

ANÁLISE DE MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

Daniel de Oliveira Sena¹, Nazaré Suziane Soares², Carlos Alexandre Gomes Costa³

RESUMO: A importância de se estimar com acurácia certos aspectos meteorológicos como taxas de evapotranspiração potencial e precipitação reside na aplicabilidade desses dados. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a resposta de métodos interpolação na distribuição espacial da evapotranspiração em condições típicas do semiárido brasileiro. Para isso, foram utilizadas quatro estações meteorológicas no entorno da estação meteorológica de Aiuaba. Foram testados três diferentes métodos de interpolação por meio de software de análises georreferenciais que, juntamente com uma série de dados históricos disponibilizados em plataformas confiáveis, possibilitou estimar a taxa de evapotranspiração média anual para a bacia hidrográfica do Benguê observada variando de 2006 a 2052 mm. O método de ponderação que melhor representou a evapotranspiração observada foi a malha irregular triangulada linear.

PALAVRAS-CHAVE: hidrologia, geostatística, semiárido brasileiro

ANALISING INTERPOLATION METHODS USED TO MENSURE POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN SEMI-ARID WEATHER

ABSTRACT: The importance to accurately estimate the climatic variables and potential evapotranspiration rates of a region is directly related with the applicability of this weather data. The objective of this work was to evaluate the response of interpolation methods in the spatial distribution of evapotranspiration in the Brazilian semiarid region. It was used four points around the basin related to the location of the weather station of Aiuaba. Different interpolation methods were tested using a georeferential analysis software which, joined with a series of historical data made available on reliable platforms, was possible to estimate the annual average evaporation rate for the Benguê catchment as being between the range of 2006

¹Graduando em agronomia, Universidade Federal do Ceará (UFC), (85) 9711-5229, dnlsena22@alu.ufc.br.

²Doutoranda no PPG de Engenharia Agrícola da UFC.

³Professor do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC.

to 2052 mm. The accurate values were acquired by the linear triangulated irregular network interpolation method.

KEYWORDS: hydrology, geostatistics, Brazilian semiarid

INTRODUÇÃO

A importância de se avaliar a evapotranspiração potencial (ETP) de uma determinada área se evidencia no fato de ser a variável mais ativa do ciclo hidrológico e a principal componente no cálculo do balanço hídrico (CARVALHO et al., 2015), servindo como parâmetro para o entendimento das configurações climáticas de uma dada região. A compreensão dessas configurações viabiliza diversas aplicações relacionadas como análises de risco de incêndio florestal (ALVES & NÓBREGA, 2011) e até mesmo projetos de desenvolvimento do setor energético (MARTINS et al., 2007). Dentre as diversas finalidades essas análises destaca-se a adequação de novas tecnologias, o planejamento de atividades socioeconômicas e até a previsão de desastres climáticos, possibilitando a implementação de medidas preventivas eficazes na redução dos possíveis danos (ATAIDES & FURTADO, 2014). Contudo, existem muitas dificuldades envolvidas quando o assunto é estimar a ETP de uma dada área. Essas dificuldades derivam tanto da ausência de estações meteorológicas suficientes na área estudada como também da acurácia histórica dos dados fornecidos por estações já presentes e devidamente instaladas. Esses dados estão sujeitos à influência de uma série de fatores não controlados relacionados a anomalias no registro das variáveis meteorológicas e desvios nas medidas padrão (SODRÉ & RODRIGUES, 2013). Alguns desses fatores podem ser eventos extremos derivados da variabilidade espacial e sazonal do clima médio, oscilações interanuais, dentre outros. Conforme estabelecido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1989), para se determinar o clima de uma dada região é preciso dispor de um histórico de dados meteorológicos de no mínimo 30 anos; só então, partir deste montante de dados, pode ser estabelecida uma normal climatológica.

Com a ciência das informações acima mencionadas, objetivou-se estimar, por meio de interpolação, a evapotranspiração potencial (ETP) na bacia do açude Benguê em Aiuaba-CE.

MATERIAL E MÉTODOS

A área analisada foi a que compreendia as proximidades em torno da bacia hidrográfica do açude do Benguê, localizada no município de Aiuaba – CE (Figura 1), uma região de clima

característico semiárido, segundo os critérios de classificação climática de Köppen. A bacia do açude Benguê têm uma área de 933,0 km² e capacidade de armazenar um volume de 19,5 hm³ de água, sendo uma fonte de recursos hídricos indispensável para o desenvolvimento socioeconômico da região (ATLAS, 2015).

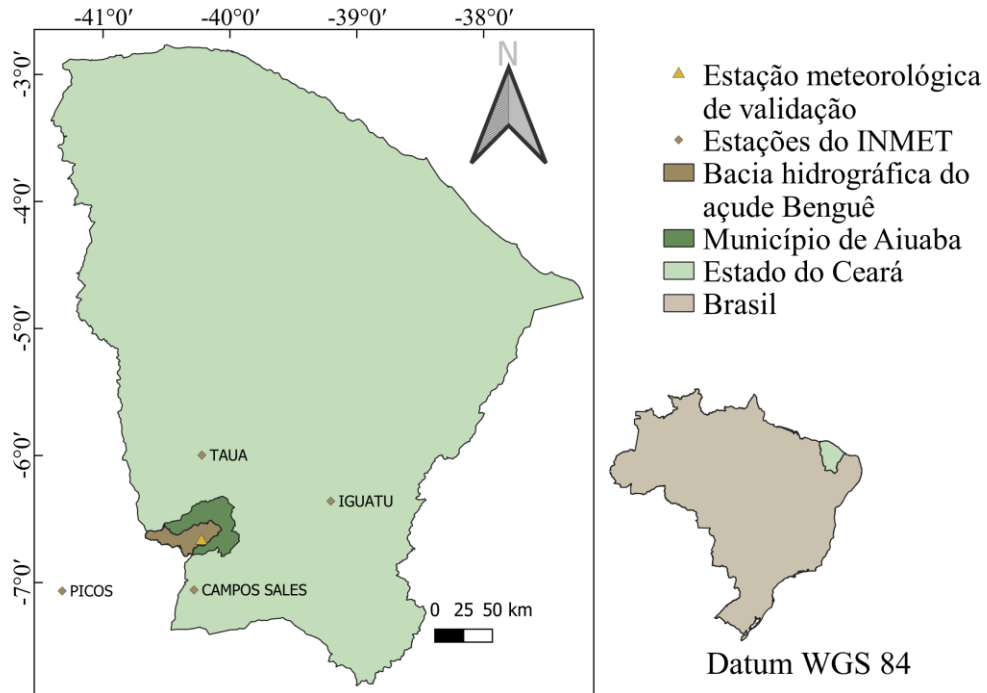


Figura 1. Mapa do estado do Ceará com localização da bacia hidrográfica do Açude do Benguê cercada pelas estações dos municípios de Iguatu, Campos Sales, Tauá e Picos.

Os dados utilizados foram disponibilizados pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos) que continha histórico das medidas de variáveis climáticas e os valores de ETP organizados em média mensal e anual correspondente ao período compreendido entre 1981 e 2010. Foram consideradas as estações meteorológicas automáticas em torno da bacia, mais especificamente, as instaladas nos municípios de Iguatu-CE, Tauá-CE, Campos Sales-CE e Picos-PI. Foram considerados também dados de uma das estações da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (<http://www.funceme.br/pcd/home>) situada na área abrangida pela bacia para validação dos modelos. As informações de média mensal de ETP obtidas de todas as estações automáticas do Brasil no dado período foram transplantadas para planilhas no Excel e adequadas aos fins deste trabalho.

Para todas as ponderações, foram utilizados os pontos onde estavam localizadas cada uma das quatro estações automáticas do INMET mais próximas. Os dados fornecidos pela plataforma, usados como base para este trabalho, estão representados na tabela 1. Trata-se dos

registros médios mensais e anuais da ETP compreendidos entre o período de 1981 a 2010 para cada uma das estações automáticas.

Tabela 1. Valores de ETP média anual e mensal disponibilizados na plataforma do INMET

Código	Nome da Estação	UF	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior
82777	CAMPOS SALES	CE	171,2	130,7	133,3	116,6	113,1
82686	IGUATU	CE	233,4	173,7	182,6	149,9	150,4
82683	TAUA	CE	221,4	171,4	180,2	144,4	141,7
82780	PICOS	PI	251,9	180,7	179,1	159,0	174,3
Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Média anual
106,8	115,2	136,1	160,8	187,1	182,9	190,4	145,4
134,7	156,9	191,1	208,1	241,1	241,3	259,2	193,5
131,7	151,6	179,2	200,4	224,5	224,7	232,5	183,6
166,1	179,5	223,4	274,4	325,7	321,3	313,3	229,1

Os valores médios de ETP mensal e anual do período de 1981 a 2010 foram trabalhados de modo a fornecer o somatório da ETP média anual que, juntamente com os valores somados da PPT média, evidenciaram a proporção do déficit hídrico médio anual. Uma vez de posse dos dados das quatro estações automáticas acima citadas, foi calculado um somatório das médias mensais de ETP para cada estação que foi comparado com a precipitação (PPT) anual, também fornecida no site do INMET. Estes valores foram então utilizados na estimativa da ETP para a região da bacia por meio de três diferentes técnicas de interpolação espacial, sendo os dados da estação da FUNCEME localizada na bacia usados como parâmetro para determinar qual dos métodos mais se aproximou a valor observado para ETP neste caso.

Os tipos de interpolação testados foram três: ponderação pelo inverso da distância (IWD) e ponderação por malha irregular triangulada (TIN) linear e cúbica. Basicamente, a ponderação pelo inverso da distância se dá na estimativa do valor de um dado ponto com base na distância elevada a alguma potência entre este ponto e os demais pontos nas proximidades de valor conhecido (XAVIER et Al., 2010). Quanto à ponderação TIN linear, consiste no desenho de uma malha, que apresenta um padrão triangulado, entre os pontos para se estimar o valor de um dado ponto entre eles, assumindo que a variação do fenômeno distribuído no espaço varia linearmente; na cúbica, essa variação se dá em função de um expoente do terceiro grau. Vale salientar que ambas consideram o princípio de que os valores mais próximos provavelmente estão mais relacionados.

Quanto à ferramenta de edição e análise dos dados georreferenciados utilizada no processo foi o software livre QGIS 3.6, programa amplamente utilizado em variados ramos das ciências ambientais e tido como uma abrangente plataforma de processamento e divulgação do conhecimento (BRUNO, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O déficit hídrico médio anual, conforme é descrito na Tabela 2, se mostrou mais intenso para os municípios de Picos-PI, 1953 mm; Tauá-CE, 1604 mm; e Iguatu-CE, 1339,3 mm; apresentando valores bem expressivos que fazem jus à classificação de região semiárida (SCHMIDT et al., 2018). É conferida também uma maior confiabilidade à ETP observada no posto de validação, dado que seu valor está na mesma faixa compreendida pelos valores registrados pelas estações automáticas, apesar de não possuir a mesma robustez histórica.

Tabela 2. Valores de ETP média anual, precipitação e déficit hídrico para as estações meteorológicas automáticas do INMET

Código	Nome da Estação	Somatório ETP (mm)	PPT anual (mm)	Déficit hídrico simplificado(mm)
82777	CAMPOS SALES	1744,2	599,1	1145,1
82686	IGUATU	2322,4	983,1	1339,3
82683	TAUA	2203,7	599,8	1603,9
82780	PICOS	2748,7	795,4	1953,3

Do cálculo realizado no software QGIS, usando como ponto de partida a ETP média anual das quatro estações em torno do reservatório, foram obtidos, também os respectivos valores: 1896 – 2149 mm para ponderação pelo inverso da distância; 1885 – 2236 mm para a ponderação de malha irregular triangulada cúbica; e 1885 – 2324 mm para a ponderação de malha irregular triangulada linear conforme é mostrado na Figura 2. A ETP observada na estação localizada no interior da bacia alcançou um valor em torno de 2464 mm. Na Tabela 3, podem ser observados os valores em resumo para melhor comparação entre os métodos de interpolação. Os valores foram adicionados tanto em termos pontuais (valor da célula onde a estação está inserida) como também em termos médios para a área da bacia do Benguê, indicando o método melhor sucedido para estimativas pontuais ou para outras mais abrangentes.

Não obstante a significativa diferença entre os valores médios obtidos por meio das diferentes técnicas de interpolação e o valor observado na estação (ponto de validação), foi possível notar os métodos de interpolação de melhor sucesso. Para tal, assumiu-se que os métodos que forneceram valores mais aproximados do observado no ponto de validação seriam os mais adequados para esse tipo de situação. Isso ocorre devido a diversos fatores de variação responsáveis pelo erro como algumas limitações dos modelos matemáticos e a ausência de um robusto acervo de informações relativas ao posto de observação. Em termos gerais, a ponderação por “TIN linear” foi a que mais se aproximou do valor para ETP

observado, enquanto que o método IDW foi o que mais se aproximou do valor da célula correspondente à localização do ponto de validação.

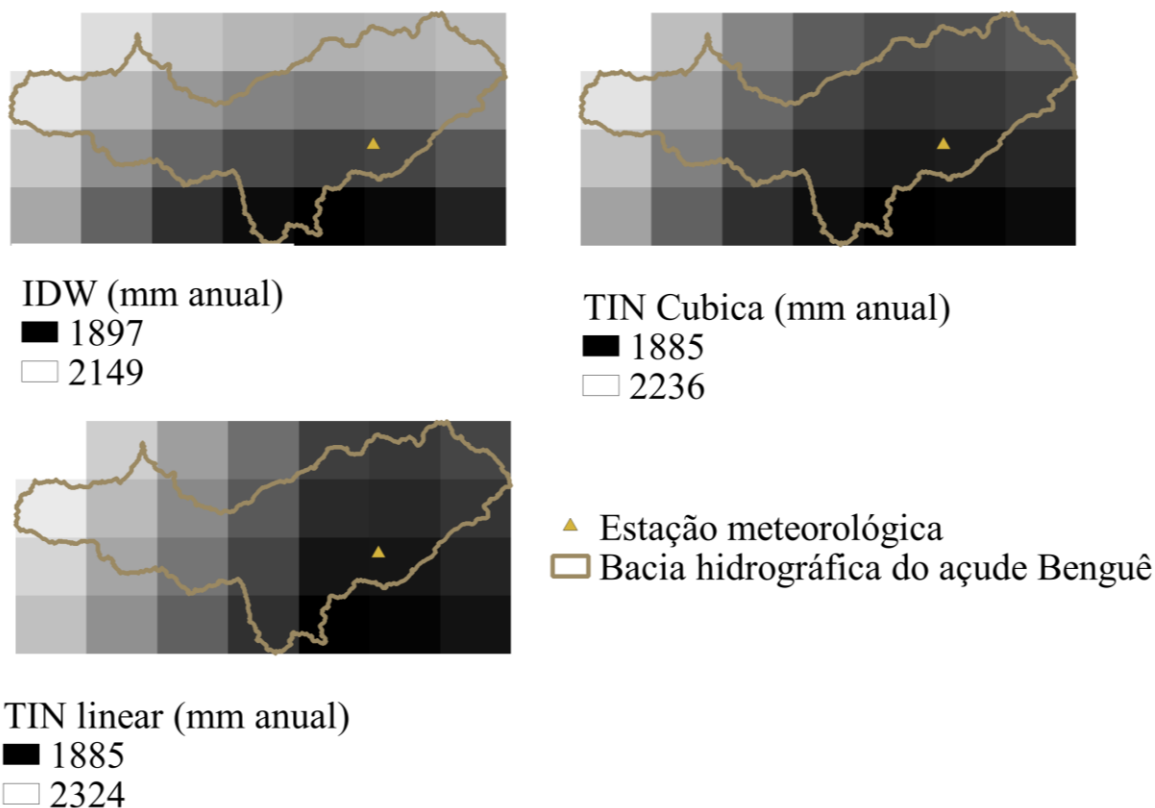


Figura 2. Métodos de ponderação pelo inverso da distância (IDW) e por malha irregular triangulada cúbica (TIN cúbica) e linear (TIN linear).

Tabela 3. Valores de ETP (evapotranspiração potencial) segundo os três métodos de interpolação* utilizados e a estação meteorológica

Método de interpolação	Valor da interpolação na célula referente ao ponto de validação (mm)	Interpolação média para bacia (mm)	Ponto de validação (mm)
IDW	1964	2031	
TIN cúbica	1925	2006	2464
TIN linear	1922	2052	

* inverso da distância (IDW) e por malha irregular triangulada cúbica (TIN cúbica) e linear (TIN linear).

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos nas ponderações, a taxa anual média de evapotranspiração potencial interpolada para a bacia hidrográfica do açude do Benguê varia de 2006 a 2052 mm para os valores interpolados enquanto o valor observado na estação da FUNCEME é em torno de 2464 mm. O método de ponderação que melhor representou a evapotranspiração observada foi a “TIN linear”.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisa do CNPq (concessão 431639/2016-7) pelo apoio financeiro. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; de MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, K. M. A. S.; NÓBREGA, R. S. Uso de dados climáticos para análise espacial de risco de incêndio florestal. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 10, n. 22, p. 209-219, 2011.

ATAIDES, R. S.; FURTADO, T. V. **A importância da utilização das normais climatológicas para análise de variação climática**. IFSC - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina Florianópolis, Florianópolis – SC, 2014.

BRUNO, L. O. Aplicabilidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) livres nas ciências ambientais: o uso do QGIS. **Rev. Bras. Gest. Amb. Sustent.** [online], v. 4, n. 8, p. 321-326, 2017.

CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; BONOMO, R.; SOUZA, A. P. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 50, n. 1, p. 1-11, 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará**, 2015. Características técnicas. Disponível em: <http://atlas.srh.ce.gov.br/infra-estrutura/acudes/detalhaCaracteristicasTecnicas.php?cd_acude=47&status=1>. Acesso em: 20, agosto de 2020.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.

SANTOS, F. A.; SILANS, A. M. B. P.; PORTO, R. Q.; ALMEIDA, C. N. Estimativa e análise do volume dos pequenos açudes através de imagem de satélite e levantamento de

campo na bacia hidrográfica do açude Sumé. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 18, 2009, Campo Grande. Artigo científico, Campo Grande: ABRH, 2009.

SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C.; JESUS, E. S. Variability Climatic of Water Availability in the Semiarid of the State of Rio Grande do Norte. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 3, p. 483-491, 4 dez. 2018.

SODRÉ, G. R. C.; RODRIGUES, L. L. M. Comparação entre estimativa da precipitação observada pela técnica CMORPH e estações meteorológicas do INMET em diferentes regiões do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 2, p. 301-307, 2013.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Calculation of monthly and annual 30-year standard normals**. WCDP 10, WMO-TD 341, 1989.

XAVIER, A. C.; CECÍLIO, R. A.; LIMA, J. S. S. Módulos em Matlab para interpolação espacial pelo método de krigagem ordinária e do inverso da distância. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 62, 2010.