

EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA NA CULTURA DO MILHO IRRIGADO

A. C. S. Almeida¹, J. Bonifácio², M. Pusch², F. C. de Oliveira³, L. O. Geseinhoff³,
G. A. Biscaro³

RESUMO: O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência de uso da água na cultura do milho irrigado. 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. 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 maior eficiência de uso da água que cultivos em condições de sequeiro.

PALAVRAS-CHAVE: déficit hídrico, produtividade de grãos e umidade do solo.

WATER USE EFFICIENCY IN IRRIGATED CORN

ABSTRACT: The aim of this research was to evaluate the water use efficiency in corn crop under irrigations conditions. 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 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.

¹ Professor doutor, Centro de Ciências Agrárias, UFAL, Maceió - AL, almeidaacs@yahoo.com.br

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

³ Professor doutor, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD, Dourados, MS.

During the crop cycle several summer occurred, mainly in the critical phases of the crop, resulting in a total water deficit of 140 mm. 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. Supplementary irrigation in the corn crop in Dourados region, Mato Grosso do Sul State, assures achieve higher water use efficiency than rainfed crops.

KEYWORDS: Water deficit, grain yield and soil moisture.

INTRODUÇÃO

A produtividade média de milho na região de Dourados, MS, 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 decenal 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 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).

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)

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 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. Um tratamento foi manejado a irrigação com base no balanço hídrico realizado com dados climáticos. Outros foi tratamentos com base na tensão de água no solo.

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/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 foi utilizado o sistema de irrigação por gotejamento. 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 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). O ajuste dos dados do modelo foi feito por meio da planilha eletrônica EXCEL®. O coeficiente de determinação (R²) foi equivalente a 0,96.

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 (ET_c) 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.cpao.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.

O valor médio padrão de K_c para o estágio 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.

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

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

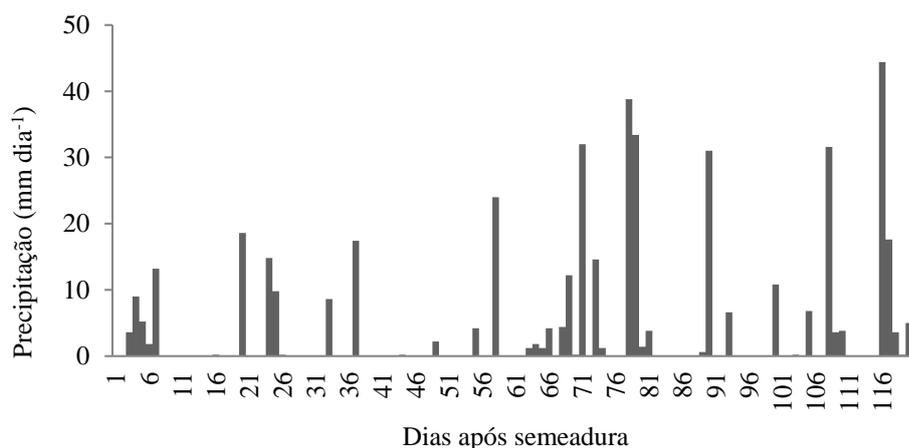


Figura 1. Precipitação pluviométrica em Dourados entre 30 de outubro de 2013 a 20 de fevereiro de 2014.

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.

O volume de água utilizado pela cultura representa o somatório das chuvas mais irrigação em cada tratamento (Tabela 1). O T1 recebeu o menor volume de água (459,2 mm), pois representa apenas a precipitação ocorrida. Dentre os 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).

Tabela 1. 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

A produtividade dos grãos varia de acordo com o tratamento (Tabela 1), 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 ($0,83 \text{ kg m}^{-3}$), mesmo tendo consumido menos água. Os tratamentos irrigados foram os mais produtivos e com os maiores valores de EUA, variando de 1,13 a $1,29 \text{ kg m}^{-3}$. O fator que mais contribuiu para obtenção de boa eficiência de uso da água foi à 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.

CONCLUSÃO

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 de grãos entre os tratamentos irrigados.

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.

DOOREMBOS, J.; KASSAN, A. H. Field response to water. Rome: FAO, 1979. 193p. (FAO. Irrigation and drainage Paper, 33).

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.*, 57:191-192, 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.

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.

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.

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, Campinas Grande, v.4, n.1, p.71-78, 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).