	162,4	107,8	53,7	34,5	15,3	2,6	9,5	14,1	25,0	800,2
Fagundes	58	44,7	61,6	114,3	122,1	120,9	142,9	149,2	77,4	41,0	15,6	13,7	26,7	930,3
Gado Bravo	61	32,8	49,8	89,6	115,1	82,7	85,1	94,1	39,7	26,5	9,3	7,1	19,1	650,9
Itatuba	30	48,4	55,9	82,2	69,2	94,5	123,6	90,0	51,1	20,6	5,1	9,0	16,5	666,0
Montadas	30	47,9	40,1	40,5	64,6	61,4	96,4	80,2	42,7	20,3	8,6	8,3	8,6	519,5
Natuba	30	62,1	77,1	97,0	112,9	137,5	192,9	157,8	108,2	56,0	24,5	26,5	25,4	1.077,9
Pocinhos	87	20,0	35,2	64,3	68,9	51,5	51,4	48,7	18,7	9,8	5,2	3,5	8,1	385,3
Puxinanã	34	35,2	54,9	61,2	75,0	80,1	121,5	98,9	67,4	29,8	8,6	7,2	17,8	657,7
Queimadas	79	22,2	41,3	80,9	78,4	62,5	69,7	60,7	29,1	10,2	5,8	5,7	12,2	478,7
Riacho de Sto. Antônio	30	33,4	46,5	76,7	85,0	36,6	39,8	32,8	14,9	6,2	4,4	4,9	16,3	397,4
Santa Cecília	27	30,5	50,2	88,5	106,4	78,1	88,0	91,2	42,6	22,0	8,8	8,1	16,7	631,1
Umbuzeiro	100	39,0	48,2	82,1	97,0	115,8	136,2	123,9	69,5	34,0	10,9	13,5	23,0	793,1
Média	54	42,7	54,7	88,3	99,2	81,5	92,7	85,2	43,9	22,3	9,6	9,9	18,7	648,8

Figura 4. Pluviosidade mensal média de 109 anos (mm).



Na Tabela 9 têm-se as variabilidades estatísticas dos parâmetros médios da precipitação para a área de estudo onde se observam que as oscilações da precipitação mínima mensal fluem entre 2,63 a 62,95mm, a precipitação máxima oscila entre 24,47 a 192,86mm, e a precipitação média apresenta uma flutuação entre 11,41 a 109,35mm.

Observa-se que a maior desvio padrão ocorre na estação chuvosa no mês de junho com o valor de 42,47 ocorrendo conjuntamente à maior variância de 1.804,24. O mês de setembro ocorre o maior coeficiente de variância em 0,55 e menor valor em março em estação seca com valor de 0,27.

Com relação à variabilidade entre os meses observa-se que o mês de julho apresenta menor variabilidade. Pelo Teste de normalidade observa que a distribuição apresenta-se regular nos meses de abril, maio e junho.

Tabela 2. Variabilidade estatística dos parâmetros

Mês	Pluviosidade (mm)						
	Mínimo	Mediana	Máxima	Média	Desvio Padrão	Variância	Coefficiente Variância
Janeiro	20,00	41,54	102,48	47,17	19,82	392,95	0,42
Fevereiro	35,16	54,94	109,66	61,03	20,00	400,14	0,32
Março	61,15	84,51	163,20	97,70	27,00	729,33	0,27
Abril	62,95	104,76	162,35	109,35	29,30	858,88	0,26
Mai	36,55	94,50	138,15	93,56	31,61	999,52	0,33
Junho	39,76	112,70	192,86	106,40	42,47	1.804,24	0,39
Julho	32,02	91,87	166,96	97,12	41,40	1.689,71	0,42
Agosto	13,63	51,10	110,26	53,80	28,17	794,00	0,52
Setembro	2,63	24,58	55,99	26,06	14,37	206,54	0,55
Outubro	4,37	9,48	24,47	11,41	5,46	29,89	0,47
Novembro	3,16	13,20	26,54	12,44	6,58	43,38	0,52
Dezembro	8,11	22,05	32,13	21,44	6,96	48,51	0,32

CONCLUSÃO

A distribuição temporal da precipitação média anual apresentou variabilidade espacial em que as chuvas concentraram-se no sentido oeste/leste em todo decorrer do ano, devido à orografia da área.

Nos meses de janeiro e fevereiro as chuvas foram menos significativas e de formas isoladas, março e abril apresentaram-se mais homogêneos com maior pluviosidade; maio à junho tiveram os maiores totais distribuídos por toda a bacia, em julho os valores de precipitação diminuíram na região central da bacia, áreas mais altas, em agosto os valores de precipitação decaem até dezembro onde é considerado o mês mais seco, onde as chuvas ocorrem de forma isolada com predominância na região leste da bacia.

O maior desvio padrão e a maior variância ocorreram na estação chuvosa no mês de junho, em setembro ocorreu o maior coeficiente de variância, e a menor variabilidade ocorreu em julho.

REFERÊNCIAS

- Costa Neto, F. de A.; Medeiros, R. M. de; Menezes, H. E. A.; Costa, R. O. da. Balanço hídrico para cidade de Olivedos–PB, Brasil. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, Fortaleza, 2, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- Duarte, S. M. A.; Barbosa, M. P. Estudo dos recursos naturais e as potencialidades no semiárido, estado da Paraíba. Revista Engenharia Ambiental, v.6, n.3, p.168-189, 2009.
- Francisco, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 98f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 7 de novembro de 2021.
- Isaaks, E. H.; Srivastava, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561p.
- Jakob, A. A. E. A krigagem como método de análise de dados demográficos. In: Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 13. Ouro Preto, 2002.
- Matheron, G. The theory of regionalized variables and its applications. Paris, Le Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleu, 1971. 211p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- Rocha, M. M.; Lourenço, D. A.; Leite, C. B. B. Aplicação de krigagem com correção do efeito de suavização em dados de potenciometria da cidade de Pereira Barreto-SP. Geologia USP, v.7, p.37-48, 2007.
- SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Dados pluviométricos mensais do Nordeste – Paraíba. Série Pluviometria 2. Recife. 1990.