

APLICAÇÃO DO ALGORITMO SAFER EM ÁREAS COMERCIAIS DE MILHO IRRIGADO POR PIVÔ CENTRAL NA REGIÃO NOROESTE PAULISTA

PEDRO HENRIQUE DE VAL CASTRO ALMEIDA FONTES¹, FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ², DANIELA ARAUJO DE OLIVEIRA³, MATHEUS FIORENTINO NUNES⁴

RESUMO: Com a ampliação das áreas irrigadas em função do conhecido déficit hídrico há a necessidade de maximizar o uso da água na irrigação para a produção de alimentos. A evapotranspiração e os coeficientes de cultura são um dos principais componentes do ciclo hidrológico e a sua determinação é imprescindível para o adequado manejo da agricultura irrigada e balanço hídrico em bacias hidrográficas. Assim, o objetivo desta pesquisa é obter os coeficientes de cultura (Kc) nos diferentes estágios fenológicos do milho em área comercial na região Noroeste Paulista e comparar as diferentes metodologias, subsidiando a gestão racional dos recursos hídricos e melhoria em sua produtividade. Os resultados de Kc obtidos pela metodologia SAFER estiveram entre 0,01 e 0,79 que foram inferiores quando comparado a duas outras metodologias, sendo elas o Kc a partir do Boletim FAO 56, que apresentou valores entre 0,4 e 1,2, e o Kc a partir da metodologia de Graus-dias acumulados, que apresentou valores entre 0,48 e 1,06.

PALAVRAS-CHAVE: evapotranspiração. irrigação. sensoriamento remoto. coeficiente de cultura.

APPLICATION OF SAFER ALGORITHM IN COMMERCIAL AREAS OF CORN IRRIGATED BY CENTRAL PIVOT IN THE NOROESTE PAULISTA REGION

ABSTRACT: With the expansion of irrigated areas due to the known water deficit, there is a need to maximize the use of water in irrigation for food production. Evapotranspiration and crop coefficients are one of the main components of the hydrological cycle and their

¹ Graduando em Engenharia Agrônoma, Universidade Estadual Paulista - UNESP, CEP: 15385-000, Ilha Solteira - SP. Fone (18) 37431959. E- mail: pedrodeval10@gmail.com

² Professor Titular. Departamento de Fitossanidade Engenharia Rural e Solo. UNESP, Ilha Solteira, SP.

³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção, UNESP, Ilha Solteira – SP

⁴ Graduando em Engenharia Agrônoma, UNESP, Ilha Solteira - SP

determination is essential for the proper management of irrigated agriculture and water balance in watersheds. Thus, the objective of this research is to obtain the crop coefficients (Kc) in the different phenological stages of maize in a commercial area in the Northwest Paulista region and to compare the different methodologies, subsidizing the rational management of water resources and improvement in its productivity. The Kc results obtained by the SAFER methodology were between 0.01 and 0.79, which were lower when compared to two other methodologies, being the Kc from FAO Bulletin 56, which presented values between 0.4 and 1.2, and Kc from the accumulated Degree Days methodology, which presented values between 0.48 and 1.06.

KEYWORDS: evapotranspiration. irrigation. remote sensing. crop coefficient

INTRODUÇÃO

A produção de milho (*Zea mays* L.) é a de maior volume dentre os cereais no mundo, sendo aproximadamente 1,04 bilhão de toneladas (USDA, 2018). Os países responsáveis por 70% dessa produção são: Estados Unidos, China, Brasil e Argentina (CONAB, 2018). O Sudeste do Brasil está entre as principais regiões produtoras de milho do Brasil, mesmo com uma área plantada não tão significativa (CONAB, 2018). Teixeira *et al.* (2013) indica o plantio em duas épocas do ano, primeira safra realizada entre outubro e novembro, quando se inicia as chuvas, e a segunda safra entre os meses de fevereiro e julho.

No momento de implantar determinada cultura, o produtor deve compreender a necessidade hídrica, para quantificar o volume de água necessário durante o seu ciclo de desenvolvimento. Para tal, determinar os períodos em que a cultura encontra-se susceptível a falta de água é essencial para reduzir perdas de rendimento (CARVALHO, 2013). Hernandez *et al.* (2011) afirmam que a situação atual das culturas comerciais revela que a água vem sendo usada produtivamente, proporcionando desenvolvimento sócio-econômico à região trabalhada, porém a falta de controle da água aplicada e erosão excessiva proveniente da agricultura mal manejada podem adversamente afetar a disponibilidade e qualidade da água, podendo em algumas microbacias inviabilizar a expansão da agricultura irrigada, e ainda Hernandez (2003) destaca que saber o momento certo de iniciar as irrigações e o quanto de água deve ser aplicado é o objetivo do manejo racional da irrigação. A escassez da água, elevação dos custos de energia, e conhecimento da fisiologia da planta são os fatores que impactam o irrigante a tomar melhores decisões sobre como manejar seu sistema.

Segundo Teixeira (2012), o algoritmo SAFER (Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving) tem sido utilizado para estimar a evapotranspiração real das culturas através de parâmetros biofísicos obtidos pelo uso de sensoriamento remoto associado aos dados diários de estações agrometeorológicas, e assim, indicar se a irrigação está sendo feita de forma racional.

O objetivo deste trabalho aplicar o algoritmo SAFER em áreas de milho irrigada sob pivô central para obtenção da relação ET/ET_o, e ainda comparar com outras duas metodologias de determinação de coeficientes de cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em fazenda comercial de milho híbrido Syngenta Status Viptera 3 cultivado sob pivô central localizado no município de Itapura - SP semeado em 15 de maio de 2018 e com a colheita realizada no dia 18 de outubro de 2018. O pivô 1 possui uma área de 108,2 hectares, o pivô 2 72,5 hectares e o pivô 3 95,3 hectares. A produtividade média foi de 135 sacas por hectare.

A duração do ciclo da cultura para a variedade cultivada é programado para 135 dias, porém foi estendido até 157 dias devido as condições climáticas que ocorreram no ciclo, em especial baixas temperaturas.

Para a estimativa da evapotranspiração da cultura ao longo do ciclo se utilizou da evapotranspiração de referência estimada pela equação de Penman-Montheith obtida na Estação Itapura que faz parte da Rede Agrometeorológica do Noroeste Paulista (<http://clima.feis.unesp.br>) multiplicada pelos coeficientes de cultura sugeridos pelo Boletim FAO 56 - Tabela 1 (Allen et al., 1998) e também pela metodologia dos Graus-dia Acumulados (Teixeira et al., 2014) de acordo com a Equação 1, utilizando 10°C como temperatura basal.

$$Kc = -5 \cdot 10^{-7} GDac + 1,1 \cdot 10^{-3} GDac + 0,46 \quad (1)$$

Em que, Kc é o Coeficiente de cultura e GD_{Ac}, os Graus-dias acumulados

Tabela 1. Coeficiente de Cultura obtido a partir do Boletim FAO 56.

Ciclo	DAP	Kc FAO 56
I. Estágio inicial	20	0,4
II. Desenvolvimento Vegetativo	69	1,2
III. Florescimento	100	1,2

IV. Enchimento de grãos	120	0,6
V. Maturação	157	0,6

Fonte: Allen *et al.* (1998)

Foi coletado imagens brutas do satélite Landsat 8 , em órbita 223 e ponto 74, durante o ciclo da cultura de forma gratuita no sítio do U.S Geological Survey (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Parte das imagens disponíveis estavam contaminadas com nuvens sobre a área de estudo, portanto foram descartadas. As imagens sem estas contaminações foram nos dias 22 de maio, 23 de junho, 25 de julho, 10 de agosto, 26 de agosto e 11 de setembro de 2018, totalizando 6 cenas.

As imagens foram processadas no software Ilwis Academic 3.3 e aplicado o modelo SAFER seguindo a equação descrita abaixo, sendo ET/ET₀ a modelagem do coeficiente de cultura.

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp \left[a + b \left(\frac{T_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right] \quad (2)$$

Em que: ET/ET₀ - Relação Evapotranspiração da Cultura por Evapotranspiração de Referência

T₀ - Temperatura de superfície

NDVI - Índice de vegetação de diferença normalizada

Coefficiente “a” - Ajustado como 1 para região Noroeste Paulista (HERNANDEZ *et al.*, 2014)

Coefficiente “b” - Ajustado para -0,008, obtido por Teixeira (2010).

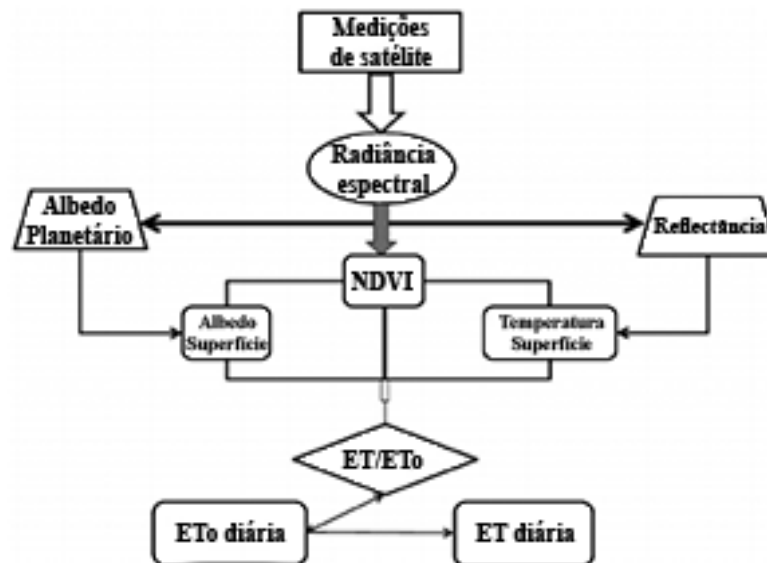


Figura 1. Fluxograma das etapas do método SAFER utilizando a superfície albedo, a superfície temperatura e do NDVI (Teixeira *et al.* 2012)

Foi utilizado o *software ArcGis* 10.0 para extração dos dados e o *Microsoft Excel* para compilação dos dados e construção de gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa do coeficiente de cultura (K_c) através de diferentes metodologias mostraram variações nos valores, o que irá afetar diretamente no cálculo da evapotranspiração da cultura ou atual, ou seja, poderá superestimar ou subestimar a lâmina de água que será aplicada pelo sistema.

A diferença dos valores de K_c entre a metodologia SAFER, GDac e FAO também pode ser explicada pelo material genético utilizada no plantio. A mesma diferença foi encontra por Trinca (2018) em um trabalho realizado na região Noroeste Paulista com a cultura do milho.

Os valores de K_c obtidos para cada fase fenológica do milho partir do Boletim FAO 56 (Allen et al. 1998) variaram entre 0,4 e 1,2, enquanto a relação ET_a/ET_0 – que seria o coeficiente de cultura atual – estimada tem valor máximo de 0,8 e estão de acordo com os encontrados por Teixeira et al. (2014) e por DeJonge et al. (2012). A metodologia de Gaus-dias acumulados também apresentou valores coerentes aos encontrados por Teixeira et al. (2014), variando entre 0,48 a 1,06.

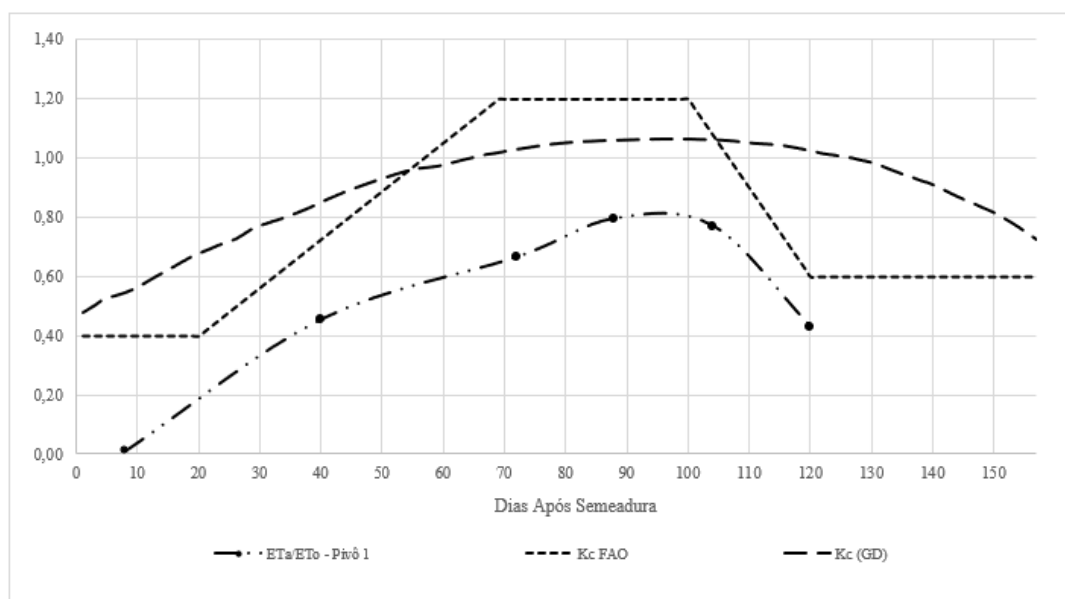


Figura 2 . Coeficientes de cultura obtidos através das diferentes metodologias.

Os valores indicados na relação ET_a/ET_0 pelo método SAFER quando comparados com as duas outras metodologias estudadas, FAO e GDac, estiveram em valores inferiores aos

destas duas metodologias, indicando que o plantio não atingiu seu máximo potencial, que pode ser ocasionado por condições hídricas, condições de solo, nutrição da planta, desuniformidade do sistema de irrigação ou ainda necessidade de ajustes no algoritmo.

Também houve diferença entre os modelos SAFER e GDac em relação ao FAO 56 pode se dar ainda por divergência entre o material genético utilizado e o clima da região, uma vez que os valores de Kc disponíveis em Allen et al. (1998) foram estimados utilizando um material genético e região diferentes do estudado por este trabalho.

Conseqüentemente os valores encontrados de evapotranspiração da cultura (ETc) pela metodologia FAO 56, Graus-dias acumulados e evapotranspiração atual através do SAFER (ETa) mostraram diferenças, com 422,42 mm, 474,14 mm e 281,35 mm respectivamente.

A principal diferença entre a estimativa da ETc através da metodologia FAO 56 e GDac pode ser explicada devido aos valores fixos utilizados já definidos em cada fase fenológica a partir do Boletim FAO 56, enquanto que os valores de Kc obtidos a partir da metodologia de Graus-dias acumulados sofrem uma variação diária, de acordo com a temperatura média diária.

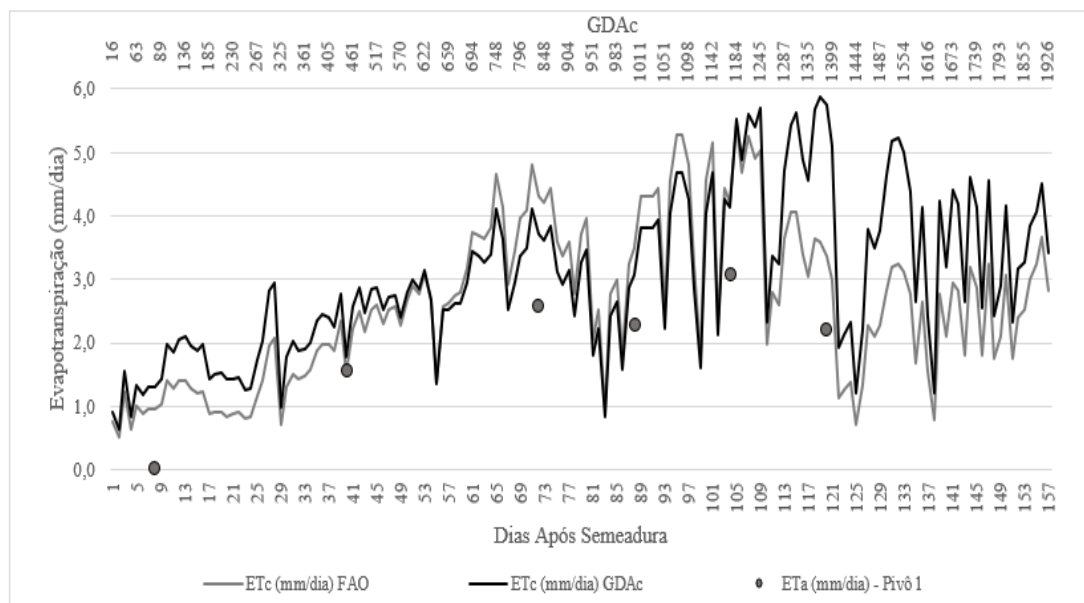


Figura 3 . Evapotranspiração da cultura e atual obtidas através das diferentes metodologias.

CONCLUSÕES

Os valores obtidos através do SAFER, apesar de coerentes com outros trabalhos e úteis para o manejo da irrigação, indicam que ainda assim se faz necessário pesquisas para ajustes do algoritmo de acordo com a região trabalhada.

Apesar da diferença, as metodologias FAO 56 e Graus-dias acumulados para determinação do coeficiente de cultura e evapotranspiração da cultura se mostraram sólidas para fins comparativos com a aplicação do SAFER.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela Bolsa de Iniciação Científica concedida ao primeiro autor e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro (Processo 2009/52467-4).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, p.297, 1998.

CARVALHO, R.I.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A.D.; ROSA, G.M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. Eiclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p.969 - 985, 2013.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Safra Brasileira de Grãos. Abril de 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/index.php/info-agro/safra/graos>> Acesso em: 30 de abril de 2018.

Dejonge, K. C.; Ascough, J. C.; Andales, A. A.; Hansen, N. C.; Garcia, L. A.; Arabi, M. Improving evapotranspiration simulations in the CERES-Maize model under limited irrigation. *Agricultural Water Management*, v. 115, p. 92 - 103, 2012.

HERNANDEZ, F.B.T.; NEALE, C.M.U.; TEIXEIRA, A.H.C.; TAGHVAEIAN, S. Determining large scale actual evapotranspiration using agro-meteorological and remote sensing data in the northwest of São Paulo State, Brazil. *Acta Horticulturae*, n.1038, p.263-270, 2014.

HERNANDEZ, F.B.T.; NEALE, C.; TAGHVAEIAN, S. TEIXEIRA, A.H.C. Avaliação preliminar do modelo SEBAL para a estimativa da distribuição espacial da evapotranspiração em áreas irrigadas no noroeste paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, XV, 2011, Curitiba. Anais..., Curitiba: INPE, p.5209-5216, 2011.

TEIXEIRA, A.H.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F.; VICTORIA, D.C.; BOLFE, L.E. Irrigation performance assessments for corn crop with landsat imagens in the São Paulo State, Brazil. *Water Resources and Irrigation Management*, v.3, n.2, p. 91-100, 2014.

TEIXEIRA, A.H.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G.; LEIVAS, J.F.; VICTORIA, D. de C.; BOLFE, L.E. Distribuição espacial do requerimento hídrico da cultura do milho no

Estado de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belém - PA, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123930/1/4489.pdf>>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

TEIXEIRA, A.H.C. Modelling evapotranspiration by remote sensing parameters and agrometeorological stations. In: NEALE, C. M. U.; COSH, M. H. (Ed.). Remote Sensing and Hydrology. Wallingford, UK, 2012. v. 352, p. 154-157.

TEIXEIRA, A.H.C.; MOURA, M.S.B.; ANGELOTTI, F. Evapotranspiração atual. Disponível em:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/uva_de_mesa/arvore/CONT000gn4xwwjn02wx5ok0liq1mqzi5bij7.html>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

TEIXEIRA, A.H.C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated crops and natural vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) using remote sensing and Penman-Monteith Equation. Remote Sensing, v.2, n.5, p.1287-1319, 2010.

TRINCA, V.F.; HERNANDEZ, F.B.T. EVAPOTRANSPIRAÇÃO NA CULTURA DO MILHO NA REGIÃO NOROESTE PAULISTA. Disponível em: <http://www2.feis.unesp.br/irrigacao/pdf/tcc_milho_trinca.pdf>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

UNESP. ÁREA DE HIDRÁULICA E IRRIGAÇÃO: DADOS CLIMÁTICOS. Disponível em: <<http://clima.feis.unesp.br/>>. Acesso em: 28 de junho de 2019.

World Agricultural Supply and Demand Estimates. Virginia: United States Department Of Agriculture, 2018. Disponível em: <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>>. Acesso em: 28 de junho de 2019.