

## Simulação da produtividade da água da cultura do milho irrigado em municípios de Minas Gerais.

(<sup>1</sup>) Acadêmica de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ, Bolsista Embrapa; Rod. MG 424, Km 45, 35.702-098, Sete Lagoas, MG, e-mail prigomes18@hotmail.com; (<sup>2</sup>) Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Eng. Agrícola, PhD Eng. Irrigação/Modelagem; (<sup>3</sup>) Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ; (<sup>4</sup>) Acadêmico de Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Sete Lagoas, UNIFEM, Bolsista CNPq.

### RESUMO:

Os sistemas irrigados são uma alternativa para aumentar o rendimento da cultura do milho. Entretanto, dada a escassez hídrica, é preciso adotar estratégias de manejo que incrementem a otimização do uso da água. Este trabalho teve como objetivo empregar o modelo de simulação CSM-CERES-Maize para estimar a produtividade da água da cultura do milho baseada nas lâminas de irrigação aplicadas e na evapotranspiração da cultura, para 19 municípios no estado de Minas Gerais. Araxá, Caratinga e Uberaba apresentaram as maiores produtividades da água, com base na lâmina de irrigação, uma vez que estes municípios requereram menores lâminas de irrigação suplementar. Os municípios de Aimorés, Araçuaí, Curvelo, Janaúba, Montes Claros, Paracatu e o vão de Unai, que demandaram maiores valores de irrigação suplementar, apresentaram baixos valores de produtividade da água, com base em lâmina de irrigação, e, portanto, não reúnem as melhores condições para estímulo ao uso da irrigação em milho. Itamarandiba, Machado e Sete Lagoas apresentaram as maiores produtividades da água, com base na lâmina de evapotranspiração, em decorrência dos maiores rendimentos médios de grãos simulados, demonstrando que, nestas localidades, a cultura foi mais eficiente para utilizar a água evapotranspirada para a produção de grãos.

**Termos de indexação:** DSSAT, *Zea Mays* L, eficiência de uso da água.

### INTRODUÇÃO

Na agricultura, a irrigação é fundamental para eliminar o risco de deficiência hídrica, garantir a produção de alimentos e aumentar a produtividade das culturas (SOARES, 2010). O milho em condições irrigadas pode alcançar um rendimento de grãos 30-40% superior ao cultivo de sequeiro (BORGES, 2003). Dependendo das condições climáticas, o requerimento de água desta cultura pode variar de 400 a 700 mm no ciclo (ANDRADE, 2006). Em virtude desse grande consumo e da escassez deste recurso, é necessário adotar técnicas manejo racional da água, que favoreçam a

eficiência do seu uso.

Estratégias como reduzir a frequência da irrigação (CARDOSO et al., 2004) e a imposição de algum nível de déficit hídrico (ANDRADE et al., 2009) são alternativas que podem ser empregadas nos sistemas irrigados para aumentar a eficiência de uso da água. Dentre os vários indicadores de eficiência de uso, pode-se citar a produtividade da água (PEREIRA et al., 2012), que é a relação entre a produtividade de grãos ou a rentabilidade e o volume de água aplicado ou consumido pela cultura (ANDRADE et al., 2009).

Este trabalho teve como objetivo simular a produtividade da água, com base na lâmina de irrigação aplicada e na evapotranspiração da cultura, para o milho, em 19 municípios no estado de Minas Gerais.

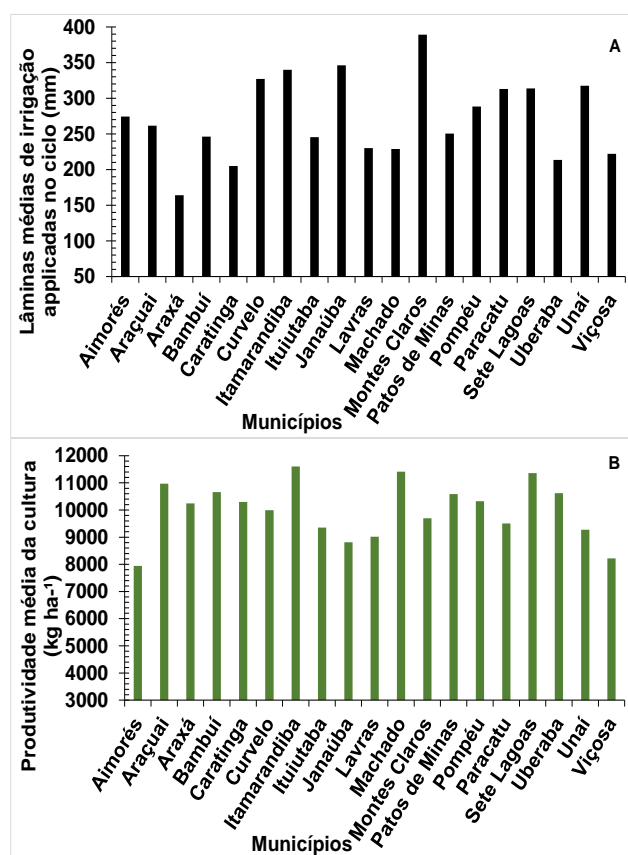
### MATERIAL E MÉTODOS

Empregou-se o modelo CSM-CERES-Maize, do pacote DSSAT, versão 4.6.1 (HOOGENBOOM et al., 2014), previamente calibrado para a cultivar DKB390PRO, para simular o rendimento e a produtividade da água do milho irrigado em 19 municípios de Minas Gerais. Dados de rendimento foram utilizados para determinar a janela de semeadura para a produção de milho irrigado em cada município (MELO et al., 2016). Assumiu-se, para todas as cidades, que a cultura da braquiária, anterior ao milho, deixa na superfície do solo 2000 kg ha<sup>-1</sup> de resíduo com 1% de nitrogênio. Considerou-se também uma população de 68 mil plantas ha<sup>-1</sup>, com espaçamento entre linhas de 0,50 m. A adubação consistiu em 40 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de monoamônio fosfato, aplicados no plantio, e 150 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, na forma de ureia, aplicados aos 25 dias após semeadura. As simulações das irrigações foram modeladas para serem realizadas automaticamente, sempre que os teores de água no solo reduzissem a 50% da disponibilidade total de água na camada 0-0,30 m. O modelo estima a evapotranspiração da cultura diretamente, sem o uso de coeficiente de cultura, empregando o método de Priestley-Taylor (1972). A produtividade da água foi determinada pela relação entre o peso de matéria seca de grãos,

por hectare, e o volume de água, por hectare, obtido a partir das lâminas de evapotranspiração e de irrigação acumuladas no ciclo da cultura. Os valores simulados de produtividade da água, com base nas lâminas de irrigação aplicadas e na evapotranspiração da cultura, foram analisados e comparados para cada município.

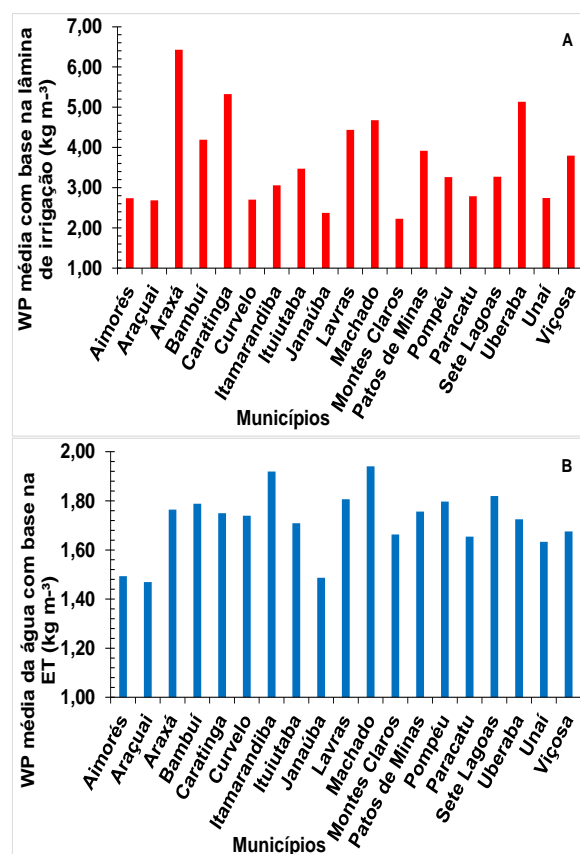
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As lâminas médias de irrigação, demandadas durante o ciclo da cultura do milho, variavam consideravelmente entre os municípios estudados (Figura 1A). Os menores valores médios de lâmina de irrigação aplicada de 164 mm, 205 mm e 214 mm, foram computados para os municípios de Araxá, Caratinga e Uberaba, respectivamente. Estes valores reduzidos de lâmina de irrigação aplicada são decorrentes dos maiores volumes de precipitação registrados durante o ciclo da cultura naquelas localidades. Mesmo não apresentando os maiores rendimentos de grãos (Figura 1B), a produtividade da água, baseada na lâmina de irrigação, foi elevada nestas localidades, alcançando valores médios de 6,42; 5,33 e 5,13 kg de grãos  $m^{-3}$ , respectivamente (Figura 2A).



**Figura 1:** Lâminas médias de irrigação acumuladas ao longo do ciclo da cultura (1A) e produtividade média da cultura do milho (1B).

Na literatura foram reportados valores de produtividade da água com base na irrigação na faixa de 7,55 a 8,64 kg  $m^{-3}$  (Payero et al., 2009). De acordo com Mi et al. (2012), em trabalho realizado no nordeste da China, o volume de precipitação pode afetar a produtividade da água, pois em anos de seca os valores são baixos, enquanto nos anos chuvosos, quando a precipitação anual é em média 500 mm, a produtividade pode atingir valores máximos. Entretanto, segundo estes autores, em anos em que as chuvas excederam 500 mm não se verificou aumento na produtividade da água do milho.



**Figura 2:** Produtividade média da água (WP) com base nas lâminas de irrigação (2A) e de evapotranspiração (2B) acumuladas no ciclo.

A produtividade da água, com base na evapotranspiração, também foi comparativamente mais elevada em Araxá, Caratinga e Uberaba, atingindo 1,76, 1,75 e 1,73 kg  $m^{-3}$ , respectivamente (Figura 2B). No entanto, em estudo realizado no norte da China Du et al. (2010) obtiveram um valor

de  $2,9 \text{ kg m}^{-3}$  para a produtividade da água do milho com base na evapotranspiração.

Para os municípios de Montes Claros, Janaúba, Araçuaí, Curvelo, Aimorés, Unaí e Paracatu foram observados os menores valores médios de produtividade da água baseado nas lâminas de irrigação e de evapotranspiração da cultura, sendo estes inferiores a  $2,79 \text{ kg m}^{-3}$  e  $1,74 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente (Figura 2A). Em Montes Claros, Janaúba, Curvelo, Unaí e Paracatu as lâminas médias de irrigação aplicadas foram superiores a 300 mm, enquanto em Aimorés e Araçuaí as lâminas médias foram 274 mm e 261 mm, respectivamente (Figura 1A). A maior demanda por irrigação suplementar (Figura 1A), decorrente da insuficiência ou irregularidade no regime de chuvas, associada à rendimentos de grãos inferiores a  $10.000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 1B) afetaram negativamente a eficiência do uso da água (Figura 2A e 2B) nestas localidades. De acordo com Andrade et al. (2009), no regime irrigado, podem ocorrer oscilações na produtividade na cultura do milho devido a instabilidades na temperatura do ar e radiação solar incidente, que afetam o ciclo da cultura, com consequente variação no consumo de água.

Em Araçuaí, embora a produtividade média de grãos tenha atingido  $10.968 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 2B), a produtividade da água, baseada nas lâminas de irrigação e de evapotranspiração da cultura, atingiram os menores valores de  $2,74 \text{ kg m}^{-3}$  e  $1,49 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente, demonstrando ineficiência no uso da água.

Os maiores rendimentos médios de  $11.604 \text{ kg ha}^{-1}$ ,  $11.410 \text{ kg ha}^{-1}$  e  $11.355 \text{ kg ha}^{-1}$ , foram simulados para Itamarandiba, Machado e Sete Lagoas, respectivamente (Figura 1 A), o que elevou os valores da produtividade da água, com base nas lâminas de irrigação e de evapotranspiração, para  $3,06$ ,  $4,68$  e  $3,27 \text{ kg m}^{-3}$  (Figura 2A) e  $1,92$ ,  $1,94$  e  $1,82 \text{ kg m}^{-3}$  (Figura 2B), respectivamente.

De uma forma geral, os valores de produtividade da água, calculada com base na evapotranspiração da cultura, obtidos no presente estudo estão dentro da faixa de  $1,50 \text{ kg m}^{-3}$  a  $2,05 \text{ kg m}^{-3}$  determinada por Payero et al. (2009). Em relação a produtividade da água, calculada com base na irrigação e na precipitação acumuladas durante o ciclo da cultura do milho, Mishra et al. (2001) e Andrade et al. (2004) reportaram valores de  $1,39$  a  $1,54 \text{ kg m}^{-3}$  e  $1,22$  a  $1,74 \text{ kg m}^{-3}$ , respectivamente, inferiores aos obtidos no presente estudo.

### CONCLUSÕES

Os municípios de Araxá, Caratinga e Uberaba apresentaram valores médios de produtividade da água com base na evapotranspiração e nas lâminas

de irrigação mais elevados em comparação com as demais localidades. Os menores valores médios de produtividade da água baseados nas lâminas de irrigação e na evapotranspiração, foram em Montes Claros, Janaúba, Araçuaí, Curvelo, Aimorés, Unaí e Paracatu. Os maiores rendimentos médios de grãos foram simulados para os municípios de Araçuaí, Itamarandiba, Sete Lagoas e Machado.

### AGRADECIMENTOS

À Fapemig e Embrapa, pelos recursos destinados ao projeto de pesquisa e à bolsa de iniciação científica, respectivamente.

### REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. L. T.; ALVARENGA, R. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; COELHO, A. M.; TEIXEIRA, E. G. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 1- percolação e produtividade da água. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO, DRENAGEM E CONTROLE DE ENCHENTES, 1., 2004, Porto Alegre. Anais ... Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

ANDRADE, C.L.T.; ALBUQUERQUE, P.M.P.; BRITO, R.A.L.; RESENDE, M. Viabilidade e Manejo da Irrigação da Cultura do Milho. Embrapa Milho e Sorgo, documento 85, 2006.

ANDRADE, C.L.T.; AMARAL, T.A.; BORGES J.R., J.C.S.; HEINEMANN, A.B.; GARCIA, A.G.; TOJO-SOLER, C.M.; SILVA, D.F.; HICKMANN, C.; SANTANA, C.B.; MOURA, B.F.; CASTRO, L.A. Modelagem de crescimento de culturas: Aplicações a cultura do milho. Embrapa Milho e Sorgo, documento 91, 2009.

ANDRADE, C.L.T.; AMARAL, T.N.; SILVA, D.F.; GARCIA, A.; HOOGENBOOM, G.; BRITO, R.A.L.; BORGES JÚNIOR, J.C.F.; GOMIDE, R.L. UTILIZAÇÃO DO MODELO CERES-MAIZE COMO FERRAMENTA NA DEFINIÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE SEMEADURA DE MILHO: 3 - REQUERIMENTO E PRODUTIVIDADE DA ÁGUA. In: XVI Congresso de Agrometeorologia, 2009. Belo Horizonte.

BORGES, I. D. Avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de nitrogênio e de espaçamento entre fileiras na cultura do milho. 2003. 73 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2003.

CARDOSO, C. O.; FARIA, R. T.; FOLEGATTI, M. V. Aplicação do modelo Ceres-Maize na análise de estratégias de irrigação para milho "safrinha" em Londrina-PR. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 37-45, 2004.

DU, T.S., KANK, S.Z., SUN, J.S., ZHANG, X.Y., ZHANG, J.H., 2010. An improved water use efficiency of cereals under temporal and spatial deficit irrigation in north China. *Agr. Water Manage*, 97, 66-74.

HOOGENBOOM, G.; JONES, J. W.; WILKENS, P. W.; PORTE, C. H.; BOOTE, K. J.; HUNT, L. A.; SINGH, U.; LIZASO, J. L.; WHITE, J. W.; URYASEV, O.; ROYCE, F. S.; OGOSHI, R.; GIJSMAN, A. J.; TSUJI, G. Y. Decision Support System for Agrotechnology Transfer: version 4.6. DSSAT Foundation, Prosser, Washington, 2014.

MELO, B.F.; ANDRADE, C.L.T., SILVA, P.P.G.; MAGALHÃES, B.G.; TIGGES, C.H.P.. Simulação da janela de semeadura para o milho irrigado no estado de Minas Gerais. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 2016. (No prelo)

MI, N., ZHANG, Y. S., JI, R. P., CAI, F., ZHANG, S. J., & ZHAO, X. L. (2012). Effects of climate change on water use efficiency in rain-fed plants. *International Journal of Plant Production*, 6(4).

MISHRA, H. S.; RATHORE, T. R.; SAVITA, U. S. Water-use efficiency of irrigated winter maize under cool weather conditions of India. *Irrigation Science*, New York, v. 21, p. 27-33, 2001.

PAYERO, J. O., TARKALSON, D. D., IRMAK, S., Davison, D., & PETERSEN, J. L. (2009). Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. *Agricultural water management*, 96(10), 1387-1397.

PEREIRA, L.S.; CORDERY, I.; IACOVOS, I. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agricultural Water Management*, v.108, p.39-51, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08.022>.

PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review*, Boston, v.100, n.2, p.81-92, Feb. 1972.

SOARES, F.C. Análise de viabilidade da irrigação de precisão na cultura do milho (*Zea mays L.*). 2010. 113 p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.



## XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

"Milho e Sorgo: inovações,  
mercados e segurança alimentar"

---