

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA SOB DIFERENTES REGIMES DE PRECIPITAÇÕES EM PERNAMBUCO¹

ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA^{2*}, GEBER BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA², ÊNIO FARIAS DE FRANÇA E SILVA², PABRÍCIO MARCOS OLIVEIRA LOPES², ANA PAULA NUNES DA SILVA³

RESUMO - Diante da necessidade da conservação dos recursos hídricos, faz-se necessário o melhor manejo da irrigação. Com este estudo objetivou-se analisar a demanda hídrica de Pernambuco, representada pela evapotranspiração de referência (ET_0), em três cenários de chuvas: anos chuvoso, regular e seco. Os valores de ET_0 foram estimados pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) a partir dos dados originados de registros de 45 estações climatológicas da SUDENE (Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste) Em geral, os resultados de ET_0 foram variáveis nas três mesorregiões, chegando a apresentar valores médios de 915 até 1.549 mm dia⁻¹. O Estado de Pernambuco apresenta um déficit hídrico anual em aproximadamente 70% de sua área total em três cenários de precipitação. Os meses que apresentaram as maiores e menores demandas hídricas no Estado foram janeiro e julho, respectivamente. O conhecimento da distribuição espaço-temporal da ET_0 sobre as mesorregiões pernambucanas trará benefícios aos produtores que poderão realizar o manejo hídrico mais adequado para as culturas agrícolas locais.

Palavras-chave: Climatologia. Déficit hídrico. Irrigação.

SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS OF THE REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION UNDER DIFFERENTS REGIMES OF THE PRECIPITATION PERNAMBUCO

ABSTRACT - Faced with the need for conservation of water resources it is necessary to better irrigation management. The objective of this research was to analyse the water requirement in Pernambuco State, Brazil, represented by the evapotranspiration reference (ET_0), in diferents regimes annuals of precipitation: rainfall, regular and dry. The ET_0 values were estimated through the Thornthwaite e Mather (1955) method starting from data originated by the registration of 45 climatological stations of the SUDENE (Superintendence of Northeast Development). In general, the results showed that the ET_0 were variable on the three Mesoregion, reaching medium values from 915 to 1.549 mm year⁻¹. The Pernambuco State presents an annual water deficit in approximately 70% of its total area. The months that presented the greatest and smallest water requirements in the State were January and July, respectively. The knowledge of spacial and temporal distribution of ET_0 on Mesoregions of Pernambuco bring benefits to producers who can make water management more suited to local crops.

Keywords: Climatology. Water deficit. Irrigation.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 27/08/2010; aceito em 03/12/2010.

Trabalho de monografia de conclusão do curso de graduação em agronomia do primeiro autor.

²Departamento de Agronomia da UFRPE, rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife - PE; alexsandro_oliveira01@hotmail.com, geber@depa.ufrpe.br, enio.silva@dtr.ufrpe.br, pabricaope@gmail.com.

³Departamento de Ciências Atmosféricas, UFCG, rua Aprígio Veloso, 882, Bairro Universitário, 58429-140, Campina Grande - PB; anps@ymail.com

INTRODUÇÃO

Considerando a escassez dos recursos hídricos fazem-se necessários manejos e usos adequados para o controle e disponibilidade da água. Uma das atividades que demanda maiores quantidades de água é o setor agrícola devido às exigências de cada cultura. Sob este cenário, torna-se relevante a determinação da perda de água para atmosfera através da superfície e absorvida pelas plantas que corresponde a Evapotranspiração (ET). Thornthwaite e Wilm (1944) deram o nome de evapotranspiração à ocorrência simultânea dos processos de evaporação no solo e de transpiração das plantas. O conhecimento da evapotranspiração é de grande importância na estimativa das necessidades de irrigação das culturas (SANTOS et al. 2009), bem como para o manejo racional dos recursos hídricos. Por isto vários modelos de balanço hídrico são empregados com a finalidade de dimensionar sistemas de irrigação, manejar projetos de irrigação ou estudar probabilidades de ocorrências de estiagens ou excessos hídricos, nesses modelos utilizam-se em geral, como entradas de água no sistemas a precipitação e a irrigação, e como principal saída, a evapotranspiração das culturas. (BACK, 2007; VESCOVE et al. 2005; BORGES et al. 2007).

Em regiões de climas quentes as altas temperaturas fazem-se como fator relevante para determinar a evapotranspiração das culturas passando a ser um requisito fundamental para a efetividade da irrigação. Para se estimar a evapotranspiração das culturas faz-se necessário estimar a evapotranspiração de referência (ET_0) ajustando-a a cada cultura através de coeficientes determinados, por isto é necessário na determinação da evapotranspiração a maior precisão possível. Mas devido à falta de dados climatológicos em varias regiões os projetos de irrigação são comprometidos devido a pouca efetividade causada pela falta de dados tendo que o projetista utilizar valores de regiões distantes com topografias variadas.

Por isto o uso de ferramentas geográficas se faz tão importante, alguns autores como Castro et al. (2010) e Amorim (2009), afirmam que o uso de dados de estações climatológicas próximas pode ser realizado adotando-se a interpolação espacial dos mesmos. O uso de Sistema de Informação Geográfica (SIG) na agrometeorologia visa solucionar a ausência de informações em escala regional. Segundo Pellegrino et al. (1998), uma das aplicações principais do SIG em agrometeorologia é a de transformar dados numéricos, obtidos em pontos referenciados geograficamente na superfície, em mapas interpolados, obtendo-se valores estimados para todas as localidades da região representada.

Hashmi et al. (1995) concluíram que a versatilidade do SIG, ao considerar as variabilidades espacial e temporal dos elementos climáticos, proporciona aos pesquisadores uma poderosa ferramenta para

análise espacial. Comentaram, ainda, que a técnica permite abranger, com muita agilidade e precisão, grandes regiões.

Diante do que foi exposto, objetivou-se com esse trabalho realizar a análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência estimada pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) para três cenários diferentes de precipitações: anos secos, regulares e chuvosos no Estado de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo enfocou o Estado de Pernambuco, situado entre os paralelos $7^{\circ}18'17''$ e $9^{\circ}28'43''$ de latitude sul e os meridianos de $34^{\circ}48'15''$ e $41^{\circ}21'22''$ de longitude a oeste, no Nordeste brasileiro. Sua posição, vegetação e topografia oferecem condições climáticas diversificadas. Dois tipos climáticos segundo Köppen caracterizam o Estado, os climas As' e BSh, ou seja, precipitações no outono e inverno em parte do litoral do Estado e semi-árido quente no sertão (Temperatura média anual $> 18^{\circ}\text{C}$), respectivamente.

O banco de dados utilizado no estudo originou-se de registros de estações climatológicas (SUDENE, 1990), disponíveis na página virtual da Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). As estações selecionadas para o estudo foram aquelas que apresentaram séries históricas de no mínimo de 20 anos de observações para a estimativa da ET_0 pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) devido existirem apenas dados de temperatura e precipitações disponíveis em alguns postos meteorológicos do Estado. Foram utilizadas no trabalho 45 estações climatológicas de Pernambuco (Figura 1).

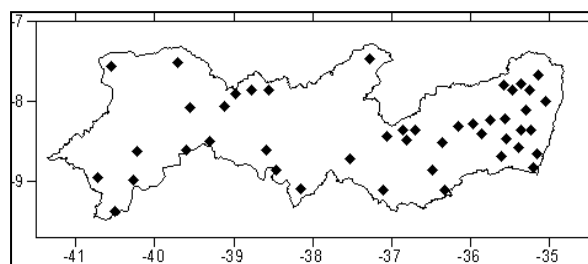


Figura 1. Postos climatológicos da SUDENE no Estado de Pernambuco.

Para que pudesse ser feita a espacialização, por meio do SIG, foram usados dados de temperatura do ar e precipitações das estações que se encontram distribuídos nas quatro Mesorregiões do Estado de Pernambuco. O conjunto de dados foi georreferenciado por meio das latitudes e longitudes das estações, onde em um arquivo tipo "worksheet", contendo informações X, Y e Z, em que X é a latitude ($^{\circ}$), Y é a longitude ($^{\circ}$) das estações e Z é o valor da variável a ser espacializada. O mapa vetorial do con-

torno do Estado de Pernambuco, utilizado como “máscara”, foi obtido através do ITEP/LAMEPE – Instituto Tecnológico de Pernambuco / Laboratório de Meteorologia de Pernambuco. A interpolação dos dados para a plotagem no contorno do Estado foi feita utilizando o Método de Krigagem dentro do programa Surfer® versão demo 8.03 (Golden Software, 2006).

Foi feito um balanço hídrico climatológico simplificado, através da diferença entre o valor médio total anual da chuva (oferta hídrica) e o valor médio total anual da ET_0 (demanda hídrica), desse balanço hídrico climatológico originou-se um mapa regionalizado.

Os valores de precipitação foram divididos em períodos “secos” aqueles em que os valores totais de precipitação foram iguais ou menores que a frequência acumulada de ocorrência de 25%, os “normais” com probabilidade maior que 25% e inferior ou igual a 75%, e os chuvosos com probabilidade de maior que 75% conforme Moura et al. (2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse de todos os dados de ET_0 e precipitação das 46 estações climatológicas distribuídas no Estado foi realizada uma análise dessas variáveis para cada Mesorregião.

Evapotranspiração de referência em anos chuvosos

Os valores obtidos da ET_0 na mesorregião da zona da Mata foram bastante semelhantes entre os postos durante todo ano tendo alcançado valores menores entre os meses de abril a setembro, pois estes meses apresentam temperaturas baixas na região (Figura 2).

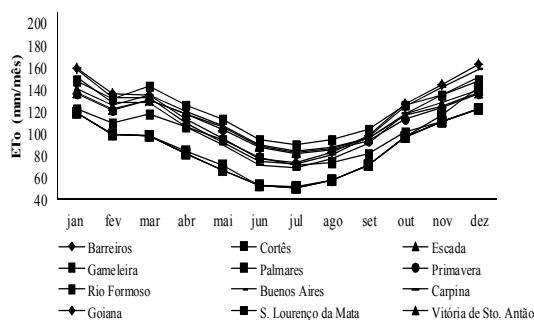


Figura 2. Variação da evapotranspiração de referência (ET_0) em anos chuvosos para a mesorregião da zona da mata pernambucana.

Os resultados obtidos da evapotranspiração de referência na mesorregião do agreste oscilaram mais do que na zona da mata, sendo influenciada pelas altitudes encontradas nesta região. As cidades

de Gravatá e Pesqueira apresentaram as menores médias mensais de ET_0 durante o ano e principalmente nos meses de maio até agosto com médias de 55 mm.mês^{-1} (Figura 3). Lemos Filho et al. (2007), encontraram as menores variações na espacialização da evapotranspiração na região noroeste, oeste e sul do Estado de Minas Gerais devido à estabilidade climática da região.

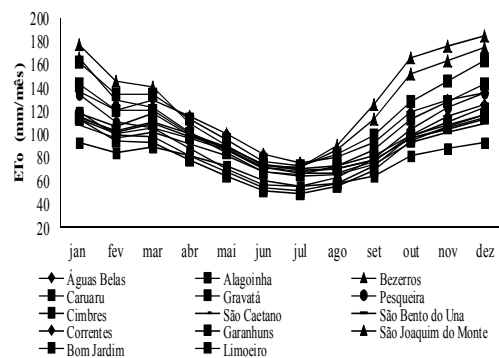


Figura 3. Variação da evapotranspiração de referência (ET_0) em anos chuvosos para a Mesorregião do Agreste de Pernambuco.

A mesorregião do sertão nos anos de elevados regimes de chuvas apresentou em média evapotranspiração de $113,9 \text{ mm dia}^{-1}$. Os meses de junho e dezembro apresentaram os menores e maiores valores de ET_0 com $70,11$ e $160,97 \text{ mm dia}^{-1}$, respectivamente (Figura 4).

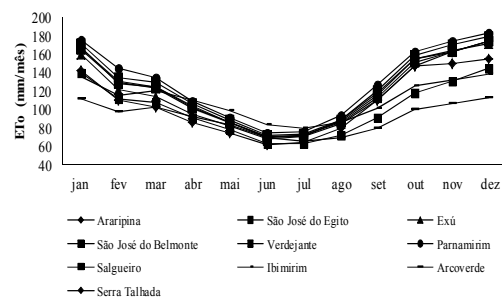


Figura 4. Variação da evapotranspiração de referência (ET_0) em anos chuvosos para a Mesorregião do Sertão de Pernambuco.

As taxas da ET_0 para a Mesorregião do Sertão do São Francisco foram as mais altas encontradas nas quatro regiões estudadas com 1498 mm.ano^{-1} , devido ao regime de chuvas desta região serem baixos durante o ano e as temperaturas elevadas, causando grandes perdas de água por evaporação (Figura 5).

Na Figura 6, tem-se a distribuição espacial da evapotranspiração de referência total anual média (mm) para Pernambuco, e neste, observa-se que os menores valores de ET_0 total anual foram registrados na região meridional do Agreste. Segundo Medeiros et al. (2009) essa região é montanhosa, favorecendo a menor demanda hídrica pelas plantas através da

evapotranspiração de referência, devido a alguns condicionantes climáticos, que segundo Pereira et al. (2002) o efeito combinado de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento define a demanda atmosférica por vapor d'água, de maneira particular, em cada região.

Os maiores valores registrados da ET_0 foram observadas nas regiões meridional do Sertão e da Zona da Mata do Estado.

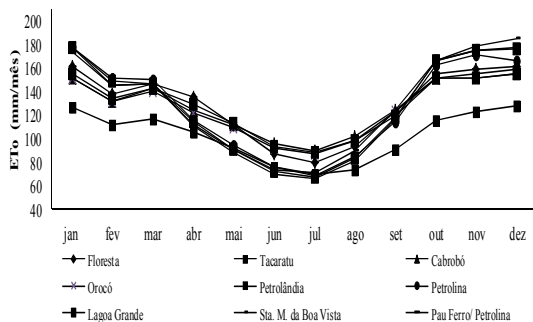


Figura 5. Variação da evapotranspiração de referência (ET_0) em anos chuvosos para a Mesorregião do Sertão do São Francisco de Pernambuco.

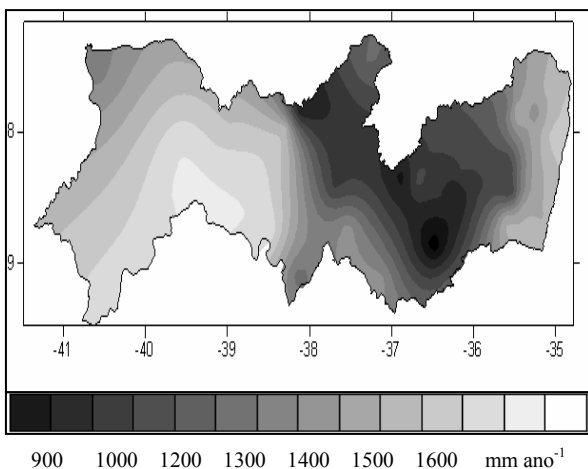


Figura 6. Evapotranspiração de referência total anual para o Estado de Pernambuco em anos chuvosos.

Na Figura 7 é visualizado o balanço hídrico de forma simplificada, que envolve os mapas das Figuras 1, 2, 3 e 4, a fim de visualizar melhor a oferta e a demanda hídrica nas mesorregiões do Estado. Observa-se que Pernambuco apresenta um déficit hídrico em cerca de 70% da área de seu território. As mesorregiões do Agreste e Sertão são de 92 a 93 % de déficit hídrico, respectivamente, ou seja, são regiões onde a média do total anual da evapotranspiração de referência supera a média do total anual da chuva em maior quantidade, apresentando assim, um maior déficit de água no solo, havendo localidades na região do sertão meridional em que o déficit chegou a 1069 mm ano^{-1} .

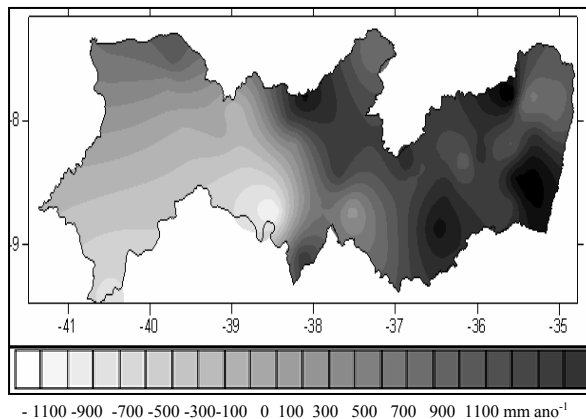


Figura 7. Diferença entre o valor total anual da chuva e valor médio total da ET_0 , simplificado para o Estado de Pernambuco em anos chuvosos.

Segundo Medeiros et al. (2005) em estudos sobre espacialização de temperaturas no Nordeste brasileiro as médias anuais para o Estado de Pernambuco ficaram em $28 \text{ }^\circ\text{C}$, sendo um destes fatores somados a níveis baixos de precipitações contribuintes para o déficit hídrico na maior parte do Estado.

Evapotranspiração de referência em anos com condições normais de precipitação

Os anos considerados normais apresentaram médias de ET_0 moderadas, sendo a Mesorregião da Zona da Mata a que apresentou médias de ET_0 de cada posto muito próximas, e a região de Barreiros apresentou média consideravelmente diferentes das outras com 118 mm mês^{-1} , como mostra a Figura 8. Medeiros et al. (2009) obtiveram resultados significativos com zoneamento agroclimáticos da *Alpinia purpurata* para esta região mesmo a cultura apresentando sensibilidade ao clima o que comprova o bom regime pluviométrico e temperaturas toleráveis ao plantio em sequeiro como demonstra Medeiros et al. (2005) em estudos com temperaturas no Nordeste em que a variação durante o ano oscila entre 18 e $26 \text{ }^\circ\text{C}$ dando condições de cultivo a determinadas espécies de plantas consideradas sensíveis a temperaturas elevadas.

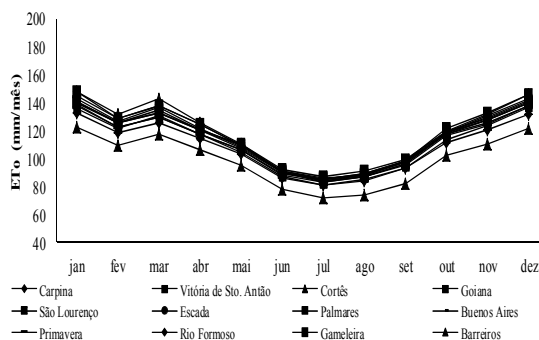


Figura 8. Evapotranspiração de referência na Mesorregião da Zona da Mata nos anos regulares.

A Mesorregião do Agreste do Estado em anos regulares apresentou médias de ET_0 inferiores a 160 mm mês^{-1} , sendo o maior valor mensal apresentado no mês de janeiro no posto localizado na cidade de Limoeiro com $142,3 \text{ mm mês}^{-1}$, como pode ser verificado na Figura 9.

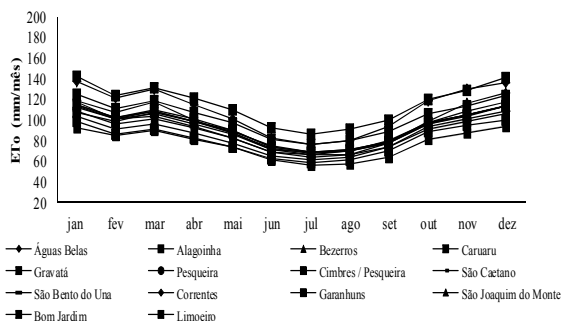


Figura 9. Evapotranspiração de referência mensal em anos regulares para a Mesorregião do Agreste de Pernambuco.

A variação da ET_0 na Mesorregião do Sertão pernambucano foi elevada nos meses de janeiro a maio, apresentando em média 145 mm mês^{-1} e moderada nos meses de maio a agosto apresentando média de 90 mm mês^{-1} . Devido a variação da altitude nesta região se faz necessário uma avaliação de maior precisão para o manejo adequado do consumo hídrico das culturas como feito por Santos et al. (2009) que observaram que o consumo hídrico da cenoura foi maior do que os recomendados pela FAO devido as condições edafoclimáticas da região fazendo-se necessário estimativas de ET_0 nas regiões de cultivo para uma maior precisão. O posto de maior valor de ET_0 foi o de Parnamirim com média de 127 mm mês^{-1} conforme Figura 10.

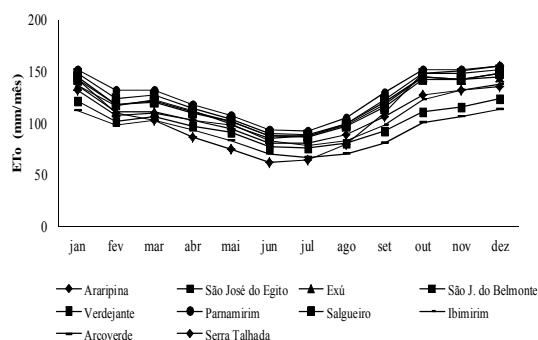


Figura 10. Evapotranspiração de referência mensal em anos regulares para a Mesorregião do Sertão de Pernambuco.

O Sertão do São Francisco caracterizado por suas elevadas temperaturas e baixas precipitações apresentou característica similar entre os postos devido a pouca variação de chuvas e temperaturas do ar nesta região como demonstrado por Medeiros et al. (2005). O posto localizado na cidade de Floresta apresentou a maior média mensal de ET_0 , (130 mm.mês^{-1}) e o posto de Tacaratu a menor média

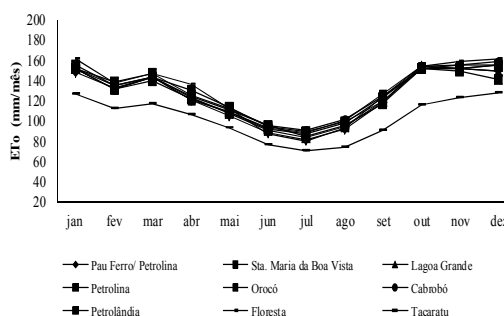


Figura 11. Evapotranspiração de referência mensal em anos regulares para a Mesorregião do Sertão do São Francisco.

Na Figura 12, a distribuição espacial da evapotranspiração de referência total anual média (mm) em anos regulares para Pernambuco, mostra variações nas quatro Mesorregiões. A Zona da Mata apresenta-se com ET_0 anual entre 1300 a 1500 mm ano^{-1} , variando significativamente quando se aproxima da Mesorregião do Agreste devido ao aumento da altitude. O Agreste apresenta-se com as menores taxas de ET_0 variando de acordo com a altitude, podendo estar entre 900 a 1300 mm ano^{-1} . As regiões do Sertão e Sertão do São Francisco apresentaram as maiores taxas de ET_0 variando entre 1400 a 1600 mm ano^{-1} .

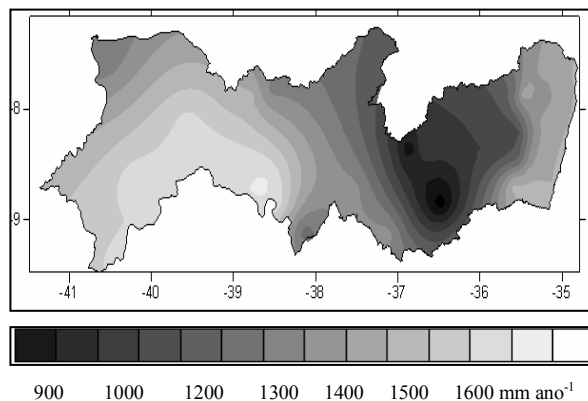


Figura 12. Total anual médio da ET_0 (mm) para o Estado de Pernambuco em anos de regime de chuva regular.

No balanço hídrico climatológico de forma simplificada para anos de regimes de chuvas regulares, observa-se que Pernambuco apresenta um déficit hídrico em cerca de 65% da área de seu território. As mesorregiões do Agreste e Zona da Mata não apresentam déficit hídrico considerável durante o ano, variando assim em pontos específicos, com média de -300 a -100 mm ano^{-1} nas regiões centrais das Mesorregiões do Agreste e Zona da Mata, respectivamente. Os déficits hídricos, nas Mesorregiões do Sertão e Sertão do São Francisco, apresentam-se como os maiores do Estado, ou seja, são regiões onde a média do total anual da ET_0 supera a média do total anual da chuva em maior quantidade, apresentando assim, um maior déficit anual de água no solo,

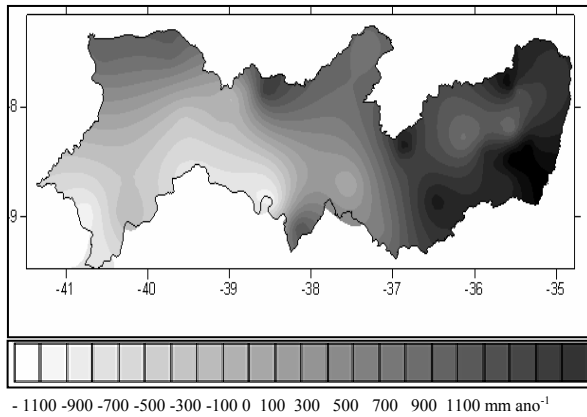


Figura 13. Balanço hídrico climatológico simplificado para o Estado de Pernambuco em anos de regimes de chuva regulares.

Evapotranspiração de referência em anos secos

Os anos secos considerados como anos de maior demanda hídrica apresentaram na Mesorregião da Zona da Mata ET_0 média ao ano de 112 mm mês^{-1} , sendo o posto localizado na cidade de São Lourenço da Mata o de maior taxa, apresentando média de 121 mm mês^{-1} . Oliveira et al. (2008), em experimento realizado em Vitória de Santo Antão, obtiveram uma ET_0 de 5 mm dia^{-1} , usando lisímetros de pesagem, sendo próximos ao obtido pelo método de Thornthwaite e Mather (1955) em escala mensal. (Figura 14).

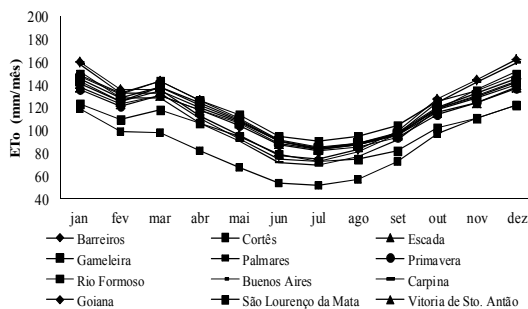


Figura 14. Variação da evapotranspiração de referência (ET_0) em anos secos para a Mesorregião da Zona da Mata Pernambucana.

A região do Agreste apresentou as menores médias de ET_0 . Os postos localizados nas cidades de Alagoinha e Caruaru foram encontradas as menores e maiores médias de ET_0 cerca de $85,5$ e 129 mm mês^{-1} respectivamente (Figura 15).

A Mesorregião do Sertão apresentou a segunda maior demanda hídrica entre as Mesorregiões do Estado em anos de regimes de pouca chuva, Medeiros (2009), afirma que em condições de sequeiro poucas culturas conseguiriam apresentar produção adequada em demandas de ET_0 de 176 mm mês^{-1} , como apresentado por esta Mesorregião no posto localizado na cidade de Parnamirim que apresentou

o maior índice de ET_0 nesta região 184 mm mês^{-1} (Figura 16).

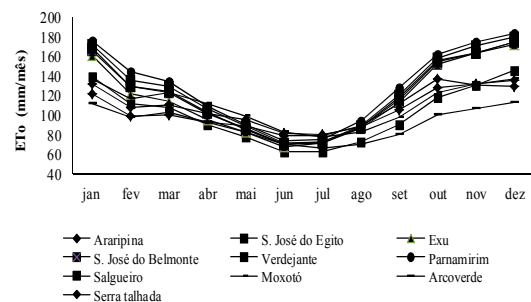


Figura 16. Variação da ET_0 durante o ano na Mesorregião do Sertão Pernambucano.

A ET_0 média da Mesorregião do São Francisco apresentou-se como as maiores entre as Mesorregiões nos anos secos com média de 125 mm mês^{-1} (Figura 17). Medeiros et al. (2005), indicaram as maiores temperaturas médias nesta região durante todo o ano, devendo-se destacar que o modelo de ET_0 proposto por Thornthwaite e Mather (1955) tem como um das principais variáveis a Temperatura do ar.

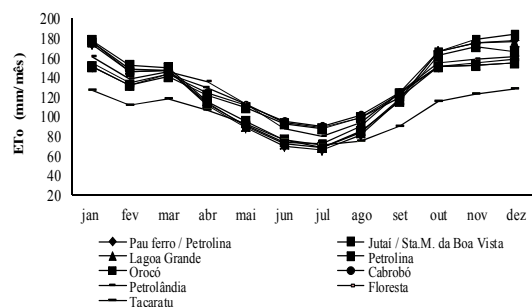


Figura 17. Variação da ET_0 durante o ano na Mesorregião do Sertão do São Francisco Pernambucano.

A Figura 18 representa a distribuição espacial da ET_0 em anos secos sobre o Estado de Pernambuco. A Mesorregião da Zona da Mata apresentou taxas de ET_0 variando entre 1300 a 1400 mm ano^{-1} , devido as temperaturas médias anuais serem elevadas e baixos índices pluviométricos nestes anos estudados, a Mesorregião do Agreste apresentou taxas de 900 a 1200 mm ano^{-1} , sendo a menor entre as Mesorregiões. O Sertão e o Sertão do São Francisco apresentaram médias equivalentes ao longo do Estado com 1400 a 1657 mm ano^{-1} , sendo consideradas médias elevadas.

O balanço hídrico climatológico apresentou grande déficit em mais de 75% da região devido a baixas probabilidades de chuvas nos anos secos. A Mesorregião da Zona da Mata apresentou pouco déficit hídrico, devido às chuvas nesta região serem elevadas. Na região do Agreste, a falta de chuva favorece o déficit hídrico na região na faixa de -500 a -

100 mm ano⁻¹. As regiões do Sertão e Sertão do São Francisco apresentaram déficit de -1088 mm.ano⁻¹ respectivamente para algumas partes do Estado (Figura 19).

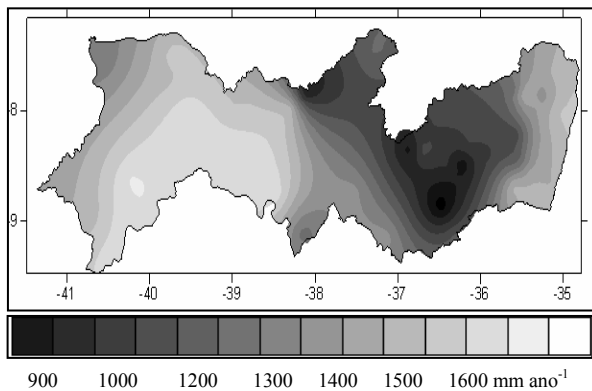


Figura 18. Espacialização da ET₀ em anos secos dos postos representativos do Estado de Pernambuco.

O balanço hídrico climatológico apresentou grande déficit em mais de 75% da região devido a baixas probabilidades de chuvas nos anos secos. A Mesorregião da Zona da Mata apresentou pouco déficit hídrico, devido às chuvas nesta região serem elevadas. Na região do Agreste, a falta de chuva favorece o déficit hídrico na região na faixa de -500 a -100 mm ano⁻¹. As regiões do Sertão e Sertão do São Francisco apresentaram déficit de -1088 mm.ano⁻¹ respectivamente para algumas partes do Estado (Figura 19).

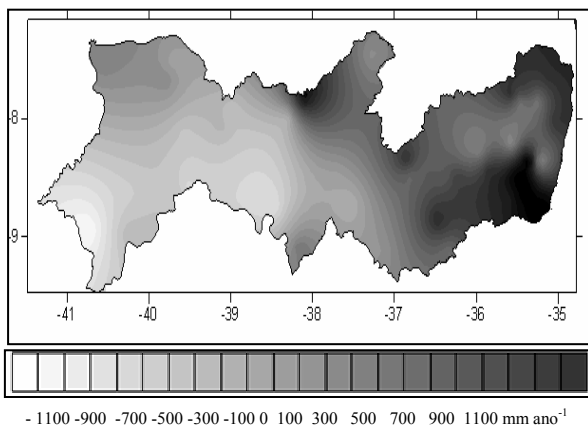


Figura 19. Balanço Hídrico Climatológico simplificado para o Estado de Pernambuco em anos de regimes de chuva regulares.

Camargo e Camargo (2000), analisando os variados tipos de equações de ET₀, afirmaram que o modelo de Thornthwaite funciona adequadamente em regiões de clima úmido o que não corresponde com aproximadamente 70% do território pernambucano. Esses mesmos autores informam, também, que a correção do índice de aridez através da amplitude térmica das regiões poderá alcançar resultados satisfatórios e comparáveis a equação padrão da FAO-56, podendo assim ser utilizado como recurso na escas-

sez de dados.

CONCLUSÕES

Os menores valores de ET₀ ocorrem no mês de julho e os maiores valores aconteceram no mês de janeiro para as três Mesorregiões. O Estado de Pernambuco apresenta déficit hídrico em cerca de 70% da área total do seu território sendo as maiores amplitudes da demanda hídrica tanto temporal como espacial encontradas na região semiárida. Diante da variação da ET₀ no Estado, o conhecimento correto dos valores destas variáveis para as mesorregiões, traz benefícios aos produtores que podem realizar o manejo correto da água para irrigação.

REFERÊNCIAS

AMORIM, R. C. F. **Espacialização de variáveis meteorológicas combinando informações de imagens de satélites com técnicas de interpolação para o Estado de Minas Gerais**. 2009. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

BACK, A. J. Variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 139-145, 2007.

BORGES, A. C.; MEDIONDO, E. M. Comparação entre equações empíricas para estimativa da evapotranspiração de referência na bacia do Rio Jacupiranga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 293-300, 2007.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CASTRO, F. S. et al. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 871-880, 2010.

GOLDEN SOFTWARE. Surfer® version 8.03 (Versão Demo). Golden, 2003. Software. Disponível em: <http://www.goldensoftware.com/demo.shtml>, acessado 21 de Agosto de 2006.

HASHMI, M. A.; GARCIA, L. A.; FONTANE, D. G. Spatial estimation of regional crop evapotranspiration. **Transaction of the ASAE**, v. 38, n. 5, p. 1345-1351, 1995.

- LEMOS FILHO, L. C. de A. et al. Análise espaço-temporal da evapotranspiração de referência para minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1462-1469, 2007.
- MEDEIROS, S. R. R. et al. Potencial agroclimático para *Alpinia purpurata*, no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 165-169, 2009.
- MEDEIROS, S. S. et al. Estimativa e espacialização das temperaturas do ar mínimas, média e máxima na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.
- MOURA, G. B. A. et al. Estimativa das condições hídricas em Ipojuca, região canavieira de Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 3, p. 71-76, 2010.
- OLIVEIRA, L. M. M. et al. Evapotranspiração de referência na bacia experimental do riacho Gameleira, PE, utilizando-se lisímetro e métodos indiretos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 1, p. 58-67, 2008.
- PELLEGRINO, G. Q. et al. O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas aplicações na agricultura**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998. p. 329-348.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C., **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.
- SANTOS, F. X. et al. Determinação do consumo hídrico da cenoura utilizando lisímetros de drenagem, no agreste pernambucano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 4, n. 3, p. 304-310, 2009.
- SUDENE, **Dados pluviométricos mensais do Nordeste**. 1. ed. Recife: SUDENE, 1990. 363 p.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. 1. ed. New Jersey, NJ: CENTERTON, 1955. 104 p.
- THORNTHWAITE, C. W.; WILM, H. G. **Report of the comite on evapotranspiration and transpiration**. D.C. Transactions of the American Geophysical Union, Washington, v. 25, n. 5, p. 686-693, 1944.
- THORNTWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate, **Geographical Review**, n. 1, p. 55-94, 1948.
- VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P.; Comparação entre métodos de evapotranspiração de referência para a Região de Araraquara-SP. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, 2005.