



SAMUEL COLA PIZETTA

**PRODUÇÃO, LONGEVIDADE E TEORES
NUTRICIONAIS DO GIRASSOL ORNAMENTAL
SUBMETIDO A ÁGUA MAGNETIZADA EM
DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

**LAVRAS – MG
2020**

SAMUEL COLA PIZETTA

**PRODUÇÃO, LONGEVIDADE E TEORES NUTRICIONAIS DO
GIRASSOL ORNAMENTAL SUBMETIDO A ÁGUA MAGNETIZADA
EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Fábio Ponciano de Deus
Orientador

Prof. Dr. Adriano Valentim Diotto
Prof. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Coorientadores

**LAVRAS – MG
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Pizetta, Samuel Cola.

Produção, longevidade e teores nutricionais do girassol ornamental submetido a água magnetizada em diferentes regimes hídricos / Samuel Cola Pizetta. - 2020.

71 p.

Orientador(a): Fábio Ponciano de Deus.

Coorientador(a): Adriano Valentim Diotto, Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. *Helianthus annuus* L. 2. Tratamento magnético. 3. Regimes hídricos. I. de Deus, Fábio Ponciano. II. Diotto, Adriano Valentim. III. Paiva, Patrícia Duarte de Oliveira. IV. Título.

SAMUEL COLA PIZETTA

**PRODUÇÃO, LONGEVIDADE E TEORES NUTRICIONAIS DO
GIRASSOL ORNAMENTAL SUBMETIDO A ÁGUA MAGNETIZADA
EM DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS**

**PRODUCTION, LONGEVITY AND NUTRITIONAL CONTENT OF
ORNAMENTAL SUNFLOWER SUBMITTED TO MAGNETIZED
WATER IN DIFFERENT WATER REGIMES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, para obtenção do título de Doutor.

Em 16 de outubro de 2020

Dr. Luiz Gonsaga de Carvalho	UFLA
Dr. Felipe Schwerz	UFLA
Dr. Marcio Mesquita	UFG
Dra. Joelma Rezende Durão Pereira	UFLA

Prof. Dr. Fábio Ponciano de Deus
Orientador

Prof. Dr. Adriano Valentim Diotto
Prof. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Coorientadores

**LAVRAS – MG
2020**

*Aos meus pais Carmindo e Cristina,
Ao meu irmão Daniel,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, por tudo.

Aos meus pais, Carmino Pizetta e Cristina Cola, por seu amor, apoio e por suas palavras de ânimo.

Ao meu irmão Daniel, pelo estímulo para o alcance dos meus objetivos.

Às minhas tias Hozana e Eliza pelas orações e conselhos.

Ao meu orientador, Prof. Fábio Ponciano de Deus, pela orientação, paciência, por todos os ensinamentos, ajuda durante o desenvolvimento deste trabalho e das demais atividades do doutorado.

Aos coorientadores prof. Adriano Valentim Diotto e Prof. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva pela ajuda e disponibilidade no decorrer do experimento.

Ao Tafarel Colodetti pelos conselhos, torcida e preciosas contribuições com a tese e a Tayla pela paciência e compreensão.

À Ângela pela ajuda, parceria, dedicação e organização com o planejamento e execução dessa pesquisa.

Ao Rafael pela ajuda prestada com o experimento, pela companhia, conselhos e pelos cafés.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, pela oportunidade concedida para realização do doutorado.

À cidade de Lavras pelo acolhimento.

À banca, por ter aceito o convite de avaliar essa tese.

Aos amigos Josimar Aleixo e Wagner Rodrigues pelo auxílio na estatística.

A todos os professores da UFLA que contribuíram para a minha formação.

A Maria Luiza, Simone, Mateus, Vansa, Priscila, Fran, Ewerton, Nicolly, Jorge, Joyce, Moisés, Fabiana, Ana Heli, Odirlei, Alexandrina, Vanessa e Leandro pela amizade, companhia e pelas palavras de ânimo.

À Ana Paula pela amizade e ao precioso auxílio com esse trabalho.

Ao Fagner pela paciência, companhia e incentivo.

Aos amigos Nayara e Jacineumo pela ajuda prestada durante a realização do experimento, pelas trilhas na UFLA e pelos açais.

Ao vôlei no CIUNE, Circuito Alternativo, Conversa Afinada, Yoga na Capela e ao grupo de oração Jovens Sarados pelos bons momentos.

Ao NEPAFLOR, especialmente aos amigos Iracema, Drucyla, José, Mateus, Neilton, Gabriela, pela ajuda prestada durante a realização da pesquisa de pós-colheita.

À FAPEMIG pela concessão de bolsa de estudo que permitiu o desenvolvimento desse trabalho.

Aos funcionários do Setor de Hidráulica, Tuca, Luíza, Elvis e Jean.

Aos meus amigos, familiares e a todos que contribuíram de alguma forma para que esta etapa fosse concluída.

MUITO OBRIGADO!

Hoje me sinto mais forte
Mais feliz, quem sabe
Só levo a certeza
De que muito pouco sei
Ou nada sei

Almir Sater

RESUMO GERAL

Frente aos cenários de mudanças climáticas e alterações nos padrões pluviométricos, é fundamental o aprimoramento das técnicas utilizadas na agricultura irrigada. Vários estudos estão sendo realizados nesse sentido, inclusive submetendo culturas agrícolas ao uso de água magnetizada. Objetivou-se com esse estudo: i) avaliar o crescimento, a biomassa e a longevidade de hastes florais e ii) avaliar os teores de macro e micronutrientes nas folhas do girassol ornamental Vincents Choice (*Helianthus annuus* L.) irrigado com diferentes lâminas de irrigação submetida ao tratamento magnético. O trabalho foi desenvolvido em solo e em casa de vegetação do departamento de Recursos Hídricos e Saneamento da UFLA- MG, no delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial. Os tratamentos foram compostos por cinco lâminas de irrigação (0.2; 0.7; 1.0; 1.3; e 1.6 de ETc – evapotranspiração da cultura) e dois tipos de água de irrigação (AM - água magnetizada e AC - água comum) e três repetições. Foram avaliadas as seguintes características: altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de inflorescência, massa fresca e seca de folhas e caule, massa fresca e seca de inflorescência, longevidade pós-colheita das hastes florais e teores de micro e macronutrientes no tecido foliar. As características de crescimento vegetativo, produção de biomassa e longevidade pós-colheita bem como os teores de N, P, K, Ca, Mg, Zn, B e Fe não foram influenciadas pelo tipo de água. No entanto, a água sem tratamento magnético favoreceu maiores concentrações foliares de S, Cu e Mn. O incremento da lâmina de irrigação promoveu acréscimo para o crescimento, biomassa, longevidade pós-colheita, maiores concentrações foliares de N, P, Ca e Zn, e menores de K, Cu e Fe. Já os teores foliares de Mg, S, B e Mn não foram influenciados significativamente pelas diferentes reposições de água. Com relação aos padrões de comercialização de flores de corte, lâminas iguais ou superiores a 0.7 da ETc promoveram a melhor classificação do girassol ornamental.

Palavras-chave: *Helianthus annuus* L. Tratamento magnético. Regimes hídricos. Desenvolvimento. Durabilidade floral. Teor nutricional.

GENERAL ABSTRACT

In the face of scenarios of climate change and changes in rainfall patterns and water availability, it is essential to improve efficiency in the use of water. Several studies are being carried out in this regard, including subjecting agricultural crops to the use of water subjected to magnetic treatment. The objective of this study was: i) to evaluate the growth, biomass and longevity of flower stems and ii) to evaluate the contents of macro and micronutrients in the leaves of the ornamental sunflower Vincents Choice (*Helianthus annuus* L.) irrigated with different irrigation depths submitted to magnetic treatment. The research was carried out in a greenhouse of the Department of Water Resources and Sanitation at UFLA-MG, in a randomized block design in a factorial scheme. The treatments consisted of five irrigation depths (0.2; 0.7; 1.0; 1.3; and 1.6 of ETc - crop evapotranspiration) and two types of irrigation water (AM - magnetized water and AC - common water). The following characteristics were evaluated: plant height, stem diameter, inflorescence diameter, fresh and dry leaf and stem mass, fresh and dry inflorescence mass, postharvest longevity of flower stems and of micro and macronutrients in the leaf. Vegetative growth characteristics, biomass production, and post-harvest longevity as the contents of N, P, K, Ca, Mg, Zn, B and Fe were not influenced by the type of water. However, water without magnetic treatment favored higher leaf concentrations of S, Cu and Mn. The increase in irrigation depth promoted growth, biomass, post-harvest longevity, higher leaf concentrations of N, P, Ca and Zn, and lower K, Cu and Fe. The leaf contents of Mg, S, B and Mn were not significantly influenced by the different water replenishments. Regarding the patterns of commercialization of cut flowers, blades equal to or greater than 0.7 of the ETc promoted the best classification of the ornamental sunflower.

Keywords: *Helianthus annuus* L. Magnetic treatment. Water regimes. Development. Floral durability. Nutritional content.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	10
INTRODUÇÃO.....	10
REFERÊNCIAS.....	14
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	18
ARTIGO 1 - CRESCIMENTO, PRODUÇÃO DE BIOMASSA E LONGEVIDADE PÓS-COLHEITA DO GIRASSOL ORNAMENTAL IRRIGADO COM DIFERENTES LÂMINAS E ÁGUA MAGNETIZADA	19
ARTIGO 2 - TEOR NUTRICIONAL FOLIAR DO GIRASSOL ORNAMENTAL SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA MAGNETIZADA	50

PRIMEIRA PARTE

INTRODUÇÃO

A floricultura é um ramo da agricultura bastante promissor atualmente, uma vez que demanda menores áreas para o cultivo e apresenta altos rendimentos por unidade de área, além da alta movimentação monetária.

No Brasil, em 2019, o setor de floricultura e plantas ornamentais alavancou vendas de R\$ 8,5 bilhões, alcançando um crescimento de 8% sobre os resultados do ano anterior (IBRAFLOR, 2020). Especificamente com relação à cultura do girassol, esta tem sido amplamente cultivada para a produção de flores de corte e em vaso (RODRIGUES et al., 2012), e inclusive vem ganhando grande espaço na floricultura.

O girassol ornamental para corte representa uma alternativa potencial pela grande aceitação do mercado consumidor, devido suas inflorescências exuberantes, a forma exótica e o intenso tom amarelo-alaranjado de suas flores que acrescentam vida e dinamismo aos ambientes (ANDRADE et al., 2012). O ciclo curto, a facilidade de propagação via sementes, a ampla adaptabilidade climática, baixa influencia fotoperiódica e a facilidade de manejo são características que permitem que a cultura seja uma excelente alternativa de investimento nas propriedades agrícolas, gerando alto retorno financeiro por unidade de área. (ANEFALOS e GUILHOTO, 2003; CURTI et al., 2012; ZOBIOLE et al., 2010; WANDERLEY; FARIA; REZENDE, 2014). O ciclo vegetativo do girassol para corte depende da cultivar, da época do ano e das condições climáticas e nutricionais, ficando esse período, normalmente, entre 60-70 dias do semeio ao corte (RODRIGUES, et al., 2012).

Dentre os fatores de produção agrícola, a água é um dos principais insumos para a produção na floricultura. Dessa forma, o manejo adequado da irrigação torna-se primordial para atingir uma produção lucrativa, uma vez que a gestão incorreta da irrigação pode promover perda da produtividade,

qualidade e desperdícios de água e nutrientes dos cultivos (JHA; KUMAR; INES, 2018, ZHEN; LAZAROVITCH; TRIPLER, 2020, ZHOU et al., 2020).

Sendo o déficit hídrico um fator limitante para o desenvolvimento do girassol ornamental, em que é recomendado manter a pressão osmótica em 25 kPa a 20 cm de profundidade (RODRIGUES et al., 2012) e diante dos vários cenários de escassez de água, vários trabalhos são realizados para avaliar o desempenho dessa cultura em diferentes taxas de reposição hídrica (OLIVEIRA et al., 2019, OLIVEIRA et al., 2018; KAHROBAIYAN et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2017).

Tendo em vista a relevância da irrigação para o desenvolvimento e para o rendimento produtivo das plantas, especialmente para o girassol ornamental, a busca por materiais e metodologias que visem a otimização do uso da água tornou-se a principal linha de pesquisa no âmbito da irrigação (PUTTI, 2014). Nesse contexto, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos com o intuito de avaliar o desenvolvimento e produção de culturas irrigadas com água exposta à magnetização. Esse procedimento submete a água em um campo magnético, podendo alterar aspectos físicos e químicos da água e de acordo com Zhou et al. (2000), determinam a redução das forças de ligação das moléculas de hidrogênio, e posteriormente o seu rompimento, podendo ser formadas novas associações de moléculas de água com tamanhos alterados.

Dentre os benefícios da água submetida ao campo magnético, destacam-se melhoria da qualidade da água de irrigação, redução do uso de fertilizantes, aumento da produtividade e diminuição do entupimento nas tubulações, além de facilitar a penetração de água pelas raízes, devido a redução da tensão superficial (LIN; YOTVAT, 1989; KRONENBERG, 1985, GENEROSO et al., 2017). Hilal et al. (2013) citam que a água magnetizada possui três efeitos principais: 1) aumenta a capacidade de lixiviação de sais solúveis excedentes do solo. Esse fato pode estar associado ao fato da água magnetizada apresentar maior capacidade de fluir, como relatado por Tai et al. (2008), e de acordo com Lin e Yotvat (1989) isso possibilita a passagem

pelas membranas biológicas mais facilmente; 2) reduz a alcalinidade do solo; e 3) ligeira dissolução de sais solúveis, tais carbonatos, fosfatos e sulfatos.

Nesse sentido, alguns trabalhos estão sendo desenvolvidos com o intuito de avaliar o desenvolvimento e a produção de culturas irrigadas com águas tratadas magneticamente. Diversas espécies têm sido utilizadas para o estudo da resposta à irrigação com água magnetizada, tais como o milho (MAHMOOD; USMAN, 2014), feijão (MOHAMED; EBEAD, 2013), trigo (HOZAYN; QADOS, 2010), melão (HARARI; LIN, 1989), tomateiro (HAQ et al., 2016) alface (PUTTI, et al., 2015) e cenoura (PUTTI et al., 2018). De maneira geral, o uso de água magnetizada na irrigação das culturas proporciona aumento da produtividade e da qualidade do produto, bem como a diminuição do ciclo de desenvolvimento das culturas, utilizando a mesma quantidade de água classificada como normal ou não magnetizada.

Em relação ao aspecto nutricional das culturas, existem evidências de efeitos significativos do uso da irrigação, bem como da água magnetizada. Há relatos de efeitos benéficos do uso de água submetida ao tratamento magnético nos teores foliares de nutrientes pelas plantas, tais como para o Ca, K, Mg e P na cultura da jojoba (AL-KHAZAN; ABDULLATIF; AL-ASSAF, 2011), K na cultura da alface (ZLOTOPOLSKI, 2017a), e N, P, K, Fe, Zn, Cu e Mn na cultura da uva, do pêssogo e do damasco (FONOUS; MOHAMED; SHABAN, 2017).

No que diz respeito ao efeito da irrigação, trabalhos têm demonstrado efeitos significativos nos teores nutricionais do eucalipto (MÜLLER et al., 2017), das gramíneas (BISTA et al., 2018), da cana-de-açúcar (SILVA et al., 2017), do trigo (RAZA et al., 2015) e do tomateiro (RODRIGUES et al., 2020). Selim et al. (2019) constataram que o estresse hídrico diminuiu o acúmulo de macro e micronutrientes em duas cultivares de trigo, e independente da lâmina de irrigação, o uso de água submetida ao tratamento magnético determinou a ocorrência de maiores conteúdos nutricionais na planta quando comparado ao uso de água comum.

Diante da inexistência de estudos que avaliam o desenvolvimento, a longevidade pós-colheita e o teor nutricional da cultura do girassol ornamental com o uso da água magnetizada em diferentes lâminas de irrigação, busca-se avaliar o efeito da água magnetizada nessa cultura. Acredita-se que a irrigação com água magnetizada em diferentes taxas de reposição altera o crescimento, a qualidade e os teores nutricionais foliares do girassol ornamental.

Neste contexto, objetiva-se com o presente trabalho, avaliar o crescimento, a longevidade pós-colheita e o teor de macro e micronutrientes no tecido foliar do girassol ornamental de corte (Cultivar Vincents Choice que possui boa aceitação comercial) cultivada em canteiros em ambiente protegido, irrigados com diferentes taxas de reposição e tipos de água (normal e magnetizada).

REFERÊNCIAS

AL-KHAZAN, M.; ABDULLATIF, B. M.; AL-ASSAF, N. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 5, n. 9, p. 722-731, 2011.

ANEFALOS, L. C.; GUILHOTO, J. J. M. **Estrutura do mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais**. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 41-63, 2003.

BISTA, D. R. et al. Effects of Drought on Nutrient Uptake and the Levels of Nutrient-Uptake Proteins in Roots of Drought-Sensitive and -Tolerant Grasses. **Plants**, v. 28, n. 7, p.1-16, 2018.

CAI, R. et al. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. **Journal of Molecular Structure**, v. 938, p. 15-19, 2009.

CURTI, G. L. et al. Girassol ornamental: caracterização, pós-colheita e escala de senescência. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p.240-250, 2012.

FONOUS, N. E.; MOHAMED, A. A.; SHABAN, K. A. Effect of Magnetic Treatment for Irrigation Ground Water on Soil Salinity, Nutrients, Water Productivity and Yield Fruit Trees at Sandy Soil. **Egypt Journal of Soil Science**, v. 57, n. 1, p.113-123, 2017.

GENEROSO, T. N. et al. Water magnetization and phosphorus transport parameters in the soil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 9-13, 2017.

HARARI, M.; AND I.; LIN, I. Growing muskmelons with magnetically treated water. **International Water & Irrigation Review**, v. 9, n. 1, p. 4-7, 1989.

HAQ, Z. U. et al. Magnetically treated water irrigation effect on turnip seed germination, seedling growth and enzymatic activities. **Information Processing in Agriculture**, v. 3, p. 99-106, 2016.

HILAL, M. H. et al. Effect of magnetic treated irrigation water on salt removal from a sandy soil and on the availability of certain nutrients. **International Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 2, p. 36-44, 2013.

HOZAYN, M.; QADOS A, M. S. A. Magnetic water application for improving wheat (*Triticum aestivum* L.) crop production. **Agriculture & Biology Journal of North America**, v. 1, n. 4, p. 677-682, 2010.

JHA, P. K.; KUMAR, S. N.; INES, A. V. M. Responses of soybean to water stress and supplemental irrigation in upper Indo-Gangetic plain: Field experiment and modeling approach. **Field Crops Research**, v. 219, p. 76-86, 2018.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 2, p. 155-162, 2018.

KAHROBAIYAN, M. et al. Morphological responses of ornamental sunflower to putrescine treatment under drought conditions. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 17, n. 3, p. 6117-6127, 2019.

KRONENBERG, K. J. Experimental Evidence for Effects of Magnetic Fields on Moving Water. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 21, n. 15, p. 2059-2061, 1985.

LIN, I.; YOTVAT, J. Exposure of irrigation water to magnetic field with controlled power and direction: effects on grapefruit. **Alon Hanotea**, v. 43, p. 669-674, 1989.

MAHMOOD, S.; USMAN, M. Consequences of Magnetized Water Application on Maize Seed Emergence in Sand Culture. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 16, p. 47-55, 2014.

MOHAMED, A. I.; EBEAD, B. M. Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition. **International Journal of Agricultural Policy and Research**, v. 1, n. 2, p. 24-40, 2013.

MÜLLER, C.; HODECKER, B. E. R.; MERCHANT, A.; BARROS, N. F. Nutritional efficiency of Eucalyptus Clones Under Water Stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-17, 2017.

OLIVEIRA, I. C. et al. Desempenho do girassol ornamental, cv. Bonito de Outono, cultivado em vaso sob diferentes tensões de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 3, p. 3412-3420, 2019.

OLIVEIRA, M. L. A. et al. Crescimento e produção de girassol ornamental irrigado com diferentes lâminas e diluições de água residuária. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 204-219, 2017.

OLIVEIRA, M. S. et al. Production of cut sunflower under water volumes and substrates with coconut fibers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, p. 859-865, 2018.

PUTTI, F. F. et al. Água tratada magneticamente para irrigação: efeitos na produção e eficiência do uso da água na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). **Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas**, v. 12, n. 2, p. 447-455, 2018.

PUTTI, F. F. et al. Response of lettuce crop to magnetically treated irrigation water and different irrigation depths. **African journal of agricultural research**, v. 10, n. 22, p. 2300-2308, 2015.

PUTTI, F.F. **Produção da cultura de alface irrigada com água tratada magneticamente**. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014. 108 p.

RAZA, M. A. S. et al. Potassium applied under drought improves physiological and nutrient uptake performances of wheat (*Triticum Aestivum* L.). **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 13, n. 1, p. 175-185, 2015.

RODRIGUES, E. J. R. et al. **Girassol**. In: PAIVA, P. D. O.; ALMEIDA, E. F. A. Produção de Flores de Corte. Lavras: Editora UFLA, 2012, p. 402-446.

RODRIGUES, R. R. et al. Potential for macro and micronutrients extraction from tomato plants with different soil water stresses. **Agronomy Research**, v. 18, n. 2, p. 529-542, 2020.

SELIM, D. A. F. H.; NASSAR, R. M. A.; BOGHDADY, M. S.; BONFILL, M. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions. **Plant physiology and biochemistry**, v. 135, p. 480-488, 2019.

SEYFI, A.; AFZALZADEH, R.; HAJNOROUZI, A. Increase in water evaporation rate with increase in static magnetic field perpendicular to water-air interface. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 120, p. 195-200, 2017.

SILVA, T. R. da. et al. Drought-induced alterations in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium, and the relation with drought tolerance in sugar cane. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 2, 2017.

SURENDRAN, U.; SANDEEP, O.; JOSEPH, E. J. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. **Agricultural Water Management**, v. 178, p. 21-29, 2016.

TAI, C.Y.; WU, C.K.; CHANG, M.C. Effects of magnetic field on the crystallization of CaCO₃ using permanente magnets. **Chemical Engineering Science**, v. 63, p. 5606-5612, 2008.

TOLEDO, E. J. L.; RAMALHO, T. C.; MAGRIOTIS, Z. M. Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: Insights from experimental and theoretical models. **Journal Molecular Structure**, v. 888, p. 409-415, 2008.

WANG, Y.; WEI, H.; LI, Z.; Effect of magnetic field on the physical properties of water. **Results Physics**, v. 8, p. 262-267, 2018.

WANDERLEY, C.S.; FARIA, R.T. E REZENDE, R. Crescimento de girassol como flor em vaso em função de doses de paclobutrazol. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2014.

ZHEN, J.; LAZAROVITCH, N.; TRIPLER, E. 2020. Effects of fruit load intensity and irrigation level on fruit quality, water productivity and net profits of date palms. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 1-8, 2020.

ZHOU, K. X.; LU, G. W.; ZHOU, Q. C.; SONG, J. H.; JIANG, S. T.; XIA, H. R. Monte Carlo simulation of liquid water in a magnetic field. **Journal of Applied Physics**, v. 89, p.1802-1805, 2000.

ZHOU, S. et al. Optimization of irrigation and nitrogen fertilizer management for spring maize in northwestern China using RZWQM2. **Agricultural Water Management**, v. 240, p. 1-13, 2020.

ZLOTOPOLSKI, V. The Impact of magnetic water treatment on salt distribution in a largeunsaturated soil column. **International Soil Water Conservation Research**, v. 5, p. 253-257, 2017.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.425-433, 2010.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

**ARTIGO 1 – CRESCIMENTO E LONGEVIDADE PÓS-COLHEITA
DO GIRASSOL ORNAMENTAL IRRIGADO COM DIFERENTES
LÂMINAS E ÁGUA MAGNETIZADA**

RESUMO: Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o crescimento e a longevidade de hastes florais do girassol ornamental Vincents Choice (*Helianthus annuus* L.) irrigado com diferentes lâminas de irrigação submetida ao tratamento magnético. O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação no delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial. Os tratamentos foram compostos por cinco lâminas de irrigação (0.2; 0.7; 1.0; 1.3; e 1.6 de ETc – evapotranspiração da cultura) e dois tipos de água de irrigação (AM - água magnetizada e AC - água comum). Foram avaliadas as seguintes características: altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de inflorescência, área foliar, massa fresca e seca de folhas e caule, massa fresca e seca de inflorescência, e longevidade pós-colheita das hastes florais. As características de crescimento e longevidade pós colheita não foram influenciadas pelo tipo de água. O incremento da lâmina de irrigação promoveu acréscimo em todos os parâmetros analisados. Com relação aos padrões de comercialização de flores de corte, lâminas iguais ou superiores a 0.7 da ETc promoveram a melhor classificação do girassol ornamental.

PALAVRAS-CHAVE: *Helianthus annuus* L., floricultura, tratamento magnético, gotejamento.

**GROWTH AND POST-HAVEST LONGEVITY OF ORNAMENTAL
SUNFLOWER IRRIGATED WITH DIFFERENT DEPTHS AND
MAGNETIZED WATER**

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the growth and longevity of the stems of flowers of ornamental sunflower Vincents Choice

(*Helianthus annuus* L.) irrigated with different irrigation depths, submitted to magnetic treatment. The research was carried out in a greenhouse in a randomized block design in a factorial scheme. The treatments consisted of five irrigation depths (0.2; 0.7; 1.0; 1.3; and 1.6 of ETc - crop evapotranspiration) and two types of irrigation water (MW - magnetized water and CW - common water). The following characteristics were evaluated: plant height, stem diameter, inflorescence diameter, fresh and dry leaf and stem mass, leaf area, fresh and dry inflorescence mass, and postharvest longevity of flower stems. Vegetative growth characteristics and post-harvest longevity were not influenced by the type of water. The increase in irrigation depth promoted an increase in all the parameters analyzed. Regarding the commercialization patterns of cut flowers, the leaves equals to or greater than 0.7 of the ETc – (crop evapotranspiration) promoted the best classification of the ornamental sunflower.

KEYWORDS: *Helianthus annuus* L., floriculture, magnetic treatment, dripping.

1. INTRODUÇÃO

Associando a reduzida disponibilidade de água doce destinada às atividades humanas (0,003% do volume do total) (NAQVI et al., 2015), com o aumento populacional e à degradação ambiental, a agricultura irrigada tem sido pressionada pela sociedade à aumentar a eficiência no uso da água, visto que demanda cerca de 67,2% dos recursos hídricos no Brasil (ANA, 2017).

Diante da necessidade da otimização do manejo da irrigação, vários estudos têm sido realizados para desenvolver métodos e equipamentos que visem à obtenção de melhor aproveitamento da água. Nesse sentido, a comunidade científica mundial vem investigando os efeitos do uso da água submetida ao tratamento magnético na agricultura irrigada. Essa técnica consiste em expor a água a um campo magnético, podendo alterar alguns

parâmetros físicos e químicos da água, que facilitariam o seu uso bem como o uso dos nutrientes do solo pelas plantas (TOLEDO et al., 2008; CAI et al., 2009; SURENDRAN et al., 2016; WANG et al., 2018; SEYFI et al., 2017).

De maneira geral tem-se observado incrementos produtivos e qualitativos da produção, redução do consumo de água, fertilizantes e de energia, além de possibilitar o uso de águas com qualidade inadequada às plantas (MAHESHWARI e GREWAL, 2009; HOZAYN et al., 2016; ESMAEILNEZHAD et al., 2017; YUSUF e OGUNLELA, 2017a; YUSUF e OGUNLELA, 2017b; SURENDRAN et al., 2016). Foram observados benefícios do uso da água submetida ao tratamento magnético para as culturas do nabo, da fava, do trigo, do tomateiro, da cenoura, e da alface (SELIM; EL-NADY, 2011; ABD, 2012; SAYED; SAYED, 2015; HAQ et al., 2016; PUTTI, et al., 2015; PUTTI et al., 2018). Por outro lado, consequências negativas foram observadas na germinação e no crescimento inicial do girassol de jardim (MATWIJCZUK; KORNARZYŃSKI; PIETRUSZEWSKI, 2012). Nesse sentido é imprescindível o aprofundamento dos estudos científicos para compreender melhor a influência da água magnetizada na resposta dos diferentes cultivos com o intuito de obter segurança na indicação de uso da tecnologia.

Tem-se observado que em muitos sistemas de produção o manejo da irrigação tem sido negligenciado, resultando em redução do potencial produtivo e de qualidade dos diversos cultivos, além da maioria das vezes haver desperdício de água e nutrientes (SILVA et al., 2020, ZHEN et al., 2020, ZHOU et al., 2020). Especificamente para culturas ornamentais, esse fato é potencializado em decorrência da baixa disponibilidade de informações sobre o consumo hídrico das espécies.

Dentre as espécies ornamentais, o girassol (*Helianthus annuus* L.) tem se destacado como cultura promissora economicamente pela elevada adaptabilidade climática, possibilitando ao empreendedor atingir alta rentabilidade em reduzida área, com rápido retorno do capital investido (OLIVEIRA et al., 2017; CURTI et al., 2012). Adicionalmente trata-se de uma

cultura onde a irrigação determina significativa influência no seu desenvolvimento (OLIVEIRA et al., 2019). Resultados de trabalhos que avaliaram a influência de diferentes regimes hídricos mostraram que a disponibilidade de água próximo à capacidade de campo proporcionou melhor desenvolvimento dessa espécie (OLIVEIRA et al., 2018; KAHROBAIYAN et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2017).

Baseado nessas informações acredita-se que o manejo da irrigação e uso de água submetida ao tratamento magnético, determina diferenciação nos parâmetros de desenvolvimento do girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em casa de vegetação. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e a longevidade de hastes florais do girassol ornamental Vincents Choice (*Helianthus annuus* L.) irrigado com diferentes lâminas de irrigação submetida ao tratamento magnético.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no departamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) em casa de vegetação (7x30 m de dimensão, 3,50 m de pé direito, composta por filme plástico de polietileno transparente aditivado anti-UV na parte superior (150 µm de espessura), e tela antiafídeos nas laterais) no sul de Minas Gerais, município de Lavras – Brasil (21°14'S, 45°00'W e 910 m). O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é Cwa (temperado chuvoso mesotérmico, com inverno seco e verão chuvoso), com temperatura média anual do ar de 20,4 °C e precipitação média anual de 1460 mm (SÁ JÚNIOR et al., 2012). A semeadura foi realizada dia 23 de outubro e colheita das plantas feita no dia 15 de dezembro do ano de 2018.

No decorrer do experimento realizou-se o monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar com uma estação meteorológica

automática (modelo DAVIS Vantage PRO2) localizada no interior da casa de vegetação. As leituras foram realizadas 2 m acima do solo (padrão de leitura de estação meteorológica).

O solo da área experimental foi classificado como sendo um Typic Hapludox (LVd) (SOIL SURVEY STAFF, 1999). Na Tabela 1 é apresentado o resultado da análise física e química de amostra composta do solo referente à profundidade de 0 a 20 cm.

Tabela 1 – Resultados da análise física e química do solo da área experimental referente à profundidade de 0 a 20 cm.

Característica (unidade)	Valor	Característica (unidade)	Valor
Areia (%)	10	H+Al (cmolc dm ⁻³)	1,51
Silte (%)	29	SB (cmolc dm ⁻³)	5,74
Argila (%)	61	t (cmolc dm ⁻³)	5,77
Ds (g cm ⁻³)	1,09	T (cmolc dm ⁻³)	7,35
MO (dag kg ⁻¹)	1,95	V (%)	78,14
CC (g g ⁻¹)	0,37	m (%)	0,52
PMP (g g ⁻¹)	0,25	P-Rem (mg L ⁻¹)	6,33
pH	7,20	Zn (mg dm ⁻³)	1,66
K (mg dm ⁻³)	71,52	Fe (mg dm ⁻³)	88,26
P (mg dm ⁻³)	5,19	Mn (mg dm ⁻³)	67,10
Na (mg dm ⁻³)	0,00	Cu (mg dm ⁻³)	5,46
Ca (cmolc dm ⁻³)	3,71	B (mg dm ⁻³)	0,28
Mg (cmolc dm ⁻³)	1,85	CE (dS m ⁻¹)	0,04
Al (cmolc dm ⁻³)	0,03	-	-

¹Ds: Massa específica do solo; MO: matéria orgânica do solo; CC: umidade no solo na capacidade de campo (tensão de 10 kPa); PMP: umidade no solo no ponto de murcha permanente (tensão de 1500 kPa); pH: potencial hidrogeniônico em água; KCl e CaCl₂: Relação 1:2,5; Ca-Mg-Al-Extrator: KCl - 1 mol L⁻¹; SB: Soma de bases trocáveis; t: Capacidade de Troca Catiônica Efetiva T: Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; Índice de saturação por alumínio; P-rem: Fósforo Remanescente; S-extrator: Fosfato monocálcio em ácido acético; P- Na- K- Fe- Zn- Mn- Cu: Extrator Mehlich 1; H⁺ Al - Extrator: SMP; V: índice de Saturação de Bases; B: Extrator água quente; CE: Condutividade Elétrica.

As adubações de semeadura e de cobertura foram realizadas de acordo com recomendações para a cultura do girassol granífero por não haver

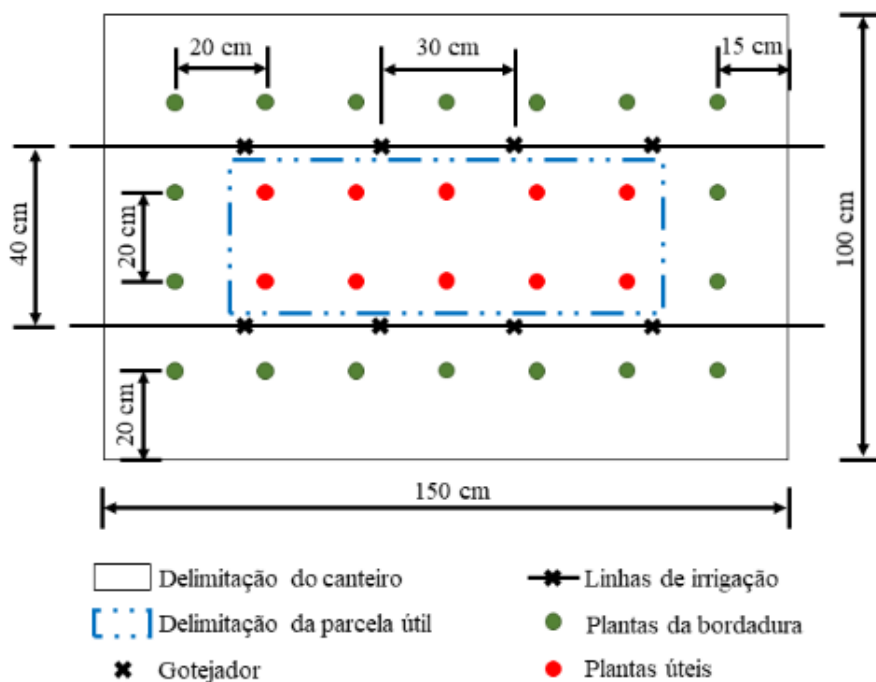
recomendações para a espécie ornamental (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999). A adubação de semeadura baseou-se na aplicação por canteiro de 23,3 g de cloreto de potássio, 110,5 g de fosfato monoamônico (MAP), 2,25 g de ácido bórico, 1,5 g de sulfato de zinco e 7,5 kg de adubo orgânico (Fertilizante orgânico Classe A da empresa Provaso). A adubação de cobertura foi realizada 30 dias após a semeadura, e baseou-se na aplicação de sulfato de amônio para reposição do nitrogênio e do enxofre, sendo realizada manualmente na base de cada planta, com a aplicação de 25 mL do fertilizante diluído em água (composição de 2,68 g de fertilizante).

2.2 Implantação da cultura

A cultura avaliada foi o girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.), da cultivar Vincents Choice (Sakata Seed Sudamerica Ltda.) (98% de potencial germinativo), em decorrência da boa aceitação de mercado.

Seguindo recomendações de Rodrigues et al. (2012), a implantação da cultura foi realizada mediante semeadura em canteiros (dimensão de 1,0 x 1,5 m, com 0,30 de altura), no espaçamento de 0,20 x 0,20 m (totalizando 28 plantas por canteiro). Adicionou-se duas sementes por cova, a 2 cm de profundidade, com o intuito de selecionar a planta com melhor desenvolvimento, garantindo homogeneidade entre os tratamentos. Anteriormente ao início da diferenciação dos tratamentos realizou-se o desbaste de uma das plantas da cova. Na Figura 1 é apresentado os detalhes de um canteiro, mostrando a distribuição das linhas de irrigação (duas linhas de gotejamento por canteiro espaçadas em 40 cm, com gotejadores espaçados em 30 cm), e a área útil da parcela experimental (10 plantas úteis por canteiro).

Figura 1 – Layout de um canteiro experimental (1,5 m² de área A), com detalhe da distribuição das linhas de irrigação e gotejadores, e da área útil da parcela experimental.



Fonte: Autor (2020).

Durante 18 dias após a semeadura foram realizadas irrigações diárias, com o tipo de água correspondente a cada tratamento, mantendo-se a umidade do solo na capacidade de campo. Para isso utilizou-se sensores Watermark (Irrometer, Co., Riverside, Califórnia) instalados à 20 cm de profundidade para estimar a tensão de água no solo. Com base na curva de retenção de água no solo da área experimental (Equação 1) estimou-se a umidade do solo, e considerando uma profundidade de 0 a 40 cm, determinou-se a lâmina de irrigação para atingir a capacidade de campo.

$$\theta = 0,276 + \frac{0,37}{[1 + (0,2368 \cdot |\Psi_m|)^{2,088}]^{0,521}} \quad (1)$$

Em que: θ - umidade volumétrica do solo (cm³ cm⁻³); e Ψ_m - tensão de água no solo (kPa).

2.3 Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi planejado em esquema fatorial, com delineamento em blocos casualizados com três repetições. Um fator foi relacionado à variação do tipo de água (AM – água submetida ao tratamento magnético, e AC – água comum), e o outro correspondeu à lâmina de irrigação referente a determinando nível de reposição de água (Li). O nível de reposição de água (Li) foi baseado em frações da evapotranspiração estimada da cultura (ET_c), sendo L1, L2, L3, L4 e L5 como respectivamente 0.2; 0.7; 1.0; 1.3 e 1.6 de ET_c.

Para a magnetização da água foi utilizado o magnetizador Sylocimol Residencial (Timol Indústria e Comércio de Produtos Magnéticos, Uberlândia – MG, Brasil). Esse equipamento é composto por ímãs alternados que submete a água a um campo magnético de 3860 G, com capacidade de magnetizar 1000 litros de água em uma hora de exposição ao campo magnético.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada utilizando-se a Equação 2.

$$ET_c = ET_0 \cdot kc \quad (2)$$

Em que: ET_c - evapotranspiração da cultura (mm); ET₀ – evapotranspiração de referência (mm); e kc - coeficiente de cultivo.

Por não haver informações de kc para o girassol ornamental, utilizou-se os valores do girassol granífero (GOMES et al., 2010). Os valores de kc utilizados foram: 0,75 (Fase II) durante 9 dias após a diferenciação dos tratamentos, e 1,10 (Fase III) durante 26 dias até o final do experimento.

A evapotranspiração de referência (ET₀) (Equação 3) foi estimada pelo método do Tanque Classe A, com base na correção das leituras diárias de evaporação da água em um Tanque Classe A (ECA) instalado no interior da casa de vegetação (Equação 3).

$$ET_0 = ECA \cdot kp \quad (3)$$

Em que: ECA - evaporação da água do Tanque Classe A (mm); e kp - coeficiente de correção do Tanque Classe A.

O coeficiente de correção do Tanque Classe A (k_p) foi estimado pelo modelo de Snyder (1992) (Equação 4).

$$k_p = 0,482 + 0,024 \cdot \ln(B) - 0,00376 \cdot V + 0,0045 \cdot UR \quad (4)$$

Em que: B - distância do Tanque Classe A à extremidade da área de vegetação (m); V - velocidade do vento a 2 m de altura (km dia^{-1}); e UR - umidade relativa média do ar (%).

Considerou-se nulo o valor de B e de V no cálculo de k_p em decorrência do Tanque Classe A estar alocado no interior da casa de vegetação.

As irrigações foram realizadas diariamente utilizando um sistema de irrigação por gotejamento (coeficiente de uniformidade de Christiansen – CUC de 96,03%), com gotejador autocompensante e autodrenante ClickTif HD CNLNaanDanJain (vazão média (q_a) de $1,97 \pm 0,06 \text{ L h}^{-1}$), com espaçamento de 30 cm (8 emissores por canteiro (ne)).

A conversão da lâmina em tempo de irrigação foi realizada utilizando-se a Equação 5.

$$T = \frac{Li \cdot A}{ne \cdot q_a} \cdot 60 \quad (5)$$

Em que: T - tempo de irrigação (min); Li - lâmina de irrigação referente a determinado nível de reposição de água (mm); A - área do canteiro (m^2); ne - número de emissores por canteiro; e q_a - vazão média do gotejador (L h^{-1}).

2.4 Parâmetros avaliados

As plantas foram conduzidas até que as inflorescências estivessem expandidas. Inicialmente foram avaliados os seguintes parâmetros de crescimento em quatro plantas da parcela experimental: - Altura da planta (AP): foi obtida pela medida da distância da base do coleto ao ápice da planta com uso de régua graduada em milímetros; - Diâmetro das inflorescências (DI): foi determinado utilizando paquímetro digital; - Diâmetro da base do

caule (DC): foi mensurado na altura do coleto utilizando-se paquímetro digital.

Após as análises de crescimento, as folhas, os caules e as inflorescências das plantas foram separadas para mensurar a massa fresca de caules e folhas (MFCF) e a massa fresca das inflorescências (MFI). Para isso utilizou-se balança analítica de precisão (0,001 g de precisão). Posteriormente essas estruturas foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C para a obtenção da massa seca dos caules e folhas (MSCF) e da massa seca das inflorescências (MSI), garantida pela obtenção de massa constante.

Após a determinação da massa fresca, as folhas foram submetidas à determinação da área foliar (AF) utilizando-se medidor automático de área foliar (LICOR Modelo 3100, Nebraska, USA).

A longevidade das inflorescências (LF) da cultura foi avaliada em outras três plantas da parcela útil no momento em que apresentaram inflorescências parcialmente expandidas (condição em que as flores liguladas não estão totalmente abertas). Estas plantas foram colhidas pela manhã, e posteriormente armazenadas em baldes individuais com água para minimizar a desidratação. Em laboratório o comprimento das hastes foi padronizado em 50 cm, retirando-se as folhas e deixando-se apenas a inflorescência. Seguindo metodologia de Nascimento et al. (2019), as hastes com as inflorescências (hastes florais) foram acondicionadas em recipientes plásticos vedados com 500 mL de água potável, em temperatura controlada a 21 °C. Diariamente as hastes florais foram submetidas à avaliação visual por sete avaliadores (obtendo-se uma média para cada tratamento), utilizando-se a escala de notas para o girassol ornamental apresentada na Figura 2. O fundo azul da escala de notas foi utilizado para proporcionar maior contraste nas avaliações. A longevidade das inflorescências (LF) foi a medida de tempo em que as hastes florais de todos os tratamentos atingiram a nota equivalente a 2. Também foram avaliados a média das notas no primeiro dia após a colheita (NI) e a média das notas durante todo o período de avaliação (NIF).

Figura 2 – Imagens de referência para classificação da qualidade pós-colheita das inflorescências de girassol ornamental.



NOTA 5: Aspecto geral excelente, apresentando inflorescências túrgidas e com brilho, e ausência de injúrias.



NOTA 4: Aspecto geral bom, apresentando inflorescências túrgidas, com leve perda de brilho, e ausência de injúrias.



NOTA 3: Coloração levemente opaca, com início da perda da turgescência. Limite da aceitação comercial.



NOTA 2: Sinais de murcha e ausência de brilho, podendo ocorrer inclinação da haste. As flores do raio encontram-se totalmente abertas.



NOTA 1: Flores totalmente murchas, com deterioração das inflorescências, e início da perda das flores liguladas.

Fonte: adaptado de Nascimento et al (2019).

2.5 Análise dos dados

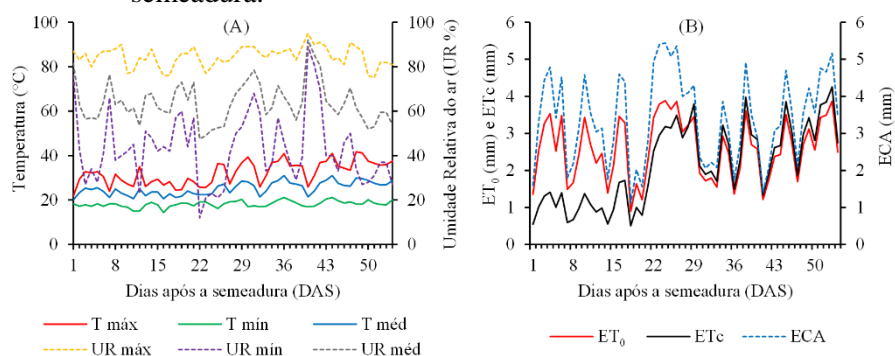
Os dados foram submetidos à análise de variância a 1 e 5% de probabilidade. Na presença de efeito significativo, empregou-se a análise de regressão para avaliar a influência da lâmina de irrigação, e o teste Tukey para avaliar a influência do tipo de água. Os modelos de regressão foram selecionados inicialmente com base na significância dos coeficientes ajustados aos modelos, e posteriormente com base nos maiores valores de coeficiente de determinação (R^2). As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico “SISVAR versão 5.6” (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições meteorológicas do experimento

A temperatura do ar registrada no interior da casa de vegetação durante o experimento apresentou os seguintes valores: temperatura máxima de $32,2 \pm 5,16$ °C, temperatura mínima de $18,2 \pm 1,40$ °C, e temperatura média de $25,2 \pm 2,93$ °C. Com relação à umidade relativa do ar, o valor máximo foi da ordem de $84,6 \pm 4,47\%$, $43,1 \pm 15,97\%$ para o valor mínimo, e $63,8 \pm 9,34\%$ para o valor médio. A evapotranspiração da cultura, a evapotranspiração de referência e a evaporação do tanque Classe A no decorrer do experimento apresentou respectivamente 2,14, 2,59 e 3,41 mm d⁻¹ de valor médio, sendo 4,26, 3,88 e 5,44 mm d⁻¹ como valor máximo, e 0,51, 0,89 e 1,12 mm d⁻¹ como valor mínimo. A Figura 3A apresenta a variabilidade temporal da temperatura e umidade relativa do ar média, máxima e mínima, e a Figura 3B apresenta a ET_c, a ET₀ e a ECA diária durante o experimento.

Figura 3 – Variabilidade temporal da temperatura e da umidade relativa do ar (A), bem como da evapotranspiração da cultura e de referência, e da evaporação do Tanque Classe A (B), em função dos dias após a semeadura.



Fonte: do autor (2020).

Simão (2004) salienta que o crescimento e o desenvolvimento do girassol como flor de corte é maximizado quando a variação de temperatura do ar fica em torno de 10 a 25 °C, com temperatura ótima em torno de 18 °C. Curti et al. (2012) complementam que temperaturas elevadas e a baixa umidade relativa do ar podem acelerar a floração do girassol, e temperaturas extremamente baixas durante o desenvolvimento inicial causam deformação de folhas e ápice da planta, provocando ramificação do caule. Rodrigues et al. (2012) salientam que as cultivares de girassol destinadas ao corte adaptam-se bem à variação de temperatura, apresentando bom desenvolvimento em climas temperados, subtropicais e tropicais, entretanto apresentam maior taxa temporal de crescimento em locais com maior temperatura do ar. Embora a temperatura de 25 °C tenha sido superada ao longo do cultivo, bem como houve ocorrências de valores de umidade relativa do ar abaixo de 40%, as plantas de girassol obtiveram ciclo total de 55 dias, estando dentro da faixa indicada pelo fornecedor da semente (55 a 60 dias), sendo indicativo de não ter havido influência negativa.

3.2 Manejo da irrigação

Na Tabela 2 é apresentada a quantidade total de água aplicada no experimento ($\sum L_i$), e o tempo total de irrigação ($\sum T$) para cada nível de reposição de água.

Tabela 2 – Quantidade total de água aplicada no experimento (mm) e tempo total de irrigação (h) para cada nível de reposição de água.

Níveis de reposição de água	Quantidade de água total aplicada - $\sum L_i$ (mm)	Tempo total de irrigação - $\sum T$ (h)	Lâmina média diária (mm dia ⁻¹)
L1	56,47	5,37	1,04
L2	104,89	9,98	1,94
L3	133,94	12,74	2,48
L4	162,99	15,50	3,02
L5	192,04	18,27	3,55

Pode-se observar que a lâmina média teve valor de 130 mm durante o ciclo, sendo que a maior lâmina obteve 240% de consumo de água superior que a menor taxa de reposição. Oliveira et al. (2017) relataram que o nível de reposição equivalente à 110% da evaporação do tanque Classe A determinou a aplicação de 491,66 mm de lâmina de irrigação às plantas de girassol ornamental Anão de Jardim durante 72 dias de ciclo, valor bem acima do observado no presente estudo. A diferença numérica pode estar associada ao ciclo ser mais extenso combinado a maior temperatura média do ar local e à maior evaporação média da água do tanque Classe A (6,83 mm, sendo 29,3% superior).

3.3 Crescimento, produção de biomassa e longevidade pós colheita

Na Tabela 3 é apresentado o resumo da análise de variância e de regressão referente aos dados de altura das plantas (AP), diâmetro da base do caule (DC), massa fresca e seca de caules e folhas (MFCF e MSCF respectivamente), e área foliar (AF), em função das diferentes combinações

de níveis de reposição de água (L1, L2, L3, L4 e L5) e tipos de água (AM e AC). Já na Tabela 4 é apresentado o resumo da análise de variância e de regressão referente aos dados de diâmetro de inflorescência (DI), massa fresca e seca de inflorescências (MFI e MSI respectivamente), longevidade das inflorescências pós-colheita (LF), média das notas no primeiro dia após a colheita (NI) e média das notas referente a todo o período de avaliação (NIF).

Tabela 3 – Resumo da análise de variância e de regressão para os parâmetros altura das plantas (AP), diâmetro da base do caule (DC), massa fresca de folhas e caules (MFCF), massa seca de caules e folhas (MSCF) e área foliar (AF), em função dos diferentes níveis de reposição de água e tipos de água.

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		AP (cm)	DC (mm)	AF (cm ³)	MFCF (g)	MSCF (g)
Bloco	2	39,31 ^{ns}	0,39 ^{ns}	8464,23 ^{ns}	1033,96 ^{ns}	3,63 ^{ns}
Li	4	2132,75 ^{**}	18,42 ^{**}	150426,59 ^{**}	16098,66 ^{**}	315,54 ^{**}
Tipo de água	1	64,25 ^{ns}	0,04 ^{ns}	28485,69 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,78 ^{ns}
Li x tipo de água	4	4,00 ^{ns}	0,46 ^{ns}	37570,31 ^{ns}	653,54 ^{ns}	14,73 ^{ns}
Resíduo	18	76,10	0,67	83956,20	547,18	12,89
Média		133,77	12,99	1632,29	162,49	28,59
CV (%)		6,52	6,32	17,75	14,40	12,56
Modelo linear	1	8210,57 ^{**}	70,21 ^{**}	5973734,47 ^{**}	62700,05 ^{**}	1206,61 ^{**}
Modelo quadrático	1	246,45 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1759,75 ^{ns}	255,13 ^{ns}	6,46 ^{ns}
Desvio	2	37,00 ^{ns}	1,19 ^{ns}	20780,10	719,73	24,55
Resíduo	18	76,11	0,67	83956,20	547,18	12,89

^{**} e ^{*} significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} não significativo; GL: grau de liberdade; Li: lâmina de irrigação; CV: coeficiente de variação.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância e de regressão para os parâmetros diâmetro da inflorescência (DI), massa fresca da inflorescência (MFI), massa seca da inflorescência (MSI), média das notas no primeiro dia após a colheita (NI), média das notas durante todo o período de avaliação (NIF) e longevidade de hastes florais (LF), em função dos diferentes níveis de reposição de água e tipos de água

Fonte de variação	GL	Quadrado médio					
		DI (cm)	MFI (g)	MSI (g)	NI	NIF	LF
Bloco	2	1,95 ^{ns}	10,23 ^{ns}	1,36 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,19*	2,03*
Li	4	5,82*	297,31**	7,99*	0,03 ^{ns}	0,33**	2,53**
Tipo de água	1	0,04 ^{ns}	10,24 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Li x tipo de água	4	1,95 ^{ns}	63,80 ^{ns}	3,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	18	1,84	24,14	1,80	0,02	0,04	0,48
Média		15,46	41,26	6,95	4,85	3,43	8,97
CV (%)		8,77	11,91	19,32	3,01	6,12	7,71
Modelo linear	1	20,49**	1015,05**	22,82**	0,06 ^{ns}	1,04**	7,70**
Modelo quadrático	1	2,15 ^{ns}	66,12 ^{ns}	4,85 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,06 ^{ns}	2,36*
Desvio	2	0,32 ^{ns}	54,03 ^{ns}	2,15 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Resíduo	18	1,84	24,14	1,80	0,02	0,04	0,48

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ^{ns} não significativo; GL: grau de liberdade; Li: lâmina de irrigação; CV: coeficiente de variação.

Em nenhum parâmetro avaliado observou-se efeito significativo da interação entre o tipo de água e os níveis de reposição de água avaliados.

Analisando o efeito isolado das fontes de variação, observou-se não haver diferenciação estatística dos parâmetros avaliados modificando o tipo de água. Os valores médios foram: AP=133,77 cm, DC=12,99 mm, MFCF=162,49 g, MSFC=28,59 g, AF=1632,29 cm², DI=15,46 mm, MFI=41,26 g, MSI=6,95 g, NI 4,85, NIF=3,43, e LF=8,97 dias. Pode-se observar também ausência de influência do uso de água magnetizada na produção da ervilha (MAHESHWARI; GREWAL, 2009). Por outro lado, em trabalho de Matwiczuk et al. (2012) observou-se diminuição do crescimento inicial do girassol ornamental irrigado com água magnetizada quando comparado à água comum.

Já com relação aos níveis de reposição de água, observou-se diferenciação significativa em todos os parâmetros avaliados, com exceção para NI (média de 4,85), demonstrando que as hastes florais logo após a colheita não tiveram a qualidade visual influenciada pela diferenciação no nível de reposição de água.

Na Figura 4 é apresentado o comportamento dos parâmetros AP, DC, AF, MFCF e MSCF em função dos diferentes níveis de reposição de água, e na Figura 5 é apresentado o comportamento dos parâmetros DI, MFI, MSI, NIF e LF.

Figura 4 – Comportamento da altura das plantas (A), do diâmetro da base do caule (B), da área foliar (C), da massa fresca de caules e folhas (D) e da massa seca de caules e folhas (E) das plantas de girassol ornamental, em função da variação dos níveis de reposição de água (Li).

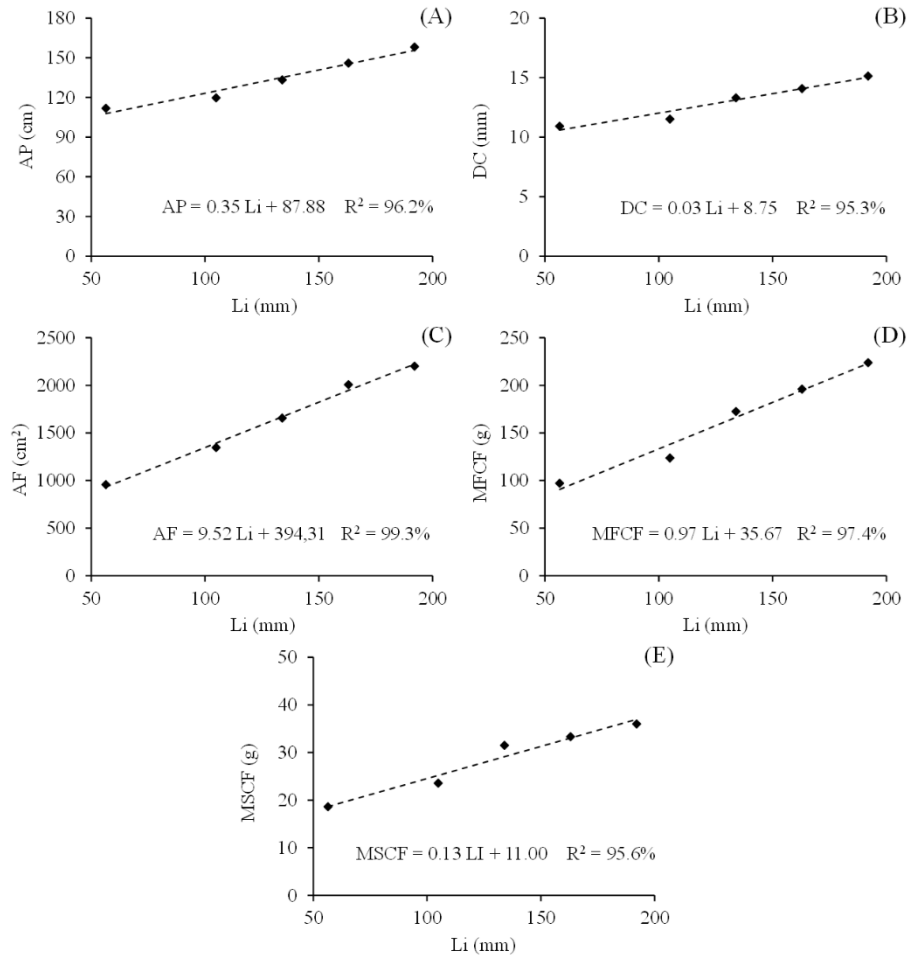
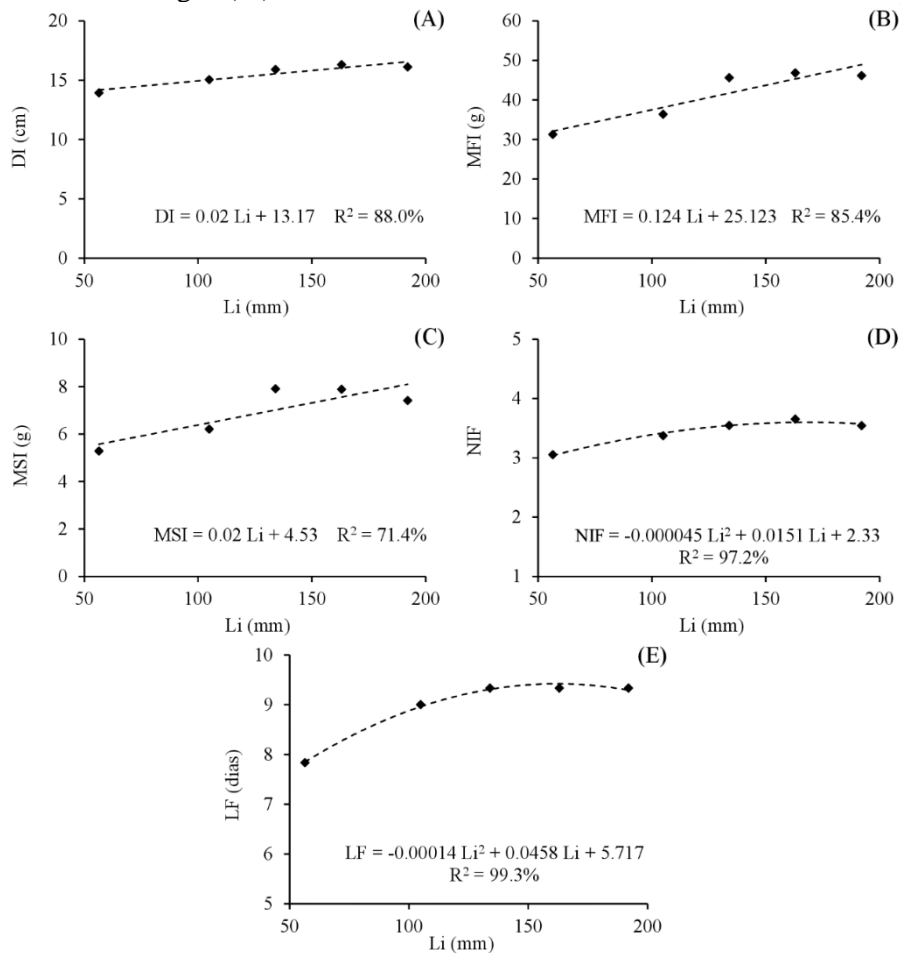


Figura 5 – Comportamento do diâmetro de inflorescência (A), da massa fresca das inflorescências (B), da massa seca de inflorescências (C), da média das notas referente a todo o período de avaliação (D), e longevidade das inflorescências pós-colheita (E) das plantas de girassol ornamental, em função da variação dos níveis de reposição de água (Li).



Observou-se incremento linear para todos os parâmetros, com exceção dos parâmetros NIT e LF que obtiveram incremento quadrático com o aumento do nível de reposição de água, com ajuste atingindo coeficientes de determinação superiores a 70%.

A altura de plantas (AP), o diâmetro da base do caule (DC), e o diâmetro das inflorescências (DI) são os parâmetros utilizados pelo centro atacadista de comercialização de flores e plantas ornamentais da América para a classificação comercial dos produtos (VEILING HOLAMBRA, 2019). O parâmetro AP apresentou taxa de crescimento de $0,35 \text{ cm mm}^{-1}$ (incremento de 44,1%), com maior valor equivalente a 143,88 cm. O parâmetro DC apresentou taxa de incremento de $0,03 \text{ mm mm}^{-1}$ (incremento de 39%), com maior valor igual a 13,55 mm. Já o parâmetro DI a taxa de incremento foi da ordem de $0,02 \text{ cm mm}^{-1}$ (incremento de 18,95%), com 16,37 cm sendo o maior valor.

De acordo com a classificação da Veiling Holambra (2019), o girassol ornamental de corte é classificado como Padrão 90 (padrão superior de classificação) quando as plantas possuem altura igual ou superior a 90 cm, diâmetro da base do caule igual ou superior a 11 mm, e diâmetro mínimo da inflorescência aberta de 7,5 cm. Com base nas referências numéricas citadas, e nos resultados do presente trabalho, o padrão 90 pode ser atingido irrigando-se diariamente com nível de reposição de água mínimo equivalente a 70% da ETc (L2) (quantidade total de água aplicada equivalente à 104.89 mm, ou média de 1.94 mm dia^{-1}). As plantas submetidas ao nível de reposição de água referente a 20% da ETc (L1) (56,47 mm de lâmina total ou lâmina média de $1,04 \text{ mm dia}^{-1}$) seriam classificadas como Padrão 70 (padrão intermediário de classificação, em que as plantas obtiveram diâmetro de caule igual ou superior a 8 mm).

Em trabalho desenvolvido por Toscano et al. (2017) observou-se influência do estresse hídrico no crescimento de plântulas de três cultivares de girassol ornamental (cultivares Hadar, Pazit e Zohar), com diminuição significativa da altura das plantas com o aumento do déficit hídrico. De acordo

com Kays (1991), plantas com maior altura (hastes maiores) contribuem para estender a longevidade potencial das flores (maior a durabilidade pós-colheita).

Em trabalho desenvolvido por Oliveira et al. (2018), foi observado efeito significativo do aumento do nível de reposição de água no diâmetro do caule do girassol de vaso. Diâmetros de caule maiores por serem mais rígidos diminuem o acamamento das plantas de girassol ornamental e o percentual de quebra do caule na colheita e pós-colheita, além de aumentar a longevidade potencial das flores por haver maior reserva de carbono contida na haste (NOWAK; RUDNICKI, 1990; KAYS, 1991; BISCARO et al., 2008).

Dutra et al. (2012) justificaram que o incremento do diâmetro do caule do girassol com o aumento da lâmina de irrigação é decorrente do aumento na produção de etileno, pois trata-se de hormônio produzido em condições de maior umidade do solo.

Já com relação ao diâmetro da inflorescência (DI), Oliveira et al. (2017) também observaram incremento linear para o girassol ornamental cultivar Anão de Jardim com o aumento das lâminas de irrigação, com maior valor sendo na ordem de 19,50 cm. Na classificação da Veiling Holambra (2019), o padrão 90 deve possuir diâmetro de inflorescência mínimo de 7,5 cm, valor alcançado em todos os níveis de reposição de água. Em trabalho de Kahrobaiyan et al. (2019) observou-se incremento de 8,58% no diâmetro das inflorescências do girassol ornamental cultivar Sunbright Kid com o aumento da disponibilidade hídrica no solo.

A área foliar apresentou taxa de crescimento de $9,52 \text{ cm}^2 \text{ mm}^{-1}$ (incremento de 138,5%), com maior valor equivalente a $1872,51 \text{ cm}^2$. Dutra et al. (2012) observaram incremento quadrático da área foliar do girassol granífero com o aumento do teor de água no solo. Taiz et al. (2017) salientam que a menor disponibilidade hídrica no solo determinam menor pressão de turgor às células das plantas, e por consequência menor expansão foliar. De acordo com os autores, a área foliar possui relação direta com a interceptação e absorção da luz para a realização da fotossíntese, além de estar relacionado

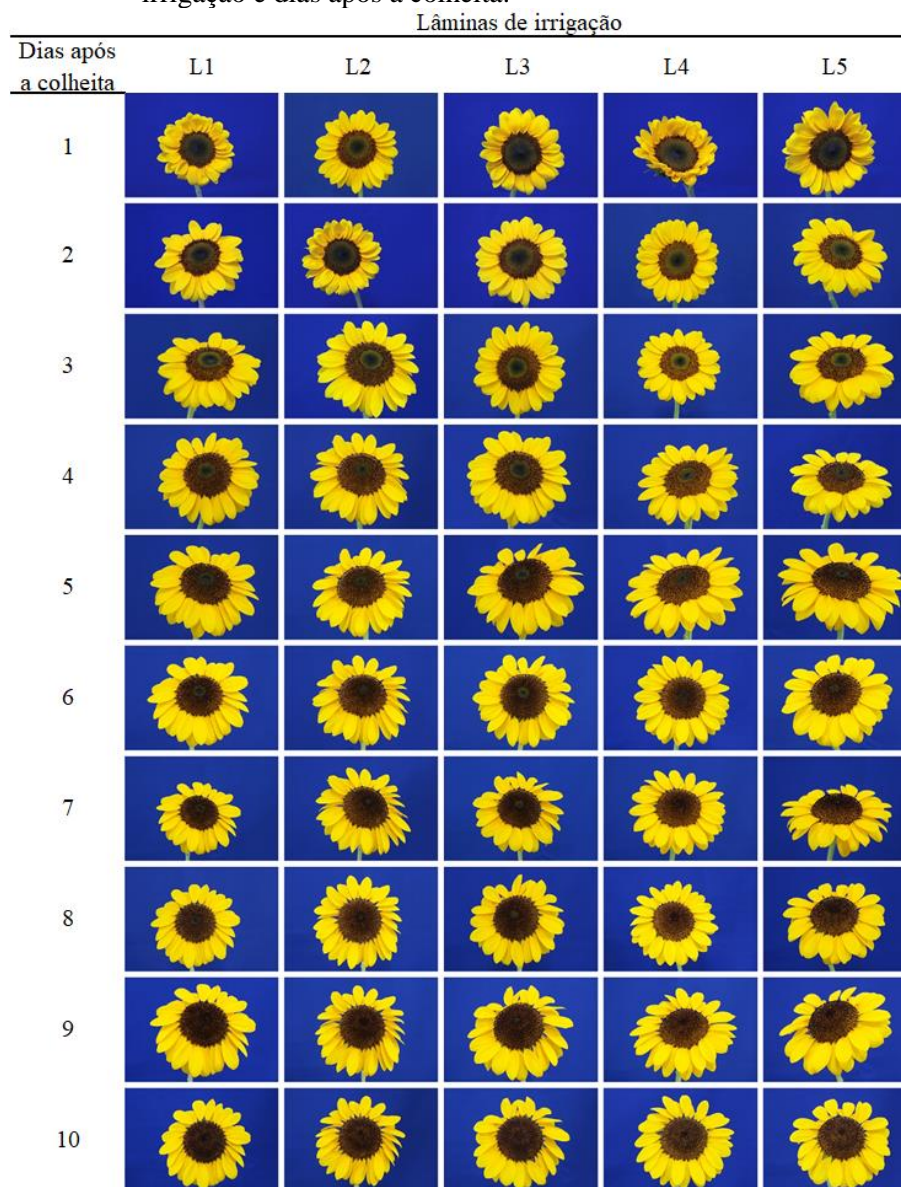
com as trocas gasosas e a transpiração.

Com relação aos parâmetros de produção de biomassa, observou-se taxa de incremento de $0,97 \text{ g mm}^{-1}$ para a MFCF (incremento de 145,4%), com maior valor igual a 190,87 g. Para MSCF observou-se taxa de incremento de $0,13 \text{ g mm}^{-1}$ (96.1% de incremento), com maior valor igual a 31,80 g. Para a MFI a taxa foi de $0,124 \text{ g mm}^{-1}$ (52,33% de incremento), com maior valor igual a 49,83 g. E por fim, MSI apresentou taxa de incremento de $0,02 \text{ g mm}^{-1}$ (47,88% de incremento), com maior valor igual a 7,73 g.

O comportamento dos parâmetros avaliados na modificação do nível de reposição de água corroboraram com os resultados de Oliveira et al. (2017), que observaram valores máximos de MFCF, MSCF, MFI e MSI para o girassol ornamental em torno de 277 g, 40 g, 98 g, e 12,6 g respectivamente. Kahrobaiyan et al. (2019) observaram comportamento crescente da MFI e MSI com o incremento da lâmina de irrigação. Em trabalho de Dutra et al. (2012) e Soares et al. (2015) também observou-se para o girassol granífero aumento da MSCF com o incremento da lâmina de irrigação. Taiz et al. (2017) salientam que o déficit hídrico pode diminuir a expansão celular, fechar o estômato, diminuir a taxa de fotossíntese e conseqüentemente a produção de biomassa.

Na Figura 6 é apresentado o aspecto visual das inflorescências para as diferentes lâminas de irrigação até o tempo onde todos os tratamentos tivessem determinado nota mínima equivalente a 2. Em 10 dias as inflorescências de todos os níveis de reposição de água apresentaram nota equivalente a 2.

Figura 6 – Comportamento visual das hastes florais em função das lâminas de irrigação e dias após a colheita.

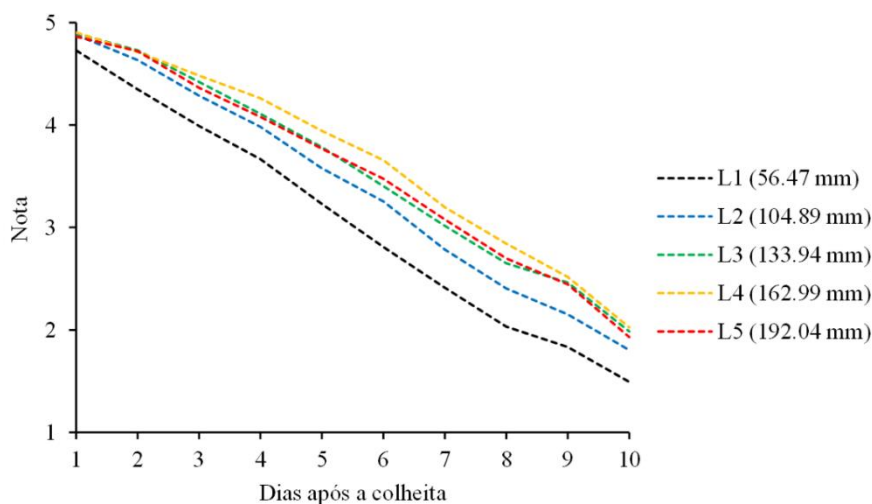


Fonte: do autor (2020).

É possível observar que no primeiro dia após a colheita as inflorescências apresentaram-se túrgidas, perdendo gradativamente a turgidez com o passar do tempo atingindo início da senescência no décimo dia de

avaliação (Figura 6). Na Figura 7 é apresentado a evolução das notas no decorrer do tempo para cada nível de reposição de água.

Figura 7 – Comportamento das notas no decorrer do tempo para cada nível de reposição hídrica.



Nota-se que o declínio das notas das hastes florais referente a reposição de água L1 foi mais acentuado que os demais tratamentos. Esse tratamento apresentou início da perda do turgor e brilho (nota 3, sendo o limite da aceitação comercial) no sexto dia após a colheita, atingindo a nota 2 no oitavo dia. Por volta do sétimo dia após a colheita pode-se observar atribuição de nota 3 para as hastes florais dos demais níveis de reposição de água. A L2 alcançou nota 2 por no intervalo do nono dia, ao passo que L3, L4 e L5 obtiveram essa nota no décimo dia.

As plantas submetidas às maiores taxas de reposição de água possivelmente possuíam maior conteúdo de água em sua constituição para a realização da transpiração durante o período posterior à colheita, mantendo-as turgidas por um período maior. Além disso, tais plantas apresentavam maior diâmetro de caule e possivelmente maiores reservas de carboidratos, prolongando a sua durabilidade. De acordo com Durigan (2009) e Reis (2009), a perda da turgidez das flores advém da transpiração excessiva desse órgão em decorrência da senescência natural, da obstrução dos vasos condutores por

fungos e bactérias, da redução das reservas ou da ação do etileno (hormônio responsável pela regulação da senescência floral) (TAIZ et al., 2017).

Com base na média das notas referente até o período de avaliação (10 dias) (NIF), o maior valor (3,58) foi atingido aplicando-se uma lâmina de 166,67 mm (equivalente a 135,4% da ETc). Em trabalho realizado por Farias et al. (2009) com a cultura do crisântemo, não observou-se tendência definida nas notas da avaliação pós-colheita em função da alteração da tensão de água no solo.

Com relação à longevidade das inflorescências (LF), o maior valor foi conseguido (9,46 dias para atingir a nota 2) na reposição de 163,57 mm, equivalente a 128,9% da ETc. Curti et al (2012) mencionam que a LF para o girassol ornamental varia normalmente entre 8 e 10 dias. Heideimann (2017) relatou LF de 13 dias para o girassol ornamental da cultivar Vincents Choince. De maneira geral a longevidade das inflorescências afeta financeiramente os empreendimentos, pois está relacionado ao tempo de permanência das flores no local de comercialização ou ao tempo de vida no vaso do consumidor (BARBOSA et al., 2006). De acordo com Dias-Tagliacozzo, Finger e Barbosa (2005), esse parâmetro é afetado por aspectos fisiológicos inerentes à espécie, e fatores ambientais tais como a temperatura e a umidade relativa do ar. Em trabalho de Kahrobaiyan et al. (2019) também observou-se influência do nível de reposição de água, onde relataram longevidade de flores de girassol ornamental de vaso 12% maior irrigando 60% da capacidade de campo quando comparado à irrigação de 40% da capacidade de campo.

4. CONCLUSÕES

As características de crescimento e longevidade pós-colheita de girassol ornamental não apresentaram influência do tipo de água.

O incremento das lâminas de irrigação promoveram incrementos

significativos dos parâmetros de crescimento e longevidade do girassol ornamental.

O uso de lâminas de irrigação iguais ou superiores ao nível de reposição equivalente a 70% da ETc promovem melhor classificação de mercado com base nos padrões de comercialização de flores e plantas ornamentais da América.

REFERÊNCIAS

- ABD, A. S. Effect of irrigation by saline magnetized water on seed germination and seedling growth of wheat *Triticum aestivum*. **Baghdad Science Journal**, v. 9, n. 2, p. 207-213, 2012.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017**: relatório pleno. Brasília: ANA, 2017. 169p.
- BARBOSA, J. G. et al. Longevidade de inflorescências de lírio, de diferentes estádios de colheita, pré-tratadas com sacarose e tiosulfato de prata (STS). **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 96-104, 2006.
- BISCARO, G. A. et al. adubação nitrogenada em cobertura no girassol irrigado nas condições de Cassilândia-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1366-1373, 2008
- CAI, R. et al. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. **Journal of Molecular Structure**, v. 938, p. 15-19, 2009.
- CURTI, G. L. et al. Girassol ornamental: caracterização, pós-colheita e escala de senescência. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 240-250, 2012.
- DIAS-TAGLIACOZZO, G. M.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G. Fisiologia pós-colheita de flores de corte. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 11, n. 2, p. 89-99, 2005.
- DURIGAN, M. F. B. **Fisiologia e conservação pós-colheita de flores cortadas de gébera**. 2009. 147 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)– Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.
- DUTRA, C. C. et al. Desenvolvimento de plantas de girassol sob diferentes condições de fornecimento de água. **Semina**, v. 31, n. 1, p. 2657-2668, 2012.

ESMAEILNEZHAD, E. et al. Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, p. 908-921, 2017.

FARIAS, M. F. et al. Efeito de tensões de água no solo na qualidade e longevidade floral do crisântemo de corte. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 135-140, 2009.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GOMES, E. P. et al. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do arenito Caiuá, estado do Paraná. **Irriga**, v. 15, n. 4, p. 373-385, 2010.

HAQ, Z. U. et al. Magnetically treated water irrigation effect on turnip seed germination, seedling growth and enzymatic activities. **Information Processing in Agriculture**, v. 3, p. 99-106, 2016.

HEIDEMANN, J. C. **Características fitotécnicas e longevidade pós-colheita de inflorescências de girassol ornamental**. 2017. 52 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

HOZAYN, M. et al. Applications of magnetic technology in agriculture: A novel tool for improving crop productivity (1): Canola. **African Journal Agricultural Reserach**, v. 11, p. 441-449, 2016.

IBRAFLOR. **Mercado Internacional de Flores**. Disponível em: <https://www.domaniconsultoria.com/post/mercado-internacional-de-flores>. Acesso em: 15 de novembro de 2020.

KAHROBAIYAN, M. et al. Morphological responses of ornamental sunflower to putrescine treatment under drought conditions. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 17, n. 3, p. 6117-6127, 2019.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: An Avi Book. 1991. 532 p.

MAHESHWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 1229-1236, 2009.

MATWIJCZUK, A.; KORNARZYŃSKI, K.; PIETRUSZEWSKI, S. Effect of magnetic field on seed germination and seedling growth of sunflower. **International Agrophysics**, v. 26, 271-278, 2012.

NAQVI, S. M. et al. **Climate change and water availability for livestock: Impact on Both quality and quantity**, p. 81-95, 2015.

NASCIMENTO, A. M. P. et al. Harvest stages and pulsing in ornamental sunflower ‘Sunbright Supreme’. **Ornamental horticulture**, v. 25, n. 2, p. 149-157, 2019.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R. M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants**. Portland: Timber Press, 1990. 210p.

OLIVEIRA de, I. C. et al. Desempenho do girassol ornamental, cv Bonito de Outono, cultivado em vasos em diferentes tensões de água no solo. **Revista brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 13, n. 3, p. 3412-3420, 2019.

OLIVEIRA, M. L. A. et al. Crescimento e produção de girassol ornamental irrigado com diferentes lâminas e diluições de água residuária. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 204-219, 2017.

OLIVEIRA, M. S. et al. Production of cut sunflower under water volumes and substrates with coconut fibers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, p. 859-865, 2018.

PUTTI, F. F. et al. Água tratada magneticamente para irrigação: efeitos na produção e eficiência do uso da água na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, v. 12, n. 2, p. 447-455, 2018.

PUTTI, F. F. et al. Response of lettuce crop to magnetically treated irrigation water and different irrigation depths. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 22, p. 2300-2308, 2015.

REIS, S. N. **Soluções de pulsing e de manutenção pós-colheita de flores de corte**. Lavras. 2009. 73 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

RODRIGUES, E. J. R. et al. Girassol. In: PAIVA, P. D. O.; ALMEIDA, E. F. A. **Produção de Flores de Corte**. Lavras: Editora UFLA, 2012, p. 402-446.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.G.; ALVAREZ, V. A. H. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-5ª Aproximação. Viçosa, 1999. 359 p.

SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen Classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2012.

SAYED, H. E.; SAYED, A. E. Impact of Magnetic Water Irrigation for Improve the Growth, Chemical Composition and Yield Production of Broad Bean (*Vicia faba* L.) Plant. **Nature and Science**, v. 13, n. 1, p. 107-119, 2015.

SELIM, A. F. H.; EL-NADY, M. F. Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. **Acta Astronautica**, v. 69, p. 387-396, 2011.

SILVA, P.F. et al. Uso racional da água e da adubação nitrogenada no milho (*Zea mays* l.) irrigado por gotejamento em cultivo de outono/inverno. **Irriga**, v. 25, n. 2, p. 296-314, 2020.

SIMÃO, M.L. **O girassol (*Helianthus annuus*) para flor de corte (em linha)**. Centro de Experimentação de Horticultura da Gafanha, DRAPC - Direção Regional de Agricultura e Pescas do Centro, 2004. Acesso em 02 de março de 2020.
Disponível:<http://www.drapc.minagricultura.pt/base/documentos/girassol_flor_corte.htm>

SOARES, L. A. A. et al. Fitomassa e produção do girassol cultivado sob diferentes níveis de reposição hídrica e adubação potássica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 4, p. 336-342, 2015

SOIL SURVEY STAFF. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2nd ed. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook, 1999, p. 436.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 118, p. 977-980, 1992.

SURENDRAN, U.; SANDEEP, O.; JOSEPH, E. J. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. **Agricultural Water Management**, v. 178, p. 21-29, 2016.

TAIZ, L. et al. **A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TOLEDO, E. J. L.; RAMALHO, T. C.; MAGRIOTIS, Z. M.. Influence of

magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: Insights from experimental and theoretical models. **Journal Molecular Structure**, v. 888, p. 409-415, 2008.

TOSCANO, S. et al. Effects of drought stress on seed germination of ornamental sunflowers. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 184, n. 39, p. 1-12, 2017.

VEILING HOLAMBRA. **Padrão de Qualidade**: Girassol de corte. 2019. 3p. Disponível em: <<http://veiling.com.br/uploads/padrao/girassol-fc.pdf>>. Acesso em: 16 de dezembro de 2019.

WANG, Y.; WEI, H.; LI, Z.; Effect of magnetic field on the physical properties of water. **Results Physics**, v. 8, p. 262-267, 2018.

YUSUF, K. O.; OGUNLELA, A. O. . Effects of magnetized water on the vegetative growth and yield of tomato. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 19, p. 1-8, 2017a.

YUSUF, K. O.; OGUNLELA, A. O. Effects of deficit irrigation on the growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum*) irrigated with magnetised water. **Environmental Research, Engineering and Management**. v. 73, p. 59-68, 2017b.

ZHEN, J.; LAZAROVITCH, N.; TRIPLER, E. Effects of fruit load intensity and irrigation level on fruit quality, water productivity and net profits of date palms. **Agricultural Water Management**, v. 241, p. 1-8, 2020.

ZHOU, S. et al. Optimization of irrigation and nitrogen fertilizer management for spring maize in northwestern China using RZWQM2. **Agricultural Water Management**, v. 240, p. 1-13, 2020.

**ARTIGO 2 - TEOR NUTRICIONAL FOLIAR DO GIRASSOL
ORNAMENTAL SUBMETIDO A DIFERENTES LÂMINAS DE
IRRIGAÇÃO COM ÁGUA MAGNETIZADA**

RESUMO: A demanda hídrica tem intensificado a modernização das técnicas de irrigação, contribuindo para a otimização e/ou desenvolvimento de tecnologias que visam aprimorar o desempenho dos vegetais, tais como a absorção de nutrientes. Com isso, objetivou-se com o presente estudo avaliar os teores de macro e micronutrientes nas folhas de girassol ornamental cultivado com diferentes lâminas de água com e sem tratamento magnético. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação na área experimental do Departamento de Recursos Hídricos da Universidade Federal de Lavras, seguindo esquema fatorial, 5x2, em delineamento de blocos casualizados. Os tratamentos foram compostos pela combinação de 5 lâminas de irrigação baseadas no fracionamento da evapotranspiração da cultura (0.2; 0.7; 1.0; 1.3 e 1.6 de ETc, correspondendo a aplicação de 56,47; 104,89; 133,94; 162,99 e 192,04 mm, respectivamente) e 2 tipos de água de irrigação (água magnetizada e água sem tratamento magnético). As maiores lâminas de irrigação foram responsáveis pelas maiores concentrações foliares de N, P, Ca e Zn, e menores de K, Cu e Fe. Já os teores foliares de Mg, S, B e Mn não foram influenciados significativamente pelas lâminas de irrigação. A água sem tratamento magnético favoreceu maiores concentrações foliares de S, Cu e Mn, enquanto não houve diferenciação significativa entre os tipos de água para os teores dos demais nutrientes.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento magnético, Regimes hídricos, Teor nutricional, *Helianthus annuus* L.

**NUTRITIONAL FOLIAR CONTENT OF ORNAMENTAL
SUNFLOWER PRESENTED IN VARIOUS IRRIGATION LEAVES
WITH MAGNETIZED WATER**

ABSTRACT: The demand for water has intensified the modernization of irrigation techniques, contributing to the optimization and / or development of technologies that aim to improve the performance of plants, such as nutrient absorption. With this, the study aimed to assess macro and micronutrient

levels in ornamental sunflower leaves grown with different layers of water with and without magnetic treatment. The experiment was carried out in a greenhouse in the experimental area of the Department of Water Resources of the Federal University of Lavras, following a 5x2 factorial scheme, in a randomized block design. The treatments were made up of the combination of 5 irrigation layers based on the fractionation of the crop evapotranspiration (0.2; 0.7; 1.0; 1.3 and 1.6 of ET_c - crop evapotranspiration, corresponding to the consumption of 56.47; 104.89; 133.94; 162.99 and 192.04 mm, respectively) and 2 Types of irrigation water (magnetized water and water without magnetic treatment). The highest irrigation depths were responsible for the highest foliar concentrations of N, P, Ca and Zn, and the lowest K, Cu and Fe. The foliar contents of Mg, S, B and Mn were not significantly influenced by the depths irrigation. water without magnetic treatment favored higher foliar concentrations of S, Cu and Mn, while there was no significant differentiation between the types of water for the levels of other nutrients.

KEYWORDS: Magnetic treatment, Water regimes, Nutritional content, *Helianthus annuus* L.

1. INTRODUÇÃO

O girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) é uma cultivar originária do melhoramento genético do girassol granífero (família asteraceae), sendo uma das culturas oleaginosas de grande importância mundial, possuindo adaptabilidade às condições meteorológicas e aos sistemas de cultivo de países tropicais (SANTOS JÚNIOR et al., 2015). Por apresentar potencial ornamental e ciclo curto, configura uma excelente alternativa de investimento para pequenas propriedades agrícolas, proporcionando significativo retorno financeiro por unidade de área (ANEFALOS e GUILHOTO, 2003).

Segundo Oliveira et al., (2019) o déficit hídrico é considerado o principal fator que restringe o desenvolvimento dessa cultura. Em trabalhos que avaliaram diferentes regimes hídricos nessa espécie nota-se que a maior

disponibilidade de água no solo proporciona melhor desenvolvimento dessa espécie (OLIVEIRA et al., 2018; KAHROBAIYAN et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2017).

Em decorrência da escassez dos recursos hídricos em âmbito mundial, a agricultura irrigada tem sofrido pressões constantes por ser o setor com maior demanda. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), o Brasil possui 67,2% do recurso hídrico disponível para o consumo humano, no uso da agricultura irrigada. Isso tem exigido do setor o uso de técnicas e produtos que visam a sustentabilidade da produção das culturas bem como do recurso hídrico (SURENDRAN et al., 2016).

Nesse contexto, a aplicação do tratamento magnético da água de irrigação tem demonstrado ser uma alternativa eficiente e com resultados promissores na economia de água, fertilizantes e energia, bem como no aumento da produtividade de diversos cultivos (MAHESHWARI e GREWAL, 2009; HOZAYN et al., 2016; ESMAEILNEZHAD et al., 2017; YUSUF e OGUNLELA, 2017a; YUSUF e OGUNLELA, 2017b; SURENDRAN et al., 2016). De acordo com alguns autores, o tratamento magnético da água determina alterações em alguns parâmetros físicos e químicos da água, podendo interferir indiretamente na absorção da água e nutrientes pelas plantas (TOLEDO et al., 2008; CAI et al., 2009; SURENDRAN et al., 2016; WANG et al., 2018; SEYFI et al., 2017; GREWAL; MAHESHWARI, 2011).

Especificamente com relação ao aspecto nutricional de diversas culturas, existem evidências de efeitos benéficos e significativos do uso da irrigação, bem como da água magnetizada. Há relatos de efeitos benéficos do uso de água submetida ao tratamento magnético da água nos teores foliares de nutrientes pelas plantas, tais como para o Ca, K, Mg e P na cultura da jojoba (AL-KHAZAN; ABDULLATIF; AL-ASSAF, 2011), K na cultura da alface (ZLOTOPOLSKI, 2017a), e N, P, K, Fe, Zn, Cu e Mn na cultura da uva, do pêsego e do damasco (FONOUS; MOHAMED; SHABAN, 2017).

Com relação ao efeito da irrigação, trabalhos têm demonstrado efeitos significativos nos teores nutricionais do eucalipto (MÜLLER et al., 2017), das gramíneas (BISTA et al., 2018), da cana-de-açúcar (SILVA et al., 2017) e do trigo (RAZA et al., 2015). Em trabalho de Selim et al. (2019) foi apresentado que o estresse hídrico diminuiu o acúmulo de macro e micronutrientes em duas cultivares de trigo, e independente da lâmina de irrigação, o uso de água submetida ao tratamento magnético determinou a ocorrência de maiores conteúdos nutricionais na planta quando comparado ao uso de água comum.

A composição química de nutrientes em folhas são dados imprescindíveis para reconhecer as exigências nutricionais de uma espécie. Assim, esse conhecimento pode subsidiar informações para estimar a quantidade dos nutrientes a ser disponibilizada às plantas via adubação (LAVIOLA; DIAS, 2008).

Baseado nessas informações acredita-se que o incremento da lâmina de irrigação, no uso de água submetida ao tratamento magnético, pode influenciar a concentração de nutrientes nas folhas da cultura do girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.), cultivada em casa de vegetação. Nesse sentido, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o comportamento do teor de macro e micronutrientes no tecido foliar da cultura do girassol ornamental, submetido a diferentes lâminas de irrigação sob tratamento magnético.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área experimental

Segue a caracterização descrita no artigo 1.

2.2 Implantação da cultura

Segue a implantação da cultura relatada no artigo 1.

2.3 Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos e delineamento experimental foram os mesmos descritos no artigo 1.

2.4 Parâmetros avaliados

As plantas foram conduzidas até que as inflorescências estivessem expandidas. Nesse momento, o tecido vegetal da parte aérea foi coletado e seco em estufa de circulação forçada de ar a 65 ± 2 °C por 72 horas. Foram utilizados tecidos vegetais de 3 plantas por parcela experimental. Após a secagem, as folhas foram trituradas com auxílio de cadinho e pistilo, e posteriormente foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados. Em cada amostra realizou-se a quantificação dos teores dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, e dos micronutrientes B, Cu, Mn, Zn e Fe, de acordo com a metodologia de Malavolta, Vitti, Oliveira (1997).

2.5 Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância a 1 e 5% de probabilidade. Na presença de efeito significativo, empregou-se a análise de regressão para avaliar a influência da lâmina de irrigação, e o teste Tukey para avaliar a influência do tipo de água. Os modelos de regressão foram selecionados inicialmente com base na significância dos coeficientes ajustados aos modelos, e posteriormente com base nos maiores valores de coeficiente de determinação (R^2). As análises foram realizadas com auxílio do software estatístico “SISVAR versão 5.6” (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Condições meteorológicas do experimento

Segue as condições meteorológicas abordadas no artigo 1.

3.2 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação utilizado está descrito no artigo 1.

3.3 Teor de macro e micronutrientes

A Tabela 3 apresenta o resumo da análise de variância para os teores foliares de macro (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn e Fe) em função das lâminas de irrigação e dos tipos de água.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para os teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.), submetidas a diferentes lâminas de irrigação e tipos de água, bem como o resumo da análise de regressão do ajuste dos dados

Fonte de variação	Quadrado Médio					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	5,60 ^{ns}	0,08 ^{ns}	7,51 ^{ns}	19,63 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,02 ^{ns}
LI	19,83*	0,71**	69,67**	37,93*	0,02 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Tipo de água	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,60 ^{ns}	23,37 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,95**
LI x tipo de água	5,66 ^{ns}	0,01 ^{ns}	10,73 ^{ns}	14,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Resíduo	5,30	0,03	11,59	9,70	0,46	0,09
CV (%)	7,87	10,55	11,27	8,65	15,03	6,68
Média Geral	29,26	1,68	30,20	36,00	4,51	4,48
Linear	56,47**	2,74**	152,78**	127,26**	0,04 ^{ns}	0,54*
Quadrática	0,28 ^{ns}	0,00 ^{ns}	71,91*	17,05 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Desvio	11,28 ^{ns}	0,04 ^{ns}	26,99 ^{ns}	3,69 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,18 ^{ns}

Fonte de variação	Quadrado Médio					
	B	Cu	Mn	Zn	Fe	-
Bloco	91,26 ^{ns}	3,68 ^{ns}	61,50 ^{ns}	17,06 ^{ns}	32276,92**	-
LI	98,02 ^{ns}	9,12**	209,55 ^{ns}	136,60*	17784,53*	-
Tipo de água	21,07 ^{ns}	53,57**	712,58*	0,04 ^{ns}	16984,63 ^{ns}	-
LI x tipo de água	145,08 ^{ns}	1,19 ^{ns}	78,66 ^{ns}	98,52 ^{ns}	6323,06 ^{ns}	-
Resíduo	175,04	162	160,01	34,03	5281,66	-
CV (%)	20,67	9,60	18,70	21,03	18,24	-
Média Geral	64,00	13,27	67,66	27,74	398,37	-
Linear	2,45 ^{ns}	30,81**	48,03 ^{ns}	426,42**	60004,20**	-
Quadrática	123,61 ^{ns}	4,31 ^{ns}	118,27 ^{ns}	66,80 ^{ns}	4068,18 ^{ns}	-
Desvio	132,00 ^{ns}	0,68 ^{ns}	335,95 ^{ns}	26,58 ^{ns}	3532,87 ^{ns}	-

** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; ns não significativo; LI: lâmina de irrigação; CV: coeficiente de variação.

Observou-se não haver efeito significativo da interação entre os tipos de água e lâminas de irrigação (LI x tipo de água). Analisando o efeito isolado de cada fonte de variação, observou-se haver diferenciação estatística entre os tipos de água para os teores de S, Cu e Mn, e também observou-se diferenças significativas da diferenciação das lâminas de irrigação para os teores foliares de N, P, K, Ca, Cu, Zn e Fe.

Na Tabela 4 é apresentado os valores médios para cada combinação experimental, e na Tabela 5 é exposto o resultado do teste Tukey para os parâmetros que foram significativos pela modificação do tipo de água utilizada.

Tabela 4 – Valores médios de teor foliar de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.), submetidas a diferentes lâminas de irrigação e tipos de água.

Tipo de água	Lâmina de irrigação	Macronutrientes (g kg ⁻¹)					Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Mn	Zn	Fe
Água comum (AC)	L1	25,8	1,2	30,9	33,9	4,5	4,3	67,2	15,3	70,7	17,5	397,0
	L2	27,3	1,4	32,7	33,7	4,4	4,4	64,9	15,2	64,2	26,1	424,9
	L3	30,6	1,8	30,6	34,8	4,6	4,8	57,3	15,8	82,4	31,1	451,1
	L4	31,4	1,9	27,6	37,2	4,4	4,9	70,6	13,8	78,5	25,9	307,3
	L5	31,3	2,1	27,8	35,8	4,5	4,8	55,7	12,9	66,8	37,9	292,6
Água magnetizada (AM)	L1	29,1	1,2	31,7	33,8	4,4	4,3	65,9	13,5	59,4	23,1	509,6
	L2	27,1	1,4	37,2	33,1	4,5	4,0	57,1	13,2	59,2	25,6	440,3
	L3	29,8	1,7	30,9	36,4	4,6	4,4	60,6	11,9	72,3	32,6	401,4
	L4	30,9	2,0	27,5	38,3	4,6	4,2	67,2	10,8	57,8	33,0	381,7
	L5	29,5	2,0	24,8	42,8	4,6	4,5	73,4	10,3	65,2	24,6	377,9

Tabela 5 – Resultado do teste Tukey referente ao efeito do tipo de água (AC – água comum e AM – água magnetizada) no teor foliar de enxofre (S), cobre (Cu) e manganês (Mn) da cultura do girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.)¹.

Tipo de água	Teor de S	Teor de Cu	Teor de Mn
Água comum (AC)	4,7 a	14,6 a	72,5 a
Água magnetizada (AM)	4,3 b	11,9 b	62,8 b

¹ Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si, pelo teste Tukey.

Os teores foliares de macro e micronutrientes do girassol ornamental se apresentou na seguinte ordem decrescente: Ca>K>N>Mg>S>P>Fe>Mn>B>Zn>Cu (Tabela 4). Em média, os valores dos teores de N; P; K; Ca; Mg; S; B; Cu, Mn, Zn e Fe foram 29,6 g kg⁻¹; 1,68 g kg⁻¹; 30,20 g kg⁻¹; 36,00 g kg⁻¹; 4,51 g kg⁻¹; 4,48 g kg⁻¹; 64,00 mg kg⁻¹; 13,27 mg kg⁻¹; 67,66 mg kg⁻¹; 27,74 mg kg⁻¹; 398,37 mg kg⁻¹. Esses valores demonstram a sequência de acúmulo de nutrientes e apresentam aplicação para estudos com nutrição mineral de plantas e já foram realizados para diversas culturas, tais como girassol granífero (ZOBIOLE et al., 2010), milho (BORIN; LANA; PEREIRA et al., 2010), quiabeiro (GALATI et al., 2013).

Como ainda não existem informações para a cultura do girassol ornamental, comparou-se com os teores nutricionais do girassol granífero relatados na literatura (RAIJ et al., 1997). Observou-se elevada variabilidade, podendo ser decorrente dos teores nutricionais do solo e/ou da diferença de capacidade de extração de nutrientes da planta. Tendo como base os teores médios considerados adequados para o girassol granífero, notou-se que os teores de N, K, Mg, B e Zn estiveram dentro do intervalo recomendado; o P e o Cu estiveram 43% e 47% abaixo do intervalo de teor, respectivamente; os teores de Ca, S, Mn e Fe estiveram 63%, 125%, 238% e 232% acima do intervalo, respectivamente (RAIJ et al., 1997). Os maiores teores observados para Ca, Mn e Fe podem ser em virtude de maiores teores no solo como pode ser observado na análise de solo apresentada na Tabela 1. Já o teor de S pode

ser em virtude da adubação com o sulfato de amônio para fornecimento de N na adubação de cobertura.

Os teores relativamente menores de P nas folhas do girassol podem ser devido à adsorção deste elemento no solo, visto ocorrer de forma expressiva em solos do cerrado brasileiro (tropicais intemperizados) (EBERHARDT et al., 2008). Dessa forma, a rápida disponibilização de P na semeadura (fonte solúvel através de MAP) pode não ter atendido a demanda por este elemento até o final do ciclo da cultura. Também é possível que tenha ocorrido a formação de compostos insolúveis de P no solo utilizado no experimento, visto que a solubilidade do P é diretamente relacionada ao pH e que os compostos insolúveis de cálcio e magnésio já existem acima de pH 7,0 (HONDA; HONDA, 1990). Já o Cu tem absorção diminuída em pH mais elevados (MALAVOLTA, 1980), fato este que pode ter contribuído para seu menor teor foliar no girassol.

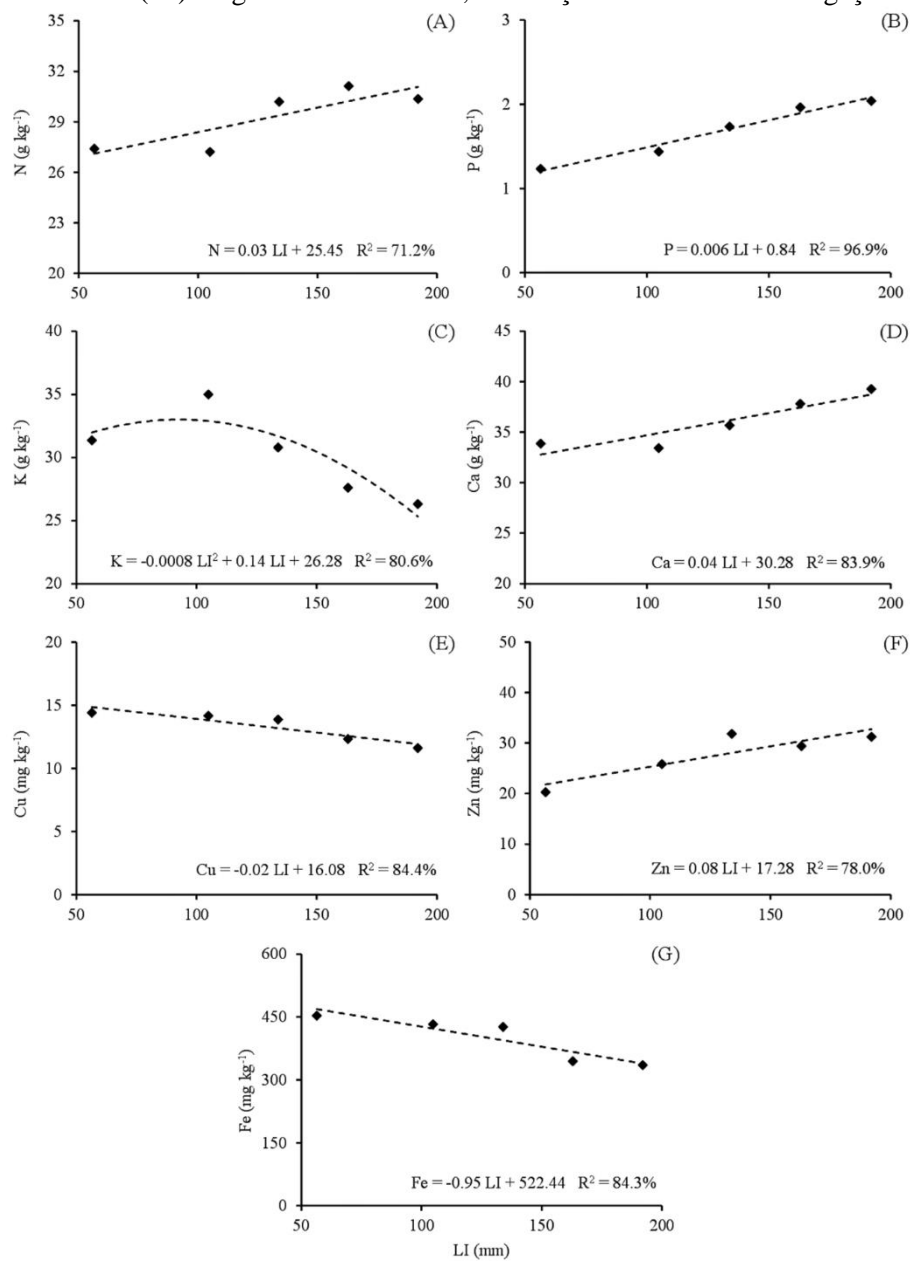
Com base no resultado do teste Tukey ($P \leq 0.05$) avaliando a influência do tipo de água (Tabela 5), observou-se efeito significativo nos teores de S, Cu e Mn. Em todos os parâmetros o uso da água submetida ao tratamento magnético determinou diminuição do teor nutricional nas folhas da planta (9,3% para S, 22,7% para Cu, e 15,44% para Mn). Diversos trabalhos na literatura relataram efeito benéfico do tratamento magnético da água na concentração foliar de nutrientes pelas plantas, tais como para o Ca, K, Mg e P na cultura da jojoba (*Simmondsia chinensis*) (AL-KHAZAN; ABDULLATIF; AL-ASSAF, 2011), K em alface (ZLOTOPOLSKI, 2017a), e N, P, K, Fe, Zn, Cu e Mn em uva, pêssego e damasco (FONOUS; MOHAMED; SHABAN, 2017). Por outro lado reduções nos teores foliares puderam ser observados, como é o caso do K em beterraba (HOZAYN et al., 2013), S em tomateiro (EL-YAZIED et al., 2012), e Mn em *Papulus euroamericana* (LIU, 2019). Dessa forma, a resposta à magnetização da água parece depender da espécie vegetal (GILANE et al., 2017).

Alguns estudos observaram que o emprego da irrigação com água submetida ao tratamento magnético aumenta a ocorrência da lixiviação de

alguns sais no solo, tais como o cloreto, sulfato e sódio (ZLOTOPOLSK, 2017b, HILAL et al., 2012,). Tendo em vista a elevada mobilidade do S no solo, bem como a relativa mobilidade do Cu e Mn (MALAVOLTA, 1980), é possível que a diminuição dos teores nas folhas do girassol tenha ocorrido em virtude do aumento da taxa de lixiviação no uso de água magnetizada.

Na Figura 4 é apresentado o comportamento dos teores foliares de nutrientes do girassol ornamental que apresentaram efeito significativo ($P \leq 0.05$) à alteração da lâmina de irrigação.

Figura 4 – Comportamento da variação dos teores foliares de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), cobre (Cu), zinco (Zn) e ferro (Fe) do girassol ornamental, em função das lâminas de irrigação.



De maneira geral observou-se aumento linear na concentração de N, P, Ca e Zn, onde a maior lâmina (L5 – 192,04 mm) determinou a ocorrência

do teor de 31,21 g kg⁻¹ de N; 1,99 g kg⁻¹ de P; 37,96 g kg⁻¹ de Ca e 32,64 mg kg⁻¹ de Zn, correspondendo em incrementos de 15%; 68,6%; 16,6% e 49,7% em relação à menor lâmina de irrigação (L1 - 56.47 mm), respectivamente. Os teores de Cu e Fe apresentaram decréscimos lineares com o aumento das lâminas de irrigação. Foi constatado valores de 14,95 mg kg⁻¹ de Cu e 468,80 mg kg⁻¹ de Fe para a menor lâmina de irrigação (L1 - 56,47 mm), acarretando em decréscimos de 22,1 e 37,6% respectivamente em relação à lâmina de irrigação de (L5 - 192,04 mm). Para o teor de K o modelo ajustado foi o quadrático, com valor máximo (32,40 g kg⁻¹) na lâmina de irrigação de 87,5 mm (equivalente a 57,5% da ETC).

O nitrogênio é considerado um nutriente de alta mobilidade no solo (MALAVOLTA, 1980), em que maiores lâminas de irrigação podem promover sua lixiviação (principalmente na forma de nitrato). Apesar disso, o aumento da lâmina de irrigação determinou aumento do teor foliar de N, que pode ter ocorrido em decorrência do seu fornecimento parcelado. De acordo com Matimati, Verboom e Cramer (2014), a maior umidade do solo facilita a absorção do N por fluxo de massa, sendo a principal forma de absorção desse nutriente (MALAVOLTA, 1980). Em cana-de-açúcar já foi relatado menores teores foliares de N em função de menores níveis de água no solo (SILVA et al., 2017).

A absorção de P pelas plantas ocorre por meio da difusão (movimento de uma região de maior concentração para outra de menor concentração), sendo este fenômeno dependente da umidade do solo (FINK et al., 2016, DA ROS et al., 2017). Menores níveis de água no solo acarretam na diminuição da absorção desse elemento, fato observado nos resultados do trabalho de Marcante, Camacho, Paredes (2011). Da Ros et al. (2017) verificaram que o déficit hídrico promoveu decréscimo no teor foliar de fósforo na cultura da soja.

De acordo com alguns autores, o K pode sofrer lixiviação, e conseqüentemente estar em menor teor na planta, quando aplicado por meio de fontes altamente solúveis ou o sistema ser submetido à lâminas de irrigação

elevadas, fato observado nos resultados a partir de 87.5 mm (57.5% da ETc) (KINPARA, 2003; ALBUQUERQUE et al., 2011; MENDES et al., 2016). Dessa forma, é possível que as maiores lâminas de irrigação (lâminas acima de 87,5 mm ou 57,5% da ETc) tenham ocasionado a diminuição nos teores foliares de K no girassol em decorrência da lixiviação, associado à aplicação do nutriente em apenas uma parcela durante a semeadura.

O Ca é considerado um elemento pouco móvel no solo, onde a maior umidade solo favoreceu a maior absorção e conseqüentemente a maior concentração desse nutriente no tecido foliar (MALAVOLTA, 1980). Dogan e Akinci (2011) observaram diminuição nos teores de Ca nas folhas do feijoeiro submetidas ao estresse hídrico.

Com relação aos teores de Cu e Fe, é provável que as maiores lâminas de irrigação tenham promovido a lixiviação, de modo que os menores teores desses elementos foram observados nas maiores lâminas. Pirzad et al. (2012) observaram que a irrigação contínua ocasionou menores teores foliares de Fe na camomila quando comparada com a interrupção da irrigação. Para o Cu, foi observada redução em seu teor com aumento do regime hídrico em tangerina (PANIGRAHI; SRIVASTAVA; HUCHCHE, 2012).

Em relação ao Zn, sabe-se que este elemento é pouco móvel no solo e facilmente absorvido pelas plantas por fluxo de massa (MALAVOLTA, 1980; VYSLOUŽILOVÁ et al., 2003). Certamente, devido a este fato, houve incrementos nos teores foliares de Zn em função das lâminas crescentes de irrigação.

Os teores de Mg e S não foram influenciados pelos regimes hídricos. É possível que os níveis de Mg presente no solo e a quantidade de S fornecida através da adubação de semeadura (sulfato de zinco) e cobertura (sulfato de amônio) tenham sido suficientes para expressar tais teores foliares no girassol ornamental, independentemente da lâmina de irrigação aplicada. Para os teores de B, é possível que o suprimento com este elemento na adubação de semeadura tenha sido suficiente para atender a demanda do girassol, não havendo alteração nos teores em função das lâminas. Os níveis relativamente

elevados de Mn no solo (Tabela 2) também foram suficientes para atender a demanda da cultura, não variando em função das lâminas. Efeitos não significativos da lâmina de irrigação nos teores foliares também foram observados para o boro no tomateiro (DELAZARI, 2014) e eucalipto cultivado em solo argiloso (RAMOS et al., 2013) (nesse solo a contuidade hidráulica não reduz de forma drástica com o baixo teor de água, garantindo maior suprimento de B às plantas, uma vez que não reduziu sua concentração no solo), e para o manganês no tomateiro (RODRIGUES et al., 2020).

CONCLUSÕES

A irrigação com água comum proporcionou maior concentração foliar de S, Cu e Mn em plantas de girassol ornamental, enquanto que não há variação significativa para os demais nutrientes pela variação do tipo de água.

O incremento das lâminas de irrigação aplicadas no girassol ornamental determinou incremento linear nos teores foliares de N, P, Ca e Zn, decréscimo linear nos teores Cu e Fe, e incremento quadrático no teor de K. A concentração foliar dos nutrientes Mg, S, B e Mn não foram influenciados significativamente pelas lâminas de irrigação.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. da S. et al. Lixiviação de potássio em um cultivo de pimentão sob lâminas de irrigação e doses de potássio. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 135-144, 2011.

AL-KHAZAN, M.; ABDULLATIF, B. M.; AL-ASSAF, N. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. **African Journal of Environmental Science and Technology**, v. 5, n. 9, p. 722-731, 2011.

ANEFALOS, L. C.; GUILHOTO, J. J. M. **Estrutura do mercado brasileiro de flores e plantas ornamentais**. Agricultura em São Paulo, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 41-63, 2003.

AQUINO, L. A.; SILVA, F. D. B.; BERGER, P. G. Características agronômicas e o estado nutricional de cultivares de girassol irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 5, p. 551-557, 2013.

BISTA, D. R. et al. Effects of Drought on Nutrient Uptake and the Levels of Nutrient-Uptake Proteins in Roots of Drought-Sensitive and -Tolerant Grasses. **Plants**, v. 28, n. 7, p.1-16, 2018.

BORIN, A. L. D. C.; LANA, R. M. Q.; PEREIRA, H. S. Absorção, acúmulo e exportação de macronutrientes no milho doce cultivado em condições de campo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 1591-1597, 2010.

CAI, R. et al. The effects of magnetic fields on water molecular hydrogen bonds. **Journal of Molecular Structure**, v. 938, p. 1519, 2009.

DA ROS, C. O. et al. Interference from the vertical variation of soil phosphorus and from water stress on growth in maize, the soybean and sunflower. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 419-4217, 2017.

DOGAN, N.; AKINCI, S. Effects of water stress on the uptake of nutrients by bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L.). **Fresenius Environmental Bulletin**, v. 20, n. 8, p. 2163-2173, 2011.

EL-YAZIED, A. et al. Effect of Magnetic Field Treatments for Seeds and Irrigation Water as Well as N, P and K Levels on Productivity of Tomato Plants. **Journal of Applied Sciences Research**, v. 8, n. 4, p. 2088-2099, 2012.

EBERHARDT, D. N. et al. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em Latossolos sob pastagem de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.

ESMAEILNEZHAD, E. et al. Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, p. 908–921, 2017.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FINK, J. R. et al. Diffusion and uptake of phosphorus, and root development of corn seedlings, in three contrasting subtropical soils under conventional tillage or no-tillage. **Biology and Fertility of Soils**, v. 52, p. 203-210, 2016.

FONOUS, N. E.; MOHAMED, A. A.; SHABAN, K. A. Effect of Magnetic Treatment for Irrigation Ground Water on Soil Salinity, Nutrients, Water Productivity and Yield Fruit Trees at Sandy Soil. **Egypt Journal of Soil Science**, v. 57, n. 1, p.113-123, 2017.

GALATI, G. C. et al. Crescimento e acúmulo de nutrientes da cultura do quiabeiro. **Semina**, v. 34, n. 1, p. 191-200, 2013.

GILANE, A. H. et al. Agricultural water management through magnetization of irrigation and drinking water: a review. **Journal of Aridland Agriculture**, v. 3, p. 23-27, 2017.

GOMES, E. P. et al. Desenvolvimento e produtividade do girassol sob lâminas de irrigação em semeadura direta na região do Arenito Caiuá, Estado do Paraná. **Irriga**, v.15, p.375-385, 2010.

GREWAL, H. S.; MAHESHWARI, B. L. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. **Bioelectromagnetics**, v. 32, p. 58-65, 2011.

HILAL, M. H. et al. Effect of Magnetic Treated Irrigation Water on Salt Removal from a Sandy Soil and on the Availability of certain Nutrients. JO-Internatonal Conference of Egyptian Soil Science Society (ESSS), 4th International Conference of Water Requirements & Field Irrigation Departament 5-8 November, Alexandria, p. 1-13, 2012.

HOZAYN, M. et al. Do Magnetic Water Affect Water Use Efficiency, Quality and Yield of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Plant under Arid Regions Conditions? **Journal of Agronomy**, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2013.

HOZAYN, M. et al. Applications of magnetic technology in agriculture: A novel tool for improving crop productivity (1): Canola. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 441-449, 2016.

HONDA, C. S.; HONDA, A. M. **Cultura da alfafa**. Cambará: IARA Artes Gráficas, 1990. 245 p.

KINPARA, D. I. **A importância estratégica do potássio para o Brasil**. Planaltina- DF: Embrapa Cerrados. 2003, 27 p. (Documentos 100).

LAVIOLA, B. G.; DIAS, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1969-1975, 2008.

LIU, X. et al. The effects of magnetic treatment of irrigation water on seedling growth, photosynthetic capacity and nutrient contents of *Populus euramericana* 'Neva' under NaCl stress. **Acta physiologiae plantarum**, v. 41, p. 1-11, 2019.

MAHESHWARI, B. L.; GREWAL, H. S. Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 1229-1236, 2009.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira de Potassa e do Fósforo, 1997. 319 p.

MARCANTE, N. C.; CAMACHO, M. A.; PAREDES, F. J. Teores de nutrientes no milho como cobertura de solo. **Bionscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 196-204, 2011.

MATIMATI, I.; VERBOOM, G. A.; CRAMER, M. D. Nitrogen regulation of transpiration controls mass-flow acquisition of nutrients. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 2, p. 159-168, 2014.

MENDES, W. C. et al. Potassium leaching in different soils as a function of irrigation depths. **Revista brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 11, p. 972-977, 2016.

MÜLLER, C. et al. Nutritional efficiency of Eucalyptus Clones Under Water Stress. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, p. 1-17, 2017.

OLIVEIRA, M. L. A. et al. Crescimento e produção de girassol ornamental irrigado com diferentes lâminas e diluições de água residuária. **Irriga**, v. 22, n. 2, p. 204-219, 2017.

PANIGRAHI, P.; SRIVASTAVA, A. K.; HUCHCHE, A. D. Effects of drip irrigation regimes and basin irrigation on Nagpur mandarin agronomical and physiological performance. **Agricultural Water Management**, v. 104, p. 79-88, 2012.

- PIRZAD, A. et al. N. Influence of water deficit on iron and zinc uptake by *Matricaria chamomilla* L. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 72, n. 2, 2012.
- RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2001.
- RAMOS, S. J. et al. Biomass production, B accumulation and Ca/B ratio in *Eucalyptus* under various conditions of water availability and B doses. **Cerne**, v. 19, n. 2, 2013.
- RAZA, M. A. S. et al. Potassium applied under drought improves physiological and nutrient uptake performances of wheat (*Triticum Aestivum* L.). **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 13, n. 1, p. 175-185, 2015.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.G.; ALVAREZ, V. A. H. **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-5ª Aproximação**. Viçosa, 1999. 359 p.
- RODRIGUES, E. J. R. et al. **Girassol**. In: PAIVA, P. D. O.; ALMEIDA, E. F. A. **Produção de Flores de Corte**. Lavras: Editora UFLA, 2012, p.402-446.
- RODRIGUES, R. R. et al. Potential for macro and micronutrients extraction from tomato plants with different soil water stresses. **Agronomy Research**, v. 18, n. 2, p. 529-542, 2020.
- SÁ JUNIOR, A. et al. Application of the Köppen Classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, 2012.
- SANTOS JÚNIOR, J. A. et al. Crescimento do girassol em sistema semihidropônico sob estresse salino e densidades de plantio. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 233-247, 2015.
- SELIM, A. H.; SELIM, D. A. H. Physio-biochemical behaviour, water use efficiency and productivity of wheat plants exposed to magnetic field. **Journal of Plant Production**, v. 10, n. 2, p. 185-191, 2019.
- SELIM, D. A. F. H. et al. Physiological and anatomical studies of two wheat cultivars irrigated with magnetic water under drought stress conditions. **Plant physiology and biochemistry**, v. 135, p. 480-488, 2019.
- SEYFI, A.; AFZALZADEH, R.; HAJNOROUZI, A. Increase in water evaporation rate with increase in static magnetic field perpendicular to

water-air interface. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 120, p. 195-200, 2017.

SILVA, T. R. da.et al. Drought-induced alterations in the uptake of nitrogen, phosphorus and potassium, and the relation with drought tolerance in sugar cane. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 2, 2017.

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE**, v. 118, n. 6, p. 977-980, 1992.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2nd ed. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook, 1999, p. 436.

SURENDRAN, U.; SANDEEP, O.; JOSEPH, E. J. The impacts of magnetic treatment of irrigation water on plant, water and soil characteristics. **Agricultural Water Management**, v. 178, p. 21-29, 2016.

TOLEDO, E. J. L.; RAMALHO, T. C.; MAGRIOTIS, Z. M. Influence of magnetic field on physical-chemical properties of the liquid water: Insights from experimental and theoretical models. **Journal of Molecular Structure**, v. 888, p. 409-415, 2008.

VYSLOUŽILOVÁ, M.; P. et al. As, Cd, Pb and Zn uptake by *Salix* spp. clones grown in soils enriched by high loads of these elements. **Plant Soil and Environment**, v. 49, p. 191-196, 2003.

WANG, Y.; WEI, H.; LI, Z. Effect of magnetic field on the physical properties of water. **Results in Physics**, v. 8, p. 262-267, 2018.

WANG, Y. et al. The effect of a static magnetic field on the hydrogen bonding in water using frictional experiments. **Journal of Molecular Structure**, v. 1052, p. 102-104, 2013.

YUSUF, K. O.; OGUNLELA, A. O. Effects of magnetized water on the vegetative growth and yield of tomato. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 19, p. 1-8, 2017a.

YUSUF, K. O.; OGUNLELA, A. O. Effects of deficit irrigation on the growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum*) irrigated with magnetised water. **Environmental Research, Engineering and Management**, v. 73, p. 59-68, 2017b.

ZLOTOPOLSKI, V. Magnetic Treatment Reduces Water Usage in Irrigation Without Negatively Impacting Yield, Photosynthesis and Nutrient Uptake in Lettuce. **International Journal of Applied Agricultural Sciences**, v. 3, n. 5, p. 117-122, 2017a.

ZLOTOPOLSKI, V. The Impact of magnetic water treatment on salt distribution in a largeunsaturated soil column. **International Soil Water Conservation Research**, v. 5, p. 253-257, 2017b.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. Sunflower micronutrient uptake curves. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 2, p. 346-353, 2011.

ZOBIOLE, L. H. S. et al. A. Marcha de absorção de macronutrientes na cultura do girasol. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 425-433, 2010.