

JESIELE SILVA DA DIVINCULA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CALÊNDULA CULTIVADA COM DOSES
DE HIDROGEL E NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA - MINAS GERAIS

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

D618d
2019 Divincula, Jesiele Silva da, 1994-
Desempenho agrônômico da calêndula cultivada com doses
de hidrogel e níveis de irrigação / Jesiele Silva da Divincula. –
Viçosa, MG, 2019.

71 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Catariny Cabral Aleman.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Calendula officinalis* L. 2. Plantas medicinais. 3. Teor de
água no solo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento
de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22 ed. 583.99

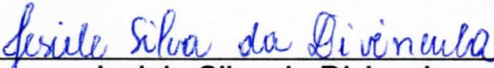
JESIELE SILVA DA DIVINCULA

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CALÊNDULA CULTIVADA COM DOSES DE
HIDROGEL E NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de julho de 2019.

Assentimento:



Jesiele Silva da Divincula
Autora



Catariny Cabral Aleman
Orientadora

“Desistir? Eu já pensei seriamente
nisso, mas nunca me levei realmente a
sério”

(Cora Coralina)

"Sem a curiosidade que me move, que
me inquieta, que me insere na busca,
não aprendo nem ensino"

(Paulo Freire).

DEDICATÓRIA

Ao Deus Todo Poderoso, por me permitir acordar todos os dias e continuar minha caminhada com a certeza da Sua presença ao meu lado. Por me ensinar diariamente que os Seus caminhos são mais altos que os meus e os Seus pensamentos mais altos que os meus. Ao Senhor seja toda a honra!

Aos meus pais, Maria Giselda Silva da Divincula e José Osmar da Divincula, por serem o meu amparo, e por fazerem sempre o melhor por mim. Amo vocês eternamente!

Aos meus irmãos, Janiel Silva da Divincula, Jesivaldo Silva da Divincula, Jesivan Silva da Divincula e Janiele Silva da Divincula, por todos os momentos compartilhados e por saber que podemos sempre contar uns com os outros. À Jesiel Silva da Divincula (*in memoriam*), que estará sempre presente no meu coração e na minha caminhada.

As minhas cunhadas, Regina Duarte e Emily Naiane por todo carinho.

As minhas amadas sobrinhas, Janine Nunes da Divincula, Julia Louise Silva da Divincula e Lis Emanuelle Silva da Divincula por me fazerem sentir o amor mais puro que há em mim. Vocês são o meu lar!

Ao meu namorado, Elcio Pereira de Souza Junior, por todos os momentos segurando minha mão, me encorajando a prosseguir e todas as alegrias proporcionadas. Aos seus pais, Elcio e Inaura, e sua tia Luci, pelo carinho de sempre.

Aos meus amigos e pastores da Assembleia de Deus, Ministério de Madureira, Viçosa.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu refúgio e fortaleza.

À Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do mestrado.

A capes, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À minha orientadora Catariny Cabral Aleman pelo suporte acadêmico.

Aos meus queridos amigos de pós graduação Hiago Zanetoni, Fernanda Laurinda, Arnaldo Cambraia, Adelaide Cristielle, Isabelle de Paula, Sávio Ribeiro, Robson Argolo, Laura Thebit, Elis Marina, Matheus Caliman, Karine Rabelo, Rafael Gomes, Diego Bispo, Cássio Alvino, Julia Governici e Bianca Bueno pelo tempo de convívio, pelo auxílio nos experimentos e especialmente pela amizade sincera.

À minha amiga Joslanny Higino Vieira pelo auxílio na minha formação acadêmica desde a graduação.

Aos professores da pós graduação pelos ensinamentos.

Ao funcionário José Antônio, da área de Irrigação e Drenagem do DEA, por todo auxílio durante os experimentos.

BIOGRAFIA

Jesiele Silva da Divincula, filha de José Osmar da Divincula e Maria Giselda Silva da Divincula, nasceu em 23 de março de 1994 em Junqueiro, no estado de Alagoas.

Em Janeiro de 2013 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), campus de Arapiraca, tendo obtido diploma em Julho de 2017.

Em agosto do mesmo ano ingressou no programa de pós graduação, em nível de mestrado, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na área de concentração em recursos hídricos, submetendo-se a defesa em Julho de 2019.

RESUMO GERAL

DIVINCULA, Jesiele Silva da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2019. **Desempenho agrônômico da calêndula cultivada com doses de hidrogel e níveis de irrigação**. Orientadora: Catariny Cabral Aleman.

A calêndula (*Calendula officinalis* L.) é uma planta medicinal muito utilizada na fitoterapia, indústria cosmética e para ornamentação. A irrigação constitui uma das principais ferramentas para aumento da produtividade das culturas por meio do fornecimento de água atendendo a demanda hídrica da cultura, tornando-se essencial na economia. Considerando a necessidade de otimização do uso dos recursos hídricos, o presente trabalho avaliou a produção de *Calendula officinalis* L. cultivada com diferentes doses de hidrogel e níveis de irrigação em ambiente protegido. A pesquisa foi desenvolvida em ambiente protegido com delineamento experimental em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas contempladas com os níveis de irrigação e as subparcelas com as doses de hidrogel. O experimento foi dividido em duas etapas independentes, a primeira correspondente ao período de agosto à dezembro de 2018 e a segunda etapa do período de março à julho de 2019, sendo o manejo de irrigação realizado por meio de lisimetria de pesagem. A primeira etapa avaliou a influência de quatro doses de hidrogel (2, 4, 8 e 16 g vaso⁻¹) e três tensões de água no solo (10, 40 e 75 kPa) sobre as variáveis altura da planta, diâmetro do capítulo, comprimento da haste, diâmetro da haste, massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz, massa seca do capítulo floral, número de folhas e número de capítulo por vaso. Já a segunda etapa, avaliou-se a influência de doses de hidrogel e percentuais de umidade no solo sobre os parâmetros altura de planta, diâmetro do capítulo, número de folhas, número de haste, conteúdo relativo de água, número de capítulo por vaso, diâmetro da haste, massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz, massa seca do capítulo floral, teor de clorofila, temperatura de superfície e salinidade do solo. Os resultados do

primeiro experimento demonstraram efeito significativo dos níveis de irrigação sobre a massa fresca da parte aérea e raiz, número de folhas e altura de planta, enquanto que as doses de hidrogel influenciaram apenas na massa fresca da raiz. Para o segundo experimento foi verificado efeito significativo dos percentuais de água no solo sobre as variáveis altura de planta, diâmetro da haste, já as variáveis massa fresca da parte aérea, número de folhas e comprimento da raiz foram influenciadas pelos dois tratamentos. A adição de hidrogel no solo favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea da calêndula em função da melhoria das propriedades físicas do solo. Por outro lado, o aumento da tensão de água, ou seja, diminuição da disponibilidade hídrica no solo influenciou negativamente sobre o desenvolvimento agrônômico da cultura.

Palavras-chave: *Calendula officinalis* L.. Plantas medicinais. Teor de água no solo

GENERAL ABSTRACT

DIVINCULA, Jesiele Silva da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2019. **Agronomic performance of marigold cultivated with hydrogel doses and irrigation levels.** Adviser: Catariny Cabral Aleman.

Calendula (*Calendula officinalis* L.) is a medicinal plant widely used in herbal medicine, cosmetic industry and ornamentation. Irrigation used is one of the main tools for growing crops through water supply and the demand for crop water demand, becoming essential in the economy. Develop the need to optimize the use of water resources, or the present work reproduced in the production of *Calendula officinalis* L. cultivated with different doses of hydrogel and irrigation levels in the protected environment. A research was carried out in a protected environment with a randomized block design in a split plot scheme, with plots with irrigation levels and hydrogel dose subplots. The experiment was divided into two independent stages, the first period from August to December 2018 and the second phase from March to 2019, and the irrigation period was performed by weighing lysimetry. The first step used to influence four hydrogel doses (2, 4, 8 and 16 g of pot⁻¹) and three soil water stresses (10, 40 and 75 kPa) on plant height, chapter diameter variations, stem length, stem diameter, shoot fresh and dry mass, root fresh and dry mass, floral chapter dry mass, number of leaves and chapter number per pot. In the second stage, the influence of hydrogel doses and soil moisture percentages on plant height, chapter diameter, leaf number, stem number, relative water content, chapter number per pot, were evaluated. stem diameter, shoot fresh and dry mass, root fresh and dry mass, floral chapter dry mass, chlorophyll content, surface temperature and soil salinity. The results of the first experiment demonstrated a significant effect of irrigation levels on fresh shoot and root mass, leaf number and plant height, while hydrogel doses influenced only fresh root mass. For the second experiment, a significant effect of soil water percentages on plant height, stem diameter, and fresh shoot mass, number of leaves and root length were influenced by both treatments. The addition of hydrogel in the soil favored the development of the root and aerial part of the calendula due to the

improvement of soil physical properties. On the other hand, the increase of water tension, that is, decrease of soil water availability had a negative influence on the agronomic development of the crop.

Keywords: *Calendula officinalis* L.. Medical plants, Soil water content

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bandejas de polietileno com 128 células com mudas de calêndula com 53 dias após semeadura (DAS).	28
Figura 2 - Croqui com a distribuição dos tratamentos (doses de hidrogel e tensão de água no solo) na área experimental.	30
Figura 3 - Curvas de retenção de água no solo com as doses de hidrogel.	31
Figura 4 – Altura de Planta	32
Figura 5 - (A) Comprimento da Haste e (B) Diâmetro da Haste.....	33
Figura 6 – Altura da planta em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo.	35
Figura 7 – Diâmetro da haste em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo.	36
Figura 8 – Comprimento da haste em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo.....	37
Figura 9 – Massa fresca da parte aérea em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo.	38
Figura 10 – Massa fresca da raiz em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo	39
Figura 11 – Número de folhas em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo	40
Figura 12 - Vasos com as plantas 6 dias após o transplântio (DAT).	50
Figura 13 - Croqui de demonstração da distribuição dos tratamentos na área experimental	51
Figura 14 – Curva de retenção de água no solo com as doses de hidrogel	52
Figura 15 – Altura da planta em função das doses de hidrogel e umidade do solo	55
Figura 16 – Número de folhas em função das doses de hidrogel e umidade do solo	56
Figura 17 – Número de capítulos em função das doses de hidrogel e umidade do solo.....	57
Figura 18 – Diâmetro da haste em função das doses de hidrogel e umidade do solo	58
Figura 19 – Comprimento da raiz em função das doses de hidrogel e umidade do solo.....	59
Figura 20 – Massa fresca da parte aérea em função das doses de hidrogel e umidade do solo.....	60

Figura 21 – Massa seca da parte aérea em função das doses de hidrogel e umidade do solo.....	60
Figura 22 – Massa fresca da raiz em função das doses de hidrogel e umidade do solo.....	61
Figura 23 – Massa seca da raiz em função das doses de hidrogel e umidade do solo	62
Figura 24 – Clorofila <i>a</i> em função das doses de hidrogel e umidade do solo	63
Figura 25 – Clorofila <i>b</i> em função das doses de hidrogel e umidade do solo	63
Figura 26– Temperatura foliar em função das doses de hidrogel e umidade do solo	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química e física do solo.....	29
Tabela 2 – Analise de variância.....	34
Tabela 3 – Consumo Hídrico para cada tratamento	41
Tabela 4 - Análise química e física do solo.....	49
Tabela 5 – Análise de Variância	54
Tabela 6 – Condutividade elétrica do solo com a adição das doses de hidrogel.....	66
Tabela 7 – Consumo Hídrico da calêndula para cada tratamentos.	66

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20
CAPÍTULO 1 – PRODUÇÃO DE CALÊNDULA COM DOSES DE HIDRORRETENTOR E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO	25
RESUMO	25
1 INTRODUÇÃO.....	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
2.1 Instalação e Localização do Experimento.....	27
2.2 Produção das mudas e preparo dos vasos.....	27
2.3 Delineamento Experimental e Tratamentos	29
2.4 Manejo de irrigação	30
2.5 Parâmetros Analisados.....	32
2.6 Análise Estatística dos Dados.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4 CONCLUSÕES.....	41
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
CAPÍTULO 2 – MANEJO SUSTENTÁVEL DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO HIDROGEL NO CULTIVO DE <i>Calendula officinalis</i> L.....	46
RESUMO	46
1 INTRODUÇÃO.....	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 Instalação e Localização do Experimento.....	48
2.2 Produção das mudas e preparo dos vasos.....	48
2.3 Delineamento Experimental e Irrigação	50
2.4 Manejo de Irrigação	51
2.5 Parâmetros Analisados.....	52
2.6 Análise Estatística.....	53
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4 CONCLUSÕES.....	67
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

INTRODUÇÃO GERAL

O aumento das áreas irrigadas tem provocado, nos últimos anos, questionamentos sobre o uso da água agricultura no que diz respeito ao uso racional e sustentável dos recursos hídricos. Estima-se que a produtividade em áreas irrigadas é cerca 2,7 vezes maior que a produtividade em sequeiro. Dessa forma, é importante salientar a necessidade do manejo adequado da água para irrigação, otimizando e promovendo seu uso econômico, bem como o melhor uso do solo, tendo em vista que nos próximos anos haverá uma demanda de aumento de 70% na produção de alimentos para atender o crescimento populacional (BORGHETTI et al., 2017).

A agricultura é responsável pelo consumo de mais de dois terços da água doce total do planeta, gerando conflitos com outros setores usuários, deste modo o emprego de irrigação complementar torna-se uma alternativa na otimização da eficiência do uso da água (CHAI et al. 2015). No entanto, Pereira et al. (2018) alertam que condições não ideais ou não adequadas de suprimento hídrico ocasionam redução na produção das culturas, sendo necessário buscar alternativas para aumentar o turno de rega sem impactar a produção das culturas.

A irrigação constitui-se em um fator importante para atender a demanda hídrica da cultura em situação de má distribuição de precipitação ou déficit hídrico em regiões áridas e semiáridas, promovendo assim aumento da produtividade (COSTA et al. 2016). Oliveira et al. (2018) descrevem que a irrigação pode ser realizada com o monitoramento do potencial de água no solo com a utilização de sensores, sendo esse tipo de manejo amplamente difundido e operacional.

Nunes et al. (2015) destacam que a irrigação pode ser monitorada pela medida indireta da umidade do solo através do uso de sensores, tensiômetros, sonda de nêutrons e outros métodos. Dentre os métodos mais utilizados para a determinação da umidade do solo pode-se destacar o método gravimétrico e a tensiometria. O método gravimétrico possui um tempo de resposta de 24 – 48 horas, o que pode prejudicar a decisão da

irrigação. A tensiometria, por sua vez, fornece medidas instantâneas de tensão de água no solo, sendo possível correlacionar com a curva de retenção de água no solo para obter informações de umidade do solo (GAVA et al. 2016). Cruz et al. (2010) descrevem que em virtude do monitoramento do conteúdo de água no solo ser feito de maneira indireta é indispensável à realização de calibração para cada tipo de solo.

O uso de sensores capacitivos para o monitoramento da umidade do solo apresenta elevado crescimento em virtude dos benefícios associados às medições não destrutivas, instantaneidade das leituras, possibilidade de permanecer no solo por longo período, entre outras (PIZETTA et al. 2017). Para Oliveira et al. (2018) irrigações mais frequentes, no objetivo de manter o solo próximo a capacidade de campo, proporcionam aumento na produtividade das culturas. Mauroelli & Silva (2005) destacam que a adoção de maiores turnos de rega para a cultura proporcionam economia de água e energia, bem como redução da mão de obra empregada.

Alternativas para promover a redução do número de frequências de irrigação e em alguns casos, aplicar lâminas de irrigação com déficit são necessárias para aumentar a eficiência do uso da água. Existem alguns polímeros que são indicados como condicionadores de solo (MARQUES et al. 2013). O hidrogel é um polímero hidrorretentor derivado do amido (natural) ou do petróleo (sintético) (AHMED 2015), o qual é utilizado principalmente na produção de mudas para aumentar a capacidade de retenção de água no solo. Castro et al. 2014 descrevem que o polímero tem capacidade de até duplicar a capacidade de retenção de água em solos argilosos e aumentar em até 7,5 vezes para solos arenosos. Esse condicionador do solo, segundo Navroski et al. (2014), caracteriza-se pela natureza quebradiça quando seco e maciez e expansividade quando úmido.

Martins et al (2013), destacam que a utilização do hidrogel melhora a retenção de água proporcionando redução nas frequências de irrigação. Dentre os benefícios do hidrogel destacam-se: desenvolvimento do sistema radicular, crescimento e desenvolvimento das plantas, menores perdas de água de irrigação por percolação, melhoria na aeração e drenagem do solo, e diminuição na perda de nutrientes por lixiviação (CÂMARA et al. 2011;

AZEVEDO et al. 2002). Silva et al. (2019) concluíram que o hidrogel favorece positivamente o incremento de produtividade. Para a produção de alface em ambiente protegido ocorreu um incremento de produtividade de 18,42% para os níveis de irrigação testados. A incorporação de 3,45 g L⁻¹ de hidrogel ocasionou incremento de 5,6% da altura da parte aérea de mudas de amoreira (MOREIRA et al. 2010).

Saad et al. (2009) destacam que a utilização de hidrogel no estabelecimento de mudas de eucalipto não apresentou efeito significativo estatisticamente, mas do ponto de vista prático favoreceu aumento no turno de rega e consequente economia. Lima et al.(2003) verificaram que a utilização de doses de hidrogel na produção de mudas de café ocasionou efeito significativo sobre variáveis estudadas. Abedi-Koupai e Asadkazemi (2006) descreveram que o uso de hidrogel ocasionou redução de até 1/3 da água necessária na produção de planta ornamental. As pesquisas com o uso de hidrogel na agricultura irrigada têm sido intensificadas. No entanto, em sua maioria, voltadas a produção de mudas havendo assim uma necessidade de se ter pesquisas voltadas ao ciclo completo de culturas agrícolas, bem como plantas medicinais e ornamentais como a calêndula.

A calêndula (*Calendula officinalis* L.) é uma planta pertence à família *Asteraceae*, sendo caracterizada por apresentar flores amarelas. Trata-se de uma cultura anual ou bianual com hábito de crescimento ereto chegando à altura de 30 a 60 cm. Originária da Europa a espécie passou por processo de aclimação no Brasil (PELLOSO et al. 2012; VALADARES et al. 2010).A planta apresenta elevada utilização para fins medicinais, especialmente no tratamento de inflamação.

Lorenzi e Matos (2002) destacam que a espécie vem aumentando seu mercado de produção para fins ornamentais, sendo desenvolvidas espécies exclusivas para jardins. As flores se apresentam em capítulos solitários de 3,0 a 7,0 cm, de cor amareladas ou alaranjadas envolvidas por duas brácteas, e é em virtude da sua beleza que a calêndula vem sendo cultivada tanto em vasos como para jardins, além de ser considerada um inseticida natural (LORENZI e SOUZA, 2001; WHO, 2002; CROMACKE e SMITH,1996; MARTINS et al. 1994). São utilizadas sementes na

propagação da cultura, podendo ser realizado o plantio no local definitivo, embora seja mais comum a produção de mudas e posterior transplântio (MONTANARI JUNIOR, 2000).

Araújo et al. (2009), destacam que os capítulos florais da calêndula apresentam elevadas concentração de flavonóides, sendo considerados de grande importância para a fitoterapia, uma vez que possuem propriedades terapêuticas relacionadas à cicatrização, tratamento de infecções, antiviral e outras. Zanette et al. (2012), destacam que a calêndula possui inúmeros usos, desde o seu uso *in natura* em saladas até a produção de extratos, pomadas e outros.

Marques et al. (2011) avaliando a irrigação suplementar na calêndula observaram que as lâminas de irrigação empregadas influenciaram na produtividade das inflorescências secas e frescas. Os autores concluíram por outro lado que o excesso hídrico prejudicou a produtividade. Considerando a viabilidade econômica da irrigação no cultivo de calêndula, Aleman e Marques (2016) verificaram influência das lâminas de irrigação na produtividade da calêndula e constataram que a lâmina de irrigação de 100% da Evaporação do Tanque Classe “A” resultou no manejo econômico adequado. Pacheco et al. (2011) verificaram redução no conteúdo relativo de água, chegando a valores médios de 48,5%, em plantas de calêndula quando submetidas ao déficit hídrico de nove dias. Rahmani et al. (2009) analisando o efeito de regimes de irrigação sobre a calêndula verificaram efeito significativo do estresse hídrico, tendo as plantas estressadas apresentados maiores valores de semente por cabeça e diâmetro da cabeça. Pirzad & Shokrani (2012) verificou que o estresse hídrico ocasionou redução na produção de flores de calêndula.

Considerando que os estudos sobre a demanda hídrica de plantas medicinais é escasso e os problemas relacionados ao uso de água em decorrência da crise hídrica impactam na agricultura irrigada, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho da cultura da calêndula em

ambiente protegido submetida à diferentes doses de hidrogel e tensões de água no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDI-KOUPAI, J.; ASADKAZEMI, JAFAR. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cypripedium rizonica*) under reduced irrigation regimes. Iranian Polymer Journal, v. 15, n. 9, p. 715, 2006.

Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias / Editores: José Roberto Borghetti, Washington L. C. Silva, Helder Rafael Nocko, Luís Nicolas Loyola, Gustavo KauarkChianca – Brasília, 2017. 243 p. :il. ISBN: 978-92-5-709754-4

AHMED, E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. Journal of advanced research, v. 6, n. 2, p. 105-121, 2015.

ALEMAN, C. C.; MARQUES, P. A. A. Manejo e viabilidade econômica da irrigação no cultivo de *Calendula officinalis* L. Revista Irriga, Botucatu, Edição Especial, Irriga & Inovagri, p.29-37, 2016.

ARAÚJO, C.B.O.; SANTOS, A.M.; FERNANDES, L.A.; MARTINS, E.R.; SAMPAIO, R.A.; COSTA, C.A.; LEITE, G.L.D. Uso da adubação orgânica e cobertura morta na cultura da calêndula (*Calendula officinalis* L.). Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 11, n. 2, p. 117-123, 2009.

AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; TAS, P. S. L., FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequência de irrigação e crescimento de mudas de café. Acta Scientiarum, Maringá, v. 24, n. 5. p. 1239 - 1243, 2002.

CÂMARA, G. R.; REIS, D. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JUNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro Conilon robusta tropical mediante uso de polímeros hidroretentores e diferentes

turnos de rega. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 7, n. 13; p. 135 - 146, 2011.

CHAI, Q.; GAN, Y.; ZHAO, C.; XU, H. L.; WASKOM, R. M.; NIU, Y.; SIDDIQUE, K. H. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, v. 36, n. 1, p. 3, 2016.

CASTRO, A. M. E C.; MAIA, G. M.; SOUZA, J. A. D.; MANFIO, F. L. A Crescimento inicial de cafeeiro com uso de polímero hidrorretentor e diferentes intervalos de rega. *Coffee Science*, Lavras, v. 9, n. 4, p. 465 – 471. 2014.

COSTA, M. S.; MANTOVANI, E. C.; CUNHA, F. F. DA; ALEMAN, C. C. Avaliação dos níveis de lâmina de irrigação no desempenho do feijoeiro cultivado na região da zona da mata, MG. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v. 10, n. 4, p. 799, 2016.

CROMACK, H. T. H.; SMITH J. M. *Calendula officinalis*: production potential and crop agronomy insouthern England. *Journal Industrial CropsandProducts*, v. 7, p. 223-229, 1996.

CRUZ, T. M.; TEIXEIRA, A. D. S.; CANAFÍSTULA, F. J.; SANTOS, C. C.; OLIVEIRA, A. D. D. U.; DAHER, S. Avaliação de sensor capacitivo para o monitoramento do teor de água do solo. *Eng. Agríc.*, Jaboticabal, v.30, n.1, p.33-45, 2010.

LIMA, L. M. L. DE et al. Produção de mudas de café sob diferentes lâminas de irrigação e doses de um polímero hidroabsorvente. *Bioscience Journal*, v. 19, n. 3, 2003.

GAVA, R.; DA SILVA, E. E.; BAILO, F. H. R. Calibração De Sensor Eletrônico De Umidade Em Diferentes Texturas De Solo/Electronic Moisture Sensor

Calibration in Different Soil Textures. Revista Brasileira de Engenharia de Biossistemas, v. 10, n. 2, p. 154-162, 2016.

LORENZI, H. E.; MATOS, F. J. A. 2002. Plantas medicinais no Brasil. Nativas e exóticas. Instituto Plantarum, Nova Odessa, Brasil, 512p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M de. Plantas Ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3. Ed., Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. DE C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 40, n. 7, p. 661-666, 2005.

MARQUES, P. A. A.; BORTOLO, D. P. G.; PACHECO, A. C. Produtividade de inflorescências de calêndula sob irrigação suplementar na região do oeste paulista. Revista Irriga, v. 16, n.2, p. 153-162, abril-junho, 2011.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M. DE; CASTELLANI, D. C.; EVANGELISTA, J. Plantas medicinais. Viçosa: Editora da UFV, 1994. 220p.

MARTINS, L. M.; CRUZ, M. DO C. M.; CARVALHO, R. P. de. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. Revista Brasileira de Fruticultura, 2013.

MONTANARI JUNIOR, I. Aspectos do cultivo comercial de calêndula. Agroecologia Hoje, Botucatu- SP, v.1, n.2, p.24-25, abr.2000.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; DA CRUZ, M. D. C. M.; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. Agrarian, v. 3, n. 8, p. 133-139, 2010.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. DE O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes de mudas de *Eucalyptus dunni*. *Floresta*, Curitiba, PR, v.45, p.315-328, abri. /jun. 2014.

NUNES, M. S.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; BRAGA, F. D. V. A.; BRAGAGNOLO, J. Uso do TDR 300 para determinação da umidade volumétrica do solo para manejo da irrigação da soja safrinha. *Brazilian journal of agriculture, Revista de Agricultura*, v. 90, n. 3, p. 250-255, 2015.

OLIVEIRA, E. C.; CARVALHO, J. DE A.; ALMEIDA, E. F. A.; REZENDE, F. C.; REIS, S. N.; MIMURA, S. N. Rendimento de rosas cultivadas em ambiente protegido sob diferentes níveis de irrigação. *Irriga*, v. 21, n. 1, p. 14, 2018.

PACHECO, A. C.; CAMARGO, P. R. Deficiência hídrica e aplicação de ABA nas trocas gasosas e no acúmulo de flavonoides em calêndula (*Calendula officinalis* L.). *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 2, p. 275-281, 2011.

PELOSSO, O. A. DE O.; VIEIRA, M. DO C.; ZÁRATE, N. A. H.; SANTOS, M.C DOS. Produção e renda bruta da calêndula, alface e rabanete solteiros e consorciados com dois arranjos de plantas. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, n. 2, p. 459-470, abr. 2012.

PEREIRA, J. S.; OLSZEWSKI, N.; SILVA, J. C. DA. Retenção de água e desenvolvimento do feijão caupi em função do uso de polímero hidrorretentor no solo. *Revista Engenharia na Agricultura*, v. 26, n. 6, p. 582, 2018.

PIRZAD, A.; SHOKRANI, F. Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. *World Applied Sciences Journal*, v. 18, n. 9, p. 1203-1208, 2012.

PIZETTA, S. C.; RODRIGUES, R. R.; PEREIRA, G. M.;PACHECO, F. E. D.; VIOLA, M. R.; LIMA, L. A.. Calibração de um sensor capacitivo para estimativa da umidade em três classes de solos. Irriga, v. 22, n. 3, p. 458, 2017.

RAHMANI, NAVID; DANESHIAN, JAHANFAR; FARAHANI, HOSSEIN ALIABADI. Effects of nitrogen fertilizer and irrigation regimes on seed yield of calendula (*Calendula officinalis* L.). Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development, v. 1, n. 1, p. 024-028, 2009.

SAAD, J.C.C.; LOPES, J.L.W; SANTOS, T.A. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. Engenharia Agrícola, v.29, n.3, p.404-411, 2009.

SILVA, W. R. DA; SALOMÃO, L. C.; PEREIRA, D. R. M.; OLIVEIRA, H. F. E. DE.; PEREIRA, A. I. DE A.; CANTUÁRIO, F. S. Irrigation levels and use of hydroretainer polymer in green house lettuce production. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.23, n.6, p.406-412, 2019.

VALADARES, S. V.; HONORIO, I. C.G.; CALDEIRA JUNIOR, C. F.; BARBOSA, C. K. R.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, L. A. Adubação Orgânica de calêndula (*Calendula officinalis*. L) produzida sobre grama batatais. Revista Biotemas, 23 (3), p. 21-23, setembro de 2010.

WHO-World Health Organization. Monographs on selected medicinal plants, 2.Geneva, 2002.356p.

ZANETTE, V. C.; NEGRELLE, R. R. B.; TSCHOSECK, E. *Calendula officinalis*L. (Asteraceae): Aspectos botânicos, ecológicos e usos. Visão Acadêmica, Curitiba, v.13, n.1, 2012

CAPÍTULO 1 – PRODUÇÃO DE CALÊNDULA COM DOSES DE HIDRORRETENTOR E TENSÕES DE ÁGUA NO SOLO

RESUMO

A necessidade do uso da irrigação e a preocupação com a crise hídrica tem acarretado a demanda por alternativas que possibilitem a economia do uso da água. A utilização de condicionadores de solo na produção agrícola proporciona aumento da capacidade de retenção de água e por consequência torna maiores os intervalos entre irrigação. O cultivo de plantas medicinais tem ganhado destaque em função da elevada demanda do setor farmacêutico. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônomo da calêndula submetida a diferentes doses de hidrogel e tensões de água no solo. O experimento foi instalado em ambiente protegido com delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida no período de agosto à dezembro de 2019. As parcelas receberam 3 tensões de água no solo (10, 40 e 75 kPa) e as subparcelas 4 doses de hidrogel (2, 4, 8 e 16 g por vaso). Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, à 5% de probabilidade e as variáveis significativas foram ajustadas por análise de regressão. As plantas submetidas à tensão de 75 kPa morreram e apenas as das tensões de 10 e 40 kPa foram submetidas à análise. Observou-se efeito da interação dos fatores sobre a variável altura de planta, diâmetro da haste, comprimento da haste, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, número de folhas e número de capítulos. A interação dos fatores tensão de água no solo e doses de hidrogel apresentou efeito significativo sobre a produção da cultura da calêndula, especialmente para aquelas cultivada na tensão de 40 kPa. Para as plantas cultivadas em condição de capacidade de campo ocorreu redução nos parâmetros avaliados, possivelmente em função do excesso hídrico, sendo necessário que indicado que a dose de hidrogel não ultrapasse 10 g por vaso.

1 INTRODUÇÃO

A calêndula é uma planta pertencente à família *Asteraceae*, de origem Européia, e adaptada as condições climáticas do Brasil (PELLOSO et al. 2012; VALADARES et al. 2010). Seus capítulos florais apresentam elevada concentração de flavonoides, sendo considerados de grande importância para a fitoterapia, uma vez que possuem propriedades terapêuticas relacionadas a cicatrização, tratamento de infecções, antiviral e outras (ARAÚJO et al. 2009). As flores da calêndula se apresentam em capítulos solitários de 3,0 a 7,0 cm, de cor amareladas ou alaranjadas envolvidas por duas brácteas, e é em virtude da sua beleza que a calêndula vem sendo cultivada tanto em vasos como para jardins, além de ser considerada um inseticida natural (LORENZI e SOUZA, 2001).

Santos et al. (2015a) destacam que a irrigação é uma das principais técnicas que contribui para o aumento de produtividade das culturas. Contudo, segundo Souza et al. (2016), a irrigação é considerada a maior usuária de água, sendo observado um aumento da pressão de órgãos públicos sobre os usuários, a fim de garantir o racionamento e utilização de sistemas mais eficientes de aplicação de água na agricultura irrigada.

O monitoramento do conteúdo de água no solo pode ser utilizado para o planejamento da irrigação evitando déficits hídricos que prejudiquem a produção das culturas (LEITE JR & FARIA, 2016). Os tensiômetros são equipamentos utilizados para o monitoramento da tensão de água no solo e umidade do solo. Lopes et al. (2004) descrevem que quando comparado ao manejo por balanço hídrico, o manejo de irrigação com o uso de tensiômetro proporcionou uma economia de 15% da lâmina aplicada para a cultura do feijão. Almeida et al. (2017) não obtiveram diferença significativa na produtividade de milho para manejo realizado com base na evapotranspiração da cultura e tensiometria. Trabalhando com a cultura da cebola, Bispo et al. (2017) verificaram diminuição significativa na produtividade quando submetidas a diferentes tensões de água no solo.

Com elevada capacidade absorviva, o hidrogel é um polímero que possui a finalidade de aumentar a capacidade de retenção de água no solo. (CÂMARA et al. 2011). Pelegrin et al. (2016) observaram aumento

significativo na produção de grãos de soja com a adição de doses de hidrogel, estabelecendo que a dose de 15 kg ha⁻¹ proporcionaria máxima eficiência. Nomura et al. (2019) verificaram que concentrações de hidrogel superiores a 3 g L⁻¹ proporcionam decréscimo nos parâmetros agrônômicos analisados. Trabalhando com a produção de mudas de tomate cereja, Pinto et al. (2017) obtiveram o maior desenvolvimento da parte aérea com a dose de 2g de hidrogel por litro de substrato.

Buscando evidenciar o uso racional da água, associando o hidrogel e os benefícios da irrigação para a cultura, o presente estudo objetivou avaliar o desenvolvimento da cultura da calêndula em ambiente protegido submetida a diferentes doses de hidrogel e tensões de água no solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação e Localização do Experimento

O experimento foi instalado em vasos em ambiente protegido com estrutura em aço galvanizado com cobertura plástica e tela antiafídica nas laterais, nas dimensões de 8 metros de comprimento e 7 metros de largura. Localizado na área experimental de irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na cidade de Viçosa- MG, a casa de vegetação está situada nas coordenadas latitude: -20.7546, longitude: -42.8825 20° 45' 17" Sul, 42° 52' 57" Oeste, altitude de 663 m. O período do experimento foi entre os meses de agosto e dezembro de 2018, com um ciclo de 132 dias da semeadura até a colheita.

2.2 Produção das mudas e preparo dos vasos

Para a produção das mudas de calêndula foram utilizadas sementes da cultivar Sortida Bonina ISLA® (98% pureza; 87% germinação), semeadas em bandejas de polietileno contendo 128 células (Figura 1), utilizando-se substrato comercial HT hortaliças da empresa Vida Verde. A semeadura foi

realizada no dia 15 de agosto de 2018 e o transplântio 57 dias após a semeadura.



Figura 1 - Bandejas de polietileno com 128 células com mudas de calêndula com 53 dias após semeadura (DAS).

Foram utilizados vasos com 0,20 x 0,20 x 0,25 m de altura, base menor e base maior, respectivamente, para o transplântio das mudas, que ocorreu no dia 12 de outubro de 2018 (57 DAS). Os vasos receberam uma fina camada de brita e areia, para auxiliar na drenagem, e posteriormente 5 kg de solo de barranco peneirado. O solo utilizado no experimento foi anteriormente encaminhado para o Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante do Departamento de Solos (DPS) da UFV para análise química e física (Tabela 1) e posteriormente foi corrigido com a aplicação de 5, 7 e 15 g de supersimples (18% de fósforo), ureia (45% de nitrogênio) e cloreto de potássio (58% de potássio), respectivamente. O solo utilizado é classificado como solo tipo 3, isto é, de textura argilosa em função do percentual de argila superior a 35%.

Tabela 1 - Análise química e física do solo

pH	P	K	Al ³⁺	H+Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	T	V
	Mg /dm ³		-----cmol _c /dm ³ -----							%
4,69	1,90	41	0,18	2,80	0,86	0,24	1,21	1,39	4,01	30,2
Areia grossa			Areia fina			Silte		Argila		
Kg kg ⁻¹			kgkg ⁻¹			kgkg ⁻¹		kgkg ⁻¹		
0,153			0,169			0,099		0,580		

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante do Departamento de Solos – UFV, 2019

2.3 Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida, sendo as parcelas com 3 tensões de água no solo e as subparcelas com as doses de hidrogel, totalizando 60 unidades experimentais, conforme visto na Figura 2. As tensões de água no solo corresponderam a 10 kPa, equivalente à umidade na capacidade de campo, 40 kPa com umidade próxima a 80% da capacidade de campo e 75 kPa com umidade próxima a 70 % da capacidade de campo. As doses de hidrogel foram definidas de acordo com Mendonça et al. (2013) sendo: 2, 4, 8 e 16 g vaso⁻¹.

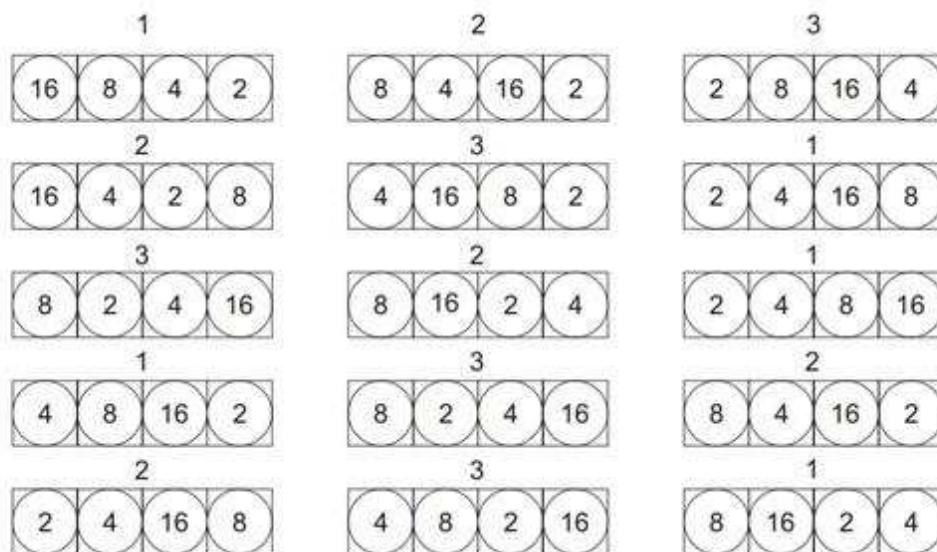


Figura 2 - Croqui com a distribuição dos tratamentos (doses de hidrogel e tensão de água no solo) na área experimental.

2.4 Manejo de irrigação

O manejo de irrigação foi realizado via solo com o uso de tensiômetros, instalados a 0,15 m de profundidade. As leituras de tensão foram realizadas diariamente utilizando tensímetro analógico. A partir das medidas de tensão e curva de retenção de água no solo foi calculada a umidade do solo.

Foram coletadas amostras do solo + hidrogel e encaminhadas para o Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola. A curva de retenção de água no solo foi determinada para cada dose de hidrogel que foi testada, considerando que o hidrorretentor tende a mudar a capacidade de armazenamento de água do solo. A curva foi obtida no Laboratório de Solos do Departamento de Engenharia Agrícola. A metodologia para determinação da capacidade de campo considerou as seguintes pressões na câmara de Richards: 0.06, 0.10, 0.30, 0.40, 0.80, 1, 5 e 15 Bar.

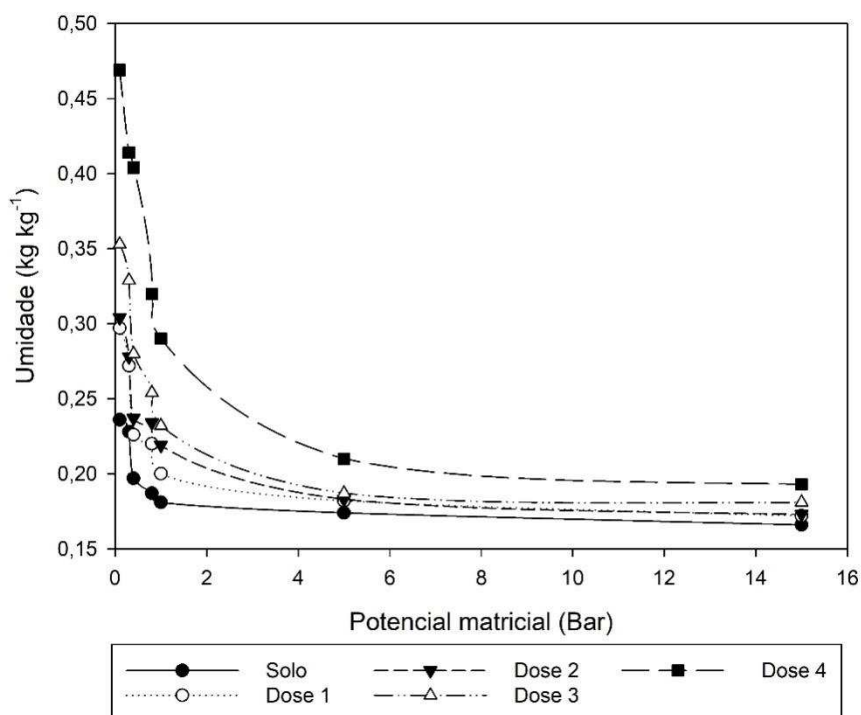


Figura 3 - Curvas de retenção de água no solo com as doses de hidrogel.

As curvas de retenção de água no solo foram ajustadas pelo modelo proposto por Van Genuchten (1980). Os resultados demonstraram um aumento superior a 99% da capacidade de campo do solo com a maior dose de hidrogel em relação ao solo sem adição do condicionador de solo, saindo de uma umidade de $0,236 \text{ kg kg}^{-1}$ no solo sem hidrogel para $0,299$; $0,308$; $0,366$ e $0,471$; kg kg^{-1} para as doses de 2,4,8 e 16 g de hidrogel, respectivamente (Figura 3).

Após leitura da tensão de água no solo, a umidade equivalente era determinada através da curva de retenção. Para assegurar que as leituras dos tensiômetros estavam de acordo com a quantidade de água dos vasos, pesava-se diariamente os vasos e considerava-se o princípio da lisimetria de pesagem. O balanço hídrico computou as entradas e saídas, através da diferença de peso diária (eq. 1) (GIRARDI et al. 2016).

$$IN = \text{Peso Atual} - \text{Peso Basal} \quad (1)$$

Em que:

IN – Irrigação Necessária (kg); Peso Atual – Peso diário (kg); Peso Basal – Peso obtido para a tensão estabelecida nos tratamentos (kg).

2.5 Parâmetros Analisados

Para análise da altura das plantas (AP) utilizou-se uma régua milimétrica medindo-se a distância entre o colo e a maior folha desenvolvida da calêndula (Figura 4). O comprimento da haste (CH) foi obtido a partir da medição da base da planta até a haste de inserção floral, com a utilização de uma régua milimétrica (Figura 5A). Já o diâmetro da haste (DH) foi obtido com a utilização de paquímetro digital (Figura 5B).

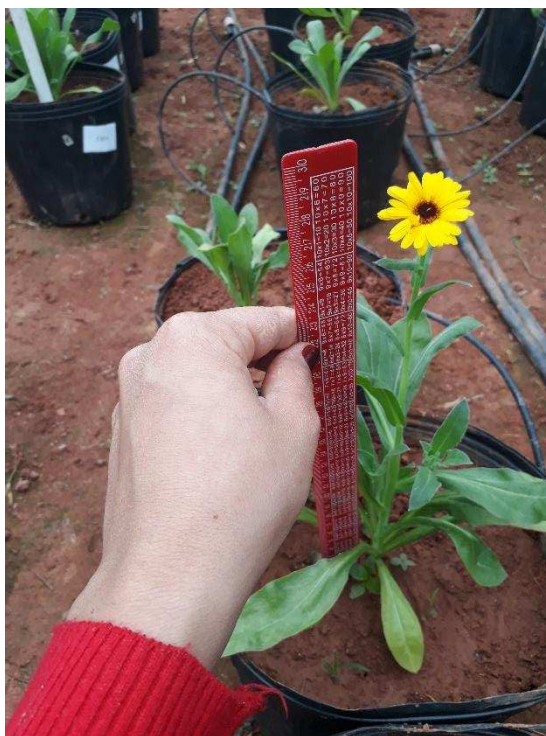


Figura 4 – Altura de Planta



Figura 5 - (A) Comprimento da Haste e (B) Diâmetro da Haste.

A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi determinada após a coleta das plantas todo o material vegetal (folha e haste) foi pesado em balança analítica. Já para obter a massa fresca da raiz (MFR), as raízes foram lavadas e posteriormente pesadas em balança analítica.

Para o número de folhas (NF) e número de capítulos por planta (NC) foram obtidos pela contagem manual.

2.6 Análise Estatística dos Dados

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, à 5% de probabilidade e as variáveis significativas foram ajustadas por análise de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 observa-se o resumo da análise de variância, as plantas cultivadas na tensão de 75 kPa morreram ao longo do experimento em função do estresse hídrico, desse modo foram analisadas as plantas submetidas à tensão de 10 e 40 kPa. Pode-se verificar que as variáveis em estudo sofreram influência da interação dos fatores em estudo. Desse modo, procedeu-se o desdobramento da interação.

Tabela 2 – Análise de variância

FV	GL	QUADRADO MÉDIO			
		AP	DH	CH	MFPA
T	1	950,722**	27,788**	1386,315**	0,013**
B	4	9,324 ^{ns}	0,168 ^{ns}	0,803 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
Erro 1	4	10,99	0,052	0,707	0,00002
D	3	65,482**	3,037**	95,955**	0,0032**
T x D	3	15,293**	0,684**	36,626**	0,0017**
Erro 2	24	6,8	0,049	0,992	0,000009
Total	39				
CV 1		10,14	2,59	2,68	10,83
CvV2		7,97	2,52	3,13	6,51

FV	GL	QUADRADO MÉDIO		
		MFR	NF	NC
T	1	0,004685**	13560,806**	53,661**
B	4	0,000006 ^{ns}	22,656 ^{ns}	0,177 ^{ns}
Erro 1	4	0,00002	58,931	0,086
D	3	0,00230**	2619,572**	12,823**
T x D	3	0,00027**	280,572*	1,248**
Erro 2	24	0,000018	38,377	0,2375
Total	39			
CV 1 (%)		10,83	12,6	11,16
CV 2 (%)		6,51	12,02	9,00

FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; T – Tensão, B – bloco; D – dose; CV 1 – coeficiente de variação da parcela; CV2 – coeficiente de variação da subparcela; AP – altura de planta; DC – diâmetro do capítulo; CH – comprimento da haste; DH – diâmetro da haste; MFPA – massa fresca da parte aérea; MFR – massa fresca da raiz; NF – número de folhas; NC – número de capítulos; * e ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – não significativo

A altura das plantas (figura 6) submetidas à tensão de 40 kPa apresentou ajuste linear com o aumento da dose de hidrogel no solo, ocorrendo um incremento de 12,22%, o que pode ser explicado pelo fato da diminuição do conteúdo de água as células vegetais favorecer o encolhimento e concentração de solutos nas células, caracterizando perda da turgidez, parâmetro este extremamente associado ao crescimento celular e com elevada sensibilidade ao estresse hídrico (Taiz e Zeiger, 1998).

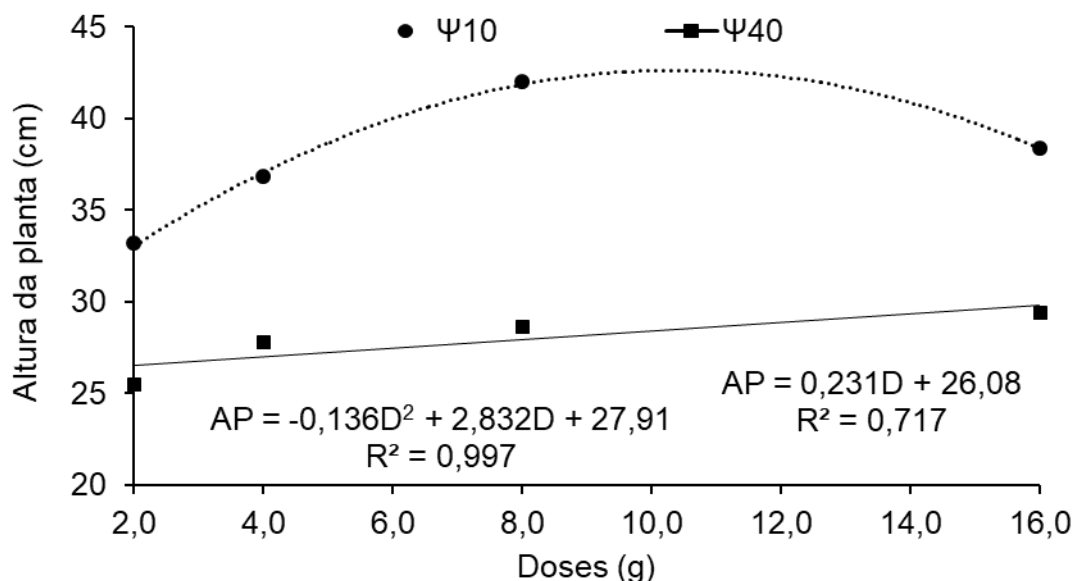


Figura 6 – Altura da planta em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo.

Para as plantas cultivadas em condição de capacidade de campo, 10 kPa, observa-se comportamento quadrático caracterizado pela presença de um ponto de máxima para a dose de 10,39 g de hidrogel, o que pode ser explicado pelo fato do solo estar em condição de excesso hídrico ocasionando estresse as plantas. Resultados semelhantes foram obtidos por Demuner et al. (2017) que verificaram menor valores de altura de plântulas de tomate em função do aumento da tensão da água no solo. Metwally et al. (2013) demonstraram efeito significativo do estresse hídrico sobre a altura da planta de calêndula, com o maior altura na condição de 75% da capacidade de campo e o menor em planta submetidas 25% da capacidade de campo.

O diâmetro da haste (Figura 7) das plantas submetidas à tensão de 40 kPa apresentando incremento linear correspondente à 16,87% em função das doses de hidrogel. Já as plantas em condição de capacidade de campo apresentaram um pouco de máxima na adição de 9,96 g de hidrogel, e decréscimo a partir desse ponto. O comportamento pode ser explicado pelo estabelecido por Taiz e Zeiger (1998), que afirmam que o crescimento e

alongamento celular estão estreitamente relacionados com a turgidez celular, que é perdida em plantas sob déficit hídrico. Por outro lado, plantas em condição de excesso hídrico podem apresentar desarranjo celular pelo elevado potencial osmótico.

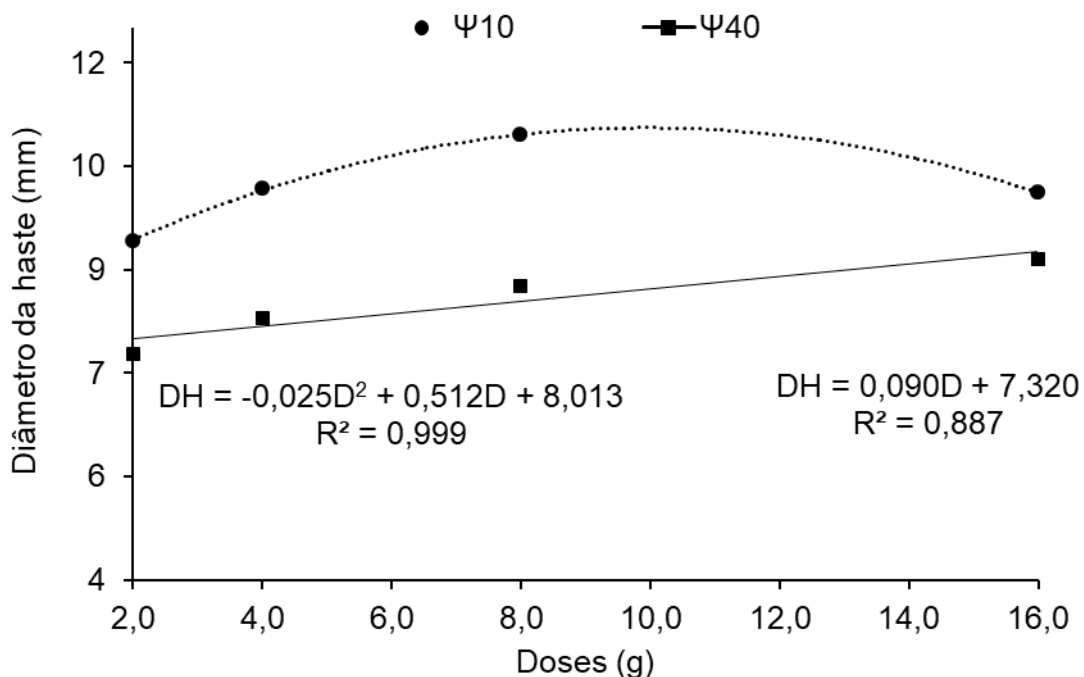


Figura 7 – Diâmetro da haste em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo.

Na figura 8 verifica-se que o comprimento da haste das plantas sob tensão de 40 kPa apresentaram incremento de 13,05% em função das doses de hidrogel, enquanto que as plantas cultivadas na tensão de 10 kPa, correspondente a capacidade de campo, obtiveram comportamento quadrático com ponto de máxima na dose de 10,67 g de hidrogel, possivelmente associado ao excesso hídrico a partir desse ponto desfavorecer o desenvolvimento e crescimento da planta. Taiz e Zeiger (1998) destacam que o estresse hídrico, seja por déficit ou excesso, ocasiona redução nos parâmetros de crescimento e desenvolvimento das plantas em função da interferência na turgidez celular.

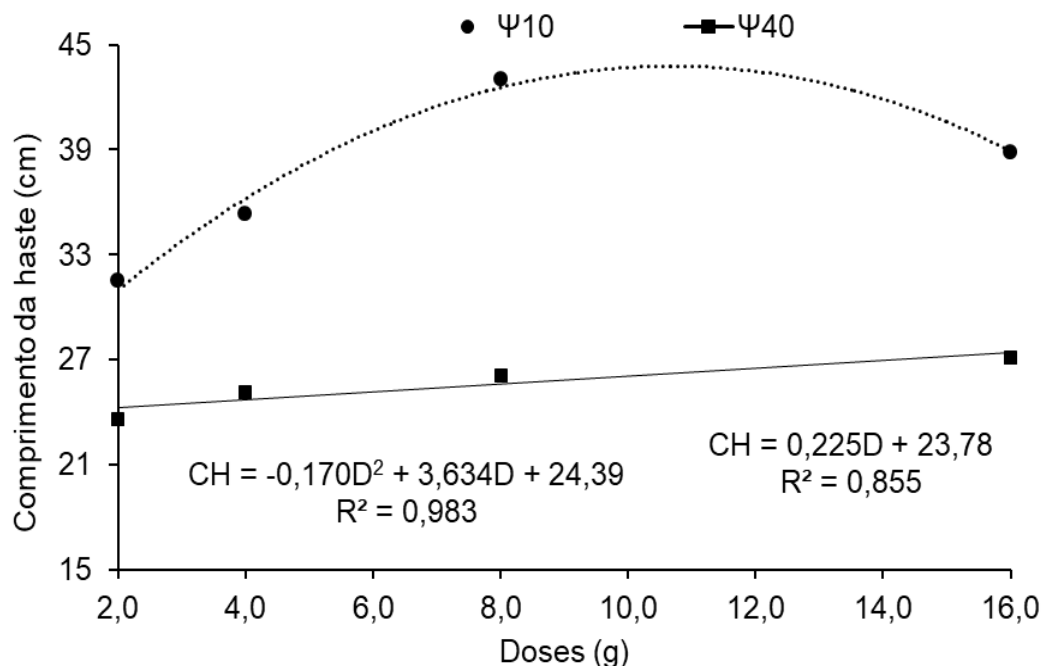


Figura 8 – Comprimento da haste em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo

Os resultados corroboram com os obtidos por Campos et al. (2016), que concluíram que a maior disponibilidade de água no solo proporcionou maior comprimento na haste de planta de girassol. Pirzad & Shokrani (2012), no entanto, não observaram efeito significativo sobre o comprimento da haste de calêndula submetida à suspensão da irrigação após a primeira, segunda e terceira colheita.

O desempenho da variável massa fresca da parte aérea das plantas submetidas à tensão de 40 kPa, semelhantemente, apresentou incremento com a adição das doses de hidrogel, correspondente à 83,17% (Figura 9). Já para as plantas cultivadas em condição de capacidade de campo, isto é 10 kPa, o comportamento quadrático evidencia a presença de um ponto de máxima na adição de 12,06 g de hidrogel ao solo.

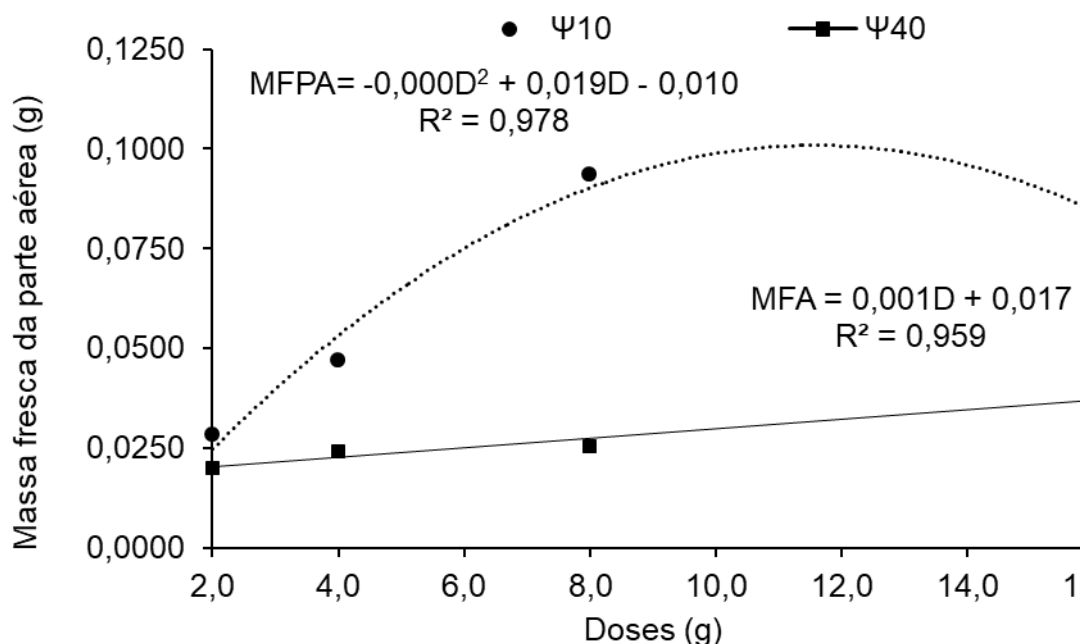


Figura 9 – Massa fresca da parte aérea em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo.

Taiz e Zeiger (1998) destacam que quando submetidas à condição de estresse hídrico as plantas tendem a reduzir sua área foliar como mecanismo de sobrevivência à limitação. Resultado semelhante foi obtido por Santos et al. (2016), que demonstram decréscimo na produção de matéria fresca alface quando submetida a estresse hídrico. Os efeitos ocasionados pelo déficit hídrico sobre as MFPA corroboram com os obtidos por Araújo et al. (2019), onde descrevem incremento linear da variação em função do aumento da disponibilidade hídrica.

A massa fresca da raiz apresentou influência das doses de hidrogel e das diferentes tensões de água no solo (Figura 10). Para a tensão de kPa o comportamento foi linear crescente em função do aumento das doses de hidrogel, com incremento de 128,83%. Por outro lado, as plantas submetidas à tensão de 10 kPa, correspondente a capacidade de campo, apresentaram ponto de máxima massa fresca da raiz com a adição de 14,67 g de hidrogel ao solo. A influência do hidrogel pode ser explicada pela melhoria nas características físicas do solo, como porosidade e capacidade de retenção de água, conforme descrito por Klein & Klein (2015). De acordo com Santos

et al. (2015) a adição de hidrogel ao solo proporciona elevação da umidade do solo o que, possivelmente, contribuiu para o aumento da massa fresca das raízes.

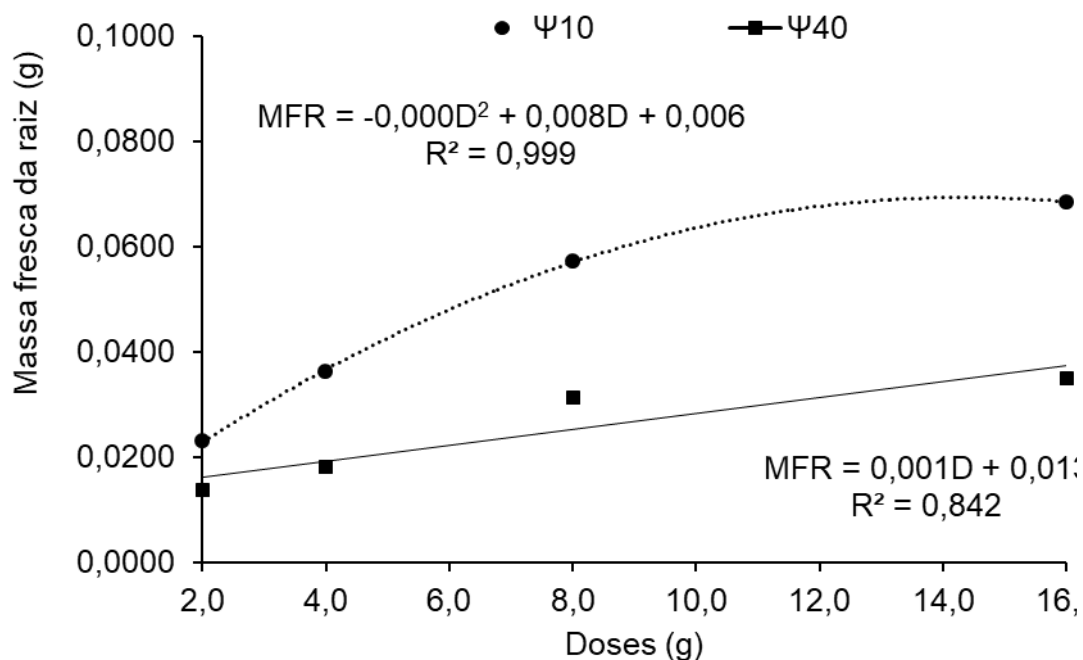


Figura 10 – Massa fresca da raiz em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo

O número de folhas (figura 11) apresentou incremento de 78,5% para as plantas submetidas à tensão de 40 kPa, evidenciando que a contribuição do hidrogel no aumento da retenção de água no solo fornece melhores condições de desenvolvimento da cultura. O ponto de máxima obtido para as plantas cultivada em capacidade de campo corresponde a dose de 10,67 g de hidrogel, indicando que ocorre um possível excesso de água no solo a partir desse ponto.

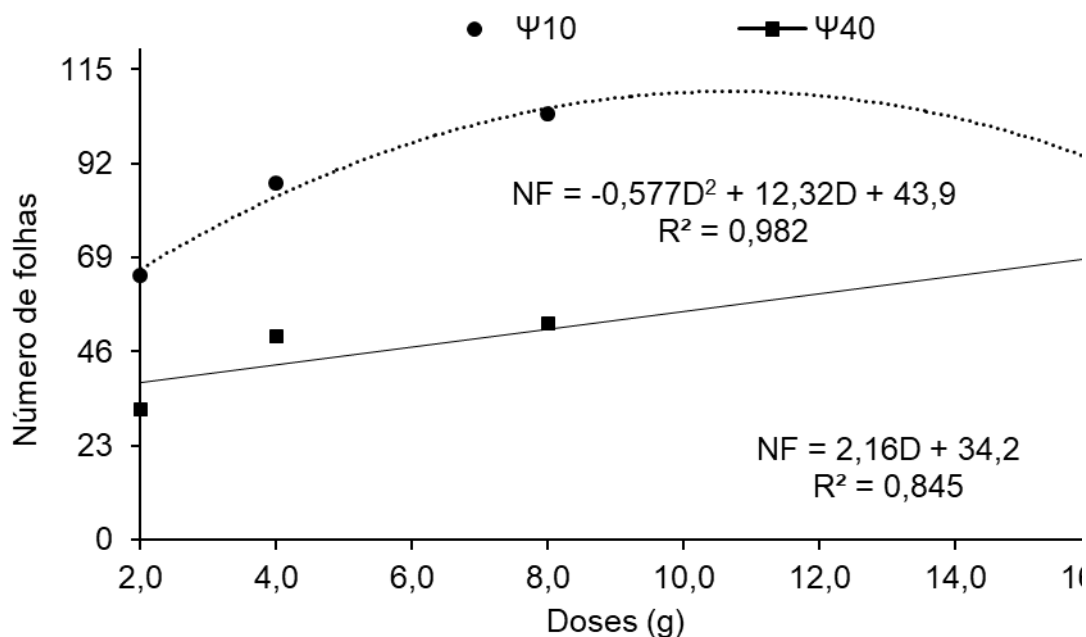


Figura 11 – Número de folhas em função das doses de hidrogel e tensões de água no solo

A possível explicação para o ocorrido se dá pela necessidade da planta em reduzir o número de folhas em função do estresse hídrico para propiciar maior redução da abertura estomática em caso de déficit hídrico. Quando em condição de excesso hídrico, as plantas tendem a reduzir sua produção, possivelmente, em função da redução de oxigenação radicular. Metwally et al. (2013) descrevem que a área foliar de planta de calêndula apresentou redução com a imposição do estresse hídrico. Parizi et al. (2010) verificaram efeito linear crescente no número de folhas de Kalanchoe em função da lamina de irrigação.

O uso do hidrogel mostrou de grande importância na economia de água e intervalos entre irrigações, uma vez que as plantas cultivadas com a dose de 16 g de hidrogel por vaso atingiram a tensão de 40 kPa apenas 21 dias após o início do manejo da irrigação, enquanto que para as plantas cultivada com a dose de 2 g de hidrogel por vaso atingiram a mesma tensão aos 7 dias após o início do manejo. Para a tensão de 40 kPa houve economia de 31% de água para a maior dose de hidrogel (16 g) em relação a menor dose (2 g), conforme pode ser visualizado na tabela 3.

Tabela 3 – Consumo Hídrico para cada tratamento

Tensão	Dose	Consumo (L)
10	2	5,840
10	4	7,765
10	8	6,790
10	16	7,155
40	2	3,520
40	4	4,195
40	8	3,660
40	16	1,095

Fonte: Autora

4 CONCLUSÕES

A interação dos fatores tensão de água no solo e doses de hidrogel apresentou efeito significativo no desenvolvimento da cultura da calêndula, especialmente para aquelas cultivada na tensão de 40 kPa.

Para as plantas cultivadas em condição de capacidade de campo ocorreu redução nos parâmetros avaliados, possivelmente em função do excesso hídrico, sendo necessário que indicado que a dose de hidrogel não ultrapasse 10 g por vaso.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C.B.O.; SANTOS, A.M.; FERNANDES, L.A.; MARTINS, E.R.; SAMPAIO, R.A.; COSTA, C.A.; LEITE, G.L.D. Uso da adubação orgânica e cobertura morta na cultura da calêndula (*Calendula officinalis* L.). Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 11, n. 2, p. 117-123, 2009.

ARAÚJO, F. M. L.; RODRIGUES, A. M. G.; FERNANDES, C. N. V.; SOBREIRA, A. E. A.; ALVES, J. L. DE S.; SILVA, A. R. A. DA. Cultivo de rabanete sob diferentes lâminas de irrigação e cobertura do solo. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 13, n. 2, p. 3327, 2019.

BISPO, R. D. C.; DE QUEIROZ, S. O. P.; DE OLIVEIRA, G. M.; DE CARVALHO, A. R. P.; FLORES, D. S. Agronomic performance of onion cultivars under different soil water tensions. IRRIGA, v. 22, n. 3, p. 485-496, 2017.

CÂMARA, G. R.; REIS, D. F.; ARAÚJO, G. L.; CAZOTTI, M. M.; DONATELLI JUNIOR, E. J. Avaliação do desenvolvimento do cafeeiro Conilon robusta tropical mediante uso de polímeros hidrorretentores e diferentes turnos de rega. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 7, n. 13; p. 135 - 146, 2011.

CAMPOS, V. B.; CHAVES, L. H. G.; GUERRA, H. O. C. Floração de *Helianthus annuus* L. com adubação NPK e conteúdo de água disponível no solo. J. Bioen. FoodSci., v.3, n.3, p.170-177, 2016.

DEMUNER, A. P. V.; MEIRELES, R. C.; REIS, L. S. DOS; VIEIRA, G. H. S.; GARCIA, W. A.; ZINGER, L.; PIRES, A. A. Emergência de plântulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em diferentes tensões de retenção de água no solo. Revista Thema, v. 14, n. 4, p. 44-54, 2017.

GENUCHTEN, M. T. V. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, 1980.

GIRARDI, L. B.; PEITTER, M. X.; BELLÉ, R. A.; ROBAINA, A. D.; TORRES, R. R.; KIRCHNER, J. H.; BEN, L. H. B. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alstroemeria (*Alstroemeria x hybrida*) cultivada em estufa. *Irriga*, v. 21, n. 4, p. 817-829, 2016.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.

LEITE JUNIOR, M. C. R.; FARIA, M. A. DE. Utilização da irrigação no controle do potencial matricial de água no solo e sua influência na produtividade do cafeeiro. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v. 14, n. 1, p. 533-544, 2016.

LOPES, A. S.; PAVANI, L. C.; CORÁ, J. E.; ZANINI, J. R.; MIRANDA, H. A. Manejo da irrigação (tensiometria e balanço hídrico climatológico) para a cultura do feijoeiro em sistemas de cultivo direto e convencional. *Engenharia Agrícola*, p. 89-100, 2004.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M DE. Plantas Ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 3. Ed., Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. *Water Resources and Irrigation Management*, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

METWALLY, S. A.; KHALID, K. A.; ABOU-LEILA, B. H. Effect of water regime on the growth, flower yield, essential oil and proline contents of *Calendula officinalis*. Nusantarabioscience, v. 5, n. 2, 2013.

NOMURA, M.; PEREIRA FILHO, J. M.; COSTA, E. M.; PEREIRA, L. S.; VENTURA, M. V. A. Avaliação de diferentes quantidades de hidrogel na produção de mudas de mamão papaya. Ipê AgronomicJournal, v. 3, n. 1, p. 19-25, 2019.

PARIZI, A.R.C., PEITER, M.X., ROBAINA, A.D., SOARES, F.C., VIVIAN, G.A., RAMAO, C.J. Níveis de irrigação na cultura do *Kalanchoe* cultivado em ambiente protegido. Ciência Rural 40: 854-861. 2010

PELEGRIN, A. J. D.; NARDINO, M., FERRARI, M.; CARVALHO, I. R.; SZARESKEI, V. J., BELLE, R.; SOUZA, V. Q. D. Polímeros hidroretentores na cultura da soja em condições de solo argiloso na região norte do Rio Grande do Sul. Revista de Ciências Agrárias, v. 40, n. 1, p. 175-182, 2016.

PELOSSO, O. A. DE O.; VIEIRA, M. DO C.; ZÁRATE, N. A. H.; SANTOS, M.C DOS. Produção e renda bruta da calêndula, alface e rabanete solteiros e consorciados com dois arranjos de plantas. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 2, p. 459-470, abr. 2012.

PINTO, L. E. V.; DE MARIA, A. C. G.; MARTINS, F. B.; PRADELA, V. A. Produção de mudas de tomate cereja com uso de polímero e diferentes regimes de reposição hídrica. Colloquium Agrariae, v. 13, n. Especial, p. 143-149, 2017.

PIRZAD, A.; SHOKRANI, F. Effects of iron application on growth characters and flower yield of *Calendula officinalis* L. under water stress. World Applied Sciences Journal, v. 18, n. 9, p. 1203-1208, 2012.

SANTOS, H. T. DOS; CARVALHO, D. F. DE; SOUZA, C. F.; MEDICI, L. O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. Engenharia Agrícola, v. 35, n. 5, p. 852-862, 2015. (b)

SANTOS, M. A. L. DOS; DOS SANTOS, D. P.; SILVA, D. S.; DOS SANTOS SILVA, M.; CAVALCANTE, P. H. S. Avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em inhame (*Dioscorea Cayennensis* L.). Ciência Agrícola, Rio Largo, v. 13, n. 1, p. 7-13, 2015(a).

SANTOS, M. A. L. DOS; SANTOS, D. P. DOS; MENEZES, S. M. DE; LIMA, D. F.; VIEIRA, J. P. DA S. Produção da cultura da alface (*Lactuca sativa* L) em função das lâminas de irrigação e tipos de adubos. Revista Ciência Agrícola, v. 13, n. 1, p. 33-40, 2016.

SOUZA, E. J.; CUNHA, F. F. DA; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, T. R.; SANTOS, O. F. Eficiência do uso da água pelo milho doce em diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada em cobertura. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 10, n. 4, p. 750, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. ed. Sunderland: Sinauer Associates, v. 998, p. 79, 1998.

VALADARES, S. V.; HONORIO, I. C.G.; CALDEIRA JUNIOR, C. F.; BARBOSA, C. K. R.; MARTINS, E. R.; FERNANDES, L. A. Adubação Orgânica de calêndula (*Calendula officinalis* L) produzida sobre grama batatais. Revista Biotemas, 23 (3), p. 21-23, setembro de 2010.

CAPÍTULO 2 – MANEJO SUSTENTÁVEL DE IRRIGAÇÃO UTILIZANDO HIDROGEL NO CULTIVO DE *Calendula officinalis* L.

RESUMO

São poucos os estudos voltados a estimativa da necessidade hídrica de plantas medicinais e ornamentais, como a calêndula. O uso de condicionadores de solo para o aumento da capacidade de retenção de água no solo em função da sua alta capacidade absorviva tem crescido nos últimos anos no setor agrícola, sendo observado benefícios consideráveis em relação ao aumento dos intervalos entre as irrigações. O presente objetivou avaliar o desempenho agrônômico e fisiológico da calêndula cultivada sobre diferentes doses de hidrogel e percentuais de umidade do solo. O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida. Nas parcelas tinha-se 3 percentuais de umidade (50; 75 e 100 % da capacidade de campo), enquanto que as subparcelas foram contempladas com 5 doses de hidrogel (0 g (testemunha), 1,25; 2,50; 5,00 e 7,50 g por vaso). Avaliou-se altura de planta, número de folhas, número de capítulos, diâmetro do capítulo, comprimento da raiz, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, teor de clorofila a e b e temperatura da superfície foliar. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, à 5% de probabilidade e as variáveis significativas foram ajustadas por análise de regressão. A adição do condicionador do solo atuou como mitigador dos efeitos do estresse hídrico sobre as plantas de calêndula. Embora o uso de hidrogel tenha favorecido o aumento da massa fresca e seca das raízes, a mesma apresentaram redução no seu crescimento indicando superficialidade, que no caso de culturas de maior porte pode ocasionar problemas, necessitando de novas investigações. A adição de hidrogel não elevou a salinidade do solo, no entanto é importante que se faça novas pesquisas com coletadas da solução durante todo o ciclo.

1 INTRODUÇÃO

A calêndula (*Calendula officinalis* L) é uma planta herbácea pertencente à família das *Asteraceae*, a planta é cultivada amplamente em jardins e paisagens, apresenta ciclo curto e caracteriza-se pela beleza de suas flores vermelho alaranjadas (Ejaz et al. 2015). Originária da Europa, além de ser cultivada como ornamental a calêndula apresenta elevada utilização na produção de cosméticos e fármacos (Ahmad et al. 2017). Yadegari (2017) destaca que suas flores contém óleos essenciais que são utilizados no tratamento de inflamações, sendo que a maior concentração ocorre na fase de floração plena e menor antes do florescimento. Embora apresente importância econômica e social, são escassez as pesquisas voltadas as condições ideais de cultivo da calêndula.

Sabe-se que a utilização da irrigação consiste uma técnica de otimização de produtividade das culturas. Fernández (2017) destaca que a irrigação tem por objetivo disponibilizar água no momento e quantidade certa a fim de melhorar a eficiência do seu uso e impacto na produção da cultura. O excesso ou déficit hídrico estão diretamente associados a produtividade das culturas (SHAH et al. 2016). A agricultura é responsável pelo consumo de 70% da água doce do mundo, e associado a isso o crescente aumento da população tem colocando o setor sobre constante pressão para produzir mais alimentos com redução no uso da água (WETTSTEIN et al. 2017), sendo necessário buscar alternativas que proporcionem redução na quantidade de água utilizada.

O uso de condicionadores de solo é uma alternativa para a redução da quantidade de água em cultivos agrícolas tendo em vista sua capacidade absorviva que confere a ele capacidade de reter água de 2 a 4 vezes com redução de irrigação e intervalos de até 50 % (FARAG et al. 2017). O hidrogel é um polímero hidro-retentor derivado do amido (natural) ou do petróleo (sintético)(AHMED2015), o qual é utilizado principalmente na produção de mudas para aumentar a capacidade de retenção de água no solo. No entanto, Monteiro Neto et al. (2017) destaca que existem algumas lacunas referentes ao uso do hidrogel no que diz respeito a quantidade

necessária no produto nas etapas do processo produtivo das culturas, colocando em dúvida sua utilização.

Albuquerque Filho et al. (2009) obtiveram incremento linear na matéria seca e fresca e número de folhas de coentro com a adição de 0,4,8,12 e 16 g de hidrogel por kg de solo seco. No cultivo da alface lisa, Santos et al. (2015) recomendam a utilização de 16 g por planta para alcance da maior produtividade e eficiência do uso da água. Fidelis et al. (2018), trabalhando com diferentes doses de hidrogel na cultura da soja sob estresse hídrico, verificaram que a dose de 15 kg ha⁻¹ foi a que proporcionou maior produtividade de grãos.

Portanto, considerando a escassez de pesquisas voltadas a necessidade hídrica e a quantidade de hidrogel necessária para proporcionar o melhor desenvolvimento da calêndula, o presente objetivou avaliar o desempenho agrônomo e fisiológico da calêndula cultivada sobre diferentes doses de hidrogel e percentuais de umidade do solo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Instalação e Localização do Experimento

O experimento foi instalado em ambiente protegido com estrutura em aço galvanizado apresentando 8 metros de comprimento e 7 metros de largura, localizado na área experimental de irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na cidade de Viçosa- MG, situada nas coordenadas latitude: -20.7546, longitude: -42.8825 20° 45' 17" Sul, 42° 52' 57" Oeste, altitude de 663 m. O experimento foi realizado entre os meses de março e julho de 2019.

2.2 Produção das mudas e preparo dos vasos

Para a produção das mudas de calêndula foram utilizadas sementes da cultivar sortida bonina ISLA® (98% pureza; 87% germinação), semeadas em bandejas de polietileno contendo 128 células, utilizando-se substrato

comercial HT hortaliças da empresa Vida Verde. A semeadura foi realizada no dia 01 de março de 2019, iniciando o processo de germinação 5 dias após

Foram utilizados vasos com 0,20 x 0,20 x 0,25 m de altura, base menor e base maior, respectivamente, para o transplântio das mudas, que ocorreu no dia 22 de abril de 2019 (51 DAS) (Figura 12). Os vasos receberam uma fina camada de brita e areia, para auxiliar na drenagem, e posteriormente 5 kg de solo de barranco peneirado. O solo utilizado no experimento foi anteriormente encaminhado para o Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante do Departamento de Solos (DPS) da UFV para análise química e física (Tabela 4) posteriormente foi corrigido com a aplicação de 5, 7 e 15 g de supersimples (18% de fósforo), ureia (45% de nitrogênio) e cloreto de potássio (58% de potássio), respectivamente. O solo utilizado é classificado como solo tipo 3, isto é, de textura argilosa em função do percentual de argila superior a 35%.

Tabela 4 - Análise química e física do solo

pH	P	K	Al ³⁺	H+Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	t	T	V
mg/dm ³			-----cmol _c /dm ³ -----						%	
4,69	1,90	41	0,18	2,80	0,86	0,24	1,21	1,39	4,01	30,2
Areia grossa			Areia fina			Silte		Argila		
kgkg ⁻¹			kgkg ⁻¹			kgkg ⁻¹		kgkg ⁻¹		
0,153			0,169			0,099		0,580		

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante do Departamento de Solos – UFV, 2018.



Figura 12 - Vasos com as plantas 6 dias após o transplântio (DAT).

2.3 Delineamento Experimental e Irrigação

O experimento foi instalado em delineamento em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida, em que as parcelas foram contempladas com 3 percentuais de umidade no solo e as subparcelas com 5 doses de hidrogel, totalizando 15 parcelas e 75 subparcelas experimentais, conforme visto na Figura13. O percentuais de umidade foram estabelecidos com base na umidade na capacidade de campo (UCC) obtida pela curva de retenção de água no solo, tendo correspondido a 100; 75 e 50 % da UCC. As doses de hidrogel foram estabelecidas de acordo com a recomendação do fabricante, que estabelece 1 g para cada kg de solo, tendo-se 0,0 ; 1,25 ; 2,5 ; 5,0 e 7,5 g vaso⁻¹

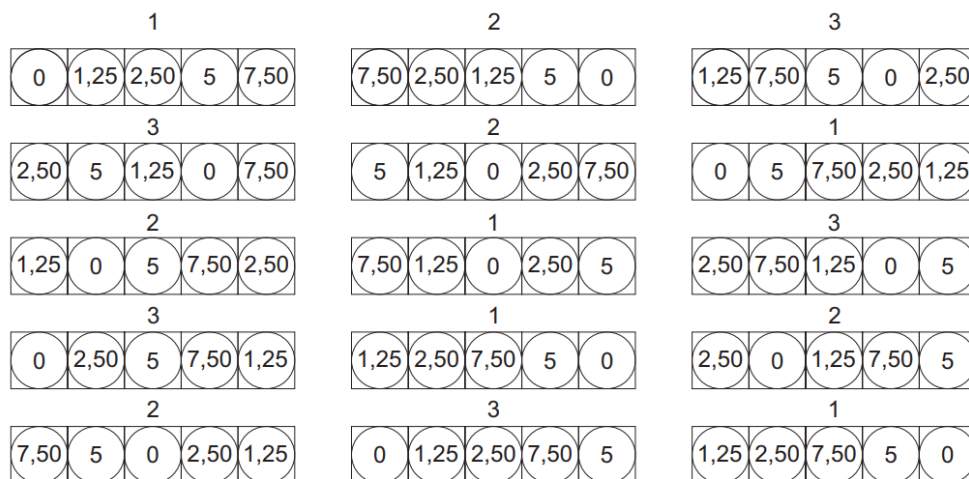


Figura 13 - Croqui de demonstração da distribuição dos tratamentos na área experimental

2.4 Manejo de Irrigação

O manejo de irrigação foi realizado por meio de irrigações diárias. Os vasos foram pesados diariamente com a finalidade de obter a quantidade de água equivalente aos percentuais da capacidade real de água no solo (GIRARDI et al. 2016). O peso basal foi obtido com base na curva de retenção de água no solo, considerando-se o percentual de umidade presente nos níveis estabelecidos. Para o cálculo do volume de água utilizou-se a equação 4.

$$IN = \text{Peso Basal} - \text{Peso Atual} \quad (4)$$

Em que:

IN – Irrigação Necessária (kg); Peso Atual – Peso diário (kg); Peso Basal – Peso obtido para a umidade estabelecida nos tratamentos (kg).

As curvas de retenção para as doses de 1,25, 2,5, 5,0 e 7,5 g foram obtidas por meio de interpolação (Figura 14). As curvas de retenção demonstraram um aumento superior a 43% da capacidade de campo do solo com a maior dose de hidrogel em relação ao solo sem adição do

condicionador de solo, saindo de uma umidade de $0,236 \text{ kg kg}^{-1}$ no solo sem hidrogel para $0,339 \text{ kg kg}^{-1}$ no solo com 7,5 g de hidrogel.

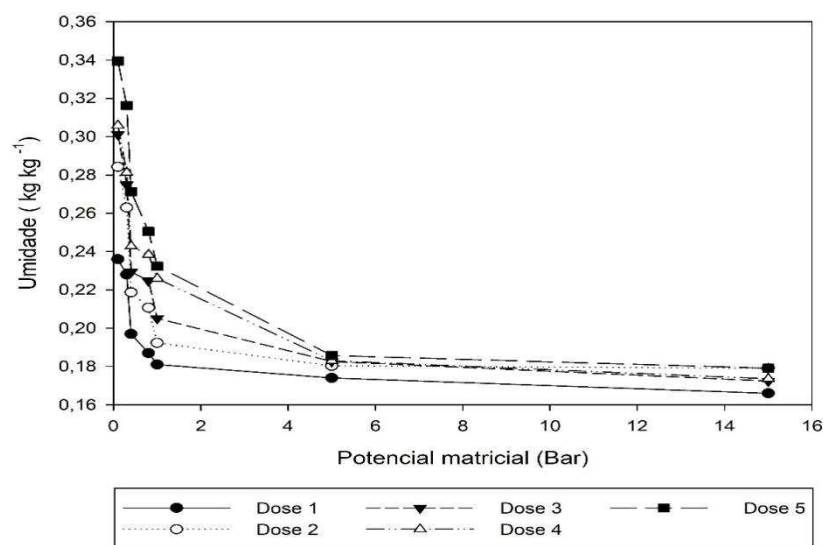


Figura 14 – Curva de retenção de água no solo com as doses de hidrogel

2.5 Parâmetros Analisados

Para análise da altura das plantas (AP) utilizou-se uma régua milimétrica medindo-se a distância entre o colo e o ápice foliar. O diâmetro do capítulo (DC) foi obtido com o auxílio de uma régua milimétrica, passando-se uma linha horizontal no centro do capítulo e medindo a extensão de uma extremidade à outra. No dia da colheita do experimento o número de folhas (NF) foi obtido pela contagem manual. O número de capítulos foi obtido pela contagem manual, somando os capítulos produzidos durante o ciclo da cultura. Já o diâmetro da haste (DH) foi obtido com a utilização de paquímetro. Para obtenção do comprimento da raiz foi utilizada uma régua milimétrica, medindo a extensão entre o coleto da planta e a região onde estavam contidas 80% do sistema radicular.

A obtenção da massa fresca da parte aérea (MFPA) e massa fresca da raiz (MFR) foi obtida pela pesagem em balança analítica do material coletado. Para obter a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) foram utilizados sacos de papel para acondicionar o material

vegetal e levá-lo à estufa de circulação forçada de ar à 45°C por 48 a 72 horas e então o material foi pesado em uma balança analítica

Para a avaliação do teor de clorofila (ClorA e ClorB) nas plantas foi utilizado um clorofilômetro portátil onde foi escolhida uma folha da região mediana da planta é aferido o teor de clorofila A e B. Já a temperatura de superfície (T) foi medida utilizando-se um termômetro digital (°C).

Para determinar a condutividade elétrica do solo (CEs) foi realizada uma análise para verificação da possível contribuição do hidrogel verificando o aumento da CEs. Para isto, anteriormente ao transplântio das mudas os vasos receberam 4 litros de água destilada, consistindo na irrigação de nivelamento. Após 7 dias foram coletadas amostra do solo e encaminhadas para o laboratório de qualidade de água (LQA) do DEA.

Para a análise da salinidade da solução do solo, seguiu-se a metodologia proposta por Matos (2012), em que foram utilizadas 10 g de terra fina seca ao ar pesadas em balança de precisão, acondicionadas em béquer de 40 ml e adicionados 25 ml de água destilada. A solução ficou em repouso por 2 horas e então foi realizada a medida da condutividade no sobrenadante, utilizando-se um condutivímetro de bancada. As médias foram submetidos a comparação de média pelo teste t à 5 % de probabilidade

2.6 Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, à 5% de probabilidade e as variáveis significativas foram ajustadas por análise de regressão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 5 apresenta o resumo da análise de variância. Pode-se verificar efeito significativo para as variáveis estudadas, desse modo procedeu com o desdobramento das interações por meio da análise de regressão.

Tabela 5 – Análise de Variância

FV	G.L	QUADRADO MÉDIO					
		AP	NF	NC	DH	CR	MFPA
U	2	476,03**	7388,49**	10,01**	13,86**	88,41**	7866,12**
B	4	0,672 ^{ns}	2,69 ^{ns}	0,433 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,68 ^{ns}	2,146 ^{ns}
Erro1	8	0,696	5,66	0,413	0,005	0,79	2,93
D	4	182,96**	2964,63**	6,16**	0,959**	111,90**	6487,29**
U x D	8	31,10**	282,47**	1,046**	0,202**	1,47*	605,60**
Erro 2	48	0,55	4,47	0,17	0,01	0,63	3,35
TOTAL	74						
CV 1		3,59	4,91	19,68	1,06	6,88	4,13
CV 2		3,2	4,37	12,93	1,55	6,11	4,41

FV	G.L	QUADRADO MÉDIO					
		MFR	MSPA	MSR	Clor. A	Clor. B	T
U	2	139,70**	12,69**	0,106**	156,44*	19,79**	12,93**
B	4	0,68 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,007 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,022 ^{ns}
Erro1	8	0,42	0,23	0,002	0,71	0,494	0,113
D	4	206,7**	37,17**	1,38**	42,65*	34,41**	5,39**
U x D	8	9,87**	1,041**	0,05**	8,76*	20,36**	2,18**
Erro 2	48	0,72	0,19	0,002	0,83	0,54	0,06
TOTAL	74						
CV 1 (%)		7,13	14,49	6,88	2,57	6,71	2,08
CV 2 (%)		9,39	13,09	6,42	2,77	7,04	1,6

FV – fonte de variação; GL – grau de liberdade; U – umidade, B – bloco; D – dose; CV 1 – coeficiente de variação da parcela; CV2 – coeficiente de variação da subparcela; AP – altura de planta; NF – número de folhas; NC – número de capítulos; DH – diâmetro da haste; CR – comprimento da raiz; MFPA – massa fresca da parte aérea; MFR – massa fresca da raiz; MSPA – massa seca da parte aérea; MSR – massa seca da raiz; ClorA – clorofila A; ClorB – clorofila B; T – temperatura de superfície; * e ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; ^{ns} – não significativo

Na figura 15 observou-se incremento de 12,25% na altura das plantas cultivadas na condição de 50% da capacidade de campo em função do aumento da dose de hidrogel, indicando que com o aumento da capacidade de retenção de água no solo o produto favorece o desenvolvimento da cultura. Para as umidades de 75 e 100% da capacidade de campo verificou-se a presença de um ponto de máxima, indicando que a combinação que a partir de certo ponto a cultura passa a responder negativamente em função do excesso de água no solo. Em condições de estresse hídrico pode ocorrer variações na turgidez celular, ocasionando impactos negativos no crescimento das plantas. Os dados obtidos não corroboram com Manganotti,

(2011) que ao trabalhar com sistemas de irrigação e tipos de cobertura do solo que não obteve efeito significativo do uso na irrigação para a altura de planta de calêndula.

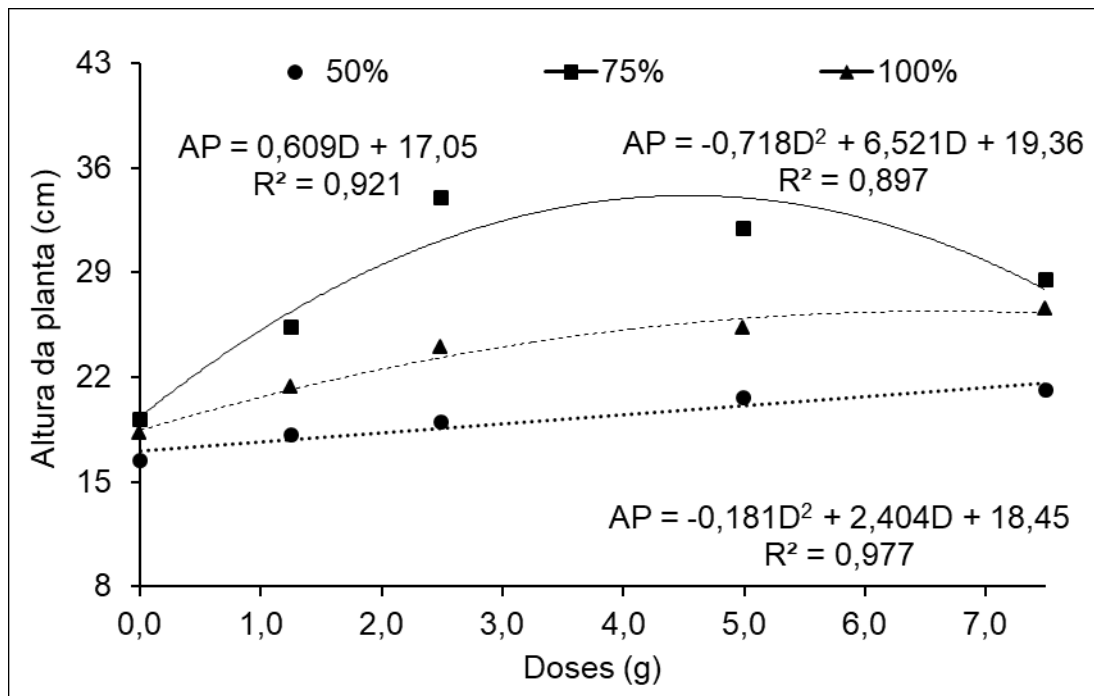


Figura 15 – Altura da planta em função das doses de hidrogel e umidade do solo

O número de folhas (NF) (figura 16) apresentou comportamento semelhante à altura de planta, tendo incremento de 67,45% para as plantas submetidas à 50% da capacidade de campo em função do aumento das doses de hidrogel, o que de acordo com Padilha et al. (2016) ocorre em função da intensidade do estresse hídrico, que além de ocasionar senescência foliar restringe o surgimento de novas folhas. Enquanto que para as plantas submetidas a 75 e 100% da capacidade de campo ocorre redução na produção de folhas possivelmente em função do excesso de água no solo, o que está de acordo com o estabelecido por Taiz e Zeiger (2009) ao descrever que plantas submetidas a excesso hídrico tem redução na oxigenação radicular o que acaba por aumentar a produção de etileno e consequentemente reduzir a emissão e aumentar a abscisão e senescência foliar.

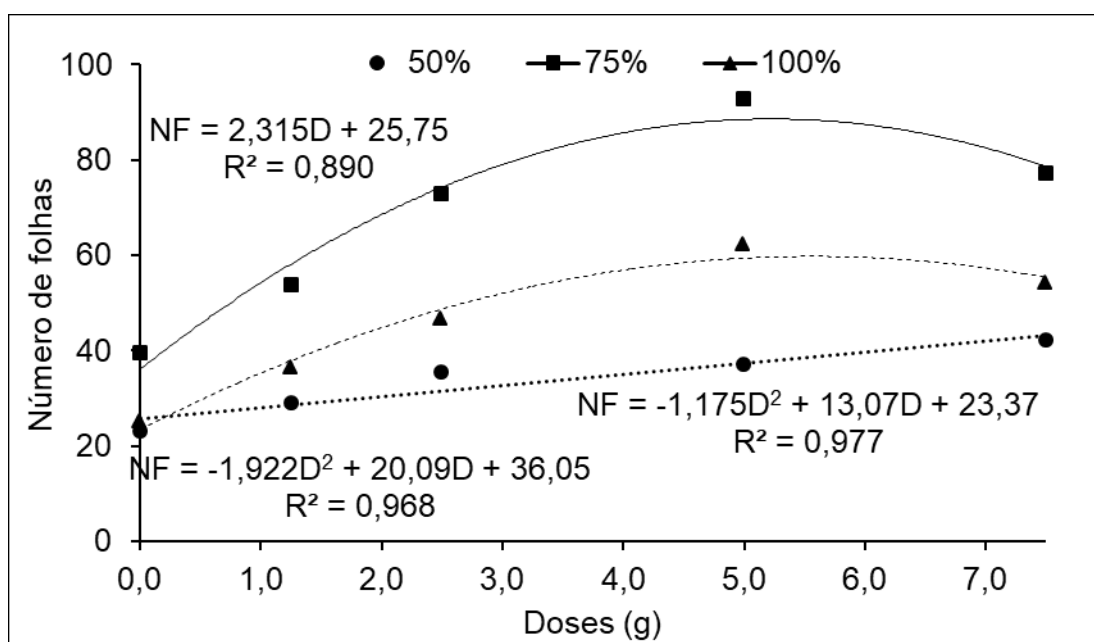


Figura 16 – Número de folhas em função das doses de hidrogel e umidade do solo

O número de capítulos (Figura 17) por planta apresentou incremento de 30,57% com o aumento progressivo das doses de hidrogel para as plantas cultivadas em condição de 50% da capacidade de campo, resultado importante tendo em visto que este é o principal parâmetro de produtividade da cultura. Para as plantas cultivadas em condição de 75 e 100% da capacidade de campo verifica-se a presença de pontos de máximas, possivelmente associado ao excesso hídrico.

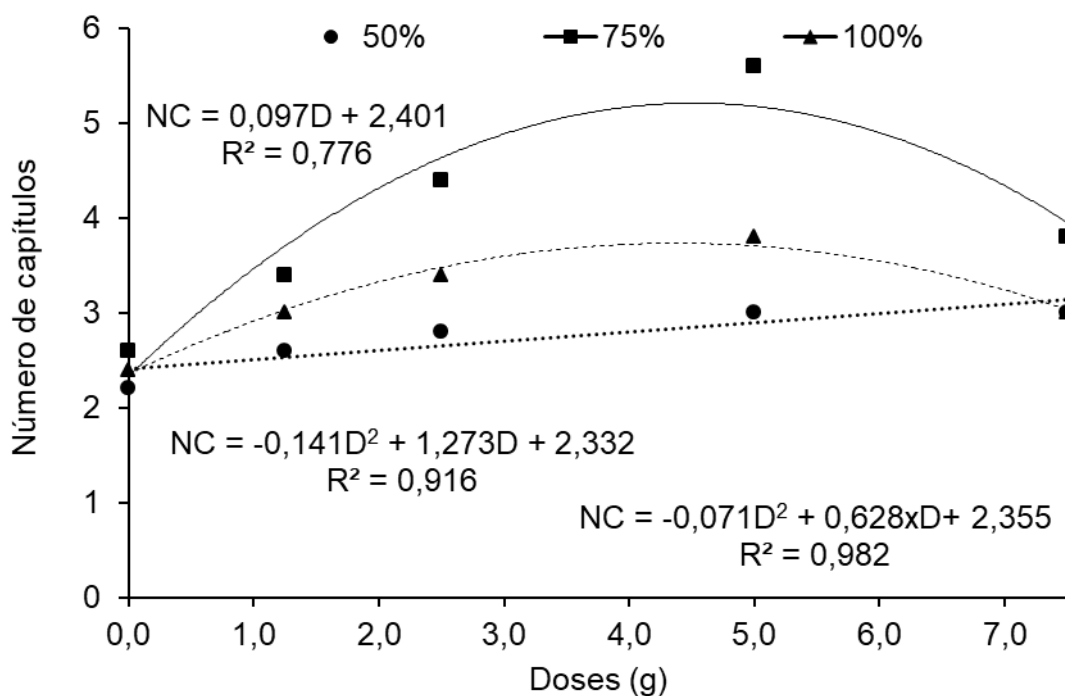


Figura 17 – Número de capítulos em função das doses de hidrogel e umidade do solo

A máxima produtividade de capítulo foi obtida para as doses de 4,52 para 75% da capacidade de campo e 4,38 para 100% da capacidade de campo, indicando que por estar com maior percentual de umidade o solo com 100% necessitou de uma menor dose de hidrogel para atingir a condição de excesso hídrico e desfavorecer a produção da cultura.

Na figura 18 verifica-se o comportamento do diâmetro da haste em função das doses de hidrogel e percentuais de umidade do solo. É possível observar que quando acondicionadas a condição de maior déficit hídrico, isto é, 50% da capacidade de campo o diâmetro apresenta-se linearmente crescente em função do aumento do hidrogel com incremento de 7,21%. Nas condições de 75 e 100% da capacidade de campo, no entanto, o diâmetro apresenta comportamento quadrático evidenciado pelos pontos de máximas de 4,87 e 4,10 g de hidrogel para os respectivos percentuais de umidade. Os resultados indicam o excesso hídrico decorrente da umidade e da dose de hidrogel causa impactos negativos no incremento do diâmetro.

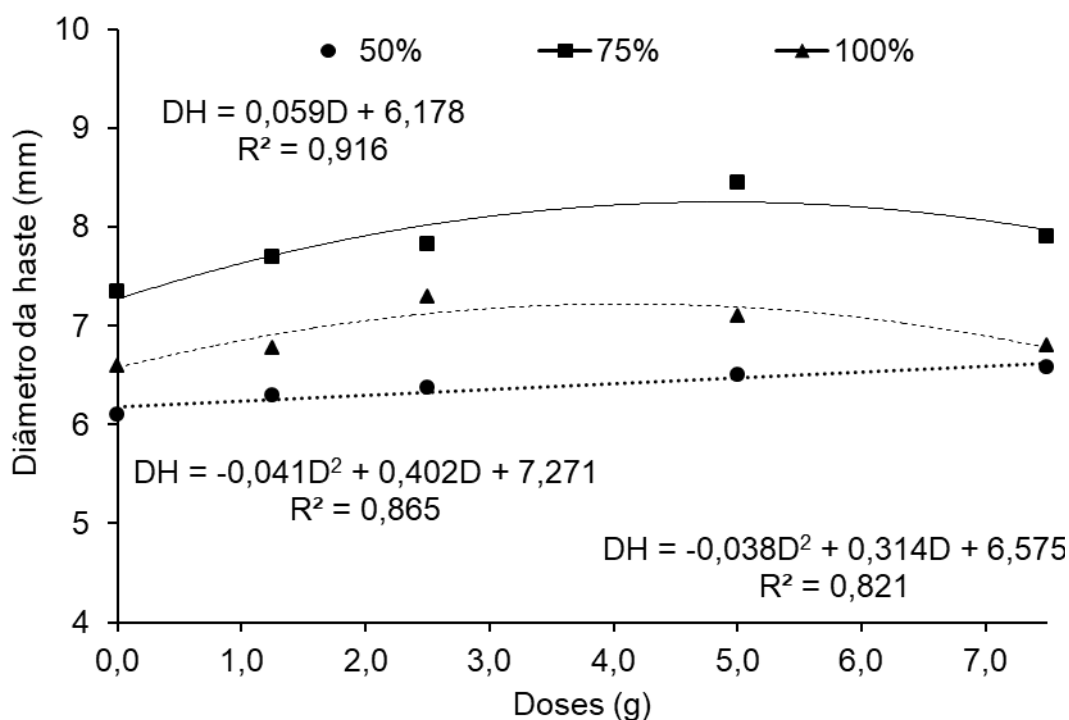


Figura 18 – Diâmetro da haste em função das doses de hidrogel e umidade do solo

O crescimento e alongamento celular apresentam íntima associação a turgidez celular, desse modo quando se tem condição de estresse ou excesso hídrico ocorre redução do diâmetro da haste por desarranjo celular. Dutra et al. (2012) verificaram incremento linear no diâmetro do caule de girassol com o aumento da reposição hídrica.

Para o comprimento da raiz (figura 19) verificou-se comportamento linear decrescente para as três condições de umidade do solo associada às doses de hidrogel, com redução de 41,57; 41,55 e 43,09 para as umidades de 50, 75 e 100% da capacidade de campo, respectivamente. Os resultados indicam que sistema radicular apresentou maior superficialidade, tendo em vista não necessitaram aprofundar suas raízes para a absorção de água e nutrientes, conforme descrito por Santos e Carlesso (1998) que afirmam que plantas sob condições de estresse hídrico necessitam aprofundar suas raízes para zonas mais úmidas do perfil do solo.

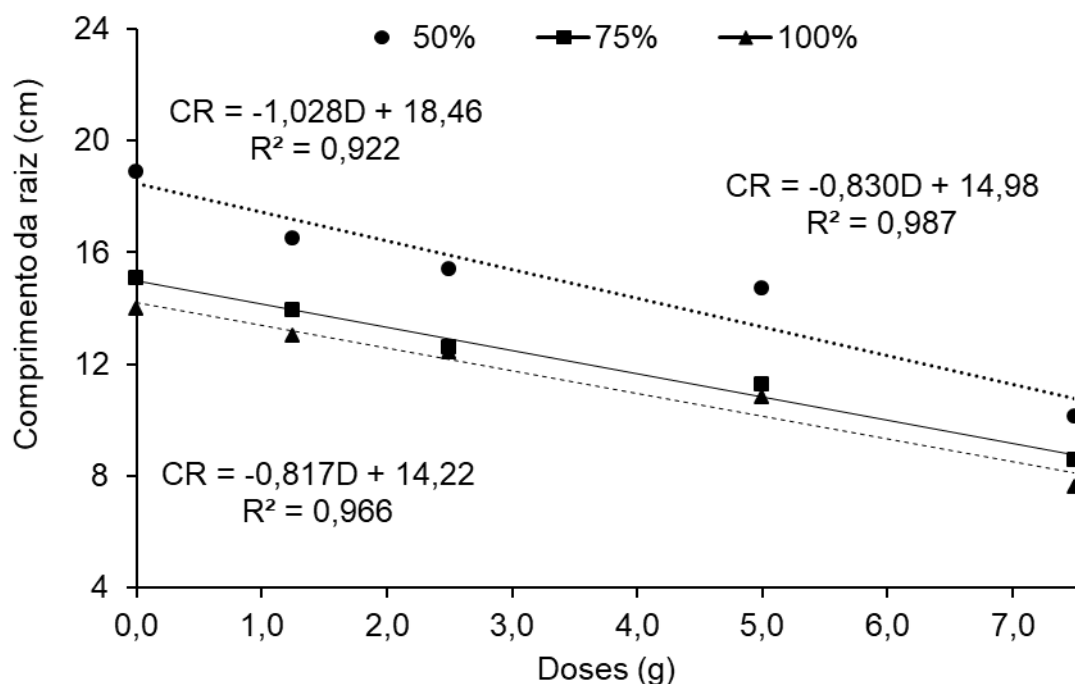


Figura 19 – Comprimento da raiz em função das doses de hidrogel e umidade do solo

Ponte Filho et al. (2018) verificaram incremento no comprimento da raiz de espécies arbóreas a partir da adição de 2 g L⁻¹, passando a decrescer a partir da adição de 3,5 g L⁻¹. Trabalhando com a cultura da beterraba, Silva et al. (2013) observaram que o comprimento da raiz decresceu com a diminuição do conteúdo de água no solo.

A massa fresca e seca da parte aérea (figuras 20 e 21) apresentaram comportamento semelhante com crescimento linear na condição de maior restrição hídrica e aumento das doses do condicionador de solo, os seja, 50% da capacidade de campo. Para as condições de 75 e 100% da capacidade de campo verifica-se a presença de ponto de máxima.

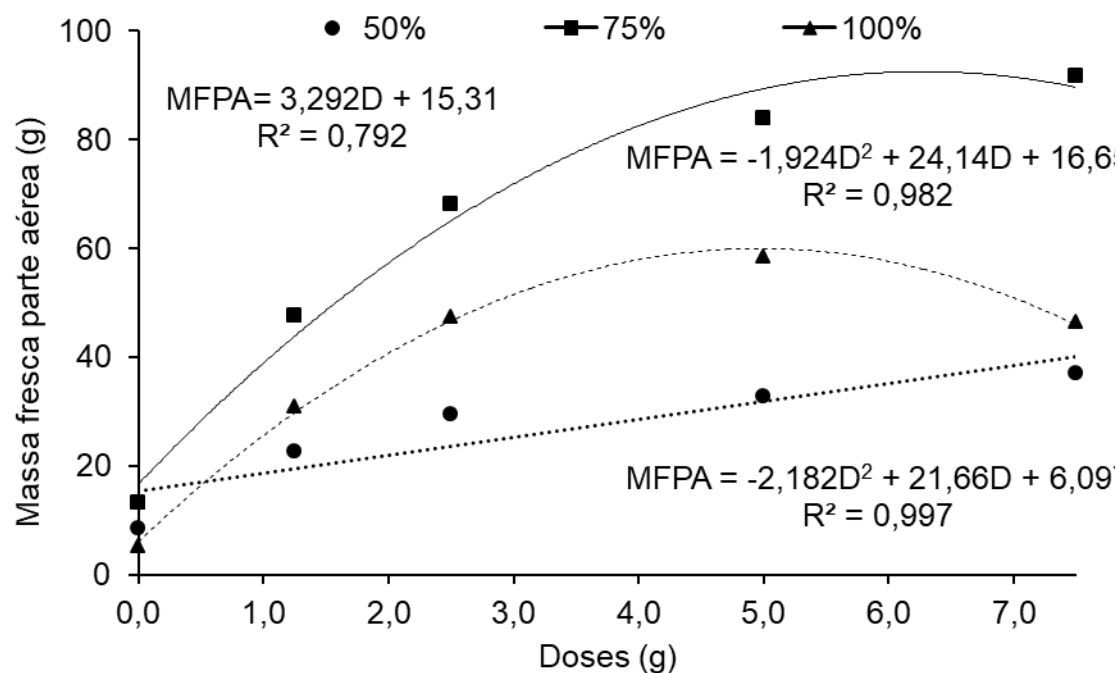


Figura 20 – Massa fresca da parte aérea em função das doses de hidrogel e umidade do solo

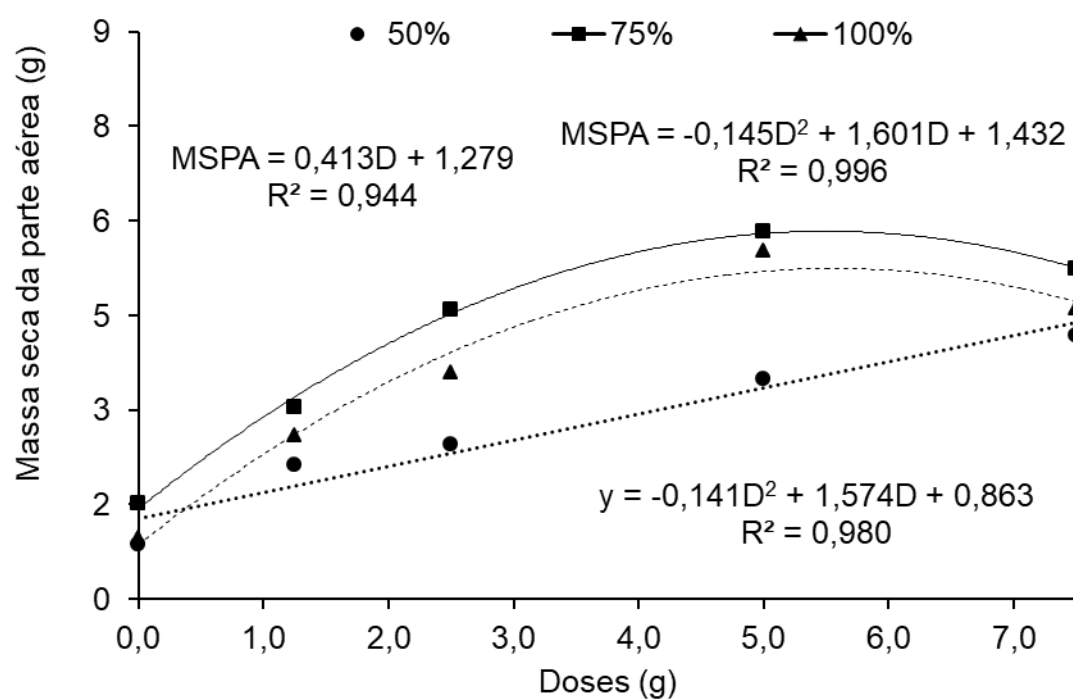


Figura 21 – Massa seca da parte aérea em função das doses de hidrogel e umidade do solo

A massa fresca apresentou máxima produção para as doses de 6,27 e 4,96 g de hidrogel para as umidades de 75 e 100% da capacidade de campo, respectivamente. Já para a massa seca, os pontos de máxima obtidos foram 5,50 e 4,38 g de hidrogel para as umidades de 75 e 100% da capacidade de campo, respectivamente. Silva et al. (2013) verificaram efeito linear decrescente da massa fresca da beterraba quando se teve diminuição do conteúdo de água no solo. Said-AIAhl et al. (2009), trabalhando com a cultura do orégano, verificaram que o maior incremento de matéria fresca foi obtido para a condição de umidade do solo próxima a 80% da capacidade de campo.

Ao analisar os resultados da massa fresca e seca da raiz verificou-se incremento linear (figura 22 e 23), indicando que o hidrogel favoreceu o desenvolvimento do sistema radicular, que de acordo com Klein e Klein (2015) se dá pela melhoria de propriedades do solo, como a porosidade e capacidade de retenção de água no solo pelo hidrogel.

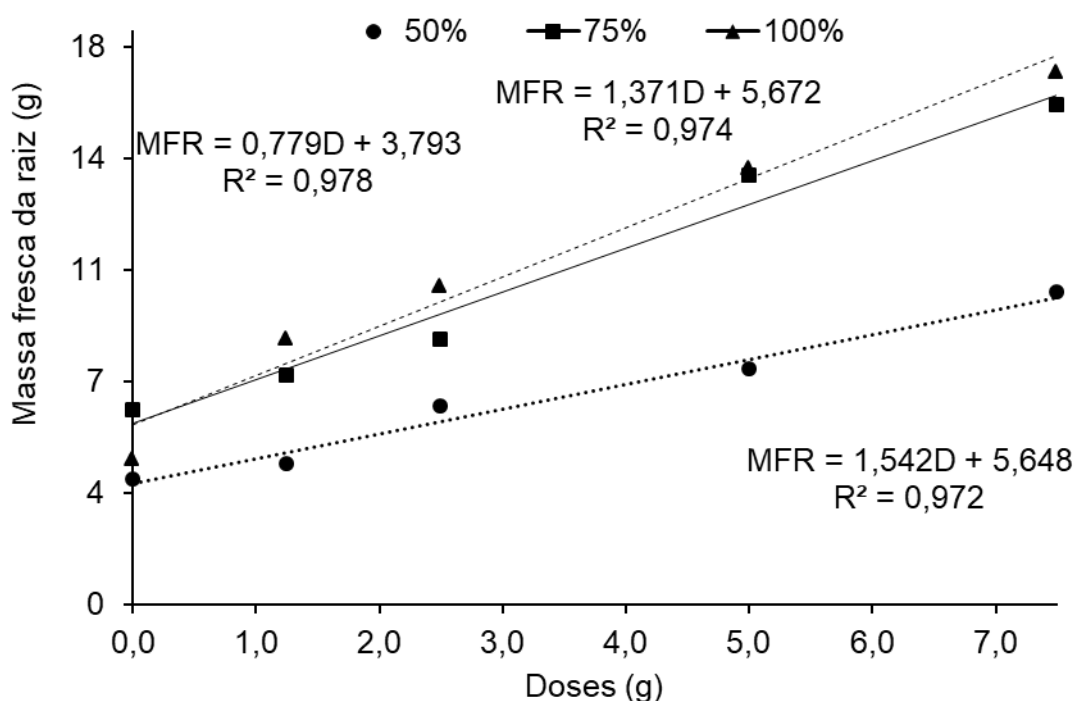


Figura 22 – Massa fresca da raiz em função das doses de hidrogel e umidade do solo

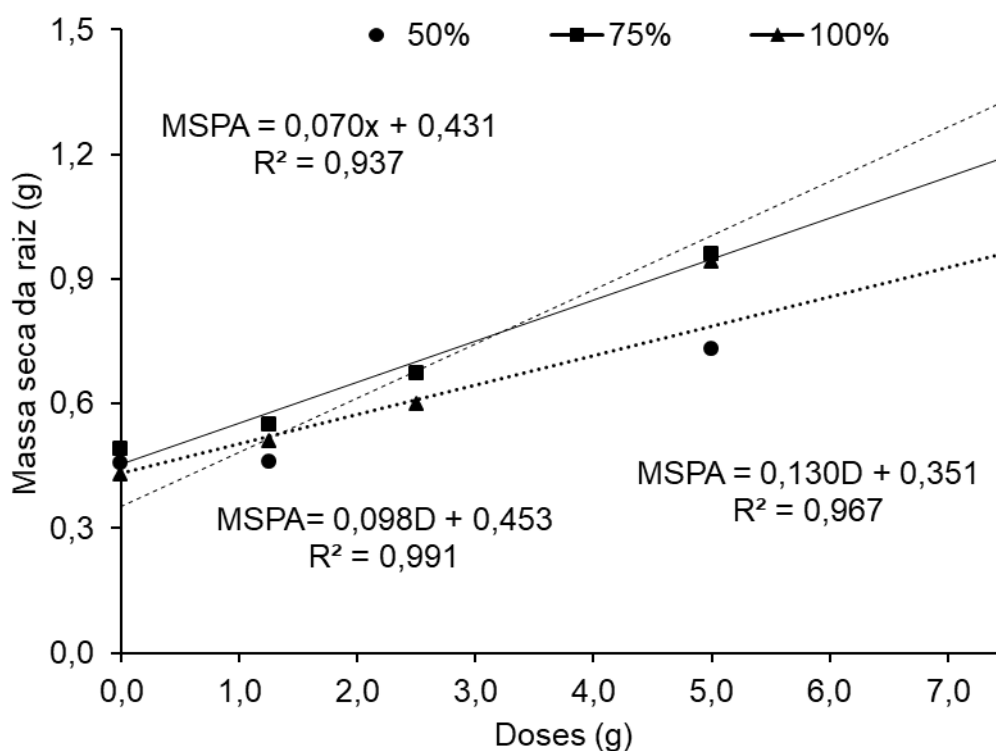


Figura 23 – Massa seca da raiz em função das doses de hidrogel e umidade do solo

Verifica-se que os maiores valores foram obtidos para a condição de 100% da capacidade de campo, enquanto que os menores foram obtidos para a condição de 50%, indicando a forte associação do aumento do conteúdo de água no solo com a adição do hidrogel.

O comportamento da massa fresca e seca da raiz é antagônico ao comprimento, deixando evidenciada a superficialidade das raízes. Contrapondo aos resultados obtidos no presente estudo, Marques e Bastos (2010) não obtiveram diferença no sistema radicular de pimentão cultivado com diferentes doses de hidrogel.

Na figura 24 e 25 estão apresentados os comportamentos da clorofila A e B, respectivamente. A clorofila é o principal pigmento das plantas, está contida nos cloroplastos e é responsável pelo processo fotossintético (Streit et al. 2005).

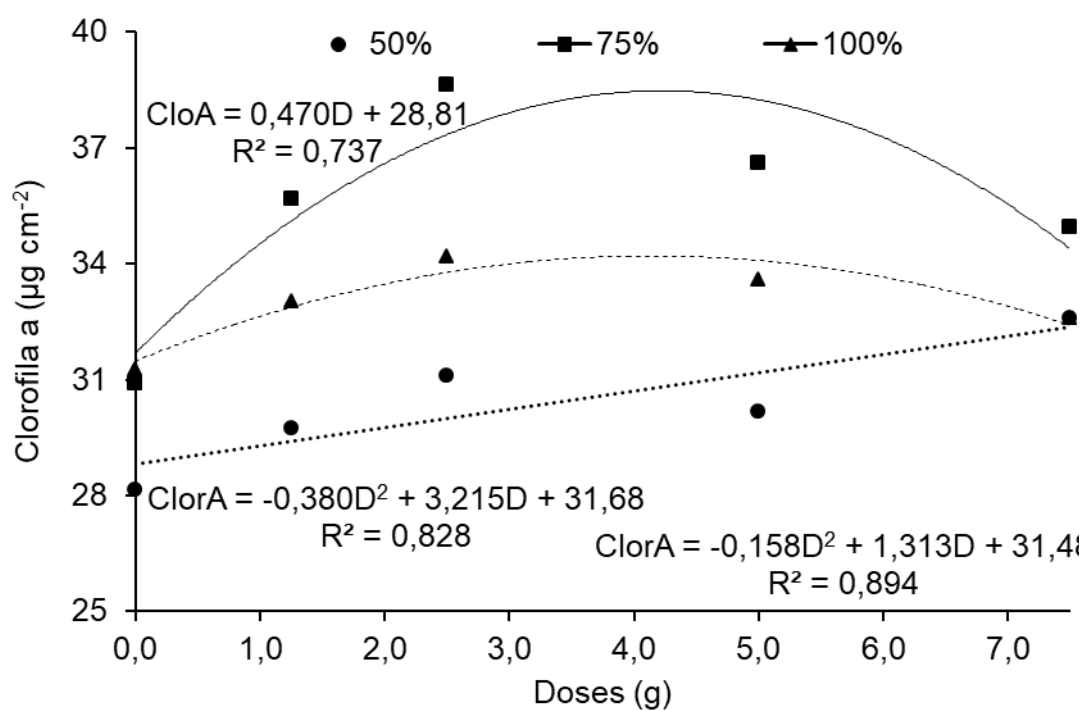


Figura 24 – Clorofila a em função das doses de hidrogel e umidade do solo

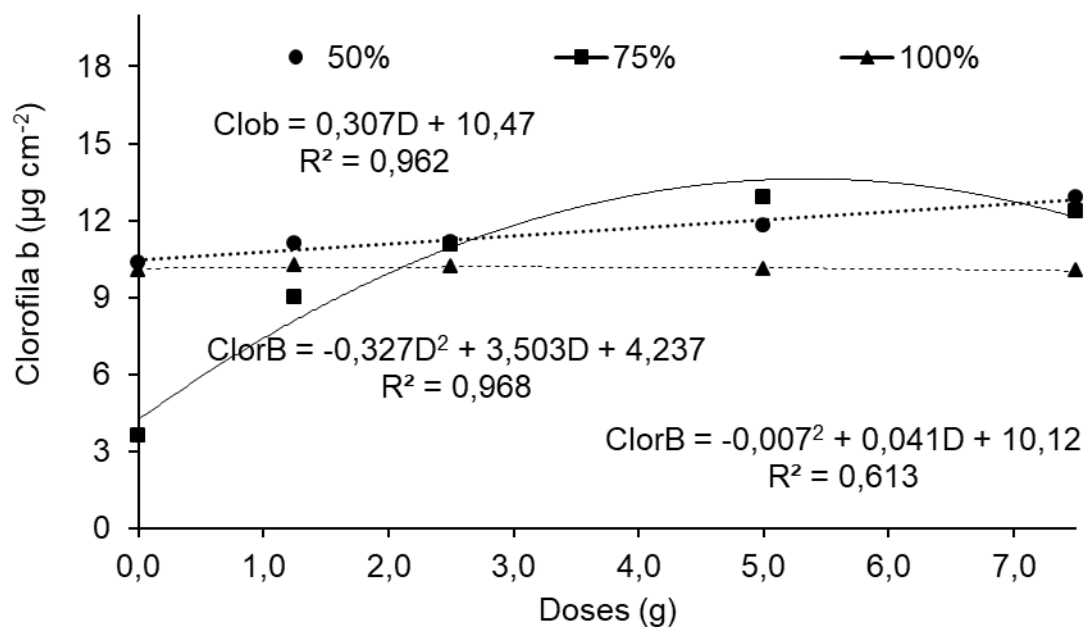


Figura 25 – Clorofila b em função das doses de hidrogel e umidade do solo

O comportamento da variável acompanha os parâmetros de massa fresca da parte aérea e número de folhas, tendo em vista que com a redução da área foliar os teores de clorofilas tendem a reduzir, trazendo impacto sobre a fotossíntese e produtividade das culturas. Para Silva et al. (2017) a redução dos teores de clorofilas em plantas sobre estresse ou excesso hídrico pode ser explicada pelo estresse oxidativo, ocasionado pela foto-oxidação dos pigmentos que gera degradação das moléculas de clorofila. (Mendes et al. 2011) destacam no entanto que o teor de clorofila pode aumentar ou diminuir dependendo da espécie em estudo, considerando este um parâmetro adaptativo da planta em resposta ao estresse.

É possível observar na figura 26 que a temperatura da superfície foliar. As plantas sob regime hídrico de 50% da capacidade de campo apresentaram leve incremento de 1,17% em função do estresse hídrico acentuado. Já aquelas cultivadas sob regime hídrico de 75 e 100% da capacidade de campo apresentaram redução linear na sua temperatura foliar, indicando que ao aumentar a dose de hidrogel, e consequente reposição hídrica, as folhas conseguiram regular sua temperatura. A elevação da temperatura foliar é um importante indicativo de estresse hídrico nas culturas, tendo em vista que em condição de estresse as plantas reduzem sua abertura estomática, reduzindo as trocas gasosas e consequentemente eleva sua temperatura foliar.

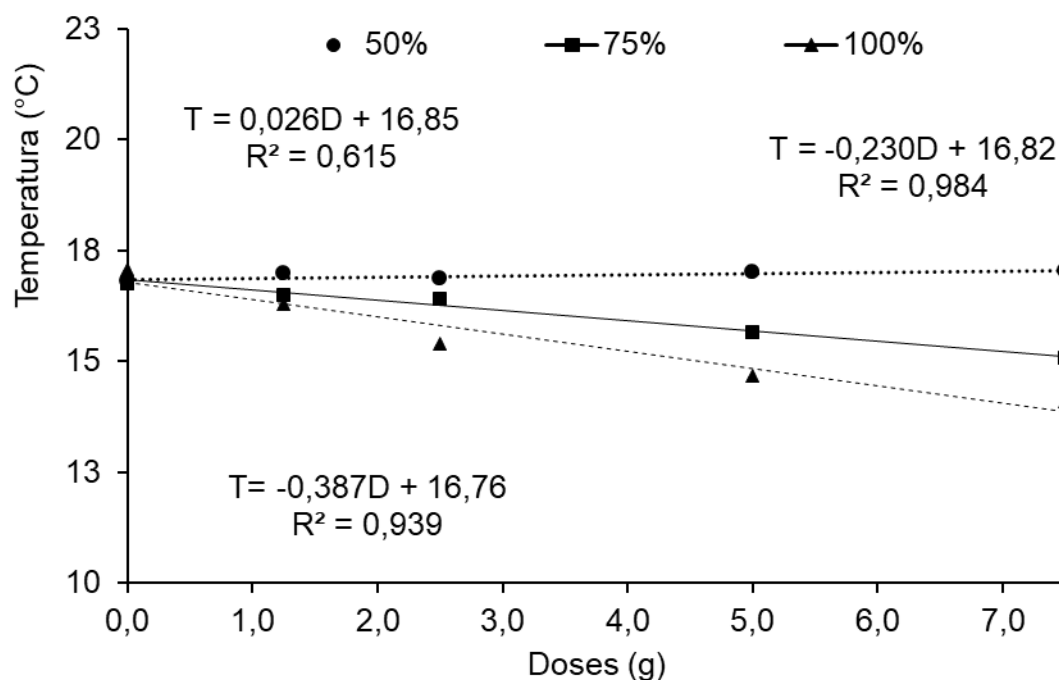


Figura 26— Temperatura foliar em função das doses de hidrogel e umidade do solo

Silva et al. 2015 descrevem que decréscimo da temperatura foliar de plantas de berinjela com o aumento da reposição hídrica. Ao trabalharem com a cultura do tomate, Morales et al. (2015) verificaram que com a redução da umidade do solo houve elevação da temperatura foliar, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Na Tabela 6 foram apresentados os valores de condutividade elétrica do solo após a homogeneização com as doses de hidrogel. Não observou-se variação significativa nos valores, contrapondo o resultado descrito por Mendonça et al. (2013), que demonstraram um aumento gradual na salinidade do solo com o incremento da dose de hidrogel. Vale salientar no entanto, que os autores realizaram coletas ao longo do período experimental, diferentemente do realizado nessa pesquisa.

Tabela 6 – Condutividade elétrica do solo com a adição das doses de hidrogel

	Condutividade Elétrica do Solo (dS m ⁻¹)
Dose 1 (0,00 g vaso ⁻¹)	2,37 a
Dose 2 (1,25 g vaso ⁻¹)	2,41 a
Dose 3 (2,50 g vaso ⁻¹)	2,38 a
Dose 4 (5,00 g vaso ⁻¹)	2,46 a
Dose 4 (7,00 g vaso ⁻¹)	2,34 a

Média seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo teste t, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autora

A tabela 7 apresenta o consumo hídrico para cada tratamento, pode-se observar que o maior consumo foi obtido para a dose de 5 g de hidrogel vaso⁻¹ e 75 % da capacidade de campo. O menor valor, obtido para a umidade de 50% da capacidade de campo e 7,5 g de hidrogel vaso⁻¹, indicada a capacidade absortiva do polímero, favorecendo a economia da água.

Tabela 7 – Consumo Hídrico da calêndula para cada tratamentos.

Umidade	Dose	Consumo (L)
50	0	4,087
50	1,25	4,166
50	2,5	5,133
50	5	4,383
50	7,5	3,996
75	0	4,003
75	1,25	5,338
75	2,5	4,605
75	5	5,733
75	7,5	5,208
100	0	4,683
100	1,25	5,135
100	2,5	5,428
100	5	5,070
100	7,5	5,135

Fonte: Autora

4 CONCLUSÕES

A adição do condicionador do solo atuou como mitigador dos efeitos do estresse hídrico sobre as plantas de calêndula.

Embora o uso de hidrogel tenha favorecido o aumento da massa fresca e seca das raízes, a mesma apresentou redução no seu crescimento indicando superficialidade, que no caso de culturas de maior porte pode ocasionar problemas, necessitando de novas investigações.

A adição de hidrogel não elevou a salinidade do solo, no entanto é importante que se faça novas pesquisas com coletadas da solução durante todo o ciclo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, I., JABEEN, N., ZIAF, K., DOLE, J. M., KHAN, M. A. S., & BAKHTAVAR, M. A. Macronutrient application affects morphological, physiological, and seed yield attributes of *Calendula officinalis* L. Canadian journal of plant science, v. 97, n. 5, p. 906-916, 2017.

AHMED, E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. Journal of advanced research, v. 6, n. 2, p. 105-121, 2015.

ALBUQUERQUE FILHO, J. A., LIMA, V. L. D. U., MENEZES, D. U. D., AZEVEDO, C. A., DANTAS NETO, J. U., & Silva Júnior, J. G. D. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.13, n.6, p.671–679, 2009.

DUTRA, C. C.; DO PRADO, E. A. F.; PAIM, L. R.; SCALON, S. D. P. Q. Development of sunflower plants under different conditions of water supply. Semina: Ciências Agrárias, v. 33, n. 6 Supl1, p. 2657-2668, 2012.

EJAZ, M.; PARVEEN, S.; SHAH, R.; ALL, M.; KAKAR, H. Effect of saline irrigation water on growth parameters of *Calendula* (*calendula officinalis*) seeds. Life Sci. Int. J., v. 9, p.3287-3300, 2015.

FARAG, A. A.; Eltaweel, A. A.; Abd-Elrahman, S. H.; Ali, A. A.; Ahmed. M. S. M. Irrigation regime and soil conditioner to improve soil properties and pomegranate production in newly reclaimed sandy soil. Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition. v. 1, n. 2, p. 1-18, 2017.

FERNÁNDEZ, J. Plant-based methods for irrigation scheduling of woody crops. Horticulturae, v. 3, n. 2, p. 35, 2017.

FIDELIS, R. R.; LOPES, M. B. S.; MARTINEZ, R. A. S.; MARQUES, K. R., DE SOUZA AGUIAR, R. W.; VELOSO, D. A. Influence of hydrogel use on soybean cultivation hydric stress. *Bioscience Journal*, v. 34, n. 5, 2018.

GIRARDI, L. B.; PEITTER, M. X.; BELLÉ, R. A.; ROBAINA, A. D.; TORRES, R. R.; KIRCHNER, J. H.; BEN, L. H. B. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da alstroemeria (*Alstroemeria x hybrida*) cultivada em estufa. *Irriga*, v. 21, n. 4, p. 817-829, 2016.

KLEIN, C.; KLEIN, V. A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 1, p. 21-29, 2015.

MANGANOTTI, S. A. Produção de biomassa, teor de flavonoides e qualidade microbiológica de calêndula (*Calendula officinalis* L.) em dois sistemas de irrigação e três coberturas do solo, 2011. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais.

MARQUES, P.A.A.; BASTOS, R.O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava, v.3, n.2, p.53-57, 2010.

MATOS, A.T. Qualidade do meio físico ambiental: Práticas de laboratório. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2012. 150p.

MENDES, B. S. DA S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C. DA; OLIVEIRA FILHO, R. A. DE; CAMARA, T. R. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 3, p. 71-77, 2011.

MENDONÇA, T. G.; URBANO, V. R.; PERES, J. G.; SOUZA, C. F. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no

solo. Water Resources and Irrigation Management, v. 2, n. 2, p. 87-92, 2013.

MONTEIRO NETO, J. L. L.; ARAUJO, W. F.; CHAGAS, E. A.; SIQUEIRA, R. H. DA S.; OLIVEIRA, G. A.; ABANTO-RODRIGUEZ, C. Hydrogels in Brazilian Agriculture. Revista Agro@mbiente On-line, v. 11, n. 4, p. 347-360, 2017.

MORALES, R. G. F., RESENDE, L. V., BORDINI, I. C., GALVÃO, A. G., REZENDE, F. C. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. Scientia Agraria, v. 16, n. 1, p. 9-17, 2015.

PADILHA, N., DA S. DE S., C. J., PEREIRA, S. B., DA SILVA, J. A. N., HEID, D. M., BOTTEGA, S. P., SCALON, S. D. P. Q. Crescimento inicial do pinhão-mansão submetido a diferentes regimes hídricos em latossolo vermelho distrófico. Ciência Florestal, v. 26, n. 2, p. 513-521, 2016.

PONTES FILHO, R. A.; GONDIM, F. Ar.; COSTA, M. C. G. Seedling growth of tree species under doses of hydrogel and two levels of luminosity. Revista Árvore, v. 42, n. 1, 2018.

SAID-AL AHL, H.A.H.; OMER, E.A.; NAGUIB, N.Y. Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of orégano. International Agrophysics, Lublin, v.23, n.3, p.269-275, 2009.

SANTOS, H.T.; CARVALHO, D.F.; SOUZA, C.F.; MEDICI, L.O. Lettuce growing under automated irrigation and hydrogel application. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.35, n.5, p.852-862, 2015.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SHAH, W. A.; HAYA, Z., AMIN, R., ANWAR, S.; ISLAM, M., IKRAMULLAH, A. Effect of irrigation levels and seed rates on wheat production. *Pure and Applied Biology*. n. 5, n. 4, p.895-905, 2016.

SILVA, A. O. DA; SILVA, E. F. DE F. E; KLAR, A. E. Eficiência do uso da água em cultivares de beterraba submetidas a diferentes tensões da água no solo. *Water Resources and Irrigation Management*, v.2, n.1, p.27-36, 2013.

SILVA, A. R. A. DA, BEZERRA, F. M. L., DE LACERDA, C. F., DE SOUSA, C. H. C., & CHAGAS, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 10, n. 4, p. 317-325, 2017.

SILVA, F. G. DA, DUTRA, W. F., DUTRA, A. F., OLIVEIRA, I. M. DE, FILGUEIRAS, L., & DE MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 19, n. 10, 2015.

STREIT, N. M., CANTERLE, L. P., CANTO, M. W. D., & HECKTHEUER, L. H. H. The chlorophylls. *Ciência Rural*, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2009.

WETTSTEIN, S.; MUIR, K.; SCHARFY, D.; STUCKI, M. The environmental mitigation potential of photovoltaic-powered irrigation in the production of South African maize. *Sustainability*, v. 9, n. 10, p. 1772, 2017.

YADEGARI, M.; SHAKERIAN, A. Irrigation periods and Fe, Zn foliar application on agronomic characters of *Borago officinalis*, *Calendula officinalis*, *Thymus vulgaris* and *Alyssum desertorum*. *Advances in Environmental Biology*, p. 1054-1063, 2017.