



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 12, Issue, 03, pp. 54473-54479, March, 2022

<https://doi.org/10.37118/ijdr.24158.03.2022>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ESPACIALIZAÇÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Mario Rodrigues Pinto de Sousa Filho*¹, Davi Rodrigues Rabelo², Marcos Ronielly da Silva Santos³ and Ítalo Renan Ferreira Girão⁴

¹Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC); ²Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará (UECE); ³Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA); ⁴Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará (UFC)

ARTICLE INFO

Article History:

Received 20th January, 2022

Received in revised form

29th January, 2022

Accepted 17th February, 2022

Published online 19th March, 2022

Key Words:

Interpolação. Geoprocessamento. Chuva.

*Corresponding author:

Mario Rodrigues Pinto de Sousa Filho

ABSTRACT

A interpolação é uma técnica utilizada para espacializar uma determinada variável a partir de levantamentos de dados pontuais. O objetivo deste trabalho é apresentar métodos de interpolação em ambiente computadorizado (SIG), utilizando o geoprocessamento como técnica para analisar a distribuição espacial das chuvas na Região Metropolitana de Fortaleza. Foram utilizados os métodos do Inverso do Quadrado da Distância (IDW), Polígono de Thiessen e Krigagem ordinária em 39 postos pluviométricos da região. Diante disso, foi possível a geração de mapas apresentando os três métodos. Os resultados mostram que a escolha do método depende do objetivo da pesquisa e a forma no qual o pesquisador pretende trabalhar seus dados.

Copyright © 2022, Mario Rodrigues Pinto de Sousa Filho et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Mario Rodrigues Pinto de Sousa Filho, Davi Rodrigues Rabelo, Marcos Ronielly da Silva Santos and Ítalo Renan Ferreira Girão. "Uso do geoprocessamento na espacialização de dados pluviométricos na região metropolitana de fortaleza", *International Journal of Development Research*, 12, (03), 54473-54479.

INTRODUCTION

Estamos passando por mudanças climáticas, e entender a dinâmica dos elementos atmosféricos é cada vez mais importante, pois, seus comportamentos diferenciados já são notados através de eventos extremos (chuvas, secas, furacões, dentre outros). Uma melhor compreensão do padrão de variabilidade climática em várias escalas espaciais e temporais é crucial para fornecer informações rigorosas baseadas em evidências para os formuladores de políticas em todos os níveis do processo de tomada de decisão, para orientar o desenvolvimento e implementação de medidas mitigadoras em uma determinada região (Conway et al., 2015; Nam et al., 2016; Duc et al., 2019). Nas escalas global e regional, diversos estudos investigaram os padrões de mudança das variáveis climáticas ao longo do espaço e do tempo, obtendo valiosas informações acerca do assunto (Kundu et al., 2015; Nam et al., 2016; 2011; Duc et al., 2019). Abordando apenas a chuva dentre os diversos elementos do clima, ela varia no tempo e no espaço. O entendimento apenas desta variável também é importante para tomada de decisões. Em regiões metropolitanas, a relação entre precipitação e circulação atmosférica vem sendo debatidas por Ramos et al. (2014), Gois et al. (2020), Lima et al. (2021), no qual é essencial o debate para o estabelecimento de estratégias para gestão e

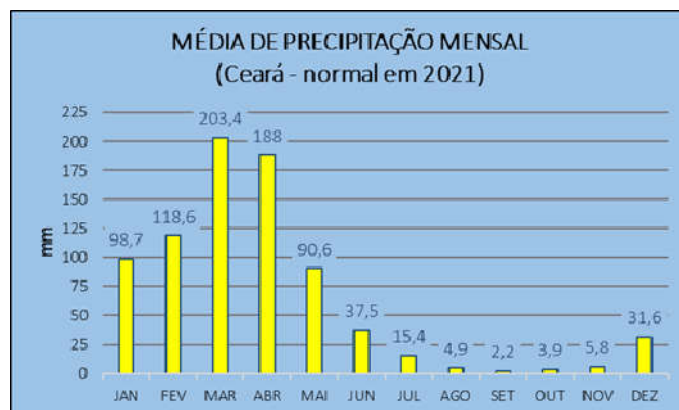
planejamento ambiental em áreas urbanas ou em processo de urbanização (SILVA et al., 2021). No Nordeste Brasileiro (NEB), é nítida a característica de haver dois períodos distintos na distribuição da precipitação, principalmente em sua região mais semiárida, em que o período chuvoso se concentra nos seis primeiros meses do ano, com um período mais seco nos outros seis meses (Alves et. al. 2017). Essa forma desigual da ocorrência de chuvas, faz com que seja importante analisar sua distribuição ao longo do tempo e espaço, gerando conhecimento para o direcionamento de ações públicas na emissão de alertas de enchentes e inundações, execução de obras e decisões na agricultura, por exemplo. O estudo da distribuição espacial das chuvas se dá através de técnicas geoestatísticas, que são realizadas no ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas). Aqui, serão abordadas as técnicas de interpolação dos dados de precipitação pelos métodos do Inverso do Quadrado da Distância – IDW e krigagem ordinária, e pelo método de Thiessen. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) tem contribuído para potencializar o entendimento da espacialização dos dados meteorológicos com diversos softwares para elaboração de mapas temáticos diversos, além do auxílio dos produtos do Sensoriamento Remoto, da Geoestatística e técnicas de análise de dados, no qual possuem grande importância nos estudos de Climatologia. Diferentes estudos têm mostrado bons resultados com o uso de técnicas geoestatísticas na representação espaço-temporal das

chuvas como Arowolo et al. (2017), Javari (2017), Medeiros et al. (2019), Rabelo e Araújo (2019), Vessia et al. (2020), Xavier Júnior et al. (2020), e Silva et al. (2021). De acordo com Wanderley et al (2014), as técnicas de geoestatística consideram que a distribuição espacial da precipitação é definida por uma função aleatória, dentro da região de estudo, preenchendo espaços que não são cobertos por estações de monitoramento. Assim, o trabalho compilou diferentes técnicas de como manipular dados pluviométricos em ambiente SIG, através da geoestatística na Região Metropolitana de Fortaleza (RMF).

Elaboração da Pesquisa

Caracterização climática da área de estudo: No Estado do Ceará, alguns sistemas atmosféricos estão presentes na dinâmica climática, causando chuvas principalmente no primeiro semestre do ano. Um deles é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que atua entre 2 e 5° de latitude sul e é o principal causador de precipitação no setor do NEB a partir de fevereiro (Alves et. al. 2006). Ela é a faixa de encontro dos ventos alísios de nordeste com os de sudeste, e sua posição coincide aproximadamente com o equador térmico (Varejão-Silva, 2006). A maior parte das chuvas no estado do Ceará, ocorrem entre fevereiro e maio. De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), esses quatro meses concentram 75% da precipitação anual (600,6 dos 800,6mm da média), como pode-se ver na figura a seguir, que aborda a distribuição espacial mensal das chuvas no estado, com base nos dados das normais mensais (Funceme, 2021).

Procedimentos metodológicos: Foram coletados dados de chuva entre os meses de fevereiro à maio de 2018. Estes quatro meses correspondem ao período com as maiores médias mensais acumuladas de precipitações no estado (Funceme, 2021).



Fonte: Funceme (2021).

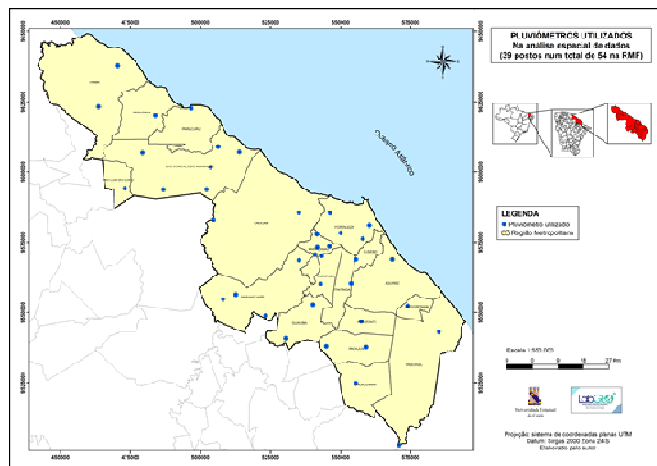
Figura 1. Médias mensais de chuva no Ceará

O total de chuva diário é contabilizado entre às 7h de um dia às 7h do outro dia. Foram somados os registros diários para totalizar os acumulados mensais e consequentemente a soma entre fevereiro e maio de cada posto pluviométrico. As séries históricas de cada pluviômetro está disponível no sítio da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), podendo ser obtidas em formato de texto. Os dados foram tabulados e organizados em distrito (onde havia o pluviômetro), município onde este pluviômetro está localizado, pluviometria acumulada entre fevereiro e maio, e as coordenadas do pluviômetro em norte (Y) e este (X), conforme Tabela 1. Já que o recorte espacial para este trabalho é a Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), a rede de postos da FUNCEME é composta por 54 pluviômetros, onde foram utilizados os dados de 39, pois estes possuíam todos os registros diários entre fevereiro e maio

Tabela 1. Chuva acumulada entre fevereiro e maio nos postos e suas coordenadas

| DISTRITO | MUNICÍPIO | PLUVIOMETRIA (mm fev à maio) | COORD. UTM (Y) | COORD. UTM (X) |
|---|-------------------------|------------------------------|----------------|----------------|
| Amanari | Maranguape | 632,00 | 9556394,844 | 512709,956 |
| Aquiraz | Aquiraz | 931,00 | 9568901,079 | 568466,119 |
| Cágado | São Gonçalo do Amarante | 579,00 | 9606898,894 | 479382,52 |
| Carrapateira (Itacima) | Guaiúba | 623,00 | 9540869,402 | 530446,896 |
| Cascavel | Cascavel | 899,80 | 9543108,793 | 585145,353 |
| Castelão | Fortaleza | 908,30 | 9578262,443 | 550090,458 |
| Caucaia | Caucaia | 857,30 | 9585500,033 | 535165,393 |
| Chorozinho | Chorozinho | 667,00 | 9524745,883 | 555507,308 |
| Cristais | Cascavel | 701,90 | 9502834,477 | 570944,13 |
| Croatá | São Gonçalo do Amarante | 901,90 | 9593764,909 | 486797,66 |
| Eusébio | Eusébio | 948,00 | 9568909,667 | 555510,203 |
| Fund. Ma. Nilva (A. Fria) | Fortaleza | 934,60 | 9580940,191 | 560335,048 |
| Guaiúba | Guaiúba | 820,00 | 9552720,649 | 540252,972 |
| Gualdrapas (Fazenda Lages) | Trairi | 709,00 | 9623229,292 | 463673,749 |
| Horizonte | Horizonte | 663,40 | 9546800,562 | 557349,768 |
| Itaipaba | Pacajús | 533,00 | 9537921,618 | 544947,633 |
| Itaitinga | Itaitinga | 802,00 | 9560346,975 | 553747,366 |
| Itapebussu | Maranguape | 647,00 | 9554682,067 | 508133,968 |
| Maracanaú | Maracanaú | 806,40 | 9570587,527 | 540933,1 |
| Maranguape | Maranguape | 828,80 | 9568572,54 | 535236,246 |
| Messejana | Fortaleza | 831,90 | 9576225,299 | 557954,129 |
| Novo Maracanaú | Maracanaú | 668,50 | 9573135,679 | 541732,981 |
| Pacajús | Pacajús | 522,30 | 9537624,484 | 559187,38 |
| Pacatuba | Pacatuba | 825,40 | 9560159,251 | 542898,942 |
| Pajucara (Museu Rodolfo Teófilo) | Maracanaú | 711,10 | 9573499,067 | 546038,524 |
| Paracuru | Paracuru | 746,70 | 9622688,876 | 496695,404 |
| Paraipaba | Paraipaba | 819,80 | 9619998,047 | 483915,555 |
| Parque São João | Maracanaú | 907,80 | 9577818,227 | 541593,164 |
| Pici | Fortaleza | 1093,40 | 9585495,385 | 546269,452 |
| Pindoretama | Pindoretama | 1005,00 | 9552315,424 | 574004,041 |
| Santo Amaro | São Gonçalo do Amarante | 819,70 | 9607151,796 | 513913,658 |
| São Gonçalo do Amarante | São Gonçalo do Amarante | 628,60 | 9593827,17 | 502251,801 |
| São Luis do Curu | São Luiz do Curu | 702,00 | 9594087,61 | 473107,795 |
| Sede | São Gonçalo do Amarante | 576,80 | 9601650,517 | 503652,521 |
| Sen. Carlos Jereissati (Escola Prof. Luiza Teodoro) | Pacatuba | 722,80 | 9570128,951 | 543322,976 |
| Sítios Novos | Caucaia | 431,10 | 9582988,54 | 504648,067 |
| Siupe | São Gonçalo do Amarante | 866,40 | 9608979,431 | 506318,328 |
| Tanques | Maranguape | 787,00 | 9548808,733 | 523274,996 |
| Trairi | Trairi | 710,60 | 9637846,589 | 470547,565 |

de 2018. A Figura 2 mostra os postos que foram utilizados na análise espacial deste trabalho.



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 2. Mapa da distribuição dos pluviômetros na RMF

Interpolação de dados: Para gerar uma representação de um conjunto de dados pontuais em uma superfície, existem modelos de representação de uma variável na superfície terrestre: o determinístico de efeito local (Inverso do Quadrado da Distância – IDW) e o de efeito global (krigagem ordinária) (Druck et.al 2004). O IDW e a krigagem ordinária são técnicas de espacialização de dados que fazem parte da análise de contiguidade, nos quais “refere-se aos procedimentos matemáticos envolvendo o atributo de um determinado pixel e os atributos dos pixels imediatamente seus vizinhos” (Silva, 2003). Outra forma de representação de dados no mundo real são os Polígonos de Thiessen, ou método de Thiessen (1911), desenvolvido mediante aplicação da teoria do diagrama de Voronoi para o cálculo da precipitação média em uma região (Marciano, Barbosa E Silva, 2017). Esse método cria áreas de influência de cada pluviômetro utilizado na análise espacial. Essas técnicas são formas de representação do mundo real (ou superfície contínua) e que, ao fim das análises e geração dos produtos, se possa chegar o mais próximo possível da distribuição espacial daquele atributo na superfície terrestre. A seguir eles serão descritos e terão seus produtos (mapas e tabelas) apresentados.

Método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW): Esta forma de análise espacial foi criada por Davis (1986) e Franke (1982), de acordo com Silva (2003) e, como dito anteriormente, o método da interpolação de dados através do Inverso do Quadrado da Distância (IDW) é um modelo determinístico de efeito local, no qual as amostras são analisadas de acordo com as proximidades de cada uma delas, não considerando a variabilidade do espaço. Dados interpolados que foram calculados a partir de um ponto x, serão mais próximos a este ponto do que outros dados que foram interpolados para um outro ponto y, por exemplo. Ou seja, a influência de um dado pontual em relação a outro diminui com o aumento da distância. O IDW gera uma superfície contínua (em formato raster, num ambiente SIG) se comportando como um interpolador exato e bastante rápido, quando a análise envolve menos de 500 pontos (Silva, 2003). A seguir, a equação 1 usada neste método:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{z_i}{r_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_{ij}^\beta}} \quad (1)$$

onde, z é a medida de interpolação; z_i é o vizinho do ponto a ser interpolado; r_{ij} é a medida da distância; e β é o fator de ponderação. Após o cálculo da interpolação de uma série de dados (no caso os pluviômetros da RMF), é gerada uma superfície com círculos concêntricos, um pouco deformados, que podem ser chamados de

“olhos de touro”, mostrando as áreas de influência de cada dado pontual.

Método da Krigagem: Esse termo, krigagem, é em homenagem ao seu criador, Daniel G. Krige, engenheiro de minas sul africano. Tal técnica foi usada em reservas de minas, na qual foi usado médias móveis para evitar a superestimação de reservas minerais em determinados locais. Podemos fazer um comparativo das interpolações através de dois tipos de visualização: por intervalos iguais e por quebras naturais (Jenks). A observação dos dados através da quebra natural é mais perceptível, pois, esse método identifica mudanças significativas que ocorrem em uma série de dados, destacando de forma clara os grupos existentes, não incluindo registros discrepantes na série em questão, que podem mascarar a diferenciação de classes, caso este conjunto de dados apresente uma alta dispersão. O método geostatístico da krigagem é um interpolador conhecido por vários trabalhos científicos e com margens de erros pequenos comparados a outros interpoladores e métodos. O processo de interpolação compreende um conjunto de estimadores baseados no semivariograma com a equação 2.

$$Y(h) = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (Z(X_i) - Z(X_i + h)) \quad (2)$$

Método de Thiessen: Essa metodologia foi adaptada para a meteorologia pelo meteorologista Alfred H. Thiessen, que utilizou o princípio do Diagrama de Voronoi (onde é possível observar questões sobre proximidade, como por exemplo, qual o local mais próximo de um ponto ou regiões mais desocupadas). O método de Thiessen gera áreas de influências de uma rede de pontos utilizados (neste caso, os pluviômetros da Região Metropolitana de Fortaleza). São formados, na superfície, polígonos entre os pluviômetros, da seguinte forma, de acordo com Marciano, Barbosa e Silva (2017): os pontos são unidos por trechos retilíneos, ligando cada um deles; em cada trecho retilíneo são traçadas linhas perpendiculares sobre suas mediatrizes; é realizado o prolongamento de cada mediatriz até o encontro de outras. Os polígonos de Thiessen são formados pela interseção das linhas das mediatrizes. Assim, forma-se a área de influência de cada pluviômetro. Esse método serve para cálculo de precipitação média de áreas (muito utilizado em estudos de bacias hidrográficas), diferenciando-se de uma média aritmética, pois, através dele, cada polígono formado terá um fator de peso, mostrando as áreas dos pluviômetros mais e menos representativas, ou seja, quantifica a contribuição de cada área de influência de um pluviômetro. Também assume que em qualquer ponto da bacia o valor da precipitação é igual à medida no posto pluviométrico mais próximo (Camurça, 2011).

É calculada a média ponderada para cada polígono gerado e que, ao final, estas serão somadas e o resultado é a precipitação pelo método de Thiessen. No caso desse estudo, foi gerada a precipitação média da RMF entre fevereiro e maio de 2018. Abaixo seguem os cálculos matemáticos que demonstram o fator de peso de cada polígono “W_i” e a média de precipitação “ \bar{P} ” de acordo com Marciano, Barbosa e Silva (2017) e Camurça (2011). O cálculo do fator de peso “W_i” é expresso pela equação 3

$$W_i = \frac{A_i}{A} \quad (3)$$

onde, W_i é o fator de peso; A_i é a área de influência da estação; e A é a área total da RMF. Já para o cálculo da precipitação média, é a seguinte (Equação 4):

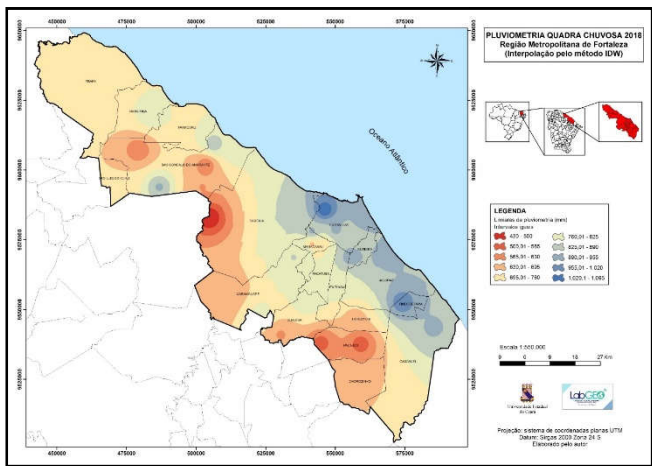
$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A} \quad (4)$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Distribuição das Chuvas na Região Metropolitana de Fortaleza pelo método IDW: A observação dos dados através da quebra natural

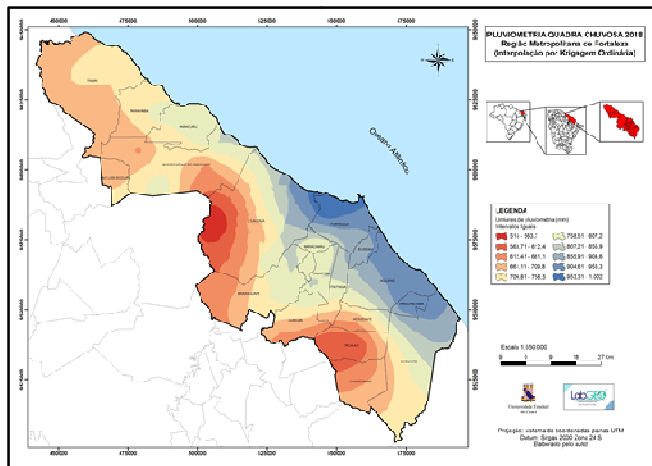
é mais perceptível, pois, esse método identifica mudanças significativas que ocorrem em uma série de dados, destacando de forma clara os grupos existentes, não incluindo registros discrepantes na série em questão, que podem mascarar a diferenciação de classes, caso este conjunto de dados apresente uma alta dispersão. Abaixo, os dois mapas elaborados (Figuras 3 e 4), onde é mais perceptível a divisão dos “olhos de touro” pelas quebras naturais. A Figura 3 mostra a interpolação por IDW com os intervalos iguais. Nele podemos observar a pluviometria estimada na RMF, onde a parte do litoral leste (entre Fortaleza e Cascavel), apresentam os maiores índices pluviométricos. Já a parte mais interiorana da região (em direção à Depressão Sertaneja), mostra uma pluviometria mais branda. Já o mapa da Figura 4 mostra o mesmo método de interpolação, pelo Inverso do Quadrado da Distância, com o mesmo número de intervalos (10), mas elaborado pelas quebras naturais. Nele é possível notar um maior detalhamento, uma maior geração dos “olhos de touros”, em relação ao mapa anterior. É possível identificar esse maior refinamento na espacialização da pluviometria nos municípios de São Gonçalo do Amarante, Pacajus e Paraipaba, por exemplo. Fazendo uma analogia entre os dois mapas, a espacialização da chuva é abordada de forma semelhante, os locais de maior e menor precipitação se assemelham, apenas o que vai diferenciar é o detalhamento de mais ou menos áreas de pluviometria.

leste da RMF apresentando maiores acumulados em relação ao sul e oeste da região, por exemplo. Os produtos feitos pela krigagem se diferenciam pelo fato de apresentarem superfícies mais contínuas, menos “circulares”, se comparadas ao método IDW. A seguir, serão apresentados mapas que mostram a diferença da krigagem. Suas elaborações foram da mesma forma que os do método do IDW, utilizando a mesma série temporal e espacial de dados, e dez intervalos na legenda de pluviometria (utilizando os intervalos iguais e as quebras naturais). A Figura 5 mostra o modelo utilizando os intervalos de pluviometria de forma igual. As áreas que apresentam as maiores e menores precipitações (litoral leste e interior da RMF, respectivamente), se assemelham às modeladas pelo método IDW, mas, de forma mais suave, gerando áreas estimadas de pluviometria mais estendidas, alastradas. Já o mapa da Figura 6 mostra o mesmo método de interpolação que o anterior, mas elaborado pelas quebras naturais. Nele também é possível notar um maior detalhamento, assim como o de IDW com as quebras naturais, em relação ao mapa anterior. É possível identificar esse maior refinamento na espacialização da pluviometria nos municípios de São Gonçalo do Amarante, Pacajus e Paracuru, por exemplo. Comparando os dois mapas da distribuição da precipitação pela krigagem, o resultado é bem semelhante, seja ele elaborado com os intervalos iguais ou utilizando as quebras naturais para determinar seus limiares de pluviometria, diferenciando apenas no refinamento das áreas de precipitação. De acordo com Rabelo e Almeida (2019) em seu trabalho em um município do semiárido, argumentou que a krigagem como método estatístico leva em consideração a posição e a relação espacial entre os dados, sendo necessário observar a variância dos dados para melhor conclusão, quanto mais dados espacializados, melhor será o resultado do método.



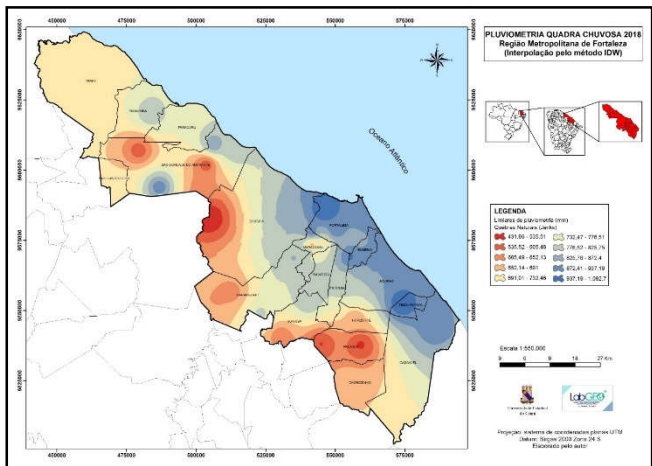
Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 3. Mapa de interpolação pelo método IDW com intervalos iguais



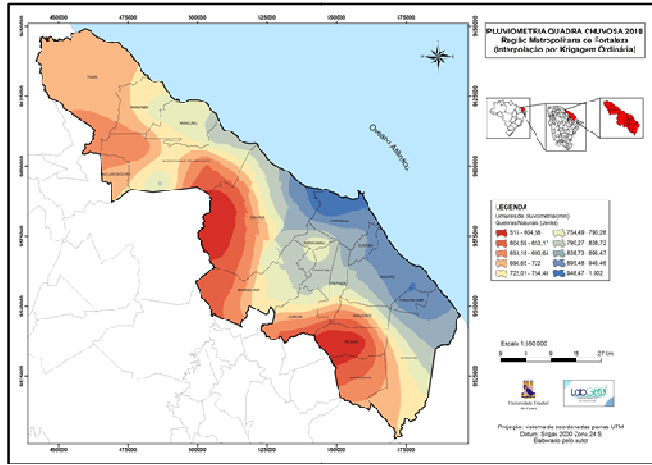
Fonte: elaborado pelos autores

Figura 5. Mapa de interpolação pelo método da Krigagem com intervalos iguais



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 4. Mapa de interpolação pelo método IDW com quebras naturais



Fonte: elaborado pelos autores.

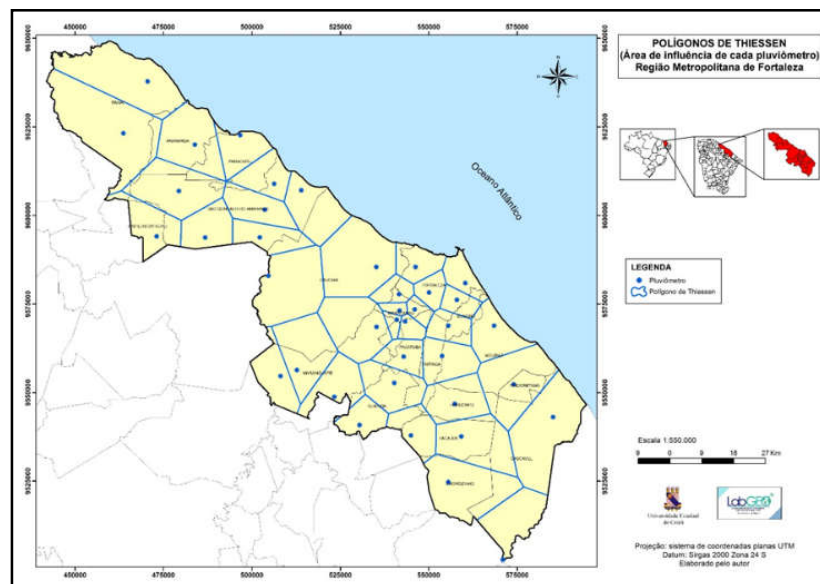
Figura 6. Mapa de interpolação pelo método da Krigagem com intervalos por quebras naturais

Distribuição das Chuvas na Região Metropolitana de Fortaleza pelo método da Krigagem: Outro método utilizado para a distribuição dos dados pluviométricos na superfície, foi o mapeamento com base no método da krigagem ordinária, que também mostra a irregularidade espacial das chuvas com as médias calculadas dos últimos anos (assim como a interpolação por IDW), com o litoral

Quadro 1. Elaboração da precipitação média da RMF pelo método de Thiessen e comparativo com a média aritmética (utilizando dados de fevereiro à maio de 2018)

| Distrito | Município | Pluviom. observada (fev. à mai. de 2018) | Área de influência do pluviômetro (Ai (km ²)) | Fator de peso por polígono (wi) | Média ponderada por polígono (p) |
|-----------------------------|-------------------------|--|---|--|---|
| Amanari | Maranguape | 632,00 | 263,25 | 0,04 | 22,38 |
| Aquiraz | Aquiraz | 931,00 | 167,13 | 0,02 | 20,93 |
| Cágado | São Gonçalo do Amarante | 579,00 | 296,01 | 0,04 | 23,05 |
| Carrapateira (Itacima) | Guaiúba | 623,00 | 107,62 | 0,01 | 9,02 |
| Cascavel | Cascavel | 899,80 | 406,55 | 0,05 | 49,20 |
| Castelão | Fortaleza | 908,30 | 67,28 | 0,01 | 8,22 |
| Caucaia | Caucaia | 857,30 | 371,56 | 0,05 | 42,85 |
| Chorozinho | Chorozinho | 667,00 | 333,11 | 0,04 | 29,89 |
| Cristais | Cascavel | 701,90 | 200,44 | 0,03 | 18,92 |
| Croatá | São Gonçalo do Amarante | 901,90 | 157,46 | 0,02 | 19,10 |
| Eusébio | Eusébio | 948,00 | 97,76 | 0,01 | 12,47 |
| Fund. Ma. Nilva (Água Fria) | Fortaleza | 934,60 | 93,83 | 0,01 | 11,80 |
| Guaiúba | Guaiúba | 820,00 | 188,46 | 0,03 | 20,79 |
| Gualdrapas (Fazenda Lages) | Trairi | 709,00 | 528,09 | 0,07 | 50,36 |
| Horizonte | Horizonte | 663,40 | 193,61 | 0,03 | 17,28 |
| Itaipaba | Pacajús | 533,00 | 136,13 | 0,02 | 9,76 |
| Itaitinga | Itaitinga | 802,00 | 161,58 | 0,02 | 17,43 |
| Itapebussu | Maranguape | 647,00 | 153,89 | 0,02 | 13,39 |
| Maracanaú | Maracanaú | 806,40 | 25,02 | 0,00 | 2,71 |
| Maranguape | Maranguape | 828,80 | 276,60 | 0,04 | 30,84 |
| Messejana | Fortaleza | 831,90 | 66,17 | 0,01 | 7,40 |
| Novo Maracanaú | Maracanaú | 668,50 | 23,46 | 0,00 | 2,11 |
| Pacajús | Pacajús | 522,30 | 271,60 | 0,04 | 19,08 |
| Pacatuba | Pacatuba | 825,40 | 106,34 | 0,01 | 11,81 |
| Pajucara (Museu R. Teófilo) | Maracanaú | 711,10 | 41,31 | 0,01 | 3,95 |
| Paracuru | Paracuru | 746,70 | 137,15 | 0,02 | 13,78 |
| Paraipaba | Paraipaba | 819,80 | 278,14 | 0,04 | 30,67 |
| Parque São João | Maracanaú | 907,80 | 68,00 | 0,01 | 8,30 |
| Pici | Fortaleza | 1093,40 | 112,39 | 0,02 | 16,53 |
| Pindoretama | Pindoretama | 1005,00 | 321,34 | 0,04 | 43,44 |
| Santo Amaro | São Gonçalo do Amarante | 819,70 | 219,13 | 0,03 | 24,16 |
| São Gonçalo do Amarante | São Gonçalo do Amarante | 628,60 | 141,57 | 0,02 | 11,97 |
| São Luis do Curu | São Luiz do Curu | 702,00 | 172,94 | 0,02 | 16,33 |
| Sede | São Gonçalo do Amarante | 576,80 | 157,92 | 0,02 | 12,25 |
| Sen. Carlos Jereissati | Pacatuba | 722,80 | 41,92 | 0,01 | 4,08 |
| Sítios Novos | Caucaia | 431,10 | 337,16 | 0,05 | 19,55 |
| Siupe | São Gonçalo do Amarante | 866,40 | 140,98 | 0,02 | 16,43 |
| Tanques | Maranguape | 787,00 | 159,27 | 0,02 | 16,86 |
| Trairi | Trairi | 710,60 | 412,33 | 0,06 | 39,41 |
| RESULTADOS | | PRECIP. MÉDIA (mm) (Média Aritmética) | ÁREA RMF (km²) | TOTAL SOMA DOS FATORES DE PESO (Wi) | PRECIPITAÇÃO MÉDIA (Método de Thiessen) (mm) |
| | | 763,34 | 7.434,48 | 1,00 | 748,49 |

Fonte: elaborado pelos autores.



Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 7. Áreas de abrangência dos pluviômetros pelo método de Thiessen

Método de Thiessen: Foram obtidas as médias de precipitação da RMF pela média aritmética e pelo método de Thiessen, onde estas serão comparadas através de uma planilha. O Quadro 1 mostra a precipitação observada para os meses de fevereiro à maio de 2018 em cada um dos pluviômetros utilizados. Também mostra a área de influência (em km²) de cada pluviômetro (polígonos que foram gerados), o fator de peso e a média ponderada de cada área. Assim, pode-se observar os resultados obtidos pela média aritmética e por Thiessen para a série de dados, onde ambas estão aproximadas. A diferença entre elas é de 14,85mm e a precipitação média pelo método de Thiessen se aproxima em 98,1% da média aritmética. De acordo com a Figura 7, quanto maior a densidade de pluviômetros, menor será sua área de atuação. No entanto, o método irá retratar melhor o regime de precipitações de um local, pois os pluviômetros que abarcam uma grande área podem não representar com mais propriedade o regime de chuvas daquele local, ou seja, perdendo fatores que retratam um microclima diferenciado como relevos mais elevados ou áreas litorâneas, por exemplo. No mapa, o pluviômetro que abarca a maior área é o de Gualdrapas (Fazenda Lages), em Trairi, com 528,09 km². Já o que representa uma menor área é o de Novo Maracanaú, em Maracanaú, com 23,46 km².

CONCLUSÃO

Cada técnica mostrada anteriormente tem o seu propósito. O IDW e a krigagem permitem estimar uma área que possui a mesma precipitação. No caso da RMF, podemos ver que o litoral leste apresentou os maiores acumulados de chuva entre fevereiro e maio de 2018, e, na parte sul e sudoeste de Pacajus e Caucaia, os menores registros. Tanto a interpolação pelo IDW e pela krigagem ordinária tiveram resultados semelhantes no que corresponde a mostrar as áreas com maior e menor acumulado de chuva. Já a espacialização da pluviometria pelo método de Thiessen permite estimar a área de influência de cada um dos pluviômetros utilizados na pesquisa, quantificando esta influência tanto em m² quanto percentualmente, em relação à área total da Região Metropolitana de Fortaleza. A média de precipitação por este método fica muito próxima da média aritmética (98,1%), apresentando boa confiabilidade. Mostrou também o posto com a maior e menor área de influência (Gualdrapas, em Trairi e Novo Maracanaú, em Maracanaú, respectivamente). Postos com grandes áreas de influência podem indicar que um local é deficiente de pluviômetros, sendo necessário a instalação de outros mais próximos, para uma coleta de dados mais detalhada. Para a análise de dados de clima em determinado local, é necessário que se tenha uma continuidade na série temporal e confiabilidade nos dados, para retratar com maior acurácia sua realidade climática. A geração dos produtos de como uma variável climática se distribui no espaço, são ferramentas importantes para agricultura, pecuária, obras de engenharia, planejamento urbano e auxílio também em pesquisas de vulnerabilidade socioambiental.

REFERENCES

- Alves, J. M. B. et al. Eventos extremos diários de chuva no Nordeste do Brasil e características atmosféricas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, [S. I.], v. 32, n. 2, p. 227-233, mar. 2017.
- Alves, J. M. B. et al. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o Nordeste do Brasil durante janeiro de 2004. *Revista Brasileira de Meteorologia*, [S. I.], v. 1, n. 21, p. 56-76, abr. 2006.
- Arowolo, A.O.; Bhowmik A.K.; Qi, W.; Deng, X. Comparison of spatial interpolation techniques to generate high - resolution climate surfaces for Nigeria. *Int. J. Climatol.*, v.37, p. 179-192, 2017.
- Câmara, G.; Monteiro, A.M.V. Conceitos básicos da ciência da geoinformação. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V., organizadores. *Introdução à ciência da geoinformação*. Acessado em 18 jul. 2021. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/index.html>
- Camurça, P. J. Cálculo da Precipitação média de forma automática pelo método de Thiessen e avaliação da precipitação na bacia do Jaguaribe. 2011. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Física, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2011.
- Conway, D.; Van Garderen, E.A.; Deryng, D.; Dorling, S.; Krueger, T.; Landman, W.; Lankford, B.; Lebek, K.; Osborn, T.; Ringler, C.; Thurlow, J.; Zhu, T.; Dalin, C. Climate and southern Africa's water-energy-food nexus. *Nat. Clim. Change*, v. 5, p. 837-846, 2015.
- Duc, K. N.; Ancev, T.; Randall, A. Evidence of climatic change in Vietnam: Some implications for agricultural production. *Journal of Environmental Management*, V. 231, p. 524-545, 2019.
- FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Calendário das chuvas. Disponível em: <http://www.funceme.br/app-calendario/ano/ceara/media/2021>. Acesso em: 17 fev. 2022.
- Gois G.; Oliveira-Júnior J.F.; Silva Junior, C.A.; Obral, B.S.S, Bodas Terassi, P.M.; Junior, A.H.S.L. Statistical normality and homogeneity of a 71-year rainfall dataset for the state of Rio de Janeiro Brazil *Theor. Appl. Climatol.*, V. 14,1 E.3, p. 1573-1591, 2020.
- Javari, M. Geostatistical modeling to simulate daily rainfall variability in Iran. *Cogent Geosci.*, v. 3, e. 1, p. 1416877, 2017.
- Kundu S.; Khare, D.; Mondal, A.; Mishra, P.K. Analysis of spatial and temporal variation in rainfall trend of Madhya Pradesh, India (1901–2011). *Environ. Earth Sci.*, V. 73, p. 8197-8216, 2015.
- Lima, A.O.; Lyra, G.B.; Abreu, M.C.; Oliveira-Júnior, J.F., Zeri, M., Cunha-Zeri, G. Extreme rainfall events over Rio de Janeiro state, Brazil: characterization using probability distribution functions and clustering analysis. *Atmos. Res.*, v. 247 p. 105221, 2021.
- Marciano, A. G.; Barbosa, A. A.; Silva, A. P. M. Cálculo de precipitação média utilizando método de Thiessen e as linhas de cumeada. *Ambiente e Agua. An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v. 13, n. 1, p. 1-9, dez. 2017. Instituto de Pesquisas Ambientais em Bacias Hidrograficas (IPABHi). <http://dx.doi.org/10.4136/1980-993x>.
- Medeiros, E.S.D.; Lima, R.R.D.; Olinda, R.A.D.; Santos, C.A.C.D. Modeling spatiotemporal rainfall variability in Paraíba, Brazil. *Water*, v. 11, e. 9, p. 1843, 2019.
- Nam, W.H, Hong, E.-M, Baigorria, G.A. How climate change has affected the spatio-temporal patterns of precipitation and temperature at various time scales in North Korea *Int. J. Climatol.* V. 36, p. 722-734, 2016.
- Rabelo, D. R.; Almeida, I. C. S. Uso do geoprocessamento na interpolação de dados pluviométricos no município de Junco do Seridó, PB. *Revista CC&T –Centro de Ciências e Tecnologia da UECE, Fortaleza/CE*, v. 1, n. 1, p. 36-53, jan/jul. 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/CC&T/>.
- Rabelo, D. R.; Araújo, J. C.. Estimativa e Mapeamento da Erosão Bruta na Bacia Hidrográfica do Rio Seridó, Brasil. *Rev. Bras. Geomorfol. (Online)*, São Paulo, v.20, n.2, p.361-372, 2019.
- Ramos, A.M.; Cortesi, N.; Trigo, R.M. Circulation weather types and spatial variability of daily precipitation in the Iberian Peninsula *Front. Earth Sci.*, V. 2, p. 25, 2014.
- Silva, A. B. *Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*. Campinas: Editora Unicamp, 2003.
- Silva, M. V.; Pandorfi, H.; Jardim, A. M. R. F.; Oliveira Júnior, J. F.; Divinçula, J. S.; Giongo, P. R.; Silva, T. G. F.; Almeida, G. L. P.; Lopes, P. M. O. Spatial modeling of rainfall patterns and groundwater on the coast of northeastern Brazil. *Urban Climate*, V. 38, 100911, 2021.
- Thiessen, A. H. *Precipitation Averages for Large Areas*. *Mon. Wea. Rev.* v. 39, p. 1082–1089. 1911.
- Varejão-Silva, M. A. *Meteorologia e Climatologia*. 2. ed. Recife: Versão Digital, 2006. Disponível em: https://icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf. Acesso em: 25 fev. 2022.
- Vessia, G.; Di Curzio, D.; Chiaudani, A., Rusi, S. Regional rainfall threshold maps drawn through multivariate geostatistical

- techniques for shallow landslide hazard zonation. *Sci. Total Environ*, v. 705, p. 135815, 2020.
- Wanderley, H. S.; Amorim, R. F. C.; Carvalho, F. O. Interpolação espacial de dados médios mensais pluviométricos com redes neurais artificiais. *Rev. bras. meteorol.* V. 29, Set, 2014. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130639>
- Xavier Júnior, S. F.; Jale, J. S.; Stosic, T.; Santos, C. A. C.; Singh, V. Precipitation trends analysis by Mann-Kendall test: a case study of Paraíba, Brazil. *Rev. bras. meteorol.* V. 35, Apr-Jun, 2020.
