

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA MINAS GERAIS¹

Spatial-time analysis of evapotranspiration reference in the Minas Gerais State, Brazil

Luis César de Aquino Lemos Filho², Luiz Gonsaga de Carvalho³, Adão Wagner Pêgo Evangelista⁴,
Luis Marcelo Tavares de Carvalho⁵, Antônio Augusto Aguilar Dantas⁶

RESUMO

Objetivou-se com esta pesquisa, analisar a demanda hídrica em Minas Gerais, representada pela evapotranspiração de referência (ET_0), durante o ano. Os valores de ET_0 foram estimados pelo método de Penman-Monteith-FAO a partir de dados diários originados de registros de 42 estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes a um período de 17 anos (1961 a 1978). No geral, os resultados mostraram que a ET_0 é bastante variável em Minas Gerais, chegando a apresentar valores médios de 914 até valores de 1.677 mm ano⁻¹. As maiores variações, tanto espaciais como temporais, são registradas no norte do Estado, onde também ocorrem os maiores valores de ET_0 . O Estado de Minas Gerais apresenta um déficit hídrico anual em aproximadamente 50% de sua área total. Os meses que apresentaram as maiores e menores demandas hídricas no Estado foram janeiro e junho, respectivamente. Em função da nítida distinção que apresentaram os dados de ET_0 geoespacializados nas regiões do Estado de Minas Gerais, o conhecimento do correto valor da ET_0 em cada localidade trará benefícios aos produtores no manejo da irrigação.

Termos para indexação: Meteorologia, geoprocessamento.

ABSTRACT

The knowledge of information that expresses the water requirement of the plants is a fundamental issue for the irrigation process. The objective of this research was to analyze the water requirement in Minas Gerais State, Brazil, represented by the evapotranspiration reference (ET_0), during the year. The ET_0 values were estimated through the Penman-Monteith-FAO method starting from daily data originated by the registration of 42 climatological stations of the *Instituto Nacional de Meteorologia* (INMET) referring to a period of 17 years (1961 to 1978). In general, the results showed that the evapotranspiration reference is plenty variable in Minas Gerais, reaching medium values from 914 to 1.677 mm year⁻¹. The largest variations, such as spatial and temporal, are registered in the north part of the State, where happen the greatest values of ET_0 . The Minas Gerais State presents a annual water deficit in approximately 50% of its total area. The months that presented the greatest and smallest water requirements in the State were January and June, respectively. According to the clear distinction that presented the data of mapping ET_0 in the different regions in the Minas Gerais State, it becomes obviously that the knowledge of the correct ET_0 values in each locality will bring much benefit to farm-producers in the irrigation scheduling.

Index terms: Meteorology, geoprocessing.

(Recebido em 20 de setembro de 2005 e aprovado em 23 de maio de 2006)

INTRODUÇÃO

Dada a escassez dos recursos hídricos, o uso da água em áreas irrigadas deve ser o mais racional possível. Assim, determinar o consumo da água das culturas passa a ser um requisito fundamental para o sucesso da irrigação. Para se estimar a evapotranspiração de uma cultura, geralmente é necessário determinar a evapotranspiração de referência (ET_0), ajustando-a, posteriormente, às condições específicas das culturas e sua fase de desenvolvimento.

Devido à falta de informações climatológicas espacializadas, geralmente, o projetista utiliza informações climatológicas de estações situadas em locais distantes da área de locação do projeto, o que acaba acarretando em erros na estimativa da real demanda hídrica das plantas. Ian & Wein (1998), citados por Amorim et al. (2003), afirmam que o uso de dados de estações climatológicas próximas pode ser realizado adotando-se a interpolação espacial dos mesmos. O uso dos Sistemas de Informações Geográficas

¹Extraído da dissertação do primeiro autor.

²Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando em Irrigação e Drenagem – Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – lemosfilho@bol.com.br

³Engenheiro Agrícola, Professor, Dr., Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – lgonsaga@ufla.br

⁴Engenheiro Agrícola, Professor, Dr., Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – awpego@ufla.br

⁵Engenheiro Florestal, Professor, Dr., Departamento de Ciências Florestais/DCF – Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – passarinho@ufla.br

⁶Engenheiro Agrícola, Professor, Dr., Departamento de Engenharia/DEG – Universidade Federal de Lavras /UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – aadantas@ufla.br

(SIG) na agrometeorologia visa solucionar a ausência de informações regionalizadas. 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. Com isso, gera-se uma série de informações confiáveis a respeito do comportamento espacial da variável, sem a necessidade de observação direta.

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. Vários autores empregaram técnicas de SIG como ferramenta de análise espacial em projetos sujeitos às influências edafoclimatológicas. Autores como Barbosa et al. (2005), Beltrame et al. (1994) e Chung et al. (1997) espacializaram, com o uso de SIG, a ET_0 para diversas regiões. Todos os autores concluíram que a metodologia empregada possibilitou a obtenção de valores estimados individualizados, possibilitando uma estimativa mais precisa da demanda por água em cada localidade.

Tendo em vista o que foi exposto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar, com o uso de SIG, a variação espacial e temporal da evapotranspiração de referência estimada pelo método de Penman-Monteith-FAO para o Estado de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi feito para o Estado de Minas Gerais, situado entre os paralelos $14^{\circ}13'57''$ e $22^{\circ}55'22''$ de latitude Sul e os meridianos de $39^{\circ}51'23''$ e $51^{\circ}02'45''$ de longitude oeste. Sua posição, vegetação e topografia oferecem condições climáticas diversificadas e excelente potencial hídrico. Segundo a classificação de Köppen, em Minas Gerais podem ser encontrados os seguintes tipos climáticos: Aw, BSw, Cwa e Cwb, significando que podem ser encontradas desde regiões com clima semi-árido até regiões com clima tropical chuvoso com inverno seco.

O banco de dados que foi utilizado no estudo originou-se de registros de estações classificadas como estações climatológicas principais (ECP) pertencentes à rede nacional de observações meteorológicas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). São dados diários, referentes a um período de 17 anos, que vai de 1961 a 1978. As estações selecionadas

para o estudo foram aquelas que apresentaram séries históricas mínimas de 5 anos para todos os dados necessários para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) pelo método de Penman-Monteith-FAO descrito por Allen et al. (1998) e Pereira et al. (1997). Para as estações que apresentaram falhas ao longo de suas séries históricas, foi feito o preenchimento das mesmas pelo método da regressão linear simples. Foram utilizadas no trabalho 42 estações climatológicas, das quais, apenas 30 estão localizadas dentro do Estado de Minas Gerais. Para que pudesse ser feita a espacialização das informações, por meio do SIG utilizado no trabalho, foram usados dados de estações climatológicas que se encontram distribuídas nas regiões ou estados circunvizinhos a Minas Gerais. Entre eles estão: Distrito Federal, Goiás, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia, totalizando 12 estações fora do limite estadual de Minas Gerais.

No Quadro 1 estão descritas as localizações das diversas estações climatológicas que foram usadas com suas respectivas coordenadas geográficas.

O conjunto de dados foi georreferenciado por meio das latitudes e longitudes em graus, em que, por intermédio de um editor de textos, criou-se um arquivo dBase, contendo as informações X, Y e Z, em que X é a latitude da estação, Y a longitude da estação e Z o valor da variável a ser espacializada. O Datum das estações utilizadas no estudo foi South American Datum 1969 (SAD-69).

O mapa vetorial do contorno do Estado de Minas Gerais, que foi usado como a "máscara", foi obtido por meio de importação de arquivos disponíveis na página da internet do Projeto Geominas (www.geominas.mg.gov.br), de responsabilidade da Secretaria de Estado da Casa Civil do Governo de Minas Gerais. Esses mapas foram gerados pela Companhia de Processamento de Dados do Estado de Minas Gerais (PRODEMG) a partir do mapa geopolítico de Minas Gerais na escala de 1:1.500.000. O sistema de referência é com coordenadas em Albers e o Datum é South American Datum 1969 (SAD-69).

A interpolação foi feita utilizando o Método do Inverso Quadrado da Distância (MIQD), tomando os doze pontos de controle mais próximos (estações meteorológicas com valores medidos para o elemento climático em questão). Isso porque, em testes preliminares, foi o que apresentou os melhores resultados.

Foi feito um balanço hídrico 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 originou-se um mapa regionalizado.

QUADRO 1 – Estações climatológicas principais do INMET em Minas Gerais e estados circunvizinhos.

Estação (código)	Cidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
83338	Espinosa, MG	14°55''	42°51''	571,22
83388	Monte Azul, MG	15°05'	42°45'	604,73
83393	Pedra Azul, MG	16°00'	41°17'	649,91
83437	Montes Claros, MG	16°43'	43°52'	647,18
83442	Araçuaí, MG	16°52'	42°04'	285,38
83479	Paracatu, MG	17°13'	46°52'	712,30
83481	João Pinheiro, MG	17°42'	46°10'	761,36
83488	Itamarandiba, MG	17°51'	42°51'	1.097,80
83492	Teófilo Otoni, MG	17°51'	41°31'	357,38
83514	Capinópolis, MG	18°41'	49°34'	621,54
83531	Patos de Minas, MG	18°36'	46°31'	944,16
83538	Diamantina, MG	18°15'	43°36'	1.296,92
83543	Gov. Valadares, MG	18°51'	41°56'	278,45
83570	Pompeu, MG	19°13'	45°00'	691,71
83577	Uberaba, MG	19°45'	47°55'	743,90
83579	Araxá, MG	19°34'	46°56'	1.004,67
83582	Bambuí, MG	20°00'	45°59'	662,27
83586	Sete Lagoas, MG	19°28'	44°15'	735,95
83587	B. Horizonte, MG	19°56'	43°56'	852,28
83589	C. Mato Dentro, MG	19°02'	43°26'	652,80
83592	Caratinga, MG	19°48'	42°09'	611,21
83595	Aimorés, MG	19°29'	41°04'	83,74
83632	Ibirité, MG	20°01'	44°03'	815,54
83639	Caparão, MG	20°31'	41°52'	844,18
83642	Viçosa, MG	20°45'	42°51'	692,93
83683	Machado, MG	21°40'	45°55'	877,35
83687	Lavras, MG	21°14'	45°00'	920,00
83689	Barbacena, MG	21°15'	43°46'	1.127,00
83692	Juiz de Fora, MG	21°46'	43°21'	941,17
83736	São Lourenço, MG	22°06'	45°01'	901,32
83377	Brasília, DF	15°47'	47°56'	1.161,12
83379	Formosa, GO	15°32'	47°20'	912,80
83408	Carinhanha, BA	14°10'	43°55'	440,23
83446	Guaratinga, BA	16°44'	39°44'	324,86
83618	Três Lagoas, MS	20°47'	51°42'	313,90
83630	Franca, SP	20°33'	47°26'	1.027,00
83669	São Simão, SP	21°29'	47°33'	618,20
83714	Campos do Jordão, SP	22°44''	45°35''	1.579,61
83726	São Carlos, SP	22°01'	47°53'	856,80
83646	C. Itapemirim, ES	20°51'	41°06'	78,59
83695	Itaperuna, RJ	21°12'	41°53'	619,82
83742	Vassouras, RJ	22°20'	43°40'	438,06

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No gráfico da Figura 1, mostra-se o comportamento dos valores totais mensais médios da evapotranspiração de referência (mm) ao longo do ano para Minas Gerais.

Observa-se, de maneira geral, que, para todas as estações, os valores de ET_0 apresentam variações semelhantes ao longo do ano, em que os valores estimados da ET_0 apresentam-se decrescentes de janeiro a junho, passando a ser crescente de junho a dezembro. Os menores valores

estimados de ET_0 ocorreram no período de abril a agosto, tendo os valores mínimos sido no mês de junho. Ainda no gráfico da Figura 1, pode-se observar também que, com algumas exceções, os maiores valores estimados de ET_0 para as estações de Minas Gerais foram registrados no mês de janeiro.

No gráfico da Figura 2 encontra-se representado o comportamento dos valores totais mensais médios da precipitação pluvial (mm) ao longo do ano para as estações climatológicas de Minas Gerais. Observa-se que, de forma geral, as variações das precipitações pluviais apresentaram-se semelhantes durante o ano, e que o trimestre mais chuvoso inclui os meses de novembro, dezembro e janeiro, nos quais foram detectados os maiores valores de chuva no estado. O trimestre mais seco é formado pelos meses de junho, julho e agosto, apresentando os menores índices pluviais. Ainda no gráfico da Figura 2 observa-se que, nos meses que apresentaram os maiores índices pluviais, a amplitude dos totais mensais entre as estações foram maiores, existindo desde estações que apresentaram valores de 317 mm no mês de janeiro até estações que registraram 89 mm no mesmo mês. Já nos meses de menores índices pluviais, essa amplitude é menor, havendo estações com valores de aproximadamente 31 mm no mês de agosto até estações com 0 (zero) mm no mesmo mês. Este fato mostra que o Estado de Minas Gerais apresenta grande diversidade climática, possuindo regiões nas quais a precipitação pluvial é abundante até regiões onde esse elemento climático é escasso.

Quando comparados os gráficos das Figuras 1 e 2, pode-se observar que, nos meses em que ocorreram os menores valores de ET_0 , também ocorreram os menores índices de pluviosidade. Este fato indica que, mesmo que a demanda por água pelas plantas seja menor, a oferta de água da chuva também é pequena, havendo, assim, a necessidade da irrigação para fornecer essa demanda das culturas. Dependendo da região, essa irrigação pode ser de caráter total ou apenas de forma a complementar a oferta da chuva. Isto é melhor visualizado quando observam-se que os menores valores de ET_0 não foram inferiores a 40 mm por mês, enquanto que os menores valores de precipitação pluvial registrados chegaram a zero milímetro (0mm) em algumas localidades do Estado. Ainda nesta comparação, pode-se observar também que, para a maioria das estações, nos meses em que ocorreram os maiores valores de ET_0 , também ocorreram os maiores índices de pluviosidade. Índices esses acima dos 100 mm para quase todas as estações, com exceção das estações da região norte e nordeste do Estado. Isto mostra que mesmo que a oferta de água pela chuva seja grande, a demanda das plantas por água também ocorre numa escala maior. Este fato não descarta o uso da irrigação nessas épocas, principalmente nas regiões norte e nordeste, onde, durante quase todo o período, os valores de ET_0 total mensal superam os valores de chuva total mensal. Porém, na maioria das regiões do estado, a necessidade da irrigação pode passar a ser apenas de forma a complementar a demanda hídrica das plantas, visto que apresentam um índice de chuva elevado nessas épocas.

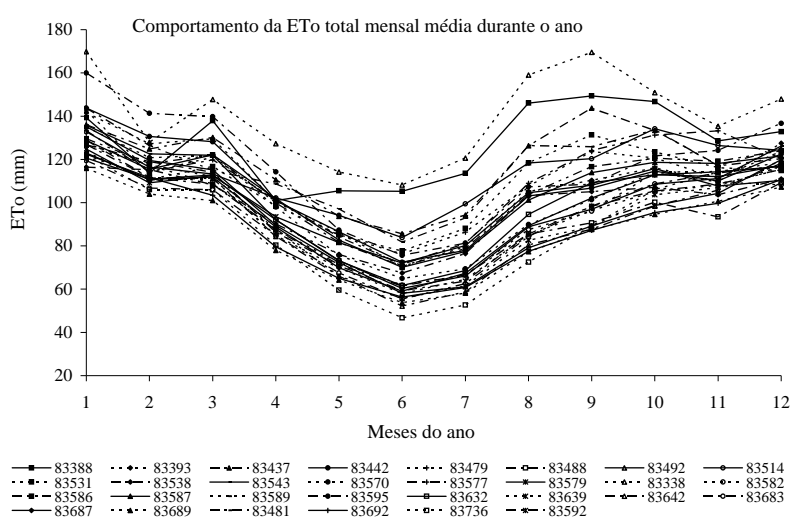


FIGURA 1 – Comportamento dos totais mensais médios da ET_0 (mm) durante o ano.

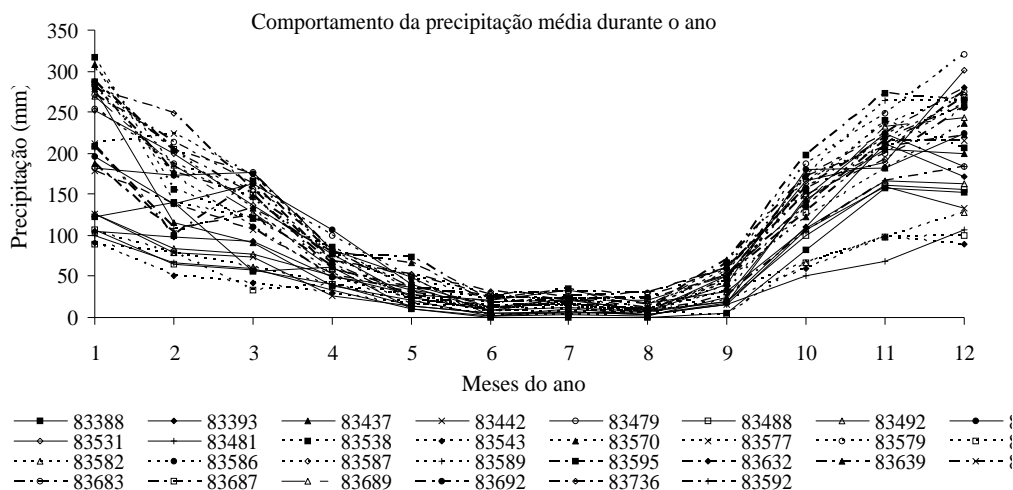


FIGURA 2 – Comportamento dos totais mensais médios da precipitação pluvial (mm) no ano.

Outro motivo para que a irrigação não seja descartada nas épocas de maior precipitação pluvial é o fato das chuvas não ocorrerem com distribuição normal no tempo e no espaço.

Nos mapas das Figuras 3 e 4, tem-se a distribuição espacial da evapotranspiração de referência total anual média (mm) e da precipitação pluvial total anual média (mm), respectivamente, para todo o Estado de Minas Gerais. Pode-se observar, no mapa da Figura 3, que os menores valores médios de ET_0 total anual foram registrados nas regiões Sul, Campo das Vertentes e Zona da Mata, chegando a um valor de 914 mm ano^{-1} no extremo sul. Observam-se, ainda, no mapa da Figura 3, valores médios crescentes da ET_0 total anual, partindo da região Sul indo em sentido às regiões Noroeste e Norte, tendo os maiores valores médios da ET_0 total anual sido registrados na região Norte do Estado, chegando ao valor máximo de $1.677 \text{ mm ano}^{-1}$ no extremo norte. As maiores variações espaciais dos valores de ET_0 foram visualizadas nas regiões Norte e Nordeste (Jequitinhonha). Por outro lado, as regiões do Triângulo e Noroeste apresentaram as menores variações espaciais da ET_0 .

No mapa da Figura 4, observa-se que a precipitação pluvial apresenta comportamento oposto ao da ET_0 . Observam-se que os menores valores totais anuais médios da chuva foram registrados na região Norte, chegando ao valor mínimo de 512 mm ano^{-1} no extremo norte, enquanto, os maiores valores totais anuais médios de chuva foram registrados na região sul, chegando ao valor máximo de $1.748 \text{ mm ano}^{-1}$ no extremo sul. A distribuição espacial da chuva em todo o Estado apresentou maior variabilidade

quando comparada à distribuição espacial da ET_0 . Isso se dá pelo fato da chuva ser um elemento meteorológico que apresenta uma alta variabilidade, tanto espacial como temporal. A região Sul foi a que apresentou menor variabilidade espacial da precipitação pluvial, mostrando que se trata de região mais homogênea no que diz respeito a esta variável.

No mapa da Figura 5 é mostrado o balanço hídrico de forma simplificada, envolvendo os mapas das Figuras 3 e 4, a fim de visualizar melhor a oferta e a demanda hídrica nas diversas regiões do Estado. Observa-se, no mapa da Figura 5, que Minas Gerais apresenta déficit hídrico em cerca de 50% da área total de seu território. As regiões Norte e Nordeste (Jequitinhonha) são aquelas onde a média total anual da evapotranspiração de referência supera a média do total anual da chuva em maior quantidade, apresentando maior déficit de água no ano, havendo localidades nas regiões do extremo norte em que o déficit hídrico chegou a $1.165 \text{ mm ano}^{-1}$.

Esse comportamento, em que a evapotranspiração supera a chuva, é característica peculiar de regiões semi-áridas, como é o caso da região Norte e do Jequitinhonha. Nessas regiões de déficit hídrico, o uso da irrigação é fundamental para se obter boa produção agrícola, porém, essa prática deve ser bem manejada para não ocorrer desperdício de água. Por outro lado, nas regiões Sul, Sudeste, Oeste e Central, o valor total anual médio da chuva superou a ET_0 anual média, gerando, assim, excesso hídrico nessas regiões. A região onde esse excesso foi maior, chegando a atingir o valor de 833 mm ano^{-1} , foi no extremo sul.

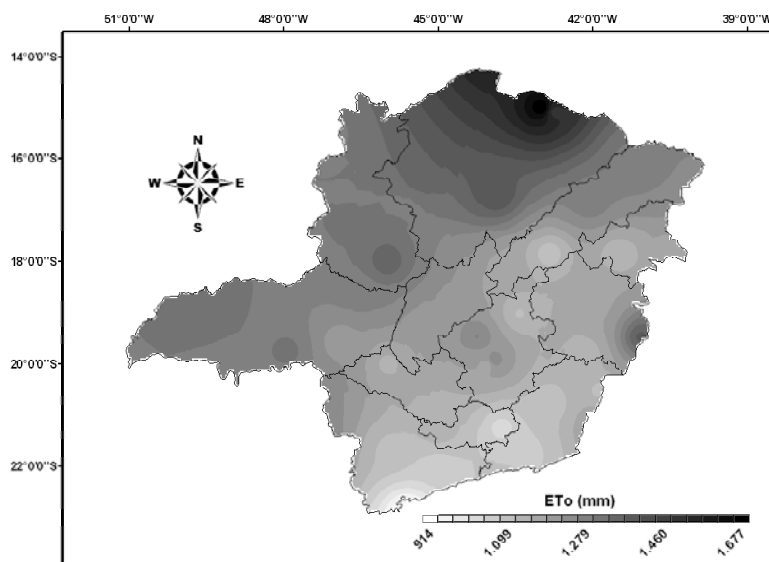


FIGURA 3 – Total anual médio da ET_0 (mm) para o Estado de Minas Gerais.

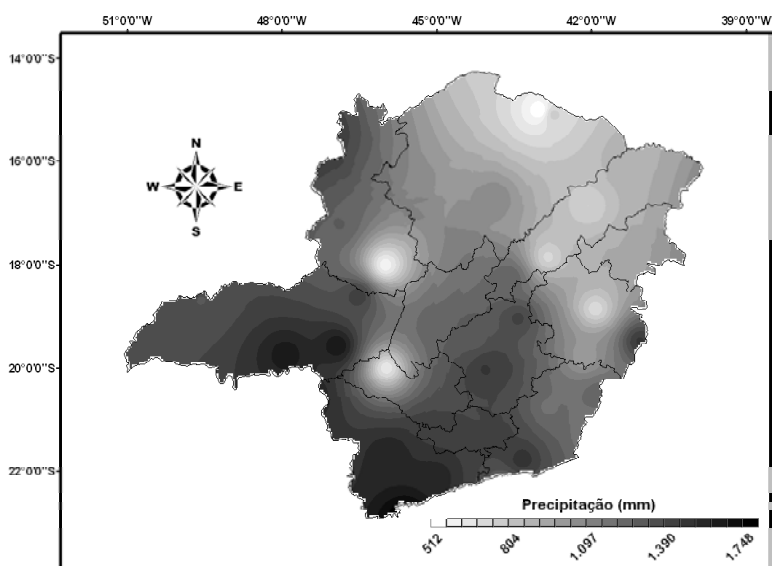


FIGURA 4 – Total anual médio da chuva (mm) para o Estado de Minas Gerais.

Esse fato não descarta o uso da irrigação nessas regiões, porém, mostra a aptidão de algumas localidades para a prática de agricultura sem o uso da irrigação, como é o caso da região Sul, onde grande parte do território é cultivada com a cultura do cafeeiro sem o uso da irrigação. Já na região do Triângulo Mineiro, onde

também houve excesso hídrico, porém, em menor escala, a cultura do cafeeiro é realizada, na sua maioria, com o uso da irrigação.

No mapa da Figura 6 é apresentada a distribuição espacial dos coeficientes de variação dos totais anuais da ET_0 para todo o Estado. Esse mapa (Figura 6) mostra a

variação temporal da ET_0 estimada para as estações usadas no trabalho. Observam-se que as maiores variações temporais foram registradas nos extremos das regiões Norte e Nordeste (Jequitinhonha), chegando a valores na ordem de 10,29% de variação no extremo norte do Estado. Nessas regiões podem ocorrer anos com altas demandas hídricas e anos com demandas hídricas reduzidas. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que regiões de clima árido e semi-árido geralmente apresentam grandes instabilidades climáticas se comparadas a outras regiões, principalmente em relação à precipitação pluvial, que pode influenciar na ET_0 .

Devido à maior instabilidade da demanda hídrica (ET_0) nas regiões Norte e Nordeste do estado, os projetistas e usuários da irrigação nessas localidades devem tomar maiores cuidados na estimativa da ET_0 na elaboração e manejo de projetos de irrigação.

Já as menores variações temporais foram registradas no noroeste, no oeste, no sul e no sudeste (Zona da mata) de Minas. Essas regiões em que se encontram os menores coeficientes de variação são regiões que, provavelmente, apresentam climas mais estáveis, gerando demandas hídricas semelhantes todos os anos. Isso pode facilitar a prática da irrigação nessas localidades.

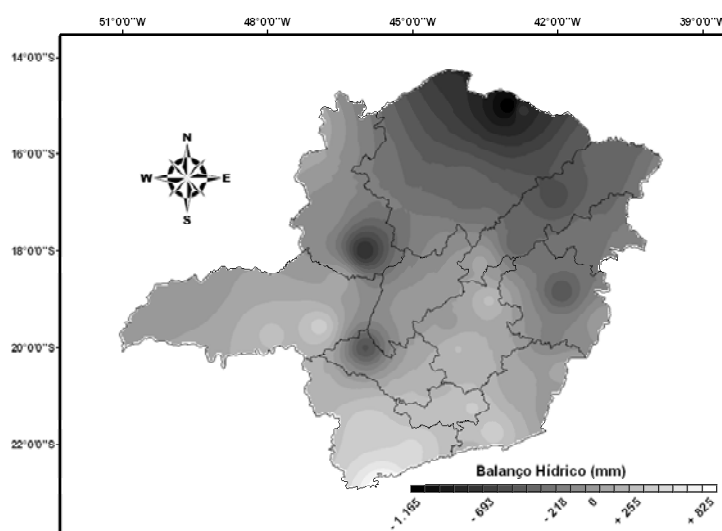


FIGURA 5 – Balanço hídrico simplificado para o Estado de Minas Gerais.

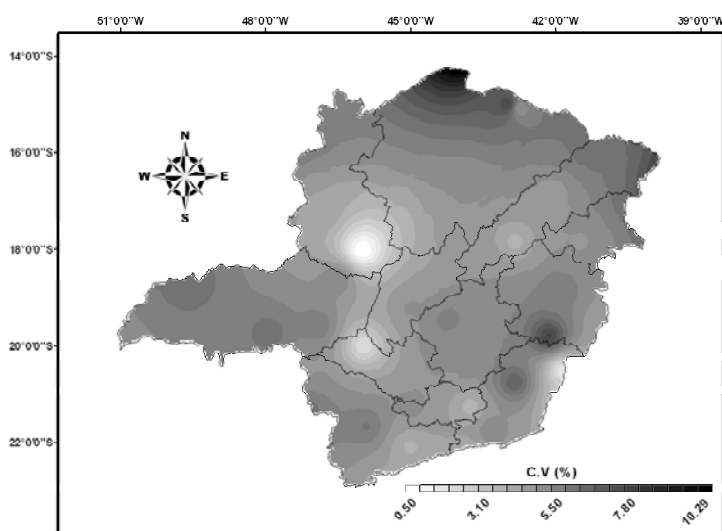


FIGURA 6 – Espacialização dos coeficientes de variação da ET_0 total anual em Minas Gerais.

CONCLUSÕES

As demandas hídricas apresentam grande amplitude de variação no Estado. As maiores variações, tanto espacial como temporal, foram registradas na região Norte. Os menores valores de ET_0 ocorrem no mês de junho e os maiores no mês de janeiro. O Estado de Minas Gerais apresenta um déficit hídrico em cerca de 50% da área total de seu território. Em função da nítida distinção que apresentou os dados de ET_0 geoespacializados nas regiões de Minas Gerais, o conhecimento do correto valor da ET_0 para cada localidade trará benefícios aos produtores no manejo da irrigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).
- AMORIM, R. S. S.; GRIEBELER, N. P.; GONÇALVES, F. A. Comparação de métodos de interpolação para espacialização de dados climáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia: SBEA, 2003. CD-ROM.
- BARBOSA, F. C.; TEIXEIRA, A. S.; GONDIM, R. S. Espacialização da evapotranspiração de referência e precipitação efetiva para estimativa das necessidades de irrigação na região do Baixo Jaguaribe – CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 1, p. 24-33, 2005.
- BELTRAME, L. F. S.; LOUZADA, J. A. S.; LANNA, A. E. L. **Evapotranspiração potencial do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 1994. 49 p. (Recursos hídricos, 31).
- CHUNG, H. W.; CHOI, J. Y.; BAE, S. J. Calculation of spatial distribution of potential evapotranspiration using GIS. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1997, Minneapolis, Minnesota. **Paper...** Minneapolis: American Society of Agricultural Engineers, 1997. 9 p.
- HASHMI, M. A.; GARCIA, L. A.; FONTANE, D. G. Spatial estimation of regional crop evapotranspiration. **Transaction of the ASAE**, Saint Joseph, v. 38, n. 5, p. 1345-1351, Sept./ Oct. 1995.
- PELLEGRINO, G. Q.; PINTO, H. S.; ZULLO JÚNIOR, J.; BRUNINI, O. 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, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CPAC, 1998.
- PEREIRA, A. R.; VILLA-NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.