

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA EM MILHO CULTIVADO COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO HÍDRICO

Alexsandro Claudio dos Santos Almeida¹, Jessica Bonifácio², Maiara Pusch²,
Fabricio Correia de Oliveira³, Luciano Oliveira Geseinhoff¹, Guilherme Augusto Biscaro¹

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar diferentes estratégias de manejo da irrigação sobre a produtividade e eficiência de uso da água na cultura do milho. Um experimento foi conduzido no delineamento experimental inteiramente casualizado (em faixas), com quatro tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos constaram das estratégias de manejo hídrico, sendo: T1 - cultivo sob condições de sequeiro; T2 e T3 - cultivos com irrigação complementar quando as tensões de água no solo atingiam 40 kPa e 20 kPa, respectivamente; e T4 - cultivo irrigado com base na evapotranspiração da cultura. O monitoramento da tensão da água do solo foi realizado por tensiômetros. O cálculo do balanço hídrico foi realizado em uma planilha eletrônica. Durante o ciclo da cultura ocorreram vários veranicos, principalmente nas fases críticas da cultura, resultando em um déficit hídrico total de 140 mm. Com isso, as produtividades de grãos do tratamento de sequeiro foi em média 40% apenas das obtidas nos cultivos irrigados. As variáveis altura de planta, matéria seca e massa das espigas também foram maiores nos cultivos irrigados. A eficiência de uso da água foi maior (1,13 a 1,29 kg m⁻³) nos tratamentos irrigados, diferindo do tratamento de sequeiro (1,29 kg m⁻³). As variáveis produtivas analisadas e a eficiência de uso da água não diferiram entre os tratamentos. A irrigação suplementar da cultura do milho na região de Dourados, MS, confere maiores produtividades de grãos e maior eficiência de uso da água que cultivos em condições de sequeiro. Podendo ser utilizado tanto o manejo da irrigação com base na evapotranspiração da cultura como com base em leituras de sensores tensiométricos do solo.

Palavras-chave: déficit hídrico, produtividade de grãos e umidade do solo.

YIELD AND WATER USE EFFICIENCY IN CORN CROPPED UNDER DIFERENT IRRIGATION AND HIDRIC MANAGEMENT STRATEGIES

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate different strategies of irrigation management under the grain yields and water use efficiency in corn crop. An experiment was conducted under completely randomized experimental design with four treatments and five replicates. The treatments consisted of the strategies of water management, being: T1 – rainfed crop; T2 and

¹ Professor doutor, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados - MS, almeidaacs@yahoo.com.br

² Eng. Agrícola, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados - MS

³ Doutorando em Engenharia de Sistemas Agrícolas, ESALQ-USP, Piracicaba, SP

**PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA EM MILHO CULTIVADO
COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO HÍDRICO**

T3 - crops with supplementary irrigation when soil water stress reached 40 kPa and 20 kPa, respectively; And T4 - irrigated crop based on climatic water balance. The monitoring of soil water tension was performed by tensiometers. The calculation of the water balance was carried out in an electronic spreadsheet. During the crop cycle several summer occurred, mainly in the critical phases of the crop, resulting in a total water deficit of 140 mm. Thus, the grain yields of the rainfed treatment were on average 40% only those obtained in irrigated crops. The variables plant height, dry matter and ear mass were also higher in irrigated crops. The water use efficiency was higher (1.13 to 1.29 kg m⁻³) in the irrigated treatments, differing from the rainfall treatment (1.29 kg m⁻³). The productive variables analyzed and the efficiency of water use did not differ among treatments, irrigated with different irrigation management strategies. Irrigation assures achieve high yields of grain in the studied region. Both irrigation management based on soil water sensor irrigation or evapotranspiration are can be used to manage irrigation.

Keywords: water deficit, grain yield and soil moisture.

INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais produzidos mundialmente, sendo cultivado em quase todos os países do mundo sob diversas condições de clima e manejo. É a segunda cultura mais cultivada no Brasil e representa 40% da produção total de grãos do país com 84,7 milhões de toneladas na safra 2015/2016 (CONAB, 2016). A região Centro-Oeste contribui com 40% da produção, sendo o estado do Mato Grosso do Sul o segundo maior produtor dessa região, com destaque para a região da Grande Dourados, onde é cultivado predominantemente sob condições de sequeiro.

Os produtores de milho dessa região, geralmente, adotam técnicas avançadas de cultivo (máquinas modernas, genótipos com alto potencial produtivo, adubações balanceadas e defensivos químicos avançados para controle de pragas e doenças). Porém a produtividade média de milho é da ordem de 5000 kg ha⁻¹ (APROSOJA/MS, 2014), bem inferior às produtividades obtidas, 75000 kg ha⁻¹, em cultivos sem restrição hídrica em Dourados (PERGORARE et al., 2009). Com isso, tem se que o estresse hídrico é o principal fator limitante da produtividade das culturas na região da Grande Dourados (FIETZ; FISCH, 2008).

A probabilidade de ocorrência de déficit hídrico decendial maior de que

30 mm é da ordem 90% para um período de retorno de 10 anos, para os meses de dezembro e janeiro (FIETZ et al., 2001), podendo ocorrer déficits maiores devido à grande demanda evapotranspirativa no período e à distribuição irregular das chuvas nesses meses (FIETZ e FISCH, 2008). Essa tendência também é observada nos cultivos de safrinha, nos meses de abril e maio, em que o déficit decendial pode ser que maior que 20 mm (90% de probabilidade).

Essa deficiência hídrica pode afetar significativamente a produtividade do milho. Segundo BERGAMASCHI et al. (2006), as oscilações nas safras de milho, das principais regiões produtoras do Brasil, estão associadas à disponibilidade de água, sobretudo no período crítico da cultura, que vai do pendoamento ao início do enchimento de grãos (BERGONCI et al., 2001; BERGAMASCHI et al., 2004; HERNÁNDEZ et al., 2015). Nesse período, a transpiração da cultura é alta devido a máxima área foliar e aos processos de formação do zigoto e enchimento de grãos. Além do que, os processos reprodutivos dessa etapa são muito rápidos, ao passo que, restrições hídricas de uma semana durante esses processos podem reduzir a produtividade da cultura drasticamente (SOUZA et al., 2011; ZHANG et al., 2014).

A tecnologia da irrigação é uma alternativa que pode garantir adequada disponibilidade de água no solo e a obtenção

do máximo do potencial produtivo dessa cultura na região (FIETZ et al., 2001; RICHETTI et al., 2015). Em experiências em áreas de pesquisas e comerciais se observam obtenção de altas produtividades na região com uso da irrigação. Em Dourados, Pergorare et al. (2009) relataram produtividades acima de 7500 kg ha⁻¹ em cultivos irrigados, aplicando-se até 500 mm por safra. Na antiga fazenda Itamarati, no município de Ponta Porã, as produtividades obtidas em área comercial irrigada são de aproximadamente 8500 kg ha⁻¹ (ALMEIDA et al., 2016)

Em face das frequentes ocorrências de veranicos durante o ciclo das culturas e a expansão dos cultivos em áreas com solos de textura mais arenosa, que apresentam menor capacidade de retenção de água, muitos agricultores da região estão motivados a investir em irrigação. Ressaltando que o manejo adequado da irrigação é essencial para potencializar o uso desta técnica. Alguns índices qualitativos de eficiência permitem avaliar a eficiência de uso e aplicação da água em diferentes cultivos. Um dos deles, é a eficiência de uso da água (EUA) que relaciona a produtividade da cultura com a quantidade de água utilizada no cultivo (GLEICK et al., 2011).

Nesse sentido o objetivo desta pesquisa foi avaliar diferentes estratégias de manejo hídrico sobre a produtividade e a eficiência de uso da água na cultura do milho na região de Dourados, MS.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no ano agrícola 2013/2014 em área experimental

ao lado de áreas comerciais de produção na região de Dourados, MS, localizada na latitude 22°13'16" S, longitude 54°48'20" N e altitude de 430 m. O clima da região é classificada como do tipo "Cwa" (Clima mesotérmico úmido com verão chuvoso) de acordo com a classificação climática de Köppen. O total anual da precipitação local é em média 1.400 mm (ARAI et al 2010).

O experimento com a cultura do milho foi conduzido a campo no delineamento experimental inteiramente casualizado (em faixas), com quatro tratamentos e cinco repetições. Cada faixa tinha uma área de de 288 m² (24 m de largura por 12 m de comprimento) e cada unidade experimental (parcela) tinha uma área de 72 m², equivalente a um retângulo de 6 m de largura por 12 m de comprimento.

Os tratamentos constaram das estratégias de manejo hídrico, sendo um tratamento cultivado em condições de sequeiro e os outros três irrigados com diferentes manejos de irrigação (Tabela 1).

Antes da semeadura, o solo foi preparado com duas gradagens com a finalidade de destorroar o solo e uniformizar a superfície do solo. A gradagem foi realizada uma semana antes da semeadura utilizando grade pesada e atingiu uma camada de solo de 20 cm de profundidade. A semeadura foi realizada com uma semeadora-adubadora pneumática a uma profundidade média de 5 cm, com espaçamento entre filas de 0,90 m e com uma média de 6 sementes por metro linear (estande de aproximadamente 55000 plantas ha⁻¹). Foi utilizado o híbrido triplo de ciclo precoce DG-501, que tem características de grãos semiduro, amarelo-alaranjado e plantas de porte médio. Na semeadura, aplicou-se uma dose de 300 kg/

Tabela 1. Descrição dos quatro tratamentos em que o cultivo do milho foi submetido.

Tratamento	Condições de cultivo	Manejo da irrigação
T1	Sequeiro	Sem irrigação
T2	Irigado	Com base em leituras da tensão de água no solo - 40 kPa.
T3	Irigado	Com base em leituras da tensão de água no solo - 20 kPa.
T4	Irigado	Com base na evapotranspiração da cultura

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA EM MILHO CULTIVADO
COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO HÍDRICO

ha do adubo 08-20-20 com base em análise química do solo (Tabela 2).

Durante a condução do experimento, realizou-se uma adubação de cobertura, 30 dias após a semeadura, aplicando 200 kg de uréia ha⁻¹. O controle de ervas daninhas foi realizado com a aplicação de herbicida, tendo sido aplicado o herbicida gesaprim 500 CIBA GEISY e Atrazina. Para controle de pragas foi aplicado o inseticida Nicosulfuran.

Durante os primeiros 20 dias após semeadura, as parcelas foram irrigadas com sistemas de aspersão. Após a instalação do sistema de irrigação foi realizado testes de uniformidade utilizando o coeficiente de uniformidade de Christiansen, já que, nos meses em que foi conduzido o experimento é comum a ocorrência de ventos com velocidade acima de 10 m s⁻¹. Nos testes de uniformidade do sistema de aspersão foram obtidos valores de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) ao redor de 50%, considerados insatisfatórios. Portanto, com a finalidade de garantir uma lâmina de água adequada, foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento após 20 DAS. Fitas gotejadoras com espaçamento entre gotejadores de 20 cm, vazão de 1,46 L h⁻¹ a pressão de 10 mca, fornecendo uma lâmina de 16 mm h⁻¹, foram distribuídas ao lado das linhas do milho. Para controlar a pressão nas fitas gotejadoras foram instaladas válvulas reguladoras de pressão (pressão de serviço de 10 mca) no início das linhas laterais. A uniformidade de distribuição dos emissores gotejadores apresentou valor de CUC de 96%, considerado excelente.

As medidas de tensão de água no solo foram obtidas através de leituras de tensiômetros instalados nas parcelas experimentais. Para cada tratamento foram instaladas três baterias de sensores, sendo

que em cada bateria, um tensiômetro foi instalado a uma profundidade de 15 cm e o outro a uma de profundidade de 30 cm. As irrigações foram acionadas quando duas das três leituras de tensões da água no solo apresentavam valores maiores ou iguais a 40 kPa e 20 kPa, respectivamente, no T2 e T3, aplicando-se uma lâmina de 29,25 mm h⁻¹ no T2 e de 17,61 mm h⁻¹ e no T3, em cada irrigação.

Essas lâminas de irrigação foram determinadas em função da curva de retenção de água no solo, determinada em um laboratório credenciado de física do solo, a partir das amostras deformadas coletadas em toda área de experimento na camada de 0 a 0,30 m de profundidade. Os pontos de baixa tensão (2, 4, 6 e 10 kPa) foram determinados com base no funil de Haines usando-se uma amostra saturada em contato hidráulico com a placa porosa, mantendo o nível do tubo flexível a uma altura um pouco superior à da amostra e os de alta tensão (33, 100, 500 e 1500 kPa) foram determinados com base no extrator de Richards.

Utilizando-se o programa SWRC (DOURADO NETO et al., 2000), foi gerada a equação, ajustada segundo modelo proposto por van Genuchten (1980), que descreve o comportamento da umidade do solo (cm³ cm⁻³) em relação a tensão de água do solo (kPa) (Equação 01). O ajuste dos dados do modelo foi feito por meio da planilha eletrônica EXCEL®. O coeficiente de determinação (R²) foi equivalente a 0,96.

$$\theta_a = 0,277 + \frac{0,755 - 0,277}{\left[1 + (0,2907 |\Psi_m|^{1,730})\right]^{0,420}} \quad (1)$$

em que: θ_a - Umidade atual do solo com base volumétrica, em cm³ cm⁻³; Ψ_m - Tensão de água no solo, em kPa.

Tabela 2. Resultado da análise química do solo utilizado no experimento.

Prof. (cm)	pH CaCl ₂	M. O. g dm ⁻¹	P _{resina} mg dm ⁻¹	H + Al				T	V %
				K	Ca	Mg	cmol _c dm ⁻¹		
0 - 20	4,80	22,94	17,40	6,31	0,40	5,41	1,63	13,65	54,51

As profundidades do sistema radicular foram estimadas mediante metodologia descrita por Dourado Neto et al. (2000), em que: 0 a 0,15 cm para o período da emergência, até oito folhas desenvolvidas; 0,15 a 0,30 cm, de oito folhas a doze folhas desenvolvidas e 0,30 a 0,45 cm, quando acima de doze folhas.

Para o manejo da irrigação no T4 foi calculado o balanço hídrico da cultura, em uma planilha eletrônica desenvolvida no Microsoft Excel, com base na metodologia de Thornthwaite-Mather (1955). A Evapotranspiração da cultura (ETc) foi determinada conforme a equação 02. Os dados climáticos foram obtidos de duas estações meteorológicas próximas a área experimental. No site da Embrapa-CPAO (<http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>) foram obtidos os dados de ET0 e do site do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia, <http://www.inmet.gov.br/portal/>) localizado a 2 km da área experimental foram obtidos os dados de precipitação pluviométrica. A estimativa da evapotranspiração de referência foi baseada na metodologia proposta por Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

$$ETC = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

em que: ETc é a evapotranspiração da cultura, ET0 é a evapotranspiração de referência, Kc é o coeficiente de cultivo.

O valor médio padrão de Kc para o estádio inicial (0,4), desenvolvimento 0,4 a 1,2, floração e enchimento de grãos 1,20 e maturação 0,6, sendo realizado interpolação dos valores de Kc entre as fases com base na metodologia proposta por Allen et al. (1998).

Os parâmetros avaliados foram: altura de plantas no momento da colheita, comprimento de espigas, número de espigas, índice de colheita, número de espigas por planta e produtividade de grãos. Para a determinação da produtividade de grãos, colheram-se todas as plantas de uma área de dez metros quadrados em cada

parcela, nas linhas centrais das parcelas. Em seguida as espigas colhidas foram trilhadas em uma trilhadeira mecânica, acoplada em trator, para separação dos grãos. A eficiência de uso da água (EUA) foi obtida através da relação entre a produtividade de grãos (kg ha⁻¹) e lâmina de água aplicada (m³ ha⁻¹) durante o ciclo da cultura em cada tratamento (Equação 3).

$$EUA = \frac{\text{Produtividade de grãos}}{\text{Lâmina de água}} \quad (3)$$

Os resultados foram avaliados pelo programa ASSISTAT (Assistência Estatística) desenvolvido pelo Prof. Dr. Francisco de Assis do Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (SILVA et al., 2002), o teste realizado foi o de tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições Ambientais no ciclo da cultura

Durante o experimento, a pluviosidade total ocorrida em todo o ciclo da cultura foi dentro dessa faixa, 429 mm (Figura 1). Esse valor está dentro da faixa de exigência da cultura. O cultivo do milho exige entre 400 e 600 mm de água, bem distribuídos, durante seu ciclo de cultivo para obtenção de boas produtividades (DOORENBOS e KASSAM, 1979; FANCELI; DOURADO NETO, 2004). Porém a precipitação foi mal distribuída, com altas precipitações em períodos curtos e períodos de estiagem longos. As chuvas se concentraram em três períodos curtos, entre 72 e 78 DAS (88 mm), 105 e 107 DAS (30mm), 112 e 116 DAS (56 mm).

No início dos cultivos as chuvas foram suficientes para fornecer umidade ideal para a germinação durante a primeira semana. Mas a partir de então, a distribuição irregular das chuvas provocou a ocorrência de déficits hídricos em vários períodos do ciclo da cultura. Os veranicos que

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA EM MILHO CULTIVADO
COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO HÍDRICO

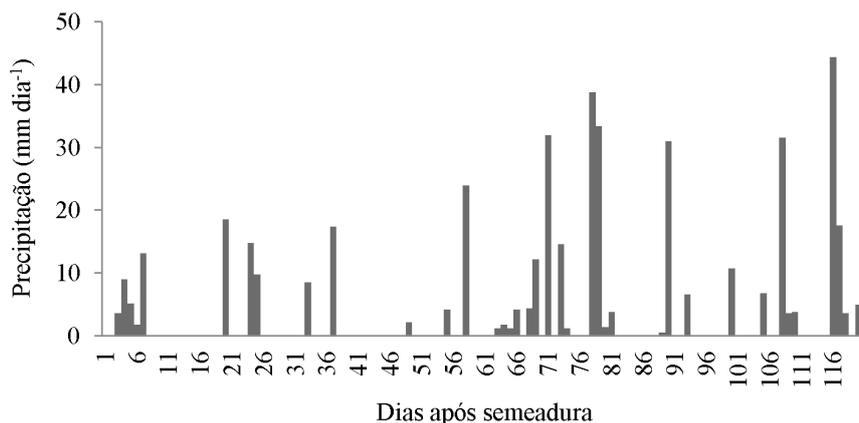


Figura 1. Precipitação pluviométrica em Dourados entre 30 de outubro de 2013 a 20 de fevereiro de 2014.

ocorreram entre 7 a 18 DAS e 23 e 28 DAS comprometeram o desenvolvimento inicial da cultura em tratamento em sequeiro.

O veranico de mais de 15 dias ocorrido entre 37 e 53 DAS coincidiu com a fase de crescimento da cultura (Figura 2), comprometendo a fase de crescimento foliar e formação do aparato fotossintético. Durante a fase reprodutiva da cultura ocorreu veranicos nos períodos de 93 a 99 DAS e 111 a 115 DAS, comprometendo o enchimento dos grãos da cultura. As chuvas foram mais regulares na fase final quando a cultura requer menor demanda hídrica.

Assim como observado nesse experimento, os volumes totais de precipitação durante o ciclo das culturas, geralmente, são acima do mínimo requerido

para um bom desenvolvimento vegetativo e produtivo. Porém, durante as fases de desenvolvimento das culturas, que ocorre de outubro a janeiro, é comum a ocorrência de déficit hídrico em Dourados, segundo Fietz et al. (2001) que analisaram 15 anos de dados de chuvas na região. Frequentes veranicos e estiagens ocorrem nesses meses por conta da distribuição irregular das chuvas, sendo agravado pela alta demanda evapotranspirativa devido à alta disponibilidade energética. Para outras importantes regiões produtoras de grãos no país, é comum a ocorrência desses veranicos durante os cultivos de milho, principalmente no Rio Grande do Sul (BERGAMASCHI et al., 2010) e no Mato Grosso (SCHLICHTING et al., 2014).

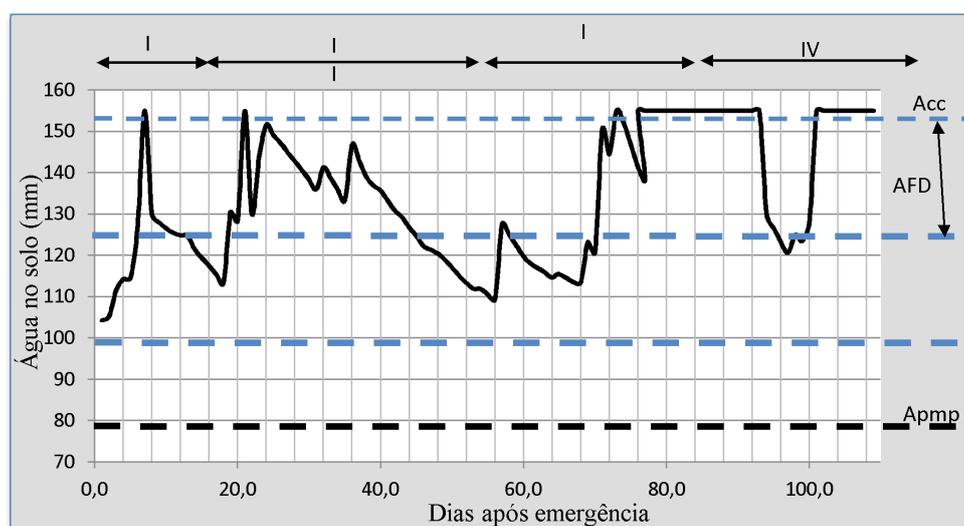


Figura 2. Água disponível no solo em função dos dias após a emergência da cultura do milho em Dourados entre 30 de outubro de 2013 a 20 de fevereiro de 2014.

Parâmetros produtivos da cultura

As alturas das plantas variaram entre os quatro tratamentos (Tabela 3), sendo que a menor altura foi observada no tratamento (T2) em condições de sequeiro, enquanto que as maiores alturas foram observadas nos tratamentos irrigados com manejo baseado na tensão da água do solo (T2 e T3). As alturas das plantas do milho apresentaram relação diretamente proporcional com o volume de água consumido no ciclo da cultura (Tabela 4). Pergorare et al. (2009) relataram também essa tendência. Esse parâmetro afeta diretamente a produção de matéria seca (MS) da cultura por área. Com isso, a MS nos tratamentos mostrou tendência semelhante à observada em relação à altura das plantas. Esses parâmetros são muito relevantes pois tem relação direta com o aparato fotossintético da cultura, responsável pela captação de energia para produção de fotoassimilados.

O comprimento das espigas não variou entre os tratamentos (Tabela 3), tendo sido observado diferenças quanto ao número de espigas por planta entre os tratamentos, em que no tratamento em condições de sequeiro (T2), muitas plantas apresentaram mais de uma espiga por planta. Já nos tratamentos irrigados foi observado plantas com apenas uma espiga por planta. As espigas do sequeiro apresentaram menor quantidade de grãos. As massas de grãos por espiga foram de 0,110 kg, 0,213 kg, 0,189 kg e

0,165 kg para os tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente. A desuniformidade apresentada pelas espigas também foi relatada por Bergamashi et al. (2004) em plantas submetidas ao estresse hídrico, entre o pendoamento e enchimento de grãos. Os autores observaram um grande número de espigas sem grãos ou espigas com poucos grãos. O intervalo da emergência do pendão até o aparecimento dos estigmas aumenta com a ocorrência de estresses, como a deficiência hídrica, resultando no desenvolvimento de espigas estéreis ou com poucos grãos por falta de polinização (BOLAÑOS; EDMEADES, 1996).

O número de espigas (NE) por área, a MS e o IC diferiram entre os tratamentos (Tabela 3). Sendo que, o T1 apresentou os menores valores, diferiu dos demais tratamentos. Isso aconteceu devido ao menor número de plantas ao final do ciclo, nesse tratamento, pois o número de plantas foi reduzindo ao longo do ciclo da cultura devido à senescência das plantas causada pelos déficits hídricos.

Eficiência de uso da água e produtividade de grãos da cultura

O volume de água utilizado pela cultura representa o somatório das chuvas mais irrigação em cada tratamento (Tabela 4). O T1 recebeu o menor volume de água (459,2 mm), pois representa apenas a precipitação ocorrida. Dentre os

Tabela 3. Valores dos parâmetros produtivos altura de plantas, comprimento de espigas (CE), número de espigas (NE), número de espigas por planta (NEP), matéria seca das plantas (MS) e Índice de Colheita (IC) em função do manejo de hídrico.

Tratamentos	Altura m	CE cm	NE unidade ha ⁻¹	NEP unidade p ⁻¹	MS Mg ha ⁻¹	IC %
T1	1,61 c	27,3 a	34500 b	1,6 a	3,78 b	0,26 b
T2	2,57 a	29,6 a	45200 a	1,0 b	4,89 a	0,38 a
T3	2,50 a	29,1 a	47000 a	1,0 b	4,55 ab	0,42 a
T4	2,20 b	29,1 a	50400 a	1,0 b	4,62 ab	0,38 a
Teste de F						
TM	125,5**	2,57 ^{ns}	9,389**	5,98**	5,2745*	31**
CV (%)	3,92	4,88	10,56	16,28	10,4	10,78

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey

ns - não significativo

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA EM MILHO CULTIVADO
COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO HÍDRICO

Tabela 4. Volume de água (VA), produtividade de grãos (P) e Eficiência de uso da água (EUA) e nos quatro tratamentos avaliados.

Tratamentos	VA (mm)	P (kg ha ⁻¹)	EUA (kg m ⁻³)
T1	459,20	3800,1 b	0,83 b
T2	747,40	9644,6 a	1,29 a
T3	779,38	8883,2 a	1,14 a
T4	736,49	8337,8 a	1,13 a
Teste de F			
TM		22,01**	6,4351**
CV (%)		16,36	15,59

** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade pelo teste de Tukey

tratamentos demais tratamentos (irrigados) os volumes de água utilizados foram próximos, com o T3 recebendo 10% mais água devido a menor tensão de água no solo para acionamento da irrigação (20 kPa). Geralmente quanto mais frequentes são os eventos de irrigação maiores os volumes de água ao longo do ciclo de uma cultura (DABACH et al., 2013).

A produtividade dos grãos varia de acordo com o tratamento (Tabela 4), sendo que, nos tratamentos irrigados os valores de produtividade foram duas vezes e meia maiores que no tratamento em condições de sequeiro. Essa menor produtividade no sequeiro foi devido ao elevado déficit hídrico (178 mm) ocorrido ao longo do ciclo da cultura provocado pelos vários veranicos. Tendo sido agravado, pela ocorrência de um pico de déficit hídrico entre 6 a 8 semanas DAS (44,95mm) na fase de emissão dos pendões, que é altamente suscetível ao déficit hídrico, com perdas elevadas na produtividade de grãos (FANCELI; DOURADO NETO, 2004; BERGAMASCHI et al., 2010). Fietz et al (2001) e Flumingan et al. (2014) ao analisarem series climáticas históricas da região recomendam o uso da irrigação para garantir boas condições hídricas para a cultura.

Os valores de EUA nos tratamentos refletiram a tendência observada nas produtividades de grãos (Tabela 4). No T1

foi observado o menor valor de EUA (0,83 kg m⁻³), mesmo tendo consumido menos água. Os tratamentos irrigados foram os mais produtivos e com os maiores valores de EUA, variando de 1,13 a 1,29 kg m⁻³. O fator que mais contribuiu para obtenção de boa eficiência de uso da água foi a obtenção de maiores produtividades de grãos nos tratamentos em que a condição hídrica foi favorável ao longo de todo o ciclo da cultura, principalmente nas fases mais críticas. O mesmo foi observado por Pergorare et al. (2009) ao analisarem a resposta da produtividade dos grãos do milho para diferentes lâminas de irrigação em Dourados.

Os maiores valores de EUA nessa pesquisa foram observados nos tratamentos com maior volume de água consumido. Corroborando com resultados de vários autores (ALLEN et al., 1998; DOORENBOS; KASSAM, 1979) de que a produtividade do milho apresenta uma relação diretamente proporcional com o consumo hídrico acumulado, sendo considerada altamente responsiva a disponibilidade hídrica (BERGONCI et al., 2001; PERGORARE et al., 2009). Em muitas pesquisas são relatados maiores valores de eficiência de uso da água em cultivos com certo nível de déficit hídrico e menores valores de água consumida (...). Entretanto, as condições hídricas para a cultura no T1 foram muito limitantes, principalmente na fase reprodutiva, acarretando baixa produtividade. Outros autores (REN et al., 2016; ZHANG et al., 2014) também observaram que para obtenção de altas EUA é necessário boas condições hídricas nas fases críticas da cultura do milho.

Os resultados dessa pesquisa mostram que o manejo hídrico adequado, através do uso da irrigação, é essencial para a obtenção de boas produtividades de grãos na cultura do milho na região de Dourados na safra de verão, que ocorre entre setembro e fevereiro. Sendo que, tanto o manejo da irrigação com base em leituras de sensores de solo como com base na evapotranspiração são

adequadas para realizar manejo racional da irrigação, pois não houve diferença na EUA e na produtividade dos de grãos entre os tratamentos irrigados. Quando se optar pelo manejo da irrigação com base em leituras de sensores tensiométricos é recomendável iniciar a irrigação quando a tensão de água no solo atingir valores próximos de 40 kPa.

CONCLUSÃO

A irrigação suplementar da cultura do milho na região de Dourados, MS, confere maiores produtividades de grãos e maior eficiência de uso da água que cultivos em condições de sequeiro. Podendo ser utilizado tanto o manejo da irrigação com base na evapotranspiração da cultura como com base em leituras de sensores tensiométricos do solo. Recomendando-se acionar a irrigação quando as leituras de tensão de água no solo atingirem valores próximos de 40 kPa, ao se manejar com base em leituras de sensores do solo em Latossolo Vermelho Distroférrico, com classe textural muito argilosa.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M.. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irr. Drain. Paper 56. UN-FAO, Rome, 1998.
- ALMEIDA, A.C.S.; GOELZER, A.; MAMEDIO, M.R.; SILVA, E.O. Sistema coletivos de compartilhamento de equipamentos de irrigação tipo pivô central por agricultores familiares no Assentamento Itamarati. Anais do 54 Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Maceió, AL. 2016.
- APROSOJA/MS. Associação dos Produtores de Soja de Mato Grosso do Sul (Campo Grande, MS). Boletim da Safra 2014/2015. Disponível em :<http://sistemafamasul.com.br/aprosoja-ms/projetos-aprosojams/>
- ARAI, F.K.; GONÇALVES, G.G.G.; PEREIRA, S.B.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A.C.T.; DANIEL, O. Espacialização da precipitação e erosividade na Bacia Hidrográfica do Rio Dourados - MS. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.5, p. 922-931, 2010.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Water supply in the critical period of maize and the grain production. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.831-839, 2004.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Water deficit and yield in maize crops. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.243-249, 2006.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.949-956, 2001.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (Brasília, DF). **Safra 2015/2016**. Disponível em: < www.conab.gov.br > Acesso em: 07 de agosto de 2016.
- DABACH, S.; LAZAROVITCH, N.; SIMUNEK, J.; SHANI, U. 2013. Numerical investigation of irrigation scheduling based on soil water status. **Irrigation Science**, v.31, p.27-36, 2013.
- DOOREMBOS, J.; KASSAN, A.H. Field response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and drainage Paper, 33).

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA EM MILHO CULTIVADO
COM DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO HÍDRICO

- DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K. & BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). **Sci. Agric.**, v.57, p.191-192, 2000.
- FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Piracicaba: Livrocere, 4 ed., 2004, 360 p.
- FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. O clima na região de Dourados, MS. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32p. (Documentos,92).
- FIETZ, C.R.; URCHEI, M.; FRIZZONE, J.A. Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, n.3, p.558-562, 2001.
- GLEICK, P. H.; CHRISTIAN-SMITH, J.; COOLEY, H. Water-use efficiency and productivity: rethinking the basin approach. **Water International**, v. 36, n. 7, p.784-798, 2011.
- HERNÁNDEZ, M.; ECHARTE, L.; DELLA MAGGIORA, A.; CAMBARERI, M.; BARBIERI, P.; CERRUDO, D. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to N supply under contrasting soil water availability, **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 178, p. 8-15, 2015.
- PEGORARE, A. B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S.B.; SOUZA, L.C.F., FIETZ, CARLOS R. Irrigação suplementar no ciclo do milho “safrinha” sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p. 262-271, 2009.
- REN, Y., LIU, J., WANG, Z., ZHANG, S. Modeling the effect of planting density on maize productivity and water balance in the Loess Plateau, China. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.171, p. 41-48, 2016.
- RICHETTI, A.; FLUMIGNAN, D.L.; ALMEIDA, A.C.S. Viabilidade econômica do milho safrinha, sequeiro e irrigado, na região sul de Mato Grosso do Sul, para 2016. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2015. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado técnico, 207). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/130730/1/COT2015203.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2015.
- SCHLICHTING, A.F.; KOETZ, M.; BONFIM-SILVA, E.M.; SILVA, T.J.A. Desenvolvimento do milho submetido a doses de nitrogênio e tensões de água no solo **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 4, p. 598-611, outubro-dezembro, 2014.
- SILVA, F. de A. S. e. & AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4,n.1,p71-78,2002.
- SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B; SEDIYAMA, G.C.; SILVA, T.G.F. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.715-721, 2011.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).
- ZHANG, S., SADRAS, V., CHEN, X., ZHANG, F. Water use efficiency of dryland maize in the Loess Plateau of China in response to crop management. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.163, p. 55-63, 2014.