

Ajuste da lâmina de irrigação e sua resposta nas componentes de rendimento da cultura do milho.

Luan Junior Kuhn⁽¹⁾; Leonardo Chechi⁽¹⁾; Vanderléia Fotuna⁽²⁾; Patricia Mara de Almeida⁽²⁾; Maurício Albertoni Scariot⁽³⁾; Hugo von Linsingen Piazzetta⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, Rio Grande do Sul; Bolsista FAPERGS; (luankuhn@hotmail.com); (leonardochechi@gmail.com); ⁽²⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; UFFS – Campus Erechim (leiafortuna@hotmail.com); (patimara97@hotmail.com); ⁽³⁾ Mestrando do PPGCTA- UFFS Campus Erechim, (mauricioalbertoniscariot@gmail.com); ⁽⁴⁾ Professor;- UFFS Campus Erechim, (hugo.piazzetta@uffs.edu.br).

RESUMO: Sendo a deficiência hídrica uma das principais causas para a baixa produtividade da cultura do milho no Brasil, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar as componentes de rendimento da cultura submetidas a diferentes formas de ajuste da lâmina de irrigação e validar a planilha “Lâmina” para recomendação de irrigação na cultura. Para avaliar o efeito da irrigação sobre a cultura foram aplicados os seguintes tratamentos: não utilização de irrigação (controle); ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (Lâmina); manutenção da umidade do solo equivalente capacidade real de água no solo em 55% da capacidade total de água do solo (55% CRA); e manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo (100% CC). Os tratamentos 100% CC e controle apresentaram resultados similares, diferindo estatisticamente apenas para a componente matéria seca da parte aérea. O tratamento Lâmina apresentou os melhores resultados para as componentes número de grãos por fileira, número de grãos por espiga e peso de mil, enquanto o tratamento 55% CRA apresentou as melhores médias para as componentes matéria seca da parte aérea, espigas por planta e também peso de mil grãos. Por fim, a planilha Lâmina mostrou grande potencial para a recomendação de irrigação, no entanto, mais estudos são necessários em condições climáticas diversas.

Termos de indexação: *Zea mays* L., água, precipitação.

INTRODUÇÃO

No Brasil a cultura do milho apresenta produtividade média nacional de 4934 kg ha⁻¹, muito

baixa comparada aos principais países produtores (Conab, 2016). Dentre as causas para a baixa produtividade está a deficiência hídrica. Sendo assim, a adoção de um sistema de irrigação pode suprir as necessidades hídricas da cultura, evitando assim, as perdas. No entanto, a irrigação no Brasil é feita muitas vezes sem acompanhamento técnico, ocasionando grande desperdício de água. Dessa maneira, faz-se necessário entender o efeito da irrigação sobre os componentes do rendimento da cultura, afim de estabelecer um manejo racional e eficaz da água de irrigação em sistemas agrícolas.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar os componentes do rendimento da cultura do milho submetido a diferentes formas de ajuste da lâmina de irrigação e validar a planilha “Lâmina” para recomendação de irrigação na cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim, durante safra 2015/2016. No local, o solo é classificado como Latossolo Bruno Intermediário para Latossolo Roxo Alíco (IBGE, 2002). O clima do local é Cfa conforme classificação estabelecida por Köppen (1931). O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de uma parcela com dimensões de 3 m de largura por 3 m de comprimento totalizando 9 m² por unidade experimental.

A semeadura foi realizada no dia 3 de novembro, utilizando-se o híbrido simples MG 300 (Morgan Sementes). Adotou-se o espaçamento de 0,50 metros de distância de entre fileiras e população de 80 000 plantas por hectare. A adubação utilizada foi

de 500 kg ha⁻¹ da fórmula (NPK) 5-20-20 + 200 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (16% de P₂O₅) no momento da semeadura e 140 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, divididos em duas aplicações, sendo uma em estágio vegetativo V4 e outra em V8. Estas doses de fertilizantes foram definidas a partir das condições químicas do solo, determinadas por meio de análise de solos, seguida de interpretação e recomendação conforme SBCS (2004). O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação de herbicida pós-emergente de princípio ativo glyphosate na dose de 3L ha⁻¹ em pré-semeadura. Posteriormente a semeadura, utilizou-se os herbicidas de princípio ativo glyphosate (3L ha⁻¹) e atrazina (6 L ha⁻¹) após o primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas. O controle de pragas e doenças foi realizado com tratamento químico sempre que o nível de dano econômico foi atingido, sendo assim realizou-se o monitoramento constante da sanidade da cultura. A aplicação de água foi realizada manualmente, utilizando mangueira e hidrômetro digital para quantificar o volume de água aplicado.

Para avaliar o efeito da irrigação sobre a cultura do milho foram aplicados os seguintes tratamentos: não utilização de irrigação (controle); ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (Lâmina); manutenção da umidade do solo equivalente capacidade real de água no solo em 55% da capacidade total de água do solo (55% CRA); e manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo (100% CC).

O tratamento controle recebeu água apenas pela ocorrência natural de chuvas no local, monitorado com o auxílio de estação meteorológica. Para o tratamento 55% CRA, estimou-se a capacidade total de água (CTA) para o solo, a capacidade real de água para o solo (CRA) e o armazenamento (ARM) de água no solo, conforme metodologia proposta por Bernardo (2005). A partir dos valores de CRA e ARM realizou-se a correção da umidade do solo aplicando-se o volume de água correspondente a diferença entre estas variáveis. No tratamento Lâmina, utilizou-se a planilha “Lâmina” desenvolvida pelos autores, observando as recomendações estabelecidas por Allen & Pereira (1998). Para o tratamento 100% CC aplicou-se a quantidade de água necessária para manter a umidade do solo na capacidade de campo. Em todos os tratamentos determinou-se a quantidade total de água recebida pela cultura durante seu desenvolvimento.

A colheita da cultura e a trilha das espigas foi realizada de forma manual, com umidade de grãos em torno de 18 a 22%, coletando-se uma área de 4 m² em cada parcela. Após foi realizada a análise

dos componentes de rendimento, os quais foram matéria seca (MS) da parte a planta, número de espigas por planta, fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga e peso de mil grãos.

A contagem de espigas por planta foi determinada avaliando-se todas as plantas dentro da área colhida. O número de grãos por fileira e o número de grãos por espiga foram determinados em sete espigas em cada parcela. O restante da parte aérea das plantas da parcela foi moída e seca em estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 60°C até atingir peso constante, visando mensurar a matéria seca da parte aérea da planta, a qual foi determinada com o auxílio de balança analítica, sendo o peso dos grãos não incluído no cálculo.

A determinação do peso de mil grãos foi realizada contando-se oito repetições de 100 grãos, as quais foram pesadas com o auxílio de balança analítica. A umidade dos grãos foi determinada pelo método da estufa a 105±2° C por 24 h, visando a correção da umidade para 13%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo que os tratamentos que apresentaram significância foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para estes procedimentos, utilizou-se o software SPSS v.22,0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a metodologia apresentada, a água recebida pela cultura (irrigação + chuva) correspondente a cada tratamento foi 1139,60 mm para o tratamento controle, 1284,05 mm para o tratamento Lâmina, 1345,62 mm para o tratamento 55% CRA e 1416,89 mm para o tratamento 100% CC. A distribuição das irrigações e das chuvas durante o período são apresentadas na **figura 1**. A distribuição das lâminas de irrigação aplicadas foi obtida pela média das quatro repetições somadas em períodos de 25 dias, iniciando-se na semeadura até a colheita.

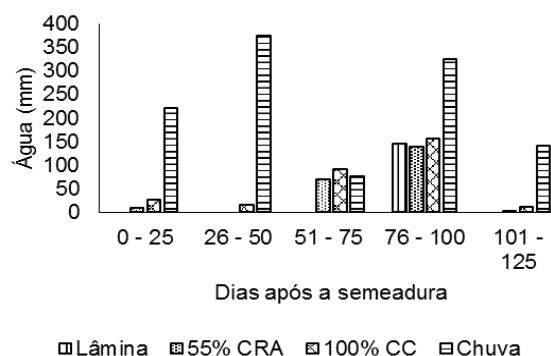


Figura 1: Irrigações médias (mm) somadas e precipitações em períodos de 25 dias, iniciando-se após a semeadura até a colheita da cultura.

Na **figura 2**, é apresentado o balanço hídrico diário durante o período de desenvolvimento da cultura. Pode-se observar alguns períodos de deficiência hídrica durante o desenvolvimento da cultura, sendo o mais prolongado entre os dias 10 de janeiro e 29 de janeiro, período que condiz com o início da fase de enchimento de grãos da cultura.

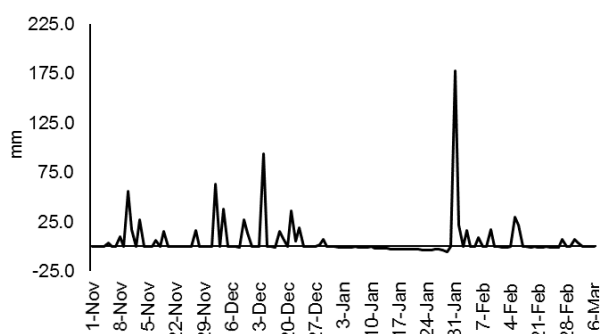


Figura 2: Balanço hídrico diário, no período de 1 de novembro de 2015 à 6 de março de 2016.

Na **tabela 1** e na **tabela 2** são apresentadas as médias correspondentes aos componentes de rendimento da cultura. Para a componente matéria seca da parte aérea (MS), observa-se maior teor de MS no tratamento 55% CRA, sendo que este apresenta diferença significativa para os demais. Logo em seguida, aparece o tratamento 100% CC e o tratamento Lâmina, não se diferenciando significativamente entre si. Todos os tratamentos apresentaram diferença significativa para o tratamento controle, que apresentou a menor produção de matéria seca, o que pode ser explicado pela ocorrência de períodos de menor disponibilidade de água durante o ciclo da cultura. A maior produção de matéria seca no tratamento 55% CRA pode ser explicado pelas irrigações realizadas no período de crescimento vegetativo da planta, as quais não foram realizadas no tratamento Lâmina. O tratamento 100% CC também recebeu irrigações durante o período de crescimento vegetativo, no entanto, como se objetivou manter a umidade do solo na umidade de capacidade de campo, na ocorrência de altos volumes de chuva, as plantas submetidas a este tratamento podem ter ficado em condições de solo saturado. Em condições de saturação, o excesso de água diminui a aeração, dessa maneira, a falta de oxigênio impede a

absorção metabólica da água em razão da indisponibilidade de energia (ATP), em função da baixa eficiência da atividade respiratória (Floss, 2011).

De acordo com Magalhães & Durães (2006) todas as folhas e espigas que a planta irá produzir são formados no estágio de crescimento vegetativo V3, e durante este estágio tanto a falta de água como o excesso de umidade podem vir a causar danos a cultura, uma vez que ponto de crescimento da planta ainda se encontra abaixo do solo. Isto além de explicar a maior produção de matéria seca no tratamento 55% CRA comparado aos outros tratamentos, também explica o maior número de espigas por planta para o mesmo tratamento, o qual apresenta diferença significativa sobre os demais que apresentaram resultados semelhantes entre si.

Tabela 1: Médias dos componentes do rendimento matéria seca da parte aérea (MS), número de espigas por planta e fileiras por espigas nos diferentes tratamentos aplicados.

Tratamento*	MS (Kg ha ⁻¹)	Espigas planta ⁻¹	Fileiras espigas ⁻¹
Controle	6095,00 ^c	0,96 ^b	15,57 ^a
Lâmina	6610,49 ^b	0,96 ^b	15,92 ^a
55% CRA	7162,28 ^a	1,02 ^a	16,00 ^a
100% CC	6788,96 ^b	0,95 ^b	16,05 ^a
CV (%)	2,42	1,10	2,68

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

O número de fileiras por espiga não apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Já para o componente grãos por fileira o tratamento 55% CRA apresentou o menor rendimento, o que pode ser explicado pelo maior número de fileiras por espiga (mesmo não apresentando diferença significativa), uma vez que para grãos por espiga, apenas o tratamento Lâmina apresentou valores superiores, diferenciando-se estatisticamente dos demais. O tratamento 55% CRA apresentou o segundo maior rendimento médio de grãos por espiga, no entanto não se diferiu dos tratamentos 100% CC e controle. O número de fileiras na espiga é estabelecido no estágio V12, enquanto o número de grãos por fileira e número total de grãos por espiga é definido no estágio V17, sendo que tanto o estresse por falta de água como por condições de saturação podem ocasionar diminuição na produção de grãos, porém a maior redução pode acontecer no estágio R1, onde se tem a determinação do número de óvulos que serão fertilizados, assim, óvulos não fertilizados, não produziram grãos. (Magalhães &

Durães, 2006). De acordo com Floss (2011) plantas com déficit hídrico formam menor número de grãos de pólen e óvulos, devida a menor síntese de proteínas e menor taxa de duplicação do DNA. No caso do milho, pode também ser resultado da não fertilização, uma vez que a formação do tubo polínico e sua inserção no estilete feminino só ocorrem se o estilete estar bem hidratado.

Dessa maneira, as diferenças estatísticas encontradas entre os tratamentos podem ser explicadas por uma menor disponibilidade (controle) ou excesso de água (100% CC) durante esses períodos.

Tabela 2: Médias dos componentes do rendimento número de grãos por fileira, grãos por espiga e peso de mil grãos, nos diferentes tratamentos aplicados.

Tratamento*	Grãos fileira ⁻¹	Grãos espiga ⁻¹	Peso de mil grãos (g)
Controle	33,11 ^a	512,33 ^b	320,14 ^c
Lâmina	34,70 ^a	537,64 ^a	334,59 ^{ab}
55% CRA	30,82 ^b	517,92 ^b	338,13 ^a
100% CC	32,90 ^a	509,08 ^b	326,63 ^{bc}
CV (%)	2,74	1,70	1,22

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P≤0,05).

Por fim no componente peso de mil grãos é observado maior peso para o tratamento 55% CRA, seguido pelo tratamento Lâmina, não se diferenciando estatisticamente entre si. O tratamento 100% CC, apesar de apresentar rendimento similar ao tratamento Lâmina não apresentou diferença significativa para o tratamento controle, o qual apresentou o menor peso de mil grãos. Fancelli (2015), relata que o enchimento de grãos de milho ocorre basicamente em duas fases: 1) no estágio R2, onde se observa um acúmulo de açúcares solúveis no endosperma dos grãos que contribuem para o incremento de sua massa, sendo estes provenientes da translocação de fotoassimilados das folhas e colmos; e 2) no estágio R3 onde se observa uma acentuada deposição de amido nos grãos, sendo um período quase que exclusivamente destinado ao ganho de peso dos grãos. Baixa disponibilidade de água em qualquer destas fases, acarretará numa baixa eficiência de translocação, resultando em perda de peso dos grãos, gerando grãos leves e pequenos. Como o peso de grãos é resultado da translocação dos fotoassimilados contidos nas folhas e colmos, verifica-se uma similaridade de resultados entre a produção de MS e o peso de mil grãos, apresentando assim, maior

peso de mil grãos para o tratamento que apresentou maior produção de MS (55% CRA). No entanto, deve-se destacar a condição hídrica durante o enchimento de grãos, diminuindo o efeito negativo do estresse hídrico sobre a translocação de fotoassimilados.

CONCLUSÕES

A falta de água tem efeito negativo sobre os componentes de rendimento da cultura do milho na região de Erechim-RS, no entanto, deve-se evitar o excesso de irrigações.

O método de determinação da lâmina de irrigação pela planilha Lâmina mostrou ser acurado para as componentes, fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga e peso de mil grãos. No entanto, apresentou performance inferior ao tratamento 55% CRA para as componentes MS e número de espigas por planta. Dessa maneira, mais estudos são necessários para avaliar o desempenho da planilha em condições climáticas diversas, e possivelmente, alguns ajustes devem ser feitos na Lâmina, para o período vegetativo da cultura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de auxílio ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 656 p.
- CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Safra 2015/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_graos_abril_2016.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2016.
- IBGE. Mapa de solos do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unid ades_federacao/rs_pedologia.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2016.
- FANCELLI, A. L. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.;

PIMENTEL, M. A. **Milho do Plantio a Colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 351 P.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2011, 734 p.

KÖPPEN W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter & Co, 1931. 388 p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 76).

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO (SBCS). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2004. 401 p

Estudo comparativo de coeficientes de cultura (Kc) para o manejo de irrigação do milho obtidos experimentalmente e estimados pelo manual FAO/56

Crisálida Alves Correia⁽¹⁾; Paulo Emílio Pereira de Albuquerque⁽²⁾; Wander Lauro de Amaral⁽³⁾; Christoph Hermann Passos Tigges⁽³⁾.

⁽¹⁾ 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 crisalida_correia@hotmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Eng. Agrícola, D.Sc., Embrapa Milho e Sorgo; ⁽³⁾ Acadêmico de Engenharia Agrônômica, Universidade Federal de São João Del Rei, UFSJ, Bolsista Embrapa.

RESUMO: A otimização na produção do milho está relacionada a diversos fatores, dentre eles a disponibilidade hídrica. Para tanto, em cultivos irrigados, é fundamental determinar as necessidades hídricas dessa cultura para ajustar as práticas de irrigação. Este trabalho teve como objetivo comparar, para algumas localidades, coeficientes de cultura (Kc) e lâmina líquida de irrigação requerida (LIR) do milho, por meio de três métodos: a) observação de dados experimentais; b) dados experimentais ajustados; e c) estimativas, segundo o manual FAO-56 (Allen et al., 1998). Em algumas regiões os valores de Kc recomendados pelo FAO-56 foram ligeiramente superiores aos obtidos experimentalmente, superestimando a lâmina líquida de irrigação requerida (LIR) para aquelas condições experimentais. Para os municípios de Piracicaba (SP), Seropédica (RJ) e Teresina (PI) os valores de LIR obtidos com os dados de Kc pelo FAO-56 foram inferiores (de 0,9 a 8,3%) aos valores experimentais e ajustados, respectivamente. No geral, os valores de Kc do manual FAO-56 levaram a uma boa estimativa da lâmina líquida de irrigação requerida (LIR) para a cultura do milho, pois a LIR variou no intervalo entre -10% e +10% ao compará-la com dados experimentais e ajustados por polinômio de terceiro grau para os valores de Kc em função dos dias após o plantio (DAP).

Termos de indexação: evapotranspiração da cultura (ETc), requerimento hídrico, eficiência do uso da água.

INTRODUÇÃO

Dados do IBGE indicam que o milho está distribuído em 2801 municípios, em várias regiões do Brasil. Essa cultura já se tornou a segunda maior “commodity” no país, sendo que nos últimos cinco anos houve um aumento de 15,5% na produtividade. A otimização na produção está relacionada a diversos fatores, dentre eles a

distribuição hídrica, que influencia principalmente na fase de germinação, floração e enchimento de grãos (Sans et al., 2001).

Para tanto, em cultivos irrigados, é necessário determinar as necessidades hídricas dessa cultura para ajustar as práticas de irrigação. Isso permite a utilização da água de maneira eficiente e a expressão do máximo de potencial produtivo da cultura. Desse modo, segundo Chaves et al. (2005), uma das alternativas utilizadas no manejo de irrigação é obter a evapotranspiração da cultura (ETc), a evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultura (Kc) durante os estádios de desenvolvimento das plantas. Essas variáveis dependem principalmente da cultura, de elementos meteorológicos e do solo, podendo ser estimadas diretamente através de lísimetros ou indiretamente através da seguinte equação:

$$ETc = Kc * ETo \quad (1)$$

Em que:

ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

Kc = coeficiente de cultura;

ETo = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

O coeficiente da cultura ou de cultivo está ligado a fatores ambientais e fisiológicos das plantas, nas quais deve ser determinado, de preferência nas condições do local que será utilizado (Medeiros et al., 2004).

Neste sentido, objetivou-se realizar um comparativo, para algumas localidades, entre coeficientes de cultura (Kc) do milho, por meio de três métodos: a) observação de dados experimentais; b) dados experimentais ajustados; e c) estimativas, segundo o manual FAO-56 (Allen et al., 1998). Deste modo, observou-se, então, a influência que esses três métodos têm no manejo de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Primeiramente, realizou-se um levantamento bibliográfico de vários trabalhos técnicos e técnico-científicos acerca dos coeficientes de cultura (Kc) do milho obtidos nas condições brasileiras.

Posteriormente, elaborou-se uma base de dados, utilizando planilhas eletrônicas, seguindo o critério de localidade e da época de plantio encontrados na literatura para cada região. Para a análise dos dados, o ciclo da cultura foi dividido em quatro fases (estádios) de acordo com Doorenbos & Pruitt (1977) e com o manual FAO-56 (Allen et al., 1998), segundo Albuquerque (2007), além do trabalho de pesquisa original.

A equação mais adequada para descrever e ajustar a curva de coeficiente de cultivo (Kc) foi a polinomial de terceiro grau. Os dias após o plantio (DAP) e Kc foram as duas variáveis analisadas conjuntamente. A determinação dos valores mínimos e máximos dos valores de Kc, em função do DAP, foi obtida pela primeira derivada da função polinomial encontrada.

O ajustamento do Kc recomendado pelo FAO-56, para a fase inicial (Kc-ini), média (Kc-med) e final (Kc-fin) foi obtido, respectivamente, pelas equações 2 (Albuquerque et al., 2001) e 3 (Allen et al., 1998):

$$Kc_{ini} = 1,41704 - 0,092412 * ETo - 0,11001 * F + 0,0042672 * ETo^2 + 0,0033743 * F^2 + 0,00028724 * Eto * F \quad (2)$$

$$Kc_{med} ou Kc_{fin} = Kc_{med} (tab) ou Kc_{fin} (tab) + [0,04 * (u2 - 2) - 0,004 * (UR_{min} - 45)] * \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (3)$$

A primeira equação apresenta valores de frequência de irrigação ou de chuva (F, em dias) e evapotranspiração de referência (ETo, em mm dia⁻¹). E, para o Kc médio e final, utilizaram-se valores decendiais de umidade relativa mínima do ar (URmin, em %) e velocidade do vento a 2 m de altura (u2, em m s⁻¹), correspondente a cada município.

O manejo de irrigação para os dados experimentais, ajustados e recomendados pelo FAO-56 foram simulados em planilha eletrônica, segundo Albuquerque (2007), sob condições de umidade inicial do solo equivalente a 50%, aspersão convencional com precipitação de 10 mm hora⁻¹ e turno de irrigação médio previsto para a fase 1 de 3 dias. A ETo necessária para uso na planilha de manejo de irrigação foi obtida observando-se a época de desenvolvimento do milho, de acordo com a localidade.

As lâminas de irrigação requeridas (LIR), para todos os três métodos, foram obtidas da planilha de manejo de irrigação. Os valores de LIR obtidos dos dados experimentais e ajustados foram comparados aos de LIR do FAO-56 com a seguinte equação:

$$Desvio = 100 * x \frac{LIR_{exp/ajust} - LIR_{FAO}}{LIR_{FAO}} \quad (4)$$

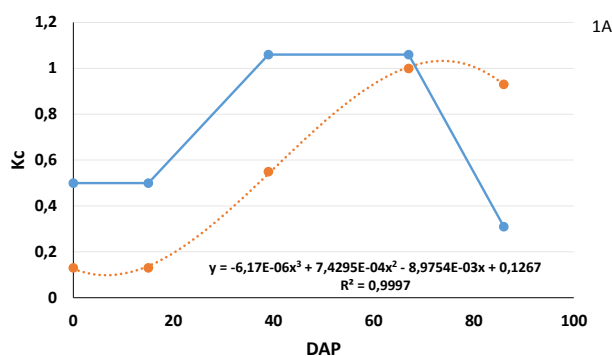
LIR_{exp/ajust} = Lâmina Líquida de Irrigação Requerida para dados experimentais ou ajustados, respectivamente;

LIR_{FAO} = Lâmina Líquida de Irrigação Requerida para dados do FAO-56.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, pode-se analisar a correlação entre coeficiente de cultura (Kc) recomendado pelo FAO e o obtido por Almeida et al. (2013) e Santos et al. (2014), para a região de Mossoró – RN. Nesses trabalhos utilizaram a cultivar AG 1051, com semeadura em maio de 2010 e em novembro de 2011, respectivamente.

Na Figura 1A e na Tabela 1 observam-se que os dados do FAO-56 refletiram em um aumento na lâmina de irrigação requerida (LIR) de 9,56 e 8,59% em relação aos dados experimentais e aos ajustados, respectivamente (Tabela 1). Verifica-se que os valores de Kc experimentais variaram pouco em relação aos valores ajustados, o que é demonstrado pelo alto coeficiente de determinação (R²). O Kc experimental da fase 3 apresentou valor aproximado ao recomendado pelo FAO (Figura 1A). Neste caso, a LIR pelo método do FAO-56 está superestimada, o que significa que o Kc recomendado pelo FAO-56 não seria o mais adequado para aquelas condições experimentais.



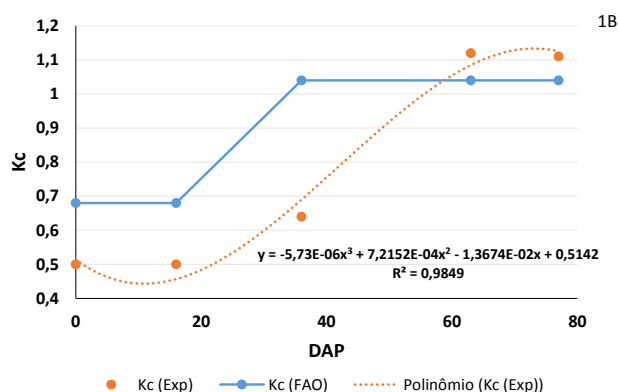


Figura 1: Coeficiente de cultura (Kc) obtidos do manual FAO-56, de dados experimentais e ajustados, em relação aos dias após plantio (DAP), segundo Almeida et al. (2013) (1A) e Santos et al. (2014) (1B).

No trabalho descrito por Santos et al. (2014) para o milho verde, verifica-se que os valores de Kc experimentais não concordaram com os recomendados pelo FAO durante todo o ciclo da cultura (Figura 1B). Porém, no total do ciclo, não houve diferenças consideráveis na LIR, o que resultou numa proximidade entre a quantidade de irrigações (Tabela 1). Dessa forma, os valores de Kc, para o milho verde, recomendados pelo FAO-56 podem ser utilizados quando cultivados sob as condições edafoclimáticas do município de estudo. Nota-se que na fase 3 o Kc ajustado do FAO ficou subestimado em relação ao Kc experimental. Essa fase é a que apresenta os maiores valores de Kc, visto que corresponde ao estágio de florescimento até o início de enchimento de grãos (Albuquerque & Guimarães, 2004) e coincide com o período crítico da cultura, em que acontecem os maiores impactos causados pelo déficit hídrico, refletindo na redução da produção de grãos (Bergamaschi et al., 2004).

Souza et al. (2012) e Detomini et al. (2009) desenvolveram um trabalho para o milho grão nas cidades de Seropédica - RJ (Figura 2A) e Piracicaba - SP (Figura 2B), respectivamente. Nesta ordem, utilizaram a cultivar Eldorado, com semeadura realizada em dezembro de 2006, e o híbrido DKB 390, semeado em 24 de novembro de 2005.

Analisando os dados apresentados na Figura 2A, nota-se que o Kc inicial para todos os métodos não variou consideravelmente. Condição contrária à verificada da Figura 2B, em que o Kc inicial recomendado pelo FAO-56 se mostrou relativamente maior ao Kc experimental e ajustado. Com isso, o número de irrigações aplicadas, com

base no método do FAO, teve maior expressão comparada aos outros métodos.

A metodologia utilizada pelo manual FAO-56, para a estimativa do Kc, também considera fatores climáticos diários, como a umidade relativa do ar e a velocidade do vento. Possivelmente, as variáveis climáticas nas condições experimentais, durante a fase inicial, estão bem próximas das consideradas pelo FAO (Figura 2A). O período inicial de desenvolvimento da cultura está compreendido entre os meses de maiores precipitações pluviométricas, interferindo no teor de umidade do solo que, por sua vez, afeta o requerimento hídrico das culturas (Mendonça et al, 2007), diminuindo a diferença entre os métodos.

A LIR obtida pelo Kc do FAO-56 não atende a demanda hídrica do milho na região de Seropédica - RJ, sendo que a LIR resultante do Kc experimental e ajustado se mostrou de 8,29 a 4,78% maiores que a recomendação do FAO-56, respectivamente. No entanto, para a cidade de Piracicaba, somente a LIR calculada pelo Kc experimental que se mostrou significativamente maior em relação ao Kc do FAO-56. O Kc polinomial não refletiu expressivamente em maior LIR, praticamente se igualando aos valores do FAO-56 (Tabela 1). Para tanto, o manejo de irrigação nos dois casos permanece o mesmo.

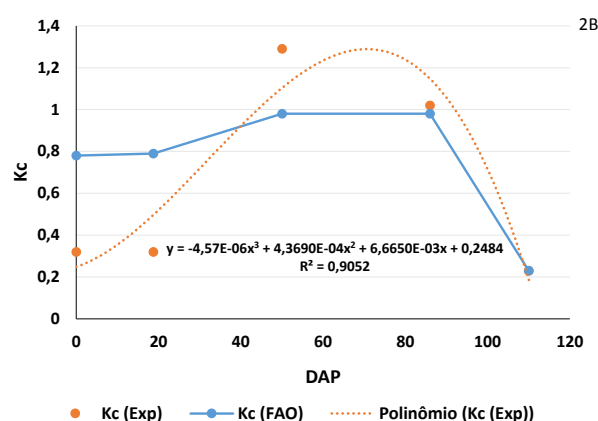
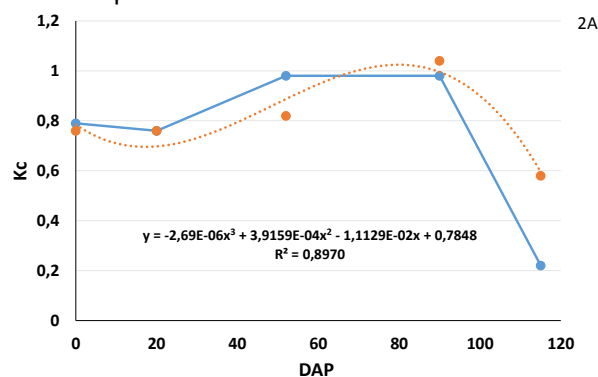


Figura 2: Coeficiente de cultura (Kc) obtidos do manual FAO-56, de dados experimentais e ajustados, em relação aos dias após plantio (DAP), segundo Souza et al. (2012) (2A) e Detomini et al. (2009) (2B).

Na cidade de Teresina – PI, Ferreira et al. (2007) determinaram valores médios de coeficiente de cultura para o milho CMS 47, semeado em agosto de 2006 (Figura 3). Nota-se que o Kc inicial dos dados experimentais e ajustados diferiu em relação ao FAO-56. Neste trabalho, maiores LIR foram determinadas para valores ajustados, refletindo em maiores quantidades de irrigações (Tabela 1). Muitos produtores de milho têm utilizado o Kc do FAO-56, uma vez que é um processo muito trabalhoso obtê-lo experimentalmente (Souza et al., 2012). No entanto, em muitas localidades, como em Teresina – PI, diferenças no manejo de irrigação podem ocorrer devido às condições de solo e comportamento das condições climáticas, o que influenciam nas necessidades hídricas da cultura com consequentes reduções de produtividade. Levar em consideração o Kc experimental é importante para utilização da água de maneira eficiente, otimizando a produção da cultura.

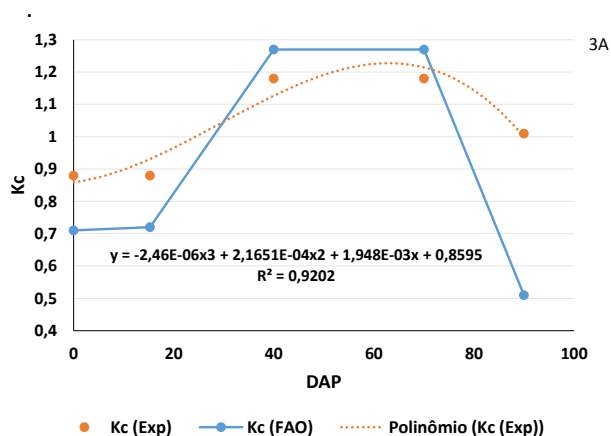


Figura 3: Coeficiente de cultura (Kc) obtidos do manual FAO-56, de dados experimentais e ajustados, em relação aos dias após plantio (DAP), segundo Ferreira et al. (2007).

CONCLUSÕES

As estimativas dos valores de Kc pelo manual FAO-56 propiciaram boas estimativa da lâmina líquida de irrigação requerida (LIR) para a cultura do milho em diferentes regiões brasileiras, pois a LIR variou no intervalo entre -10% e +10% ao compará-la com dados experimentais e ajustados por polinômio de terceiro grau para os valores de Kc em função dos dias após o plantio (DAP).

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional de Águas (ANA) e à Embrapa, agradecemos pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.E.P. de. Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 97).

ALBUQUERQUE, P.E.P.; ANDRADE JÚNIOR, A.S.; SOUSA, F.; SEDIYAMA, G.C.; BEZERRA, J.R.C.; STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. *Revista ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna*, n.52/53, p.49-57, 2001.

ALBUQUERQUE, P. E. P.; GUIMARÃES, D. P.; Estimativa de coeficientes de cultura (Kc) da fase de florescimento para milho e sorgo no Estado de Minas Gerais. In: XXV Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Cuiabá – MT.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

ALMEIDA, B. M. ; CAVALCANTE JUNIOR, E. G. ; MEDEIROS, J. F. ; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. . Coeficientes de cultivo para a cultura do milho (zea mays L.) usando 'mulch' como cobertura do solo. In: I Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido -, 2013, Iguatu. Pesquisa e transferência de tecnologia contextualizada ao semiárido, 2013.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; BERGONCI, J. I.; BIANCHI, C. A. M.; MULLER, A. G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, set. 2004.

CHAVES, S. W. P.; AZEVEDO, B. M.; MEDEIROS, J. F.; BEZERRA, F. M. L.; MORAIS, N. B. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo da pimenteira em lisímetro de drenagem. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, n.3, p. 262-267, 2005.

DEDOMINI, E. R.; MASSIGNAN, L. F. D.; LIBARDI, P. L.; NETO, D. D. Consumo hídrico e coeficiente de cultura para o híbrido DKB 390. *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringá, 31(3), 445-452, Set. 2009.

DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. *Crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 144p. (Irrigation and drainage paper, 24).

FERREIRA, V. M.; ANDRADE, A. S.; MASCHIO, R.; CARDOSO, M. J.; SILVA, C. R.; MORAIS, E. L. C. Coeficientes de cultivo do milho em sistemas monocultivo e consorciado com feijão caupi. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Aracajú – SE, 2007.

MEDEIROS, G. D.; ARRUDA, F. B.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; BONI, N. R. Crescimento vegetativo e coeficiente de cultura do feijoeiro relacionados a graus-dia acumulados. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1733-1742, Sept. 2000.

MENDONÇA, J. C., SOUSA, E. F., BERNARDO, S., SUGAWARA, M. T., PEÇANHA, A. L., GOTTARDO, R. D. Determinação do coeficiente cultural (Kc) do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), em Campos dos Goytacazes, RJ. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 471-475, Oct. 2007.

SANS, L.M.A.; ASSAD, E.D.; GUIMARÃES, D.P.; AVELLAR, G. Zoneamento de riscos climáticos para a

cultura do milho na região Centro-Oeste do Brasil e para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.527-535, 2001.

SANTOS, W. O.; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. S.; De MOURA, M. S. B.; NUNES, R. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 19, n.4, p. 559-572, outubro-dezembro, 2014.

SOUZA, A. P.; Lima, M.E.; Carvalho, D.F. . Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. **Revista Agrária** (Recife. Online), v. 7, p. 142-149, 2012

Tabela 1: Lâmina Líquida de Irrigação Requerida (LIR); número de irrigações e desvio encontrado entre dados experimentais/ajustados e pelo manual FAO-56, durante o ciclo da cultura do milho.

Autores	LIR (mm)			Nº DE IRRIGAÇÕES			DESVIO (%)*	
	FAO ¹	EXP ²	POLI ³	FAO	EXP	POLI	EXP	POLI
Almeida et al. (2013)	361,7	327,2	330,7	22	17	17	-9,56	-8,59
Santos et al. (2014)	492,9	493,2	487,4	29	27	27	0,08	-1,10
Souza et al. (2012)	465,7	504,3	487,9	30	31	30	8,29	4,78
Detomini et al. (2009)	403,3	419,5	406,8	27	23	22	4,03	0,87
Ferreira et al. (2007)	587,7	617,7	630,8	32	36	36	5,11	7,34

*Conforme equação 4; ¹ Dados do manual FAO-56; ² Dados experimentais; ³ Dados experimentais ajustados por polinômio de terceiro grau



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

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

Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Sete Lagoas, MG

Wander Lauro do Amaral⁽¹⁾; Paulo Emílio Pereira de Albuquerque⁽²⁾; Daniel Pereira Guimarães⁽³⁾; Crisálida Alves Correia⁽⁴⁾; Thaís Melo da Fonseca⁽⁴⁾; Christoph Hermann Passos Tigges⁽⁴⁾; Lorena Martins Brandão⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Graduando em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de São João del-Rei, bolsista Embrapa, Rod. MG 424, Km 45, 35.702-098, Sete Lagoas, MG, e-mail wanderlauro@yahoo.com.br; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Engenheiro Agrícola, doutorado em Agronomia (Irrigação e Drenagem), Embrapa; ⁽³⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Engenheiro Florestal, doutorado Ciência Florestal, Embrapa; ⁽⁴⁾ Graduando (a) em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João del-Rei, Bolsista Embrapa; ⁽⁵⁾ Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ.

RESUMO: O Brasil vem sofrendo uma grande crise hídrica e medidas para minimizar seus efeitos já vêm sendo vistas como emergenciais. Sabe-se que agricultura é o maior consumidor de água no país, portanto a busca de alternativas, para um manejo de irrigação adequado, aliado a um baixo custo de implantação se faz necessária. Avanços na tecnologia e o equilíbrio de métodos de teledetecção permitem estimativas cada vez mais precisas e repetíveis para evapotranspiração de referência (ET₀). O uso de imagens via satélite e de métodos mais simples para determinação de variáveis agrônomicas surgem como alternativa para a agricultura no país. Em função das necessidades atuais, o presente trabalho objetivou-se avaliar o desempenho de métodos indiretos para estimativa da ET₀ para a cidade de Sete Lagoas, MG. Foram analisados os seguintes métodos para estimar ET₀: Penman-Monteith FAO 56, FAO24-Penman e Priestley-Taylor e imagens de satélite. Independente do período do ano, os métodos de FAO24-Penman e Priestley-Taylor podem ser usados para a cidade de Sete Lagoas. A ET₀ obtida por imagens via satélite se mostra eficaz apenas no período seco.

Palavras-chave: Evapotranspiração, satélite, modelos.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil vem sofrendo uma grande crise hídrica e medidas para minimizar seus efeitos já vem sendo vistas como emergenciais.

Sabe-se que a agricultura é o maior consumidor de água no país, em contrapartida é uma atividade fundamental para sua economia (Bicudo, Tundisi e Scheuenstuhl, 2010). Tudo isso leva a um dilema aos produtores e melhoristas que travam uma batalha diária, visando acréscimos em produtividade e contínua melhora na qualidade do que se produz, ao mesmo tempo em que a redução do consumo de

água nas lavouras se torna preponderante ao bem-estar público.

Diante desse fato, a busca de alternativas, para um manejo de irrigação adequado, aliado a um baixo custo de implantação tornando-se uma alternativa viável para produtores que contam com baixo nível tecnológico, se faz necessária.

A determinação da evapotranspiração (ET₀) pode ser feita por meios diretos (atmômetros, tanque classe A, lisímetros) e por métodos indiretos (modelos matemáticos) que se baseiam em variáveis meteorológicas Pereira et al. (2009). Dos métodos indiretos a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) recomenda o modelo de Penman-Monteith como método padrão para a estimativa da ET₀ (ALLEN et al., 1998). "Entretanto, esse método necessita de grande número de elementos meteorológicos, que nem sempre estão disponíveis em algumas regiões[...]" (PEREIRA et al., 2009). Por isso o uso de métodos mais simples se fazem necessários para redução de custos.

O uso de imagens via satélite e de métodos mais simples para determinação de variáveis agrônomicas surgem como alternativa para a agricultura. Esta ideia é reforçada por Savoca et al. (2013), ao afirmarem que avanços na tecnologia e o equilíbrio de métodos de teledetecção permitem estimativas cada vez mais precisas e repetíveis para evapotranspiração de referência.

Em função das necessidades atuais, o presente trabalho objetivou-se avaliar o desempenho de métodos indiretos para estimativa da evapotranspiração de referência para a cidade de Sete Lagoas, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o trabalho foram utilizados dados meteorológicos coletados na Estação Climatológica de Sete Lagoas, MG, pertencente à rede de estações convencionais do Instituto Nacional de

Meteorologia – INMET. A estação foi instalada em maio de 1926, coordenadas 19° 29' 04" S e 44° 10' 25" W e altitude de 753 metros. Os elementos climáticos obtidos da estação convencional referentes ao ano de 2015 foram usados na determinação da evapotranspiração de referência (ET₀). Com o auxílio do programa CLIMA - programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos - foram aplicados os seguintes métodos: Penman-Monteith FAO 56, FAO24-Penman e Priestley-Taylor. Para estimar a evapotranspiração de referência através de imagens de satélite utilizou-se a formulação operacional SSEBop (Senay et al, 2013).

a) O método Penman-Monteith FAO 56 é expresso pela seguinte equação (Allen et al., 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T_{med} + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34U_2)}$$

Em que:

ET₀- evapotranspiração de referência, mm d⁻¹

Δ - declividade da curva de pressão de vapor na saturação versus temperatura do ar, kPa °C⁻¹

R_n - saldo de radiação na superfície do cultivo, MJ m⁻² d⁻¹

G - densidade de fluxo de calor no solo, MJ m⁻² d⁻¹

γ - constante psicrométrica, kPa °C⁻¹

U₂ - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹

e_s - pressão de vapor na saturação, kPa

e_a - pressão de vapor atual, kPa

T_{med} - temperatura média do ar tomada a 2 m de altura, °C

b) Método FAO24-Penman é sugerido por Doorenbos & Pruitt (1977), cuja evapotranspiração de referência é dada em (mm d⁻¹).

$$ET_0 = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) + \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} 2,7Wf(e_s - e_a)$$

Onde:

W - fator de ponderação para os efeitos da radiação, MJ m⁻² d⁻¹

f - velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹

c) A equação empregada no método de Priestley-Taylor, tem a seguinte forma (Jensen et al., 1990; Allen, 2000):

$$ET_0 = 1,26 \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G)$$

d) A ET₀ obtida por imagens via satélite é calculada a partir de dados de parâmetros do clima que é extraído do *Global Data Assimilation System* (GDAS). Os dados GDAS são gerados a cada 6 horas pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Os campos VDR utilizados como entrada para o cálculo ET₀ incluem temperatura do ar, pressão atmosférica, velocidade do vento, umidade relativa e radiação solar (onda longa, onda curta, de entrada e saída). A ET₀ é calculada através das equações que foram padronizadas de acordo com a publicação do manual FAO 56 para os cálculos de 6 horas (Allen et al, 1998). Os valores diários são ampliados (ou seja, multiplicada) por um fator de 100 para preservar a precisão de 0,01 mm.

e) As medias diárias foram submetidas a análise de variância com o auxílio do programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), onde foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

f) Para se avaliar o desempenho dos métodos de determinação da ET₀ os valores estimados pelos métodos de FAO24-Penman, Priestley-Taylor e por imagens de Satélite foram confrontados com os valores estimados por Penman-Monteith FAO 56, por meio do índice de concordância proposto por Willmot, (1982):

$$d = 100 \left[1 - \frac{\sum(e_i - o_i)^2}{\sum[(e_i - \bar{o}) + (e_i - \bar{o})^2]} \right]$$

Onde:

d = coeficiente de desempenho de Willmott, %;

o_i e e_i = valores extremos observados e estimados, respectivamente;

\bar{o} = média dos valores extremos observados.

Em seguida, os valores obtidos de d foram classificados empregando-se a Tabela 1 (Cortês, 2004).

Tabela 1 - Classificação do coeficiente de desempenho de Willmott.

d (%)	Classificação
>85	Ótimo
76 a 85	Muito bom
66 a 75	Bom
61 a 65	Mediano
51 a 60	Sofrível
41 a 50	Mau
≤40	Péssimo

Fonte: Cortês (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os métodos Penman-Monteith FAO 56 e Priestley-Taylor obtiveram médias semelhantes entre si e inferiores aos demais (Tabela 2). Assim como observado por Araujo et al., (2010) para o método FAO-24 Penman, esse o método apresentou leve superestimativa da evapotranspiração, para condições do presente trabalho.

Tabela 2 - Valores médios de evapotranspiração de referência (ET₀).

Métodos	ET ₀ Média
Penman-Monteith	4,25 C
Satélite	4,66 B
Priestley-Taylor	4,86 A
Penman-FAO	5,01 A

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

O valor de coeficiente de desempenho de Willmott (Tabela 3) para o ano de 2015 visando a obtenção da ET₀ por imagens de satélite apresentou índice de concordância mediano, entretanto, no período compreendido entre maio e agosto, meses que apresentaram baixos índices de pluviosidade na cidade de Sete Lagoas, esse método foi o que mais se assemelhou ao padrão (Penman-Monteith FAO 56) (Gráfico 1 e Tabela 4), onde se obteve índice classificado como ótimo.

Os demais métodos apresentaram índices de concordância de Willmott superiores aos obtidos por satélite e semelhantes entre si quando analisados os dados de todo o ano de 2015.

Percebe-se que os resultados se assemelham aos de Lisboa et al. (2011) que obtiveram melhor desempenho dos métodos em estudo no período sem chuva no norte de Minas Gerais.

Oliveira et al. (2005) obtiveram o melhor índice para estimativa da evapotranspiração no período seco pelo método de Penman-FAO em comparação ao padrão Penman-Monteith FAO 56 para a região de Goiânia-GO. Nas condições do presente trabalho os dados de evapotranspiração obtidos por imagens de satélite se mostraram superiores aos encontrados pelo método Penman-FAO no mesmo período observado pelos autores citados.

Segundo Silva e Souza (2011) e Silva et al. (2010), o método Priestley-Taylor, de maneira geral foi o que apresentou o melhor comportamento. Embora esse método não apresente o maior coeficiente de desempenho, obteve um comportamento satisfatório para as condições de Sete Lagoas.

Tabela 3- Classificação dos métodos empregados quanto ao coeficiente de desempenho de Willmott para o ano de 2015.

Métodos	d (%)	Classificação
Satélite	63,28	Mediano
Priestley & Taylor	78,77	Muito bom
FAO24-Penman	78,88	Muito bom

Tabela 4 - Classificação dos métodos empregados quanto ao coeficiente de desempenho de Willmott para o período entre maio e agosto de 2015.

Métodos	d (%)	Classificação
Satélite	98,11	Ótimo
Priestley & Taylor	95,83	Ótimo
FAO24-Penman	95,92	Ótimo

CONCLUSÕES

Observou-se que, independente do período do ano, os métodos de FAO24-Penman e Priestley-Taylor podem ser usados para cidade de Sete Lagoas.

Quanto à evapotranspiração de referência obtida por imagens via satélite não se aplica para os períodos de maior precipitação, entretanto, para o período seco o método se mostra eficaz quando comparado ao padrão (Penman-Monteith FAO 56).

AGRADECIMENTOS

À Agência Nacional das Águas (ANA) pelo apoio financeiro. À Embrapa Milho e Sorgo pelo suporte no trabalho de levantamento de dados e pela bolsa de estágio do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration**. Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 299p.

ARAUJO, G. L.; LACERDA, L. C.; MARTINS, C. A. S. da; RODRIGUES, R. R.; NAZÁRIO, A. A.; SANTOS, V.; REIS, E. F. dos. FAO-24 corrected penman: estimativa da et₀ e comparação com o método de penman-monteith FAO 56 **Encontro Latino Americano de Pós-Graduação** – Universidade do Vale do Paraíba, 2010.

BICUDO, C.E.de M.; TUNDISI, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. São Paulo, Instituto de Botânica, p. 222, 2010.

CHIEW, F. H. S.; KAMALADASA, N. N.; MALANO, H. M.; McMAHON, T. A. Penman-Monteith, FAO-24 reference crop evapotranspiration and class-A pan data in Australia. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 9-21, 1995.

CLIMA - programa computacional para organização e análise de dados meteorológicos/ Rogério Teixeira de

Faria, et al. Londrina: IAPAR, 2002. 29p.:il. (IAPAR. Boletim Técnico, 66).

CORT **Gráfico 1** - Dados de chuva e evapotranspiração referentes ao ano de 2015 para cidade de regional Sete Lagoas, MG.

Estado (Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

DOORENBOS, J.; PRUITT W.O. **Guidelines for prediction of crop water requirements**. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. 2ª Edition, FAO, Roma, 144p. 1977.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows 4. 0**. In: reunião anual da região brasileira da sociedade internacional de biometria, 45., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 332p.

LISBOA, T. M.; BATISTA, C. H.; AQUINO, L. A. de; SILVA, H. R. F. de; MELO, V. L. de; SANTOS JUNIOR, V. C. Tanque evaporimétrico alternativo e equações para estimativa da evapotranspiração de referência na região norte de MG. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 5, n. 1, p. 54-62, 2011.

OLIVEIRA, L. F. C.; CORTÊS, F. C.; WEHR, T. R.; BORGES, L. B.; SARMENTO, P. H. L.; GRIEBELER, N. P. Intensidade-duração-frequência de chuvas intensas para localidades no estado de Goiás e Distrito Federal. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 1, p. 13-18, 2005.

PEREIRA, D. R.; YANAGE, S. N. M.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; SILVA, L. A. Desempenho de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região da Serra da Mantiqueira, MG. **Ciência Rural**, v. 39, n. 9, p. 2488-2493, 2009.

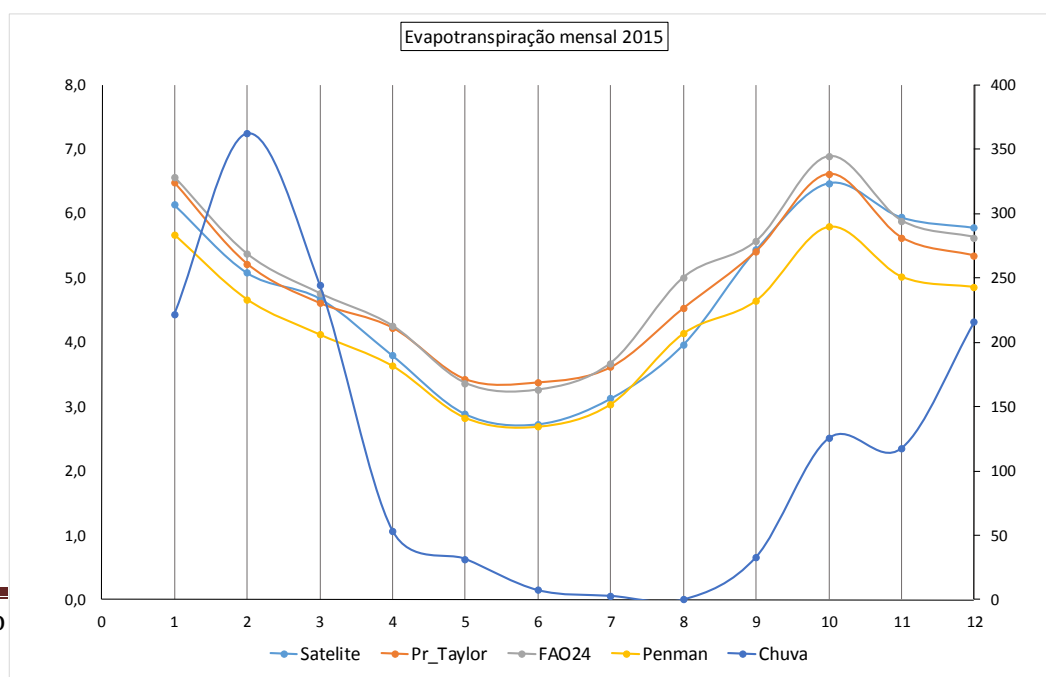
SAVOCA, M.E., SENAY, G.B., MAUPIN, M.A., KENNY, J.F., and PERRY, C.A. Actual evapotranspiration modeling using the operational Simplified Surface Energy Balance (SSEBop) approach. **U.S. Geological Survey Scientific Investigations**, 2013.

SENAY, G.B., BOHMS, STEFANIE, SINGH, R.K., GOWDA, P.H., VELPURI, N.M., ALEMU, HENOK, AND VERDIN, J.P., 2013, Operational evapotranspiration modeling using remote sensing and weather datasets - A new parameterization for the SSEB ET approach: **Journal of the American Water Resources Association**, v. 49, no. 3, p. 577-591.

SILVA, A. P. N.; SOUZA, L. R. **Estimativa de evapotranspiração de referência no Semiárido Pernambucano**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 4, p. 003-022, out a dez, 2011.

SOUSA, I. F. de; SILVA, V. P. R. da; SABINO, F. G.; NETTO, A. de O.; SILVA, B. K. N.; AZEVEDO, P. V. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 6, p. 633-644. 2010.

WILLMOTT, C. J. Some comments on the evaluation of model performance. **Bulletin American Meteorological Society**, v.30, p.1309-1310, 1982.



Lâmina de irrigação e eficiência do uso da água na cultura do milho

Leonardo Chechi⁽¹⁾; Luan Junior Kuhn⁽¹⁾; Vanderléia Fotuna⁽²⁾; Patricia Mara de Almeida⁽²⁾; Maurício Albertoni Scariot⁽³⁾; Hugo von Linsingen Piazzetta⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, Rio Grande do Sul; Bolsista FAPERGS; (leonardochechi@gmail.com); (luankuhn@hotmail.com); ⁽²⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; UFFS – Campus Erechim (leiafortuna@hotmail.com); (patimara97@hotmail.com); ⁽³⁾ Mestrando do PPGCTA; UFFS - Campus Erechim, (mauricioalbertoniscariot@gmail.com); ⁽⁴⁾ Professor; UFFS - Campus Erechim, (hugo.piazzetta@uffs.edu.br).

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a produtividade de grãos e a eficiência do uso da água da cultura do milho submetidos a diferentes formas de ajuste da lâmina de irrigação e validar a planilha “Lâmina” para recomendação de irrigação na cultura. Para avaliar o efeito da irrigação sobre a cultura foram aplicados os seguintes tratamentos: não utilização de irrigação (controle); ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (Lâmina); manutenção da umidade do solo equivalente capacidade real de água no solo em 55% da capacidade total de água do solo (55% CRA); e manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo (100% CC). Para produtividade, os três tratamentos irrigados não apresentaram diferenças significativas entre si, apenas para o tratamento controle. No entanto, para a eficiência do uso da água, os tratamentos Lâmina e 55% CRA apresentaram os melhores resultados. Dessa maneira, foi possível concluir que a planilha Lâmina mostrou-se ser acurada para a recomendação de irrigação na cultura do milho, contribuindo para o uso racional da água em sistemas agrícolas irrigados.

Termos de indexação: *Zea mays* L., água, precipitação.

INTRODUÇÃO

No Brasil a cultura do milho apresenta produtividade média nacional de 4934 kg ha⁻¹, muito baixa quando comparada aos principais países produtores (Conab, 2016). Dentre as causas para a baixa produtividade está a deficiência hídrica. Sendo assim, a adoção de um sistema de irrigação pode suprir as necessidades hídricas da cultura, evitando

perdas. No entanto, a irrigação no Brasil é feita muitas vezes sem acompanhamento técnico, ocasionando grande desperdício de água. Dessa maneira, faz-se necessário determinar a produtividade em resposta a irrigação afim de se estabelecer um manejo racional e eficaz da água em sistemas agrícolas.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade e a eficiência do uso da água da cultura do milho submetido a diferentes formas de ajuste da lâmina de irrigação, e validar a planilha “Lâmina” para recomendação de irrigação na cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus Erechim, durante o período de novembro de 2015 a março de 2016. No local, o solo é classificado como Latossolo Bruno Intermediário para Latossolo Roxo Alíco (IBGE, 2002). O clima do local é Cfa conforme classificação estabelecida por Köppen (1931) onde a temperatura no mês mais quente é superior a 22°C e inferior a 18°C no mês mais frio, além de chuvas bem distribuídas ao longo do ano. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de uma parcela com dimensões de 3 m de largura por 3 m de comprimento totalizando 9 m² por unidade experimental.

A semeadura foi realizada no dia 3 de novembro, utilizando-se o híbrido simples MG 300 (Morgan Sementes). Adotou-se o espaçamento de 0,50 metros de distância entre fileiras e população de 80000 plantas por hectare. A adubação utilizada foi de 500 kg ha⁻¹ da fórmula (NPK) 5-20-20 + 200 kg

ha⁻¹ de Superfosfato Simples (16% de P₂O₅) no momento da semeadura e 140 kg ha⁻¹ de ureia em cobertura, divididos em duas aplicações, sendo uma em estágio vegetativo V4 e outra em V8. Estas doses de fertilizantes foram definidas a partir das condições químicas do solo, determinadas por meio de análise de solos, seguida de interpretação e recomendação conforme SBCS (2004). O controle de plantas daninhas foi realizado com aplicação de herbicida de princípio ativo glyphosate na dose de 3L ha⁻¹ em pré-semeadura. Posteriormente a semeadura, utilizou-se os herbicidas de princípio ativo glyphosate (3L ha⁻¹) e atrazina (6 L ha⁻¹) após o primeiro fluxo de emergência de plantas daninhas. O controle de pragas e doenças foi realizado com tratamento químico sempre que o nível de dano econômico foi atingido, sendo assim realizou-se o monitoramento constante da sanidade das culturas. A aplicação de água foi realizada manualmente, utilizando mangueira e hidrômetro digital para quantificar o volume de água aplicado.

Para avaliar o efeito da irrigação sobre a cultura foram aplicados os seguintes tratamentos: não utilização de irrigação (controle); ajuste da lâmina de irrigação conforme valor fornecido pela planilha “Lâmina” (Lâmina); manutenção da umidade do solo equivalente capacidade real de água no solo em 55% da capacidade total de água do solo (55% CRA); e manutenção da umidade do solo equivalente em 100% da umidade da capacidade de campo (100% CC). O tratamento controle recebeu água apenas pela ocorrência natural de chuvas no local, monitorado com o auxílio de estação meteorológica. Nos demais tratamentos, a lâmina total constitui-se das precipitações mais as irrigações. No tratamento Lâmina, utilizou-se a planilha “Lâmina” desenvolvida pelos autores, observando as recomendações estabelecidas por Allen & Pereira (1998). Esta planilha utiliza dados do local, solo, sistema de irrigação, cultura e fatores climáticos para construir o balanço hídrico do solo em relação a cultura e a partir destes dados faz uma recomendação de lâmina de irrigação. Para o tratamento 55% CRA, estimou-se a capacidade total de água (CTA) para o solo, a capacidade real de água para o solo (CRA) e o armazenamento (ARM) de água no solo, conforme metodologia proposta por Bernardo (2005). A partir dos valores de CRA e ARM realizou-se a correção da umidade do solo aplicando-se o volume de água correspondente a diferença entre estas variáveis. Para o tratamento 100% CC aplicou-se a quantidade de água necessária para manter a umidade do solo na capacidade de campo. A umidade do solo foi monitorada com o auxílio de uma sonda TDR. A profundidade efetiva do sistema radicular adotada

foi de 0,6 m. A umidade na capacidade de campo e do ponto de murcha permanente foram determinados pela construção da curva de retenção de água no solo, sendo estes valores iguais a 32,92% e 24,00%, respectivamente. Para todos os tratamentos, se adotou o intervalo de avaliação de dois dias, no entanto, no momento da avaliação a irrigação era realizada apenas se necessário, de acordo com a metodologia. Também, determinou-se a quantidade total de água recebida pela cultura durante seu desenvolvimento, permitindo relacionar a quantidade de água aplicada com a produtividade da cultura.

A colheita da cultura e a trilha das espigas foi realizada de forma manual, com umidade de grãos em torno de 18 a 22%, sendo que a produtividade foi determinada coletando-se uma área de 4 m² em cada parcela. Após debulhadas as espigas, os grãos correspondentes a cada amostra foram pesados em balança analítica e os valores foram corrigidos para a umidade de 13%. O teor de água das amostras foi determinado pelo método da estufa a 105±2° C durante 24 h. A eficiência de uso da água foi calculada pela relação litros de água por quilogramas de grãos produzidos (L kg⁻¹). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo que os tratamentos que apresentaram significância foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Para estes procedimentos, utilizou-se o software SPSS v.22,0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparando-se com as normais climatológicas para o município de Erechim, durante o ciclo da cultura, as precipitações apresentaram-se acima da média, sendo que da semeadura a colheita registrou-se um total de precipitação de 1139,6 mm. Observando a média de 30 anos para o mesmo período (1976-2005), têm-se um volume de 615,4 mm (Matzenauer et al. 2011). Isso pode ser explicado, possivelmente pela ocorrência do fenômeno ENOS (El Niño Oscilação Sul) em sua fase positiva, segundo Berlato et al. (2005), nos anos de El Niño (fase positiva) há 75% de probabilidade de a precipitação pluvial ser maior que a mediana dos anos neutros, e mais de 80% de ser maior que a mediana dos anos La Niña (fase negativa).

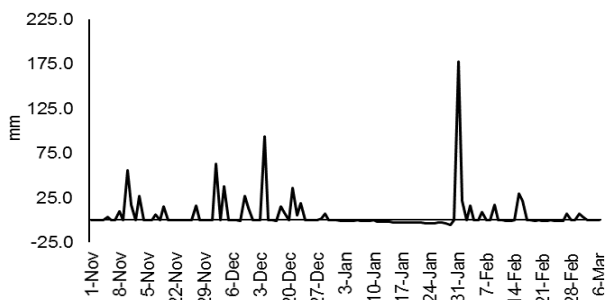


Figura 1. Balanço hídrico diário, no período de 1 de novembro de 2015 à 6 de março de 2016

No entanto, analisando os dados do balanço hídrico diário (**Figura 1**), é possível constatar que apesar dos grandes volumes de precipitação, ocorreram períodos de deficiência hídrica ao longo do ciclo da cultura, principalmente no período de 10 a 29 de janeiro, sendo que a cultura se encontrava no estágio inicial de enchimento de grãos.

De acordo com a metodologia empregada, o momento e a quantidade de água aplicada nos diferentes tratamentos variariam de acordo com a disponibilidade de água para as plantas. Dessa maneira, para melhor entender os tratamentos aplicados, na **figura 2** apresenta-se a distribuição das lâminas de irrigação aplicadas, sendo estas as médias das quatro repetições somadas em períodos de 25 dias, iniciando-se na semeadura até a colheita. É possível verificar que os tratamentos 100% CC e 55% CRA apresentaram uma maior distribuição durante o ciclo da cultura, com irrigações no período vegetativo como período reprodutivo da cultura. Por outro lado, o tratamento Lâmina apresentou suas irrigações concentradas no período de 76 a 100 dias após a semeadura, período pelo qual a planta se encontrava em fase inicial de enchimento de grãos.

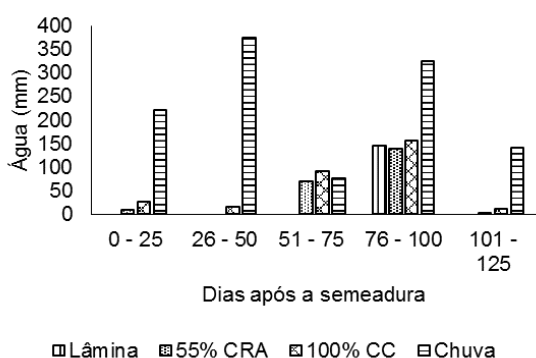


Figura 2. Irrigações médias (mm) somadas e precipitações em períodos de 25 dias, iniciando-se após a semeadura até a colheita da cultura.

Na **tabela 1** apresenta-se as médias das variáveis água disponibilizada (precipitação + irrigação em mm) em todo o ciclo, produtividade (kg ha^{-1}) e relação litros de água por quilograma de grãos (L kg^{-1}) para os diferentes tratamentos. De acordo com estes resultados, observa-se que o tratamento Lâmina, apresentou a maior economia de água, comparando-se com os tratamentos irrigados, uma vez que no tratamento controle, o fornecimento de água se deu pelas precipitações ocorridas durante o ciclo da cultura. O tratamento 100% CC consumiu a maior quantidade de água, seguido pelo tratamento 55% CRA, sendo que todos os tratamentos apresentam diferença significativa.

Para a produtividade não foi observada diferença estatística entre os tratamentos irrigados, apenas para o tratamento controle, o qual apresentou média de produtividade inferior aos demais. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por Soares et al. (2010) que estudando o efeito de diferentes lâminas de irrigação (156, 144 e 116 mm) em dois híbridos (BM 1201 e BRS 3150) não encontrou diferenças significativas entre os tratamentos irrigados, sendo que o híbrido BM 1201 apresentou a melhor produtividade na lâmina de 144 mm, enquanto o híbrido BRS 3150 apresentou maior produtividade com a lâmina de 116 mm.

Tabela 1 - Médias da água disponibilizada, irrigação + chuva (mm), produtividade (kg ha^{-1}) e uso eficiente da água (L kg^{-1}) para os diferentes tratamentos

Trat. *	Água (mm)	Produtividade (kg ha^{-1})	L kg^{-1}
Controle	1139,6 ^d	10380,9 ^b	1098,1 ^{ab}
Lâmina	1284,0 ^c	13019,6 ^a	986,28 ^b
55% CRA	1345,6 ^b	13399,0 ^a	1010,1 ^b
100% CC	1416,9 ^a	12235,7 ^a	1158,3 ^a
CV (%)	1,3	4,8	5,0

*Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)

Segundo Bergamaschi et al. (2004) a produtividade de grãos de milho é decorrente das condições hídricas durante o período crítico, que vai do pendoamento ao início do enchimento de grãos. Observando o gráfico da **figura 1**, é possível identificar um período de aproximadamente 20 dias de déficit hídrico do dia 10 de janeiro ao dia 29 de janeiro, o qual a cultura apresentava-se na fase

inicial de enchimento de grãos, sendo essa uma das possíveis causas da menor produtividade apresentada no tratamento controle. Além disso, a menor disponibilidade de água no solo afeta a maioria dos processos fisiológicos da planta, podendo apresentar assim, diminuição na taxa fotossintética, em virtude da diminuição do índice de área foliar, fechamento dos estômatos, aumento da temperatura do dossel das folhas, devido à baixa evapotranspiração da cultura, perda da turgidez celular, entre outros, sendo que também pode diminuir a translocação de fotoassimilados, tendo impacto negativo principalmente no enchimento de grãos e aceleração da senescência das folhas. (Pegorare et al., 2009; Floss, 2011; Ko & Piccinni, 2009). Todos estes fatores contribuem negativamente no rendimento de grãos da cultura.

Por outro lado, mesmo não apresentando diferença significativa, pode se observar uma diminuição da produtividade no tratamento 100% CC, o qual objetivou-se manter a umidade do solo, na umidade de capacidade de campo, no entanto, na ocorrência de altos volumes de chuva, as plantas submetidas a este tratamento podem ter ficado em condições de solo saturado. Em condições de saturação, o excesso de água diminui a aeração, dessa maneira, a falta de oxigênio impede a absorção metabólica da água em razão da indisponibilidade de energia (ATP), em função da baixa eficiência da atividade respiratória (Floss, 2011). Além disso, o autor destaca que em condições de anaerobiose, observa-se um menor crescimento radicular e uma menor absorção de água e nutrientes.

Ainda em relação aos dados da **tabela 1**, é possível afirmar que os tratamentos Lâmina e 55% CRA apresentaram a melhor eficiência na relação litros de água por quilograma de grãos, não apresentando diferença significativa do tratamento controle, e o mesmo não diferiu significativamente do tratamento 100% CC, apresentando a menor eficiência de uso da água. Estes podem ser explicados pela maior aplicação de água via irrigação nos períodos considerados críticos para a cultura nos tratamentos Lâmina e 55% CRA, enquanto o tratamento 100% utilizou mais água, distribuída em todas as fases da cultura. De acordo com Bergamaschi (2004) para se obter maior eficiência no uso da água, o uso da irrigação deve considerar, sobretudo o momento em que a planta mais necessita água, sendo que a quantidade de água aplicada não é o principal fator a ser observado no manejo da irrigação.

CONCLUSÕES

O método de determinação da lâmina de irrigação pela planilha Lâmina mostrou-se ser acurado para a cultura do milho, contribuindo para o uso racional da água em sistemas agrícolas irrigados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de auxílio ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES,D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).

BERGAMASCHI, B.; DALMAGO, G. A.; GERGONCI, J. I. BIANCHI, C. A. M.; MULLER, A.G.; COMIRAN F.; HECKLER, B. M. M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p.831-839, 2004.

BERLATO, M. A.; FARENZENA, H.; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.423-432, 2005.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: UFV, 2005. 656 p.

CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Safra 2015/2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_04_07_10_39_11_boletim_graos_abril_2016.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2016.

IBGE. Mapa de solos do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em <ftp://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/rs_pedologia.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2016.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2011, 734 p.

KO, J.; PICCINNI, G. Corn yield responses under crop evapotranspiration-based irrigation management. **Agricultural Water Management**, v.96, p.799-808, 2009.

KÖPPEN W. **Grundriss der Klimakunde**. Berlin: Walter de Gruyter & Co, 1931. 388 p



MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, R. D. **Atlas Climático**: Rio Grande do Sul. Porto Alegre: FEPAGRO. 2011. p. 185.

PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S. B.; SOUZA, L. C. F.; FIETZ, C. R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, v.13, n.2, p.262-271, 2009.

SOARES, F. C.; PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. C.; RAMÃO, C. J.; VIVIAN, G. A. Resposta da produtividade de híbridos de milho cultivado em diferentes estratégias de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v.15, n.1, p.36-50, 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO (SBCS). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2004. 401 p.

POSIÇÃO DA SEMENTE DE MILHO NA SEMEADURA E SUA INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE.

Cristian Rogério da Silva⁽¹⁾; Vanderléia Fortuna⁽¹⁾; Leonardo Chechi⁽¹⁾; Hugo von Linsingen Piazzetta⁽²⁾; Nerandi Luiz Camerini⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudante do curso de agronomia; Universidade Federal da Fronteira Sul; Erechim, RS; cristianroge1@hotmail.com; ⁽¹⁾ Acadêmico do curso de Agronomia; UFFS – Campus Erechim (leiafortuna@hotmail.com); ⁽²⁾ Professor do curso de agronomia; UFFS; Erechim, RS; nerandi.camerini@uffs.edu.br.

RESUMO: A semeadura de sementes na posição adequada propicia rápida germinação e velocidade de emergência das plântulas, as quais conseqüentemente se tornam menos vulneráveis as condições adversas impostas pelo meio por emergirem mais rápido no solo e passarem menos tempo nos estágios iniciais de desenvolvimento. O experimento foi conduzido na área experimental pertencente à Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - Campus Erechim com o objetivo de avaliar a influência no desenvolvimento e produtividade da posição da semente de milho no solo, a variedade utilizada foi Pioneer P1630H, semeado no dia 29 de outubro de 2015, em parcelas de dimensões 3,5 m x 3,5 m cada. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com sete tratamentos e quatro repetições cada tratamento. O posicionamento na semeadura foram embrião voltado para cima, embrião voltado para baixo, embrião voltado para esquerda, embrião voltado para direita, embrião voltado para frente seguindo a linha de plantio, embrião voltado para trás na linha de plantio, posições distribuídas ao acaso (testemunha). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As variáveis inserção de espiga e altura de plantas foram analisadas antes da colheita, já o tamanho de espiga, fileira de grãos por espiga, grãos por espiga, peso de mil grão e produtividade final foram efetuadas após a colheita. Foi verificado que não houve, estatisticamente, diferença ($P>0,05$) entre as posições das sementes na linha de semeadura quanto aos componentes agrônômicos de desenvolvimento e produtividade

Termos de indexação: *Zea mays* L., semeadura, população.

INTRODUÇÃO

A produtividade da cultura do milho (*Zea mays* L.) está diretamente conciliada à sua disposição no solo. O posicionamento de semente adequado, propicia um maior potencial de desenvolvimento de plântulas, conseqüentemente causando aumento na produtividade, propiciando assim que as plantas expressem todo o seu potencial genético. O milho é uma das culturas mais prejudicadas pela alta densidade de plantas em um estande. Desse modo se tem como finalidade uniformizar o estande para que aumente as chances de se obter o máximo de produtividade da cultura (SANGOI et al., 2012).

Diante disso, a referida pesquisa busca avaliar a influência nos componentes agrônômicos das diferentes formas de posicionamento da semente de milho no solo. Posteriormente disponibilizar os resultados para os produtores, criando alianças, e levando conhecimento e ajuda mútua aos mesmos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) - Campus Erechim. O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Aluminoférrico. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é Cfa (clima temperado úmido com verão quente).

O delineamento utilizado foi o delineamento em blocos casualizados, com sete tratamentos e quatro repetições cada tratamento, totalizando vinte e oito parcelas de dimensões 3,5 m x 3,5 m cada, em uma área total de 400 m².

O controle das plantas daninhas de pré emergência foi efetuado com Paradox® na dose de

1,5 L ha⁻¹ do grupo químico bipiridílo, na semeadura, sendo que a mesma ocorreu dia 29 de outubro de 2015. A cultivar de milho utilizado foi o híbrido simples Pioneer P1630H, de ciclo hiperprecoce com gene herculex. O espaçamento utilizado foi de 33 cm entre plantas e 50 cm entre linhas, em parcelas de 3,5 m x 3,5m. A área que foi utilizada para o cultivo se encontrava com 5 anos de pousio. A adubação utilizada foi NPK 5-30-15 estimada segundo a análise do solo da área, com base o manual de adubação e calagem (SBCS-2004).

O controle das plantas daninhas em pós emergência, foi realizado com o produto de princípio ativo atrazina na dose de 1,5 L ha⁻¹ do grupo químico das triazinas, de acordo com os produtos registrado para a cultura, bem como para os tratamentos fitossanitários (MAPA, 2015).

A aplicação de nitrogênio foi efetuada no estádio V4, em que há uma maior absorção de N pelas plantas, sendo a mesma, aplicada na dose de 300 kg ha⁻¹, estimada com base da análise de solos.

A adubação química foi realizada com o auxílio da semeadora adubadora na dose de 300 kg ha⁻¹. A semeadura foi efetuada manualmente com o auxílio de pinças na linha de adubação, com o posicionamento da semente segundo os tratamentos abaixo:

T1: embrião voltado para cima; T2: embrião voltado para baixo; T3: embrião voltado para esquerda; T4: embrião voltado para direita; T5: embrião voltado para frente seguindo a linha de plantio; T6: embrião voltado para trás na linha de plantio; T7: posições distribuídas ao acaso (testemunha).

As variáveis que foram analisadas antes da colheita, foram altura de plantas, no estádio R4, juntamente com determinação da altura de inserção de espigas. Todas as análises foram coletadas apenas na área útil de 4 m² por parcela desprezando as bordas.

A colheita foi realizada no dia 17 de março de 2016, executada manualmente e as variáveis analisadas nessa etapa foram tamanho de espiga, número de fileiras de grãos por espiga e número de grãos por espiga. Após a trilhagem, efetuada com o auxílio do equipamento trilhador de parcelas, foi determinado a umidade dos grãos e impurezas para fazer o ajuste de peso para as variáveis, peso de mil grãos e produtividade da cultura.

Todas as variáveis foram submetidas análise de variância e após foram submetidas ao teste de Tukey, com auxílio do software Assistat versão 7.7 betas.

As análises da pesquisa foram feitas e submetidas ao teste de Tukey (P>0,05), não havendo diferença significativa entre as variáveis analisadas, corroborando parcialmente com os resultados encontrados por Gomes et al. (2014) para a cultura do milho. Os resultados das variáveis estão apresentados no quadro 1 e 2, podendo estes serem explicados pelo fato de as sementes terem sido submetida a uma classificação. Esta prática é importante uma vez, que se tem uma padronização por tamanho das sementes resultando em uma maior precisão e homogeneização na semeadura, o que facilita a obtenção da população de plantas desejada.

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), sementes de maior tamanho geralmente são mais bem nutridas durante a seu processo de formação, possuindo embriões bem formados e com maior quantidade de reserva, sendo, conseqüentemente, as mais vigorosas, com isso o posicionamento das sementes não se tornam um fator preponderante no desenvolvimento e produtividade final.

Outra justificativa para a homogeneização das variáveis analisadas na pesquisa é que a profundidade de distribuição de sementes no solo, no presente experimento foi uniforme e abrangeu de 5 a 7 cm, o que caracteriza uma profundidade adequada para a cultura com isso garante uma germinação homogênea das sementes, rápida emergência das plântulas e plantas vigorosas (JELLER, PEREZ, 1997), fazendo com que as mesmas se tornem menos vulneráveis as condições adversas impostas pelo meio por emergirem mais rápido no solo e passarem menos tempo nos estágios iniciais de desenvolvimento.

A profundidade de semeadura é específica para cada espécie e quando adequada, propicia germinação e emergência de plântulas uniformes. Para a cultura do milho profundidades de semeaduras excessivas podem impedir que a plântula ainda frágil emergja à superfície do solo por ausência de energia suficiente para tal. Contudo, se reduzidas, faz com que as sementes fiquem expostas a qualquer variação ambiental, como excesso ou déficit hídrico ou térmico, as quais podem dar origem a plântulas pequenas e fracas, fazendo com que a posição da semente não seja um fator determinante, e sim a profundidade adequada (TILLMANN et al., 1994).

Pesquisas realizadas com a conciliação da posição da semente e profundidade de semeadura ideal variam entre as diferentes espécies, como por exemplo: sementes de *Astrocaryum aculeatum* Mayer, a qual obteve o maior percentual de emergência na posição do poro germinativo voltado para o lado (ELIAS; FERREIRA; GENTIL, 2006). Já para sementes de *Moringa oleifera* Lam., Sousa et

RESULTADOS E DISCUSSÃO

al. (2007) recomendaram a profundidade de 2,0 cm e verificaram que as posições das sementes com o ápice para cima e deitadas favoreceram o índice de velocidade de emergência das plântulas. A melhor profundidade de semeadura de *Inga ingoides* variou de acordo com as posições, sendo as adequadas de 4 cm com o embrião voltado para baixo; corroborando com resultado numérico encontrados na pesquisa para a variável de produtividade (LAIME et al., 2010).

Apesar das posições, não diferirem estatisticamente segundo teste de Tukey para a variável produtividade apresentadas no quadro 2, verificou-se que a posição embrião voltado para baixo foi numericamente superior às demais, provavelmente, ao fato do menor movimento da radícula para se fixar no substrato. Dessa forma, durante a emergência há o menor gasto da reserva contida na semente, resultando em maior energia para que a plântula se desenvolva. Esses resultados se assemelham aos obtidos para sementes de tucumã (Elias et al., 2006) e guapuruvu (Martins et al., 2012).

Já as variáveis que apresentaram menores médias de produtividade numericamente, foram as posições de embrião voltado para direita e embrião voltado para frente seguindo a linha de plantio, isso provavelmente pode ser justificado pelo fato de que nesta condição se tem a necessidade que o coleóptilo contorne todo o diâmetro da semente para emergir. Dessa forma, durante a emergência há um maior gasto da reserva contida na semente, resultando em maior energia para que a plântula se desenvolva.

Tabela 1. Componentes agrônômicos de desenvolvimento e produtividade do milho cultivados em diferentes posições de sementes distribuídas na linha de semeadura.

Posições da semente*	Altura de planta (m)	Inserção de espiga (m)	Fileira por espiga	Grãos por espiga
T1	2.26 ^a	0.70 ^a	17.62 ^a	486.75 ^a
T2	2.27 ^a	0.71 ^a	17.25 ^a	475.75 ^a
T3	2.20 ^a	0.67 ^a	16.12 ^a	438.50 ^a
T4	2.30 ^a	0.72 ^a	16.50 ^a	419.75 ^a
T5	2.26 ^a	0.70 ^a	16.75 ^a	433.25 ^a
T6	2.35 ^a	0.74 ^a	17.12 ^a	454.75 ^a
T7	2.25 ^a	0.81 ^a	17.00 ^a	456.50 ^a
CV*%	4,53	14,21	4,92	8,92

*Médias seguidas de mesmas letra nas colunas são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * CV: coeficiente de variação *

Embrião

Vale salientar que a média de produtividade da cultura foi de 8946,23 kg ha⁻¹, o que evidencia uma boa condição de ambiente para o cultivo. Essas boas condições podem ter suprimido alguma diferença existente nos posicionamentos quanto as variáveis analisadas na pesquisa.

Tabela 2. Componentes agrônômicos de desenvolvimento e produtividade do milho cultivado em diferentes posições de sementes distribuídas na linha de semeadura.

Posições da semente*	Tamanho de espiga (cm)	Peso de mil grãos (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
T1	17,47 ^a	325,81 ^a	8992,99 ^a
T2	17,42 ^a	332,38 ^a	9593,53 ^a
T3	16,70 ^a	321,47 ^a	8710,62 ^a
T4	16,77 ^a	327,89 ^a	8532,21 ^a
T5	16,35 ^a	316,57 ^a	8545,46 ^a
T6	17,75 ^a	330,33 ^a	9124,43 ^a
T7	16,52 ^a	323,29 ^a	9124,43 ^a
CV*%	5,0	4,93	6,1

Médias seguidas de mesma letra nas colunas são iguais estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. * CV: coeficiente de variação * Embrião

CONCLUSÕES

A posição das sementes de milho na semeadura não influencia no desenvolvimento e produtividade para as variáveis analisadas na pesquisa.

Portanto as sementes podem ser semeadas de forma aleatória em qualquer posição na linha de semeadura, para as condições do estudo da variedade Pioneer P1630H.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

ELIAS, M. E. A.; FERREIRA, S. A. N.; GENTIL, D. F. O. **Emergência de plântulas de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) em função da posição de semeadura.** Acta Amazonica, Manaus, v. 36, n. 3, p. 385-388, 2006.

GOMES, L.; BUSO, W.; SILVA, L. **Avaliação da produtividade do milho híbrido com diferentes tipos de posicionamento da semente no solo**, Goiania- GO, 25 setembro 2014.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. Efeito da salinidade de semente em diferentes profundidades naviabilidade e no vigor de *Copaifera langsdorffii* Desf. - Caesalpiniaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, v.19, n.2, p.219-225, 1997.

LAIME, Eduardo Maciel Oliveira et al. Emergência e crescimento inicial de plântulas de *Inga ingoides* (Rich.) Willd. em função de posições e profundidades de semente. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 11, p.361-372, 01 abr. 2010.

MAPA - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Requisitos fitossanitários [internet]. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasília, 2009 [acesso em 25 abr. 2015]. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/2946_riegras_analise__sementes.pdf.

MARTINS, C. C.; BORGES, A. da S.; PEREIRA, M. T. G. Posição da semente na sementeira e tipo de substrato sobre a emergência e crescimento de plântulas de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake. *Ciência Florestal*, Santa Maria, RS, v. 22, n. 4, p. 845-852, 2012.

ROLAS - Rede Oficial de Análise de Solo e de Tecido Vegetal. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 400 p., 2004

SANGOI, et al. Variabilidade na distribuição espacial de plantas na linha e rendimento de grãos de milho. **Revista brasileira de Milho e Sorgo**, v 11, n.3 p. 268-277, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIAS DO SOLO (SBCS). **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2004. 401 p.

SOUSA, A. H.; RIBEIRO, M. C. C.; MENDES, V. H. C.; MARACAJÁ, P. B.; COSTA, D. M. da. Profundidades e posições de sementeira na emergência e no desenvolvimento de plântulas de moringa. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 20, n. 4, p. 60, 2007.

TILLMANN, M. A. A.; PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; MINAMI, K. **Efeito da profundidade de sementeira na emergência de plântulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. *Scientia Agricola*, v.51, n.2, p.260-263, 1994.

Resposta do milho cultivado em área de arroz irrigado à duração do período de deficiência hídrica.

José Antonio Severo Celestino Alves¹; Paulo Regis Ferreira da Silva²; Rodrigo Schoenfeld³; Andrei Marafon⁴; Bruno Picceti Chiesa⁵ e Mateus Guilherme Goldmeier⁶

⁽¹⁾Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽²⁾Docente Colaborador da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Pesquisador do CNPq e Consultor Técnico do Instituto Rio Grandense do Arroz; ⁽³⁾Pesquisador do Instituto Rio Grandense do Arroz; ⁽⁴⁾Aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁵⁾Aluno de Graduação, bolsista de Iniciação Científica CNPq, Universidade Federal do Rio Grande do Sul; ⁽⁶⁾Aluno de Graduação, bolsista de Iniciação Científica CNPq, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

RESUMO: A cultura do milho pode ser uma alternativa interessante para áreas de arroz irrigado, pois propicia a rotação de herbicidas, diversifica a renda da propriedade e melhora as características físicas, químicas e biológicas do solo, devido ao alto aporte de carbono. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo do milho, cultivado em áreas de arroz irrigado, em função da realização da irrigação apenas durante o período mais crítico da cultura, ao redor do espigamento, em duas épocas de semeadura. Dois experimentos foram conduzidos em Cachoeirinha-RS, no ano agrícola 2015/16. No primeiro, a época de semeadura foi em 29 de outubro e, no segundo, em 03 de dezembro de 2015. Em cada experimento, o delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constaram de quatro manejos da irrigação: sem irrigação (T₁), irrigado somente no período de oito dias antes e oito dias após o espigamento (T₂), irrigado somente durante o período de 16 dias antes a 16 dias após o espigamento (T₃) e irrigado sempre que necessário (T₄). O híbrido utilizado foi o AS 1666 VT PRO3. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste Tukey (p≤0,05). Na primeira época de semeadura ocorreu deficiência hídrica somente durante um período de 30 dias após o espigamento, enquanto na segunda época a deficiência hídrica ocorreu já no período vegetativo (estádio V₇) e se prolongou até o estágio R₄. Na segunda época, a ocorrência de deficiência hídrica ainda durante o período vegetativo reduziu o desenvolvimento da planta de milho, expresso em termos de rendimento de massa seca da parte aérea e estatura de planta, nos tratamentos T₁, T₂ e T₃ em relação à condição de irrigação sempre que necessário

(T₄). Na primeira época de semeadura, o rendimento médio de grãos de milho foi de 11,25 Mg ha⁻¹, variando de 9,12 a 12,48 Mg ha⁻¹, conforme os tratamentos de irrigação. Já na segunda época, o rendimento médio de grãos foi de 9,45 Mg ha⁻¹, sendo 10 % inferior ao verificado na primeira época, e variou de 8,26 a 10,98 Mg ha⁻¹. Independentemente de época de semeadura, a realização de irrigação apenas durante o período de 16 dias antes do espigamento a 16 dias após (T₃) assegurou a obtenção de 90 % do potencial produtivo do milho que é obtido com irrigação sempre que necessário (T₄).

Termos de indexação: *Zea mays* L.; época de semeadura; rendimento de grãos; desenvolvimento da planta.

INTRODUÇÃO

Na cultura do milho, a deficiência hídrica é o fator que mais frequentemente limita a obtenção de altos rendimentos de grãos no Brasil (Sangoi et al., 2010). Em solos de arroz irrigado, a cultura do milho pode ser uma alternativa interessante para essas áreas, que por propiciar a rotação de herbicidas, diversificação na fonte de renda e contribuir com alto aporte de carbono ao solo, devido a elevada produção de biomassa.

Uma estratégia para mitigar estresse por deficiência hídrica seria a utilização do próprio sulco da construção do microcamalhão para se irrigar quando necessário. No milho, o uso da irrigação complementar, especialmente no período mais crítico da cultura, é um pré-requisito essencial para que se possa utilizar as demais práticas de manejo em alto nível. Em condições

limitadas de disponibilidade hídrica e para assegurar maior eficiência do uso da água, é importante se conhecer a resposta do milho a diferentes períodos de irrigação, para se avaliar os efeitos no seu potencial produtivo.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico do milho, cultivado em área de arroz irrigado, em função da realização da irrigação apenas durante o período mais crítico da cultura, ao redor do espigamento, em duas épocas de semeadura.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida a campo, na Estação Experimental do Arroz, do Instituto Rio Grandense do Arroz, em Cachoeirinha-RS, no ano agrícola 2015/16. O clima da região é do tipo subtropical úmido e o solo da área experimental é classificado como GleissoloHáplico Distrófico típico (Streck et al., 2008). A análise do solo, realizada em maio de 2015, indicou os seguintes valores: argila 210 g kg⁻¹; pH em água 5,6; P: 25 mg dm⁻³; K: 35 mg dm⁻³; CTC pH 7: 5,8 cmol dm⁻³ e MO: 23 g kg⁻¹. Utilizou-se como cobertura de solo no outono-inverno o azevém (*Lolium multiflorum*), na densidade de 30 kg ha⁻¹ de sementes, com rendimento de massa seca da parte aérea de 2,26 Mg ha⁻¹.

A pesquisa foi composta por dois experimentos. No primeiro, o milho foi semeado em 29 de outubro e no segundo em 03 de dezembro de 2015. Em cada experimento foram testados quatro manejos da irrigação: não irrigado (T1), irrigado somente durante o período de oito dias antes a oito dias após o espigamento (T2), irrigado somente durante o período de 16 dias antes a 16 após o espigamento (T3) e irrigado sempre que necessário (T4). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições.

O milho foi semeado em microcamalhões, que foram construídos em abril de 2015, com altura de 15 cm e espaçamento entre si de 1,0 m. O híbrido utilizado foi o AS1666 VT PRO3, da Agroeste Sementes, em duas linhas pareadas por camalhão, com densidade de 9,0 plantas por metro quadrado. A adubação realizada na semeadura constou da aplicação de 30, 225 e 90 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. A adubação nitrogenada de cobertura constou da aplicação de 300 kg ha⁻¹ de N, parcelada nas doses de 60, 120 e 120 kg ha⁻¹ de N, respectivamente nos estádios de desenvolvimento V₄, V₈ e V₁₂, de acordo com a escala de Ritchie et al. (1993). Utilizou-se como fonte de N a ureia com inibidor da urease.

A necessidade de irrigação foi determinada

pela instalação de seis sondas para determinar a umidade volumétrica do solo, com auxílio do equipamento Hidrofarm, da Falker. Com base nas leituras nesse aparelho, as irrigações foram realizadas quando a umidade volumétrica do solo atingisse 0,18 m³m⁻³. Este é o valor próximo à umidade correspondente ao limite hídrico inferior da cultura do milho, obtido a partir da curva de retenção de água no solo da área experimental. Foi utilizado o sistema de irrigação por sulco, aplicando-se a lâmina de 30 mm de água por rega.

Tabela 1. Estádios em que foram realizadas as irrigações no milho, nas duas épocas de semeadura.

Manejo da irrigação ¹	Estádios ² de realização das irrigações	
	Semeadura 29/10/15	Semeadura 03/12/15
T1		
T2	R1	
T3	R1 - R2 - R3	
T4	V8 - R1 - R2 - R3 - R4	V7-V8-V9-V10-R3-R4

¹ T1- Não irrigado; T2- irrigado somente durante o período de oito dias antes a oito dias após o espigamento; T3- irrigado somente durante o período de 16 dias antes a 16 dias após o espigamento; T4- irrigado sempre que necessário; ² Conforme escala de Ritchie et al. (1993).

Os controles de plantas daninhas e de pragas foram realizados de acordo com as recomendações técnicas da cultura do milho (INDICAÇÕES, 2013), de modo a não interferirem no rendimento de grãos e nas demais características agrônômicas avaliadas. A colheita do milho foi realizada em 08 de março e 08 de abril, respectivamente na primeira e na segunda épocas de semeadura.

As determinações realizadas foram as seguintes: rendimento de massa seca no espigamento, diâmetro de colmo; estatura de planta, porcentagem de folhas senescentes no espigamento, componentes do rendimento (número de espigas por metro quadrado, número de grãos por espiga e peso do grão) e rendimento de grãos, com correção de umidade para 130 g kg⁻¹. Utilizou-se uma área útil de 10 m² para avaliação do rendimento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F). Quando houve significância estatística, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

- a) Primeira época de semeadura (29/10/15)
Durante o ciclo do desenvolvimento do milho

ocorreu somente um período de estiagem de, aproximadamente, 30 dias, logo após o espigamento (**Figura 1**). Portanto, houve deficiência hídrica durante, aproximadamente, metade do período de enchimento de grãos.

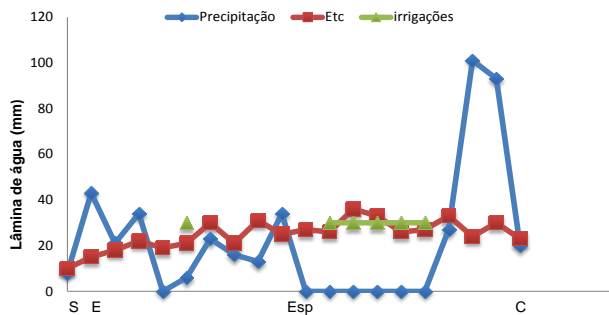


Figura 1. Precipitação pluvial e irrigações realizadas durante o ciclo de desenvolvimento do milho no tratamento irrigado sempre que necessário, na época de semeadura de 29 de outubro de 2015. Cachoeirinha-RS, 2015/16.

Na primeira época de semeadura, o rendimento médio de grãos foi de $11,25 \text{ Mg ha}^{-1}$, variando de $9,12$ a $12,48 \text{ Mg ha}^{-1}$ (**Tabela 2**). A irrigação do milho realizada sempre que necessária aumentou o rendimento de grãos em 36,8 % em relação ao tratamento sem irrigação. Esse aumento deveu-se aos maiores números de grão por espiga e peso do grão, já que o número de espigas por metro quadrado não foi alterado. O rendimento de massa seca na parte aérea no espigamento não variou em função do manejo da irrigação, indicando que não houve deficiência hídrica durante o período vegetativo de desenvolvimento da planta nessa época de semeadura.

Quando se irrigou o milho apenas durante os períodos de oito dias antes a oito dias após o espigamento e de 16 dias antes a 16 dias após a irrigação, houve decréscimos de apenas 6,4 e 6,1 % no rendimento de grãos em relação ao tratamento com irrigação sempre que necessário (**Tabela 1**). Isso se deveu à redução do componente número de grãos por espiga.

b) Segunda época de semeadura (03/12/15)

Na segunda época de semeadura, o início da deficiência hídrica ocorreu ainda durante o período vegetativo, no estágio V_7 , e se prolongou até o estágio R_4 (**Figura 2**).

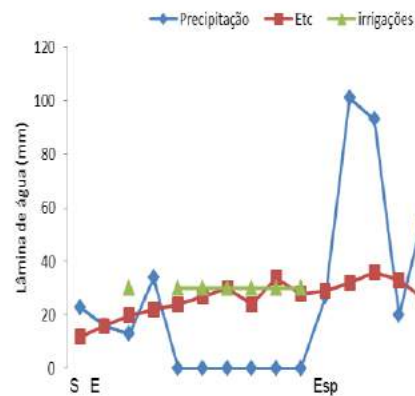


Figura 2. Precipitação pluvial e irrigações realizadas durante o ciclo de desenvolvimento do milho no tratamento irrigado sempre que necessário, na época de semeadura de 03 de dezembro de 2015. Cachoeirinha-RS, 2015/16.

No tratamento irrigado sempre que necessário (T4) foram realizadas seis irrigações, começando no período vegetativo (estádio V_7) e se estendendo até o estágio R_4 (**Tabela 1**). Nos tratamentos T1, T2 e T3 ocorreu deficiência hídrica já durante o período vegetativo de desenvolvimento do milho (estádio V_7), refletindo-se em menor desenvolvimento da planta, avaliado em termos de rendimento de massa seca da parte aérea no espigamento e estatura de planta, em relação ao tratamento irrigado sempre que necessário (T4) (**Tabela 2**).

O rendimento médio de grãos na segunda época foi de $9,45 \text{ Mg ha}^{-1}$, sendo 10 % inferior ao verificado na primeira época, e variou de $8,26$ a $10,98 \text{ Mg ha}^{-1}$ (**Tabela 2**). A irrigação do milho realizada sempre que necessária aumentou o rendimento de grãos em 27,4 % em relação ao tratamento sem irrigação. Esse aumento deveu-se ao maior número de grãos por espiga, já que o número de espigas por metro quadrado e o peso do grão não foram alterados.

A irrigação do milho apenas durante os períodos de oito dias antes a oito dias após o espigamento (T2) e de 16 dias antes a 16 dias após o espigamento (T3) resultou em decréscimos de, respectivamente, 24,8 e 9,5 % no rendimento de grãos em relação ao tratamento com irrigação sempre que necessário (T4). Isso evidencia que a realização da irrigação por um período maior (32 dias) resultou em menor decréscimo de rendimento em relação a um período menor (16 dias).

CONCLUSÃO

A ocorrência de deficiência hídrica ainda durante o período vegetativo reduz o desenvolvimento da planta de milho, expresso em termos de rendimento de massa seca da parte aérea e estatura de planta, em relação à condição de irrigação sempre que necessário.

A irrigação realizada apenas durante o período de 16 dias antes do espigamento a 16 dias após assegura a obtenção de, pelo menos, 90 % do potencial produtivo do milho que é obtido com irrigação sempre que necessário.

REFERÊNCIAS

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993.26p. (Special Report, 48).

ARGENTA, G; RAMBO, L; SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. **Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 2010. 87p.

Tabela 2 - Rendimento de grãos, componentes do rendimento e outras características agronômicas do milho cultivado em áreas de arroz irrigado em função do manejo da irrigação, em duas épocas de semeadura. Cachoeirinha-RS.

Manejo da Irrigação					
1ª Época - 29/10/2015					
Determinações	Manejo da irrigação¹				CV ¹ (%)
	T1	T2	T3	T4	
Massa seca no espigamento (Mg ha ⁻¹)	16,67 ns	16,54	15,19	16,18	11,6
Estatura de planta (m)	1,95 b	1,85 c	2,02 a	2,02 a	0,7
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	9,12 b	11,68 ab	11,72 ab	12,48 a	14,3
Espigas m ² (No.)	7,8 ns	8,6	8,2	7,8	15,2
Grãos Espiga ⁻¹ (No.)	331 b	371 b	382 b	445 a	9,5
Peso de grão (mg)	339 b	363 ab	363 ab	375 a	4,8
2ª Época - 03/12/2015					
Determinações	Manejo da irrigação				CV ¹ (%)
	T1	T2	T3	T4	
Massa seca no espigamento (Mg ha ⁻¹)	15,86 b	14,07 b	13,31 b	21,5 a	15,8
Estatura de planta (m)	1,6 c	1,66 b	1,64 b	1,94 a	0,8
Rendimento de grãos (Mg ha ⁻¹)	8,62 ab	8,26 b	9,94 ab	10,98 a	15,7
Espigas m ² (No.)	7,8 ns	8,3	8,2	8,1	9,9
Grãos Espiga ⁻¹ (No.)	275 b	247 b	287 ab	321 a	9,1
Peso de grão (mg)	385 ns	381	395	405	3,6

¹T1- Não irrigado; T2- irrigado somente durante o período de oito dias antes a oito dias após o espigamento; T3- irrigado somente durante o período de 16 dias antes a 16 dias após o espigamento; T4- irrigado sempre que necessário. ²Coeficiente de variação; ns-não significativo pelo teste de tukey (p≤0,05).

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

⁽¹⁾ 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; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Eng. Agrícola, PhD Eng. Irrigação/Modelagem; ⁽³⁾ Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ; ⁽⁴⁾ 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⁻¹ de resíduo com 1% de nitrogênio. Considerou-se também uma população de 68 mil plantas ha⁻¹, com espaçamento entre linhas de 0,50 m. A adubação consistiu em 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de monoamônio fosfato, aplicados no plantio, e 150 kg ha⁻¹ 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).

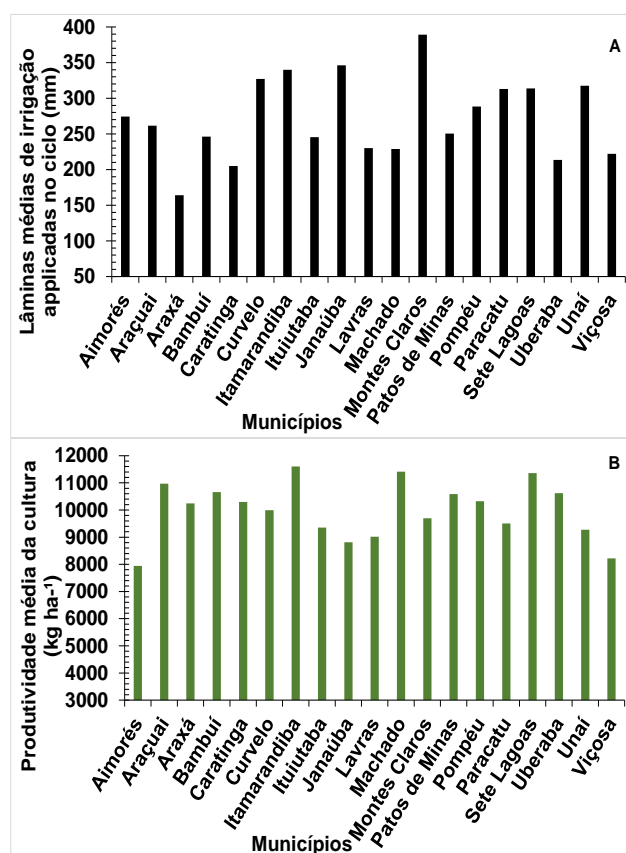


Figura 1: Lâminas médias de irrigação acumuladas ao longo do ciclo da cultura (1A) e produtividade média da cultura do milho (1B).

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.

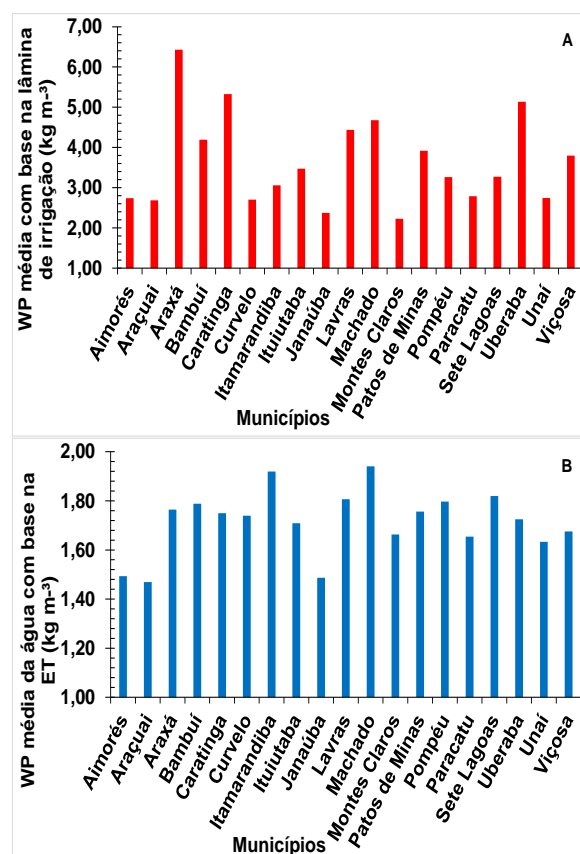


Figura 2: Produtividade média da água (WP) com base nas lâminas de irrigação (2A) e de evapotranspiração (2B) acumuladas no ciclo.

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"

Simulação da produtividade da água para a cultura do milho de sequeiro em municípios de Minas Gerais.

Crisálida Alves Correia⁽¹⁾; Camilo de Lelis Teixeira de Andrade⁽²⁾; Priscila Ponciana Gomes da Silva⁽³⁾ e Bruna Gomes Magalhães⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Acadêmica de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ, Bolsista Embrapa; Rod. MG 424, Km 45, 35.702-098, Sete Lagoas, MG, e-mail crisalida_correia@hotmail.com; ⁽²⁾ Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Eng. Agrícola, PhD Eng. Irrigação/Modelagem; ⁽³⁾ Acadêmica de Engenharia Agrônoma, Universidade Federal de São João Del Rei, UFSJ, Bolsista Embrapa. ⁽⁴⁾ Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Federal de São João del-Rei, UFSJ.

RESUMO:

A crescente demanda pelo uso e a limitação na oferta de água para a agricultura demandam transformações nas estratégias de manejo da cultura do milho com o propósito de aumentar a eficiência de uso deste recurso. A produtividade da água é um indicador que pode ser empregado para se avaliar a eficiência de uso da água. Este trabalho teve como objetivo simular a produtividade da água na cultura do milho sequeiro, com base na evapotranspiração da cultura, em 19 municípios no estado de Minas Gerais. Verificou-se uma grande variação na produtividade da água para a cultura do milho entre os municípios estudados. Em alguns municípios a cultura do milho foi mais eficiente para converter a água evapotranspirada em grãos. Não se verificou relação direta entre o rendimento de grãos e a produtividade da água da cultura do milho em regime de sequeiro, bem como entre precipitação e produtividade da água.

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

INTRODUÇÃO

A crescente demanda pelo uso e a limitação na oferta de água para a agricultura demandam transformações no manejo da cultura do milho com o propósito de aumentar a eficiência do uso deste recurso. Para isso, diversas técnicas de cultivo são constantemente adotadas, de forma que a produtividade da cultura seja minimamente penalizada (KIRDA, 2002). Em sistemas de produção de sequeiro, o melhor aproveitamento dos recursos hídricos é obtido com o ajuste da data de semeadura ao regime de chuvas (SOLER et al., 2007). No entanto, a variabilidade climática pode afetar significativamente o rendimento da cultura de milho, mesmo quando semeada no período considerado adequado (ANDRADE et al., 2009). De acordo com ROCKSTROM et al. (2010), em situações com índices pluviométricos desfavoráveis, a água recebida através da precipitação não atende

toda demanda hídrica da planta, gerando estresse hídrico que é o responsável por grandes perdas de produtividade na cultura do milho (WAGNER et al., 2013). A produtividade da água é um indicador que pode ser empregado para se avaliar a eficiência no uso da água (Andrade et al., 2009) determinado através da relação entre o rendimento ou acúmulo de matéria seca da cultura e a quantidade de água consumida para produzi-la (SANDER et al., 2004; PUPPALA et al., 2005).

Este trabalho teve como objetivo simular a produtividade da água na cultura do milho de sequeiro, com base na evapotranspiração da cultura, em 19 municípios no estado de Minas Gerais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Empregou-se o modelo CSM-CERES-Maize, do pacote DSSAT, versão 4.6.1 (HOOGENBOOM et al., 2014), previamente calibrado e avaliado para a cultivar DKB390PRO (ANDRADE et al., 2016), para simular o rendimento e a produtividade da água do milho de sequeiro em 19 municípios de Minas Gerais. Dados de rendimento simulados foram utilizados para determinar a janela de semeadura para a produção de milho de sequeiro, em cada município (TIGGES et al., 2016). Assumiu-se, para todas as cidades, que a cultura da braquiária, anterior ao milho, deixa na superfície do solo 2.000 kg ha⁻¹ de resíduo com 1% de nitrogênio. Considerou-se também uma população de 68 mil plantas ha⁻¹, com espaçamento entre linhas de 0,50 m. A adubação consistiu em 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de monoamônio fosfato, aplicados no plantio, e 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de ureia, aplicados aos 25 dias após semeadura. O modelo estimou a evapotranspiração da cultura 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 acumuladas no ciclo da cultura. Os valores médios históricos de produtividade simulada de grãos, para a janela de semeadura de cada município, e de produtividade da água, com base na evapotranspiração da cultura, foram analisados e comparados para cada município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento médio e a produtividade da água para a cultura do milho de sequeiro variaram consideravelmente entre os municípios de Minas Gerais (Figuras 1A e 1B). As maiores produtividades médias de grãos de 9.816, 9.121 e 8949 kg ha⁻¹ foram simuladas para Araxá, Uberaba e Lavras, respectivamente. Entretanto, as maiores produtividades da água, com valores de 1,61; 1,50 e 1,46 kg m⁻³, foram obtidas para Araxá, Uberaba e Machado. Em Lavras se produziu mais grãos de milho que em Machado, mas a eficiência de uso da água de chuva foi maior neste último município. Nota-se, portanto, que não há uma correlação direta em a produtividade de grãos e a produtividade da água no regime de sequeiro. Da mesma forma, embora haja relação entre o volume de chuva acumulada no ciclo da cultura (Tabela 01) com o rendimento de grãos e com a produtividade da água, a distribuição da chuva e outros fatores como a temperatura do ar (SING et al., 2006; GALON et al., 2010), que afetam a o rendimento, distorcem esta relação. Paracatu, que apresentou um maior volume de chuvas, no ciclo da cultura, que Itamarandiba (Tabela 01), proporcionou menores valores de rendimento de grãos e de produtividade da água (Figuras 1A e 1B).

Os municípios de Bambuí, Ituiutaba, Paracatu, Pompéu, Sete Lagoas e Unai, receberam precipitações acima de 180 mm mensais; entretanto o rendimento médio simulado foi abaixo de 8.000 kg ha⁻¹, exceto para Sete Lagoas que apresentou uma produtividade média de grãos de 8.207 kg ha⁻¹ (Figura 1B). Em relação a produtividade média da água, estas localidades exibiram valores inferiores a 1.41 kg m⁻³ (Figura 1A). Katerji et al. (2010), em seus estudos, encontraram valores de produtividade média da água, com base na evapotranspiração, entre 1,33 e 1,42 kg m⁻³.

Em Aimorés, Araçuaí e Janaúba foram observados os menores valores médios de rendimento, sendo 4.690, 4.947, e 5.179 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 1A). Os valores médios de produtividade da

água, para estas localidades, também foram pequenos, sendo 0,94, 1,12 e 1,13 kg m⁻³, respectivamente (Figura 1B). Isto pode ser decorrente das menores quantidades médias de chuvas distribuídas durante o ciclo da cultura do milho nestas regiões. Conforme a tabela 1, em Aimorés, Araçuaí e Janaúba, as precipitações médias mensais foram de 141 mm, 104 mm e 127 mm, respectivamente. De acordo com Sing et al. (2006), a redução da produtividade também pode ser atribuída à altas temperaturas, como ocorre nestes municípios. Resultados de pesquisas realizadas por Galon et al. (2010) demonstram que, além da escassez hídrica, altas temperaturas do ar reduzem a produtividade da cultura do milho.

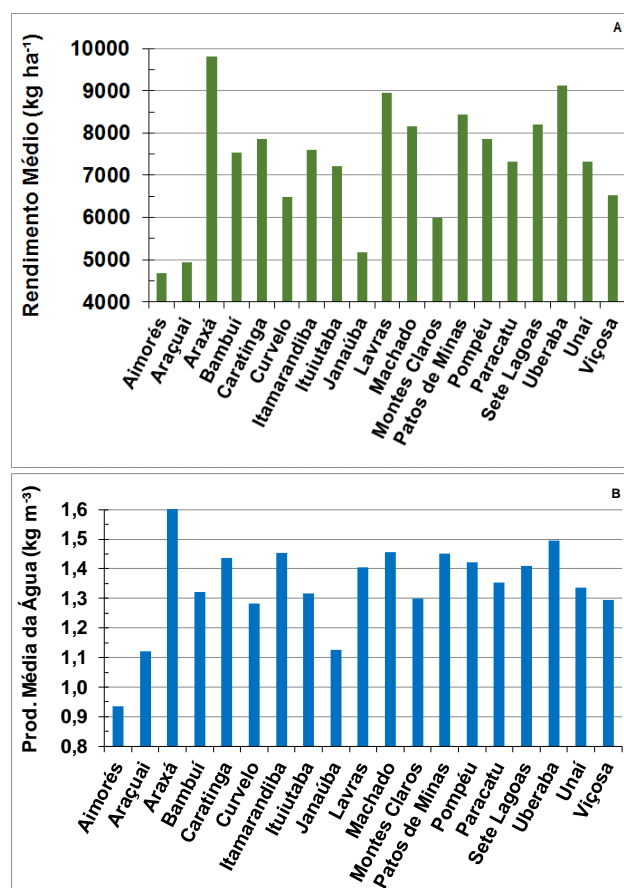


Figura 1: Rendimento médio de grãos (1A) e produtividade média da água com base na evapotranspiração (1B).

Comparando-se rendimento e produtividade da água, nota-se que a cultura do milho se mostrou mais eficiente para converter a água evapotranspirada em grãos, em municípios como

Araxá e Uberaba, em comparação com Paracatu e Unai que são produtores tradicionais. Municípios de clima mais quente e chuvas irregulares aproveitam de forma ineficiente o recurso água para a produção de milho.

Municípios	Janela de semeadura		Precipitação (mm)	Precipitação média mensal (mm)
	Início	Término		
Aimorés	17/out	31/out	704	141
Araçuaí	03/out	24/out	521	104
Araxá	21/nov	06/fev	1354	169
Bambuí	03/out	19/dez	1324	189
Caratinga	26/set	31/out	940	157
Curvelo	10/out	07/nov	1023	171
Itamarandiba	19/set	24/out	913	152
Ituiutaba	03/out	21/nov	1221	203
Janaúba	10/out	24/out	634	127
Lavras	05/set	12/dez	1404	176
Machado	19/set	12/dez	1414	177
Montes Claros	10/out	24/out	811	162
Paracatu	17/out	14/nov	1341	224
Patos de Minas	03/out	02/jan	1385	173
Pompéu	10/out	14/nov	1104	184
Sete Lagoas	26/set	21/nov	1277	182
Uberaba	12/set	23/jan	1611	179
Unai	03/out	14/nov	1221	204
Viçosa	12/set	24/out	1030	172

Tabela 1: Precipitação média acumulada e precipitação média mensal durante o ciclo da cultura do milho.

CONCLUSÕES

Verificou-se uma grande variação na produtividade da água para a cultura do milho entre os municípios estudados. Em alguns municípios a cultura do milho foi mais eficiente para converter a água evapotranspirada em grãos. Não se verificou relação direta entre o rendimento de grãos e a produtividade da água da cultura do milho em regime de sequeiro, bem como entre precipitação e produtividade da água.

AGRADECIMENTOS

À Fapemig, projeto APQ-01199-13, e Embrapa, pelos recursos destinados ao projeto de pesquisa e à bolsa de iniciação científica, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. L. T.; SILVA, P. P. G.; MAGALHÃES, B. G.; PAIXÃO, J. S.; MELO, B. F.; TIGGES, C. H. T. Parametrização do modelo CSM-CERES-Maize para uma cultivar de alta produtividade. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo – CNMS, 2016, Bento Gonçalves – RS, Bento Gonçalves, 2016. (No prelo).

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.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; CONCENÇO, G.; ALBERTO, C. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas, v. 4, p. 18-38, 2010.

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.

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.

Puppala, N.; Fowler, J.L.; Jones, T.L.; Gutschick, V.; Murray, L. Evapotranspiration, yield, and water-use efficiency responses of *Lesquerella fendleri* at different growth stages. Industrial Crops and Products, v.21, p.33-47, 2005.

ROCKSTROM, J.; KARLBERG, L.; WANI, S. P.; BARRON, J.; HATIBU, N.; UWEIS, T.; BUGGEMAN, A.; FARAHANI, J.; QIANG, Z. Managing water in rainfed agriculture—The need for a paradigm shift. Agricultural Water Management 97 (2010) 543–550.

SANDER, J. Z., BASTIANSEN, W. G. M. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agric. Water Manage. 69 (2), 115–133. 2004.

SINGH, R.; VAM DAM, J. C.; FEDDES, R. A. Water productivity analysis of irrigated crops in Sirsa district, India. Agricultural Water Management 82 (2006) 253–278.

SOLER, C. M. T.; SENTELHAS, P. C.; HOOGENBOOM, G. Application of the CSM-CERES- Maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off-season in a subtropical environment. European Journal of Agronomy, Amsterdam, v. 27, p. 165-177, 2007

TIGGES, C. H. P.; ANDRADE, C. L. T.; SILVA, P. P. G.; MAGALHÃES, B. G.; MELO, B. F.; AMARAL, W. L. Períodos de semeadura de milho, sob regime de sequeiro na safra, em Minas Gerais. In: XXXI Congresso Nacional de Milho e Sorgo – CNMS, 2016, Bento Gonçalves – RS, Bento Gonçalves, 2016. (No prelo).

WAGNER, M. V., JADOSKI, S., MAGGI, M. F., SAITO, L. R., & LIMA, A. S. Corn productivity estimate in function on water availability in Guarapuava, PR, Brazil. Brazilian Magazine of



Agricultural Engineering and Ambient. 170-179,
2013.



XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO

“Milho e Sorgo: inovações,
mercados e segurança alimentar”

Simulação da produtividade de milho sob diferentes sistemas de irrigação em anos de El Niño-La Niña

Charles Patrick de Oliveira de Freitas⁽¹⁾; Nereu Augusto Streck⁽²⁾; Stefanía Dalmolin da Silva⁽³⁾; Angélica Durigon⁽⁴⁾

⁽¹⁾Estudante de Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS; (charlespatrick2010@hotmail.com); ⁽²⁾Orientador, Professor, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria/Santa Maria – RS; ⁽³⁾Doutoranda em Engenharia Agrícola, PPGA, Depto de Engenharia Rural, Universidade Federal de Santa Maria/Santa Maria – RS; ⁽⁴⁾Professora, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria/Santa Maria – RS;

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do modelo CSM-Ceres-Maize em simular a produtividade de cultivares crioulas e melhoradas de milho, em sistema irrigado e não irrigado, em um ano de La Niña e um ano de El Niño. O modelo utilizado neste trabalho foi o modelo CSM-Ceres-Maize, que já foi calibrado e testado para as condições de Santa Maria. Foram utilizadas neste trabalho duas cultivares crioulas, ‘Cinquentinha’ e ‘Bico de Ouro’ e duas cultivares melhoradas de milho, ‘BRS Missões’ (VPA) e um híbrido simples ‘AS 1573PRO’. Foram escolhidos dois anos agrícolas, o ano 2011/2012 (La Niña), e o ano 2015/2016 (El Niño). A data de semeadura foi 15 de outubro, para os dois anos. Essa data foi escolhida porque, para o município de Santa Maria, está fora do período recomendado o cultivo da cultura do milho, uma vez que há grande risco de na fase crítica do milho ocorrer déficit hídrico. A fim de simular na condição com e sem irrigação, foi selecionado no modelo a condição “rainfed” para sem irrigação, e para o sistema irrigado foi selecionado a opção de “irrigação automática”, que faz irrigações conforme a necessidade da cultura durante a estação de crescimento, na simulação. O modelo CSM-Ceres-Maize é capaz de simular a tendência de produtividade em anos diferentes, com efeito do El Niño e La Niña. Também conclui-se que, a cultivar crioula ‘Cinquentinha’ se mostrou mais tolerante ao déficit hídrico do que as outras cultivares.

Termos de indexação: modelagem agrícola, deficiência hídrica, rendimento.

INTRODUÇÃO

Milho é o terceiro cereal cultivado e tem importância econômica no mundo devido à sua versatilidade de uso, que vai desde a alimentação

humana, alimentação animal e na indústria tecnológica, principalmente na fabricação de etanol (USDA, 2016).

No Rio Grande do Sul (RS), o milho é em sua maior parte cultivada em condições de sequeiro ou em terras altas, ou seja, toda a demanda hídrica da cultura é fornecida pela precipitação pluvial. O regime pluviométrico do RS é uniforme ao longo do ano, com totais entre 1250 e 2000 milímetros, sem uma estação chuvosa definida (Buriol et al, 1977; Oliveira, 1986). A precipitação no Estado é fortemente influenciada por fenômenos, como o ENOS (El Niño Oscilação Sul). O ENOS apresenta duas fases, uma fase quente chamada El Niño, onde ocorre precipitação acima da normal climatológica no estado, e uma fase de fria conhecida como La Niña, onde a precipitação apresenta padrões abaixo da normal climatológica no estado, e essa influência na precipitação no RS ocorre principalmente na primavera (setembro outubro-novembro) (Grimm et al, 1998; Cera & Ferraz, 2010; Flach & Grimm, 2010).

Assim, sendo o milho uma cultura sensível ao estresse hídrico, a variabilidade na precipitação pode causar algum dano à planta, como redução na área foliar e conseqüentemente, na fotossíntese, com potencial de comprometer consideravelmente a produtividade desta cultura (Bergamaschi & Matzenauer, 2014). Nos últimos 10 anos, houve duas grandes quebras de safra de milho no RS, nos anos agrícolas 2004/2005 e 2011/2012, quando a redução de produtividade foi de aproximadamente 50% em relação à produtividade em anos normais e sem deficiência hídrica (CONAB, 2016). A causa destas duas quedas na produtividade foi a deficiência hídrica no solo.

As cultivares crioulas de milho, por serem rústicas e apresentarem alta variabilidade genética, poderiam ser uma alternativa de cultivo em épocas e anos com deficiência hídrica do solo. No entanto,

esta alternativa ainda é pouco frequente na agricultura do RS.

A modelagem das culturas agrícolas é uma ferramenta que, através de equações matemáticas, é capaz de descrever o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas. Quando o modelo de interesse está devidamente calibrado e testado para as condições locais de estudo, os modelos agrícolas auxiliam na tomada de decisão de práticas de manejo (Streck et al., 2003,a,b), em estudos da resposta das culturas à variabilidade climática e mudança climática (Streck & Alberto, 2006; Streck et al., 2008; Streck et al., 2011) e atualmente tem sido utilizado na previsão e acompanhamento de safras (Shin et al., 2006; Streck et al., 2013). Entre os modelos de simulação da cultura do milho, o modelo CSM-Ceres-Maize é um dos mais conhecidos e usados em estudos numéricos.

O modelo CSM-Ceres-Maize é um modelo ecofisiológico dinâmico, baseado em processos (*process-based models*) capaz de simular o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas agrícolas, em diferentes manejos de irrigação e nutrição (Jones & Kiniry, 1986).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do modelo CSM-Ceres-Maize em simular a produtividade de cultivares crioulas e melhoradas de milho, em sistema irrigado e não irrigado, em um ano de La Niña e um ano de El Niño.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo numérico foi realizado em Santa Maria, RS, Brasil (29°43'S, 53°43'W, e 95m altitude). Segundo climatologia de Köppen, o clima da região é Cfa, subtropical úmido com verões quentes e sem estação seca definida, com temperatura média anual de 18,8°C e precipitação anual média de 1.686,1mm. O solo do local é uma transição entre a Unidade de Mapeamento São Pedro (Argissolo Vermelho Distrófico arênico) e a Unidade de Mapeamento Santa Maria (Alissolo Hipocrômico Argilúvico típico) (Streck, E. V., et al., 2008).

As cultivares utilizadas neste trabalho foram, duas cultivares crioulas de milho ['Cinquentinha' – ciclo precoce; e 'Bico de Ouro' – ciclo tardio], e duas cultivares melhoradas [uma variedade de polinização aberta 'BRS Missões' – ciclo precoce; e um híbrido simples 'AS 1573PRO' – ciclo precoce].

O modelo utilizado neste trabalho foi o modelo CSM-Ceres-Maize que está acoplado a plataforma DSSAT v4.6 (Hoogenboom et al., 2012), em que seus coeficientes genéticos já foram calibrados e testados para as condições de Santa Maria, para as cultivares citadas acima (**Tabela 1**). O modelo foi

rodado no modo experimental.

Foram escolhidos dois anos agrícolas, o ano 2011/2012 classificado como ano sob influência do fenômeno La Niña, e o ano 2015/2016 classificado como ano sob influência do fenômeno El Niño. A data de semeadura, para ambos os anos agrícolas, foi no dia 15 de outubro, esta data foi escolhida, pois para o município de Santa Maria, encontra-se fora do período recomendado da cultura do milho, pois há grande risco da fase de enchimento de grãos, período crítico da cultura do milho, venha a ocorrer no período de deficiência hídrica no estado. O espaçamento de plantas foi de 0,9 m entre linhas e 0,2 m entre plantas, totalizando uma população de plantas de 5,5 pl m⁻². O modelo foi rodado sem estresse nutricional.

A fim de simular na condição com e sem irrigação, foi selecionado no modelo a condição “rainfed” para sem irrigação, e para o sistema irrigado foi selecionado a opção de “irrigação automática”, que fará irrigações conforme a necessidade da cultura durante a estação de crescimento, na simulação.

Os dados meteorológicos utilizados como entrada do modelo foram coletados da estação meteorológica automática do INMET. Os dados necessários são temperatura máxima e mínima do ar, radiação solar e precipitação, todos em um passo de tempo diário, que foram obtidos para os anos 2011/2012 e 2015/2016.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Figura 1** estão os dados meteorológicos durante o período de crescimento do milho. O ano de 2011/2012, caracterizado como ano de La Niña, durante a estação de crescimento da cultura do milho, apresentou temperatura máxima absoluta de 38,7° (**Figura 1a**) e precipitação acumulada aproximada de 440,2 mm (**Figura 1b**), sendo que durante o período de enchimento de grãos (fim de dezembro – fim de janeiro) a precipitação acumulada foi aproximadamente de 81,4 mm (**Figura 1b**). Já no ano de 2015/2016, caracterizado como Ano de El Niño, a temperatura máxima absoluta foi de 36,6°C (**Figura 1c**) e precipitação acumulada aproximadamente de 891,0 mm (**Figura 1d**), sendo aproximadamente 381,6 mm durante o período de enchimento de grãos (**Figura 1d**).

A **Figura 2** mostra a produtividade de grãos para o sistema irrigado e não irrigado, para o ano agrícola 2011/2012 e 2015/2016. Nota-se que a ordem de perda de produtividade no ano 2011/2012 segue: 'Bico de Ouro', 'AS1573PRO', 'Cinquentinha' e 'BRS Missões', com porcentagem de perda de 34,9, 33,3, 28,8 e 23,5%. No sistema irrigado, para que não houvessem perdas, foi irrigado um total de

234,1 e 232,7 mm para as cultivares crioulas 'Bico de Ouro' e 'Cinquentinha', respectivamente, e para as cultivares melhoradas, o montante irrigado durante o ciclo de crescimento foi de 239,8 e 237,4 mm para 'BRS Missões' e 'AS 1573PRO', respectivamente.

No ano agrícola 2015/16 não houve diferença entre irrigado e não irrigado, pois por ser um ano de El Niño, a demanda da planta foi suprida pela precipitação pluvial durante o período de desenvolvimento da cultura.

Entre cultivares, a cultivar crioula 'Cinquentinha' e a variedade de polinização aberta 'BRS Missões', mostraram-se mais tolerantes ao déficit hídrico do que a cultivar crioula 'Bico de Ouro' e o híbrido 'AS 1573PRO' (Figura 1a).

CONCLUSÕES

O modelo CSM-Ceres-Maize foi capaz de simular a tendência de produtividade em anos diferentes, com efeito do El Niño e La Niña. Também conclui-se que, a cultivar crioula 'Cinquentinha' se mostrou mais tolerante ao déficit hídrico do que as outras cultivares, incluindo o híbrido.

REFERÊNCIAS

- BERGAMASCHI, H., MATZENAUER, R. **O Milho e o Clima**. Porto Alegre: Emater/RS-Ascar, 2014. 84p.
- BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. Cartas mensais e anual das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v.7, p.55-82, 1977.
- CERA, J. C., FERRAZ, S. E. T. Variações Climáticas na Precipitação do Rio Grande do Sul. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém, PA. **Anais...Belém**: <http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/340_80886.pdf>.
- CONAB - Companhia nacional de abastecimento. Safra 2007/2008. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>. Acesso em 28 de junho de 2016.
- FLACH, R.; GRIMM, A. M. Eventos extremos e totais mensais de precipitação na América do Sul durante ENOS e condições normais no clima presente e em cenários futuros. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém, **Anais...Belém**: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010.
- GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, n. 11, p. 2863-2880, 1998.
- HOOGENBOOM, G., J.W. JONES, P.W. WILKENS, C.H. PORTER, K.J. BOOTE, L.A. HUNT, U. SINGH, J.I. LIZASO, J.W. WHITE, O. URYASEV, R. OGOSHI, J. KOO, V. SHELIA, AND G.Y. TSUJI. 2015. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.6 (<http://dssat.net>). DSSAT Foundation, Prosser, Washington.
- JONES, C.A.; KINIRY, J.R. **Ceres-Maize: A simulation model of maize growth and development**. Texas A&M University Press, College Station, Texas, 1986. 94p.
- OLIVEIRA, A. S. **Interações entre sistemas frontais na América do Sul e convecção na Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1986.
- SHIN, D.W.; BELLOW, J.G.; LAROW, T.E.; COCKE, S.; O'BRIEN, J.J. The role of an Advanced Land Model in Seasonal Dynamical Downscaling for Crop Model Application. **Journal Applied Meteorology and Climatology**, v.45, p.686-701, 2006.
- STRECK, N. A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, S. Incorporating a chronology response into prediction of leaf appearance rate in winter wheat, **Annals of Botany**, v. 92, p. 181-190, 2003a.
- STRECK, N. A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, S. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 115, p. 139-150, 2003b.
- STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Simulação do impacto da mudança climática sobre a água disponível do solo em agroecossistemas de trigo, soja e milho em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 424-433, 2006.
- STRECK, E.V.; KAMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio**

Grande do Sul. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008. 126 p.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; GABRIEL, L. F.; SAMBORANHA, F. K. Simulating maize phenology as a function of air temperature with a linear and a non-linear model. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.449-455, 2008.

STRECK., N.A.; SILVA, S.D.; LAGNER, J.A. Assessing the response of maize phenology under elevated temperature scenarios. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.27, p. 1-12, 2011.

STRECK, N.A.; SILVA, M.R.; ROSA, H.T.; WALTER, L.C.; BENEDETTI, R.P.; CARLI, C.; CHARÃO, A.S.; MARCOLIN, E.; FERRAZ, S.E.T.; MARCHESAN, E. Acompanhamento da safra 2012/2013 de arroz irrigado no Rio Grande do Sul por modelagem numérica. **Ciência e Natura**, Edição Especial, p. 368-372, 2013.

Tabela 1 - Valores dos coeficientes genéticos do modelo CSM-Ceres-Maize para duas cultivares crioulas, ‘Cinquentinha’ e ‘Bico de Ouro’, e duas cultivares melhoradas, uma do tipo polinização aberta, ‘BRS Missões’, e um híbrido simples ‘AS 1573PRO’.

Coeficientes Genéticos							
Cultivar	P1*	P2	P5	G2	G3	PHINT	RUE
‘Cinquentinha’	225,0	0,800	896,0	500,0	8,0	45,45	4,00
‘Bico de Ouro’	360,0	0,000	824,0	400,0	10,0	43,47	3,70
‘BRS Missões’	300,0	0,000	639,6	700,0	17,0	41,66	3,00
‘AS 1573PRO’	290,0	0,500	773,8	900,0	21,0	45,45	2,89

*P1: Graus-dia da emergência até o fim do estágio juvenil ($T_b=8^{\circ}\text{C}$); P2: Coeficiente de sensibilidade ao fotoperíodo; P5: Graus-dia do florescimento feminino até a maturidade fisiológica ($T_b=8^{\circ}\text{C}$); G2: Número potencial de grãos por planta; G3: Taxa potencial de enchimento de grãos ($\text{mg grão}^{-1} \text{dia}^{-1}$); PHINT: Filocrono ($^{\circ}\text{C dia}$).

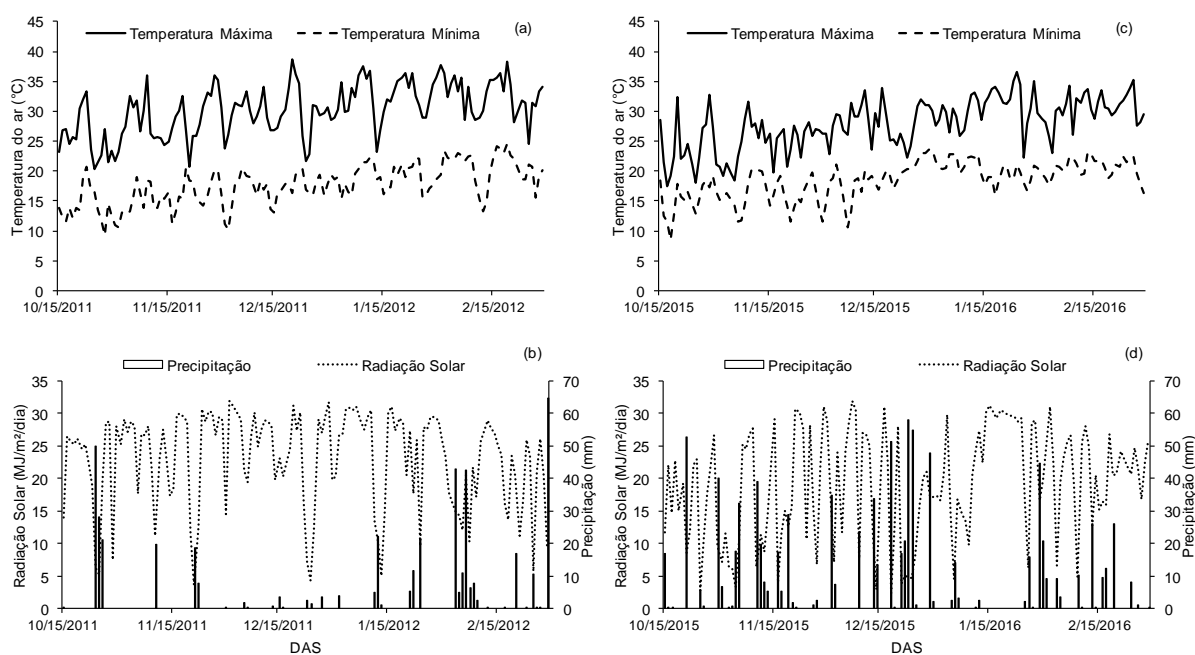


Figura 1. Temperatura máxima e mínima, radiação solar e precipitação durante o ciclo de desenvolvimento no ano 2011/12 (a) e (b), e durante o ano 2015/16 (c) e (d), respectivamente.

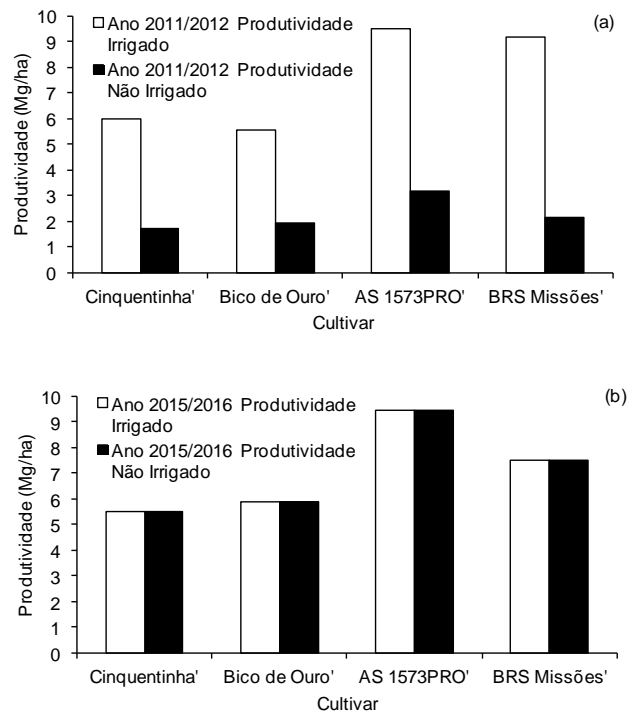


Figura 2. Produtividade (Mg ha^{-1}) para duas cultivares crioulas, 'Cinquentinha' e 'Bico de Ouro', e duas cultivares melhoradas, 'BRS Missões' e 'AS 1573PRO', em sistema irrigado e não irrigado, durante o ano agrícola 2011/12 (a) e 2015/16 (b).