

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Respostas do girassol a diferentes doses de hidrogel

Grasiela Ferraz Perpétuo

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2017**

Grasiela Ferraz Perpétuo
Engenheira Agrônoma

Resposta do girassol à diferentes doses de hidrogel
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profa. Dra. **PATRÍCIA ANGÉLICA ALVES MARQUES**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Engenharia
de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Perpétuo, Grasiela Ferraz

Respostas do girassol a diferentes doses de hidrogel / Grasiela Ferraz Perpétuo.- - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011 - - Piracicaba, 2017.

47 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Paisagismo 2. Manejo de Irrigação 3. *Helianthus annuus* 4. Eficiência do uso da água I. Título

Ao meu pai Abner Perpétuo com muito amor, saudade e pela satisfação de tê-

lo tido como colega de profissão;

Minha Mãe, Lizeika Ferraz Perpétuo com muito amor, saudades sem fim,

carinho e gratidão

Minhas queridas, filha e irmã, Giovana Ferraz Perpétuo Libardi e Gisele Ferraz

Perpétuo pela amizade, amor e apoio em todos os momentos

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo amor e o Dom da Vida Eterna,

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela formação recebida

Aos professores do programa de pós graduação de Engenharia de Biossistemas, por todos os ensinamentos, principalmente aos professores Dr. Tarlei Arriel Botrel e Sergio Nascimento Duarte pelas correções e sugestões no Exame de Qualificação, à profa. Dra. Patrícia Angélica Alves Marques pela orientação, apoio e amizade durante a realização desse trabalho e também na minha vida particular.

À profa. Dra. Sonia Maria de Stefano Piedade pelo apoio, amizade, auxílio e ensinamentos estatísticos.

À empresa AGROSMART pela concessão de uma bolsa CNPq de auxílio do projeto.

Aos queridos companheiros de sala de experimentos, principalmente pelo apoio, ajuda em todos os momentos, em especial, Hugo Thaner dos Santos e Maria Alejandra Moreno Pizani, Luis Carlos Nunes Carvalho, Danilo Gonçalves Nunes e Asdrubal Farias.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia de Biossistemas principalmente Davilmar Colevatti, Paula Bonassa, Gilmar Grigolon, Beatriz Novaes, Fernando Novello, Antonio Gozzo e Luiz Camargo, muito prestativos e eficientes em seus trabalhos.

A todos que de alguma forma contribuíram nesses bons momentos do curso de Mestrado. Meus mais sinceros agradecimentos e desejo que todos sejam iluminados e abençoados por nosso Deus.

EPÍGRAFE

"A dificuldade vem para te fazer crescer e fortalecer, e não te fazer sucumbir,
apreenda com ela".

Michel Franklly

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Girassol.....	13
2.2 Hidrogel.....	14
2.3 Reflectometria no domínio do tempo.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Caracterização da área.....	17
3.2 Ensaios Experimentais.....	17
3.3 Produção das mudas.....	19
3.4 Solo.....	19
3.5 Calibração da TDR.....	20
3.6 Manejo da irrigação.....	21
3.7 Monitoramento Meteorológico.....	22
3.8 Variáveis analisadas.....	22
3.9 Análise Estatística.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1 Monitoramento Meteorológico.....	25
4.2 Irrigação.....	27
4.3 Produção de flores.....	31
4.4 Produção de biomassa.....	35
5 CONCLUSÕES.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

RESUMO

Resposta do girassol à diferentes doses de hidrogel

O paisagismo está presente em espaços externos e internos modificando as cidades. O girassol é uma planta anual, com potencial paisagístico. Algumas variedades ornamentais podem ser cultivadas em vasos, bordaduras e maciços, sendo considerada uma cultura com excelentes perspectivas de expansão no Brasil, em função de suas características, como, ampla adaptação aos diferentes ambientes, mas, no entanto, o estresse hídrico diminui o crescimento e a produtividade das plantas. Uma ferramenta que busca racionalizar o manejo hídrico é o condicionador de solo hidrogel empregado em diversos setores da agricultura. Trata-se de um polímero hidrorretentor que possui a capacidade de liberar gradativamente a água e nutrientes retidos na cadeia carbônica, melhorar a drenagem do solo, aumentar a produtividade, diminuir os custos de produção e evitar a perda de nutrientes por percolação e lixiviação. Porém, são necessários estudos direcionados a cada cultura para se realizar a recomendação desse condicionador. A produção de girassol cultivado em vaso tem grande potencial comercial no Brasil e a utilização do hidrogel como condicionador de solo pode permitir a economia hídrica ao longo do ciclo de cultivo. Este trabalho teve por objetivo avaliar as respostas da produção de girassol em vaso sob diferentes doses de hidrogel em duas diferentes épocas sazonais. A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação nos períodos de outono/inverno (20/05/2015 a 31/07/2015) e primavera/verão (24/10/2015 a 14/12/2015). O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) com 4 doses de hidrogel (0, 6, 12 e 18 gramas por planta) com 6 repetições. A colheita foi realizada aos 60 dias após o transplante das mudas (DAT). Foram avaliados a massa fresca e seca da parte aérea (MFPA e MSPA); massa fresca e seca das flores (MFF e MSF); massa fresca e seca das raízes (MFR) e (MSR) e volume das raízes (VR). A adição de hidrogel favoreceu a produção de girassol em vaso promovendo economia de água durante todo o ciclo da cultura. A dose de 6 gramas de hidrogel por planta, propiciou a melhor economia hídrica em ambos os experimentos. O período primavera/verão apresentou maior gasto na irrigação quando comparado ao outono/inverno. O diâmetro floral diminuiu em função do aumento das doses de hidrogel em ambos os períodos sazonais.

Palavras-chave: Paisagismo; Manejo de Irrigação; *Helianthus annuus* L.; Eficiência do uso de água

ABSTRACT

Response of sunflower to different doses of hydrogel

The landscaping is present in several external and internal spaces modifying the cities. The sunflower is an annual plant with potential landscape use. Some ornamental varieties can be cultivated in pots, borders and massifs, being considered a crop with excellent prospects of expansion in Brazil, due to its characteristics, such as, wide adaptation to different environments, however, water stress decreases growth and productivity of plants. Hydrogel conditioner is a tool that aims to rationalize water soil management used in several sectors of agriculture. The hydrogel is a polymer that has the ability to gradually release water and nutrients retained in the carbon chain, improve soil drainage, increase productivity, decrease production costs and prevent nutrient loss through percolation and leaching. The production of potted sunflower has great potential for commercial growth in Brazil and the use of the hydrogel as a soil conditioner can allow water saving throughout the growing cycle. The objective of this work was to evaluate the responses of potted sunflower production under different doses of hydrogel in two different seasonal seasons. The research was conducted in a greenhouse during the fall / winter (05/20/2015 to 07/31/2015) and spring / summer (24/10/2015 to 12/14/2015). The experimental design was a randomized complete block (DBC) with 4 hydrogel doses (0, 6, 12 and 18 grams per plant) with 6 replicates. Harvesting was performed 60 days after transplanting of the seedlings (DAT). Were evaluated the fresh and dry shoot of the aerial part (MFPA and MSPA); fresh and dry mass of flowers (MFF and MSF); fresh and dry mass of the roots (MFR) and (MSR) and root volume (VR). The addition of hydrogel effectively favored potted sunflower production, promoting water saving throughout the crop cycle. The hydrogel addition favored potted sunflower production, promoting water saving throughout the all crop cycle. The dose of 6 grams of hydrogel per plant, provided the best hydric economy in both experiments. The spring / summer period presented higher irrigation use when compared to autumn / winter. The floral diameter decreased as a function of the increase by hydrogel doses in both seasonal periods.

Keywords: Landscaping; Irrigation management; *Helianthus annus* L.; Efficiency of water use

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Flor tipo capítulo do girassol.....	13
Figura 2 -	Croqui do experimento.....	18
Figura 3 -	Disposição dos experimentos dentro da casa de vegetação.....	18
Figura 4 -	Monitoramento meteorológico do interior da casa de vegetação durante o experimento outono/inverno em 2015.....	26
Figura 5 -	Monitoramento meteorológico do interior da casa de vegetação durante o experimento primavera/verão em 2015.....	26
Figura 6 -	Volume total de água utilizado na produção de flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	27
Figura 7 -	Volume total de água utilizado na produção de flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	28
Figura 8 -	Regressão do volume total de água utilizado no manejo da irrigação do cultivo de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	29
Figura 9 -	Regressão do volume total de água utilizado no manejo da irrigação do cultivo de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	29
Figura 10 -	Diâmetro das flores de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	33
Figura 11 -	Diâmetro e abertura total das flores de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	33
Figura 12 -	Biomassa das flores de girassol produzidas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	34
Figura 13 -	Biomassa do dossel de plantas de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	36
Figura 14 -	Biomassa do dossel de plantas de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	38
Figura 15 -	Biomassa seca das raízes de plantas de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Biomassa seca das raízes de plantas de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	20
Tabela 2	Caracterização química do Latossolo Vermelho Eutrófico Típico (profundidade de amostragem 0-12 cm), Piracicaba SP, Brasil.....	20
Tabela 3	Equações de calibração da TDR em Latossolo Vermelho Eutrófico Típico com diferentes doses de hidrogel, Piracicaba-SP.....	21
Tabela 4	Monitoramento meteorológico do período de cultivo de girassol em ambiente protegido, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	25
Tabela 5	Volume total de água utilizado no manejo da irrigação do girassol em ambiente protegido, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	27
Tabela 6	Volume total de água utilizado no manejo da irrigação do girassol em diferentes estações sazonais, Piracicaba - SP, Brasil, 2015....	30
Tabela 7	Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para volume total de água utilizado na produção de flores de girassol, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	30
Tabela 8	Produção de flores de girassol no outono/inverno, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	31
Tabela 9	Produção de flores de girassol na primavera/verão, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	31
Tabela 10	Flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	32
Tabela 11	Flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	32
Tabela 12	Produção de flores de girassol em diferentes estações sazonais, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	34
Tabela 13	Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para flores de girassol, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	35
Tabela 14	Biomassa de girassol no outono/inverno, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	36
Tabela 15	Biomassa de girassol cultivado em solos com hidrogel na estação outono, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	36
Tabela 16	Biomassa de girassol na primavera/verão, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	38
Tabela 17	Biomassa de girassol cultivado em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	38
Tabela 18	Biomassa de girassol cultivado em solos com hidrogel em diferentes épocas do ano, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	40
Tabela 19	Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para biomassa de girassol, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	40
Tabela 20	Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para raízes de girassol, Piracicaba - SP, Brasil, 2015.....	40

1 INTRODUÇÃO

As plantas com potencial paisagístico são espécies agrônômicas com amplo interesse de cultivo em todo o Mundo, pois apresentam uma vasta movimentação comercial. O paisagismo está em praticamente todo e qualquer espaço externo e interno modificando as cidades. A beleza e sensação de tranquilidade produzidas pelas plantas utilizadas no paisagismo, devido às suas diferentes características morfológicas, proporcionam diferentes usos para diferentes jardins que podem unir o homem à natureza. A água, no entanto, é imprescindível para a manutenção da vida dos jardins, da cor e beleza das flores.

O girassol é uma planta anual, com excelente potencial paisagístico, algumas variedades ornamentais podem ser cultivadas em vasos, bordaduras e maciços, sendo considerada uma cultura com excelentes perspectivas de expansão no Brasil, em função de suas características, como, ampla adaptação aos diferentes ambientes, mas, no entanto, o estresse hídrico diminui o crescimento e produtividade das plantas.

De acordo com Carvalho (2016) a valorização da água incentivou a pesquisa para a otimização do seu uso e consumo. O setor agrícola é o que mais usufrui desse bem e a agricultura irrigada é a grande responsável por isso; portanto, cresce a responsabilidade deste setor na busca pelo manejo hídrico adequado que vise o uso sustentável do recurso.

Uma ferramenta que busca racionalizar o manejo hídrico é o condicionador de solo hidrogel, que possui uso diversificado e pode ser empregado em diversos setores da agricultura. Trata-se de um polímero hidrorretentor que possui a capacidade de liberar gradativamente a água e nutrientes retidos na cadeia carbônica, melhorar a drenagem do solo, aumentar a produtividade, diminuir os custos de produção e evitar a perda de nutrientes por percolação e lixiviação. Porém, são necessários estudos direcionados a cada cultura para se realizar a recomendação desse condicionador.

A produção de girassol cultivado em vaso tem grande potencial de crescimento comercial no Brasil e a utilização do hidrogel como condicionador de solo pode permitir a economia hídrica ao longo do ciclo de cultivo.

O objetivo do trabalho foi a produção de girassol em vaso sob diferentes doses de hidrogel (0, 6, 12 e 18 gramas por planta) em duas diferentes épocas de

cultivo (outono/inverno e primavera/verão). E os objetivos específicos foram: estabelecer a dose ótima de hidrogel para o manejo da irrigação do girassol em ambiente protegido; quantificar o consumo hídrico do girassol em ambiente protegido e verificar o possível favorecimento da utilização de hidrogel na produção de girassol em vaso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Girassol

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma planta eudicotiledônea, alógama, anual, altamente paisagística e com flores exuberantes. É da família Asteraceae, originária da América do Norte, de metabolismo C3, arbustiva e herbácea. Suas flores são do tipo capítulo e as pétalas nascem ao redor de um disco formado por brácteas que protegem as sementes (Figura 1). Seu nome significa, Flor do Sol e sua flor, segue o movimento do sol. Sua utilização como ornamental, é relativamente recente. Foi utilizada inicialmente pelos índios americanos como alimento e no século XVI foi introduzido na Europa como uma planta ornamental (LENTZ, 2001; LORENZI, 2008).



Figura 1. Flor tipo capítulo do girassol.

O girassol possui um excelente potencial paisagístico, com inflorescência com até 30 cm de diâmetro e caule de tamanho variado podendo atingir até 3 metros de altura. O fruto do girassol é um fruto seco, do tipo aquênio, oblongo, geralmente achatado, composto pelo pericarpo (casca) e pela semente propriamente dita (polpa ou amêndoa). São extraídos óleo do tipo alfatocoferol (vitamina E natural) de ação antioxidante apresentando ácidos essenciais como linoleico (66,8%) e oleico (20%) sendo utilizados na indústria farmacêutica, fabricação de biodiesel e alimento in natura para pássaros em cativeiro (LORENZI, 2008). De acordo com Verslype et al. (2015) as faixas de temperatura toleradas pelo girassol variam em torno de 8 a 34°C, com ampla capacidade de adaptação às diversas condições de latitude, longitude e fotoperíodo, com maior tolerância à seca sendo que suas necessidades hídricas variam em torno de 200 e 900 mm.

Algumas variedades ornamentais podem ser cultivadas em vasos, bordaduras e maciços. O capítulo pode variar bastante de diâmetro, de 6 a 40 cm e por meio de variedades híbridas tem-se a obtenção de colorações diversas como ferrugem, vinho, rosa, rosa claro, amarela com mesclas laranja e amarelo limão, com discos variando de claro a escuro, o tempo de germinação até o florescimento para poda é de 59 a 81 dias (CURTI et al., 2012; CASTIGLIONI, 2003).

É uma cultura com excelentes perspectivas de expansão e, com o aumento do nível econômico da população no Brasil, a sua bela inflorescência tem promovido aumento do interesse na floricultura brasileira. Segundo Nobre et al. (2008), do girassol, aproveita-se todas as suas potencialidades desde ornamental, melífera, produção de óleo comestível e até biocombustíveis (NOBRE et al., 2010). O óleo extraído das sementes, alfatocoferol, é rico em ácidos graxos essenciais, sendo um antioxidante poderoso, além de rico em vitamina E (LEITE JÚNIOR, 2000; NEVES et al., 2005).

2.2 Hidrogel

A utilização de substâncias que contribuam para aumentar a capacidade de retenção de água no solo ou no substrato, como o hidrogel, tem sido uma ferramenta que busca solucionar a questão do armazenamento de água nos ambientes áridos ou com pouca disponibilidade de água. Na literatura se observa que a adição deste polímero ao solo contribui para a germinação de sementes,

desenvolvimento do sistema radicular, crescimento e desenvolvimento das plantas, redução das perdas de água de irrigação por percolação, melhoria na aeração e drenagem do solo, além de redução das perdas de nutrientes por lixiviação (HENDERSON; HENSLEY, 1986). Os hidrorretentores ainda têm a capacidade de liberar água e nutrientes solúveis.

O polímero hidrorretentor (hidrogel) é constituído de moléculas orgânicas que quando seco, apresentam forma granular e formato gelificado ao ser hidratado. Constitui-se de um pó branco, insolúvel em água, com granulometria de 0,3 a 1,0 mm formado de uma mistura de copolímero de acrilamida (C_3H_5NO) e acrilato de potássio ($K_2S_2O_8$) (NAVROSKI et al., 2015). A hidratação deste polímero diminui efeitos do déficit hídrico nos veranicos e auxilia o manejo da irrigação em projetos paisagísticos, gramados esportivos, fruticultura, reflorestamento, lavouras e produção de mudas (AKHTER et al., 2004; MARQUES; BASTOS, 2010; OLIVEIRA et al., 2003; PREVEDELLO; BALENA, 2000; VALE; CARVALHO; PAIVA, 2006).

No Brasil, os polímeros sintéticos hidroabsorventes, como o Hidratassolo e o Terracottem, têm sido utilizados na produção de mudas e no substrato para essências florestais, hortaliças, flores, gramados e jardins, visando aumentar a disponibilidade de água no solo para as plantas (VIANA et al., 2012). Essas substâncias, adicionadas ao solo ou ao substrato são chamadas de condicionadores e possuem a capacidade de aumentar a retenção hídrica em até centenas de vezes seu peso em água (NAVROSKI et al., 2015; GERVÁSIO; FRIZZONE, 2004).

Vale, Carvalho e Paiva (2006) fazem uma ressalva para o uso do hidrogel, pois alguns trabalhos demonstraram resultados adversos ou inexpressivos. Assim, alguns fatores devem ser observados com cautela, já que atuam diretamente no desempenho do polímero, tais como o modo de aplicação, a disponibilidade de água, a concentração de sais existente na água e no solo, e a resistência física que o solo proporciona à expansão do polímero.

A adição de hidrogel na cultura de alface nos trabalhos de Carvalho et al. (2012) e Santos et al. (2015), possibilitou no primeiro, um maior intervalo no tempo de acionamento automático do sistema de irrigação por gotejamento e para o segundo, uma menor demanda de água, diminuindo também a necessidade do acionamento do sistema de gotejamento.

2.3 Reflectometria no domínio do tempo

A adição de hidrogel no solo acarreta mudanças nas características físicas do solo, com isso o manejo da irrigação nesses solos deve ser feito com base no conteúdo de água presente no solo. Um manejo racional da irrigação em solos com hidrogel pode ser estabelecido com base no monitoramento do conteúdo de água no solo por meio da constante dielétrica da água no solo (CARVALHO et al., 2015). Para isso, diferentes técnicas têm sido utilizadas, destacando-se, por exemplo, a Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) (BAHREININEJAD et al., 2013; PEREIRA et al., 2006).

A reflectometria no domínio do tempo (TDR) é a relação entre o conteúdo de água no solo e a constante dielétrica aparente do solo. É medida com uso de hastes de aço, com comprimentos conhecidos, inseridas no solo e, por meio destas, são emitidos pulsos elétricos que variam de acordo com a quantidade de água no solo. De acordo com Tomaselli e Bacchi (2001), quanto maior o tempo de deslocamento do pulso elétrico no solo, maior será a constante dielétrica da água no solo. A TDR demanda calibração prévia para cada tipo de solo. Como vantagens destaca-se a precisão e rapidez das leituras (VISCANTI et al., 2014). O uso da TDR e de sensores ou acionadores para indicar o momento propício de irrigação tem se mostrado viável e de alta praticidade (CARVALHO et al., 2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

Foram realizados dois experimentos conduzidos em casa de vegetação tipo arco (6,0 m de largura por 22,5 m de comprimento e 4 m de altura), revestida por tela de polietileno de 150 micras tratado contra ação de raios ultravioleta e telas anti-afídeos do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), no município de Piracicaba-SP (22° 42' S, 47° 38' W, 546 m). O primeiro experimento foi realizado entre 20/05/2015 e 31/07/2015 (outono/inverno) e o segundo entre 24/10/2015 e 14/12/2015 (primavera/verão).

3.2 Ensaio Experimentais

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) com 4 doses de hidrogel (0, 6, 12 e 18 gramas por planta) com 6 blocos. Foram utilizados vasos padrão comercial com as seguintes dimensões: altura 17 cm, diâmetro da parte superior 20 cm e diâmetro da parte inferior 14,5 cm, totalizando 24 parcelas para os dois experimentos. Os vasos foram dispostos em 6 blocos e, cada dose a ser estudada foi distribuída aleatoriamente nos blocos, sob uma bancada de madeira (Figuras 2 e 3).

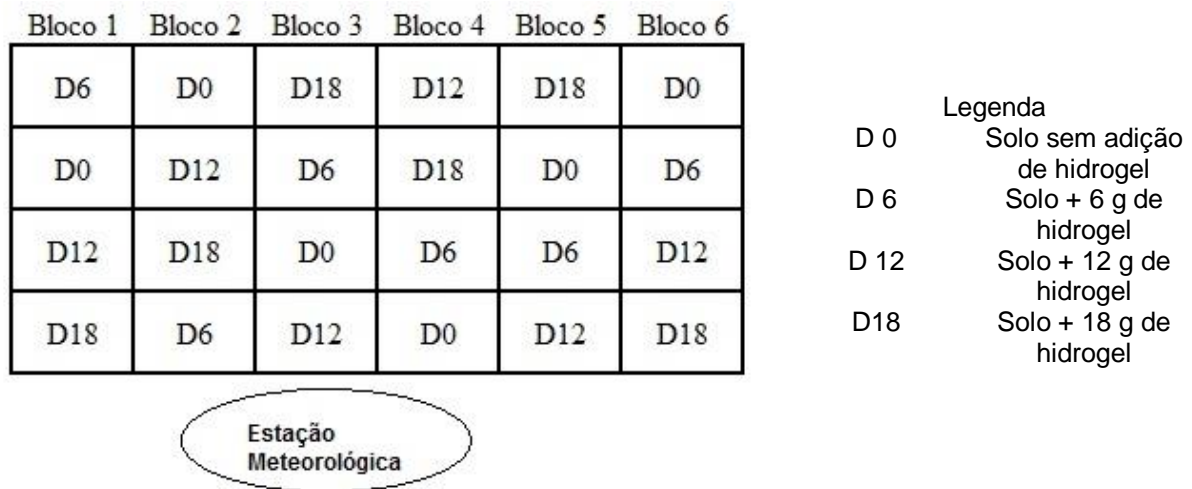


Figura 2 – Croqui do experimento



Figura 3 – Disposição dos experimentos dentro da casa de vegetação

3.3 Produção das mudas

As sementes de girassol (ISLA “Sunflower Autumn Beauty Mixed”- *Helianthus annuus* L. lote 22378-S2 100% de pureza) foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 72 células preenchidas por substrato constituído por casca de pinus (40%), turfa (30%), carvão vegetal (20%), vermiculita (7%), macro e micronutrientes (3%) – Plantimax seguindo recomendação de Oliveira et al. (2011). Aos 34 dias após a semeadura as mudas foram transplantadas para os vasos. Cada vaso do experimento recebeu uma muda de girassol.

3.4 Solo

O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico típico (EMBRAPA, 2013). O preparo do solo consistiu na secagem ao ar livre, destorroamento e peneiramento manual em crivo de 3 mm. O hidrogel utilizado é um polímero sintético sólido granulado da marca Hidroplan-EB[®], o qual foi incorporado e homogeneizado ao solo no momento do preenchimento dos vasos seguindo as dosagens previstas para cada tratamento. As análises físicas e químicas das amostras de solo foram realizadas, respectivamente, no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Engenharia de Biosistemas (LEB) e na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, PESAGRO-RIO (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Caracterização física do Latossolo Vermelho Eutrófico Típico, Piracicaba-SP, Brasil.

Dose de hidrogel	densidade do solo (Ds)	Umidade a capacidade de campo (Θ_{CC})	microporosidade (Mip)	macroporosidade (Map)	condutividade hidráulica (Kh)
g	$g\ cm^{-3}$		$cm^3\ cm^{-3}$		$mm\ h^{-1}$
0	1,42	0,227	0,2771	0,0617	10,77
6	1,49	0,246	0,3039	0,0705	7,35
12	1,55	0,276	0,3502	0,1083	4,47
18	1,57	0,283	0,3682	0,1237	2,49
Profundidade (cm)	Argila		Silte	Areia	
	$g\ kg^{-1}$				
0-12	134		85	781	

Tabela 2 – Caracterização química do Latossolo Vermelho Eutrófico Típico (profundidade de amostragem 0-12 cm), Piracicaba SP, Brasil.

Textura	pH (água)	Al	H+Al	Ca	Mg	Na	SB	T	T	V	m	P	K
		----- $cmol_c\ dm^{-3}$ -----					-----			---- % ----	mg dm^{-3}		
Arenoso	5,3	0	1,5	2,0	1,0	0,3	3,4	3,4	4,9	69	0	5,3	61

SB: Soma de bases; t: CTC efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação de bases; m: Saturação por alumínio da CTC efetiva.

3.5 Calibração da TDR

O teor de água no solo foi monitorado por sonda TDR 100 Field Scout cujo princípio de funcionamento é a reflectometria no domínio do tempo. O equipamento foi previamente calibrado nas condições de umidade volumétrica do solo por meio da constante dielétrica da água do solo (k_a) seguindo metodologia de Pereira et al. (2006). A cada leitura de k_a foi retirada uma amostra de solo indeformada do vaso com uso de um trado de rosca para determinação da umidade volumétrica (EMBRAPA, 2011).

A equação de calibração para o solo com cada dose de hidrogel foi obtida por meio de um ensaio experimental em casa de vegetação durante o período de 30 dias, sendo cada tratamento (dose de polímero) constituído por três vasos tronco-cônicos. Os valores de k_a e de umidade volumétrica foram submetidos a uma regressão linear para obtenção da equação de calibração (BATISTA et al., 2013) (Tabela 3).

Tabela 3 – Equações de calibração da TDR em Latossolo Vermelho Eutrófico Típico com diferentes doses de hidrogel, Piracicaba-SP.

Dose de hidrogel (g)	Θ (cm ³ cm ⁻³) = A ka + B				
	A	B	R ²	R	p-valor
0	,0081	,0711	,8131	0	<0,0340
6	,0049	,1126	,812	0	<0,0089
12	,0043	,1279	,8565	0	<0,0230
18	,0044	,1341	,8097	0	<0,0087

3.6 Manejo da irrigação

A irrigação foi realizada quando a umidade volumétrica do solo dos vasos atingiu o valor correspondente a 60% da capacidade de campo do solo com a respectiva dose de hidrogel (ALLEN et al., 2006). A meta da irrigação foi fazer com que o solo atingisse a capacidade de campo ao final do evento de irrigação. Foram realizadas leituras diárias da constante dielétrica da água no solo (ka) durante o experimento para o monitoramento do conteúdo de água no solo.

As sondas eram portáteis e inseridas verticalmente nos vasos abrangendo toda camada de solo, 12 cm de profundidade. Com base nos valores de ka foi possível obter o valor da umidade volumétrica atual do solo (Tabela 3). O volume de água utilizado na irrigação foi calculado por meio da Equação 1 (HASANVANDI et al., 2014). A água foi aplicada com uso de provetas graduadas de 100 mL e 50 mL com precisão igual a 1 mL.

$$V_{H_2O} = \{[(\Theta_{CC} - \Theta_{atual}) z] A_i\} 1000 \quad \text{Eq.1}$$

em que:

V_{H_2O} = volume de água; mL;

Θ_{CC} = umidade volumétrica correspondente à capacidade de campo; cm³ cm⁻³;

Θ_{atual} = umidade volumétrica atual, cm³ cm⁻³;

z = profundidade das raízes; mm; e

A_i = área do vaso 0,0176625 m².

3.7 Monitoramento Meteorológico

As variáveis climatológicas foram monitoradas via estação meteorológica automática Campbell Sci. instalada na área interna da casa de vegetação. A estação coletava dados a cada minuto e armazenava em um datalogger os valores médios a cada 15 min e médias diárias. As variáveis coletadas foram: Temperatura média, máxima e mínima (°C) e Umidade relativa (%) pelo sensor Vaissala HMP45C-L12.

3.8 Variáveis analisadas

Durante o período dos experimentos os vasos foram monitorados diariamente e irrigados para atingir a capacidade de campo e mantido livres de pragas e doenças. Nas duas primeiras semanas do cultivo todos os tratamentos foram mantidos a 100% da umidade volumétrica correspondente da capacidade de campo (OLIVEIRA et al., 2014), após este período a irrigação foi realizada quando o solo atingiu 60% da umidade volumétrica correspondente da capacidade de campo (ALLEN et al., 2006).

A colheita foi realizada aos 60 dias após o transplântio das mudas (DAT). As raízes, caule, folhas e flores foram colhidas manualmente, uma a uma, e embaladas separadamente em sacos de papel Kraft, para a secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 48 horas (CORADI et al., 2014). Antes e depois da secagem, a biomassa foi submetida à pesagem em balança analítica para obtenção das massas fresca e seca da parte aérea (MFPA) e (MSPA); massa fresca e seca das flores (MFF) e (MSF); massa fresca e seca das raízes (MFR) e (MSR) de acordo com metodologia descrita em Benincasa (1986).

O volume das raízes (VR) foi determinado em proveta graduada de 500 mL preenchida com água a 25°C e determinado, em cm³, a partir do deslocamento do fluido. As flores foram avaliadas e colhidas num diâmetro mais próximo do comercial 10,0 cm (SAKATA , 2016; IBRAFLOR, 2016), utilizando régua milimétrica, sendo realizada a contagem manual das pétalas e monitoramento em dias da abertura total do botão (CURTI et. al. , 2012).

3.9 Análise Estatística

As variáveis da parte aérea, raízes e flores foram analisadas previamente pelo Teste de Shapiro Wilk para verificar a normalidade ($p > 0,05$), a homogeneidade foi verificada pelo Teste de Barlett ($p > 0,05$) e quando necessário foram realizadas transformações de dados por meio do método de Box-Cox (BOX et al., 2005). As variáveis normais e homogêneas foram analisadas por meio da análise de variância (ANOVA) e quando o p-valor obtido frente à dose de hidrogel foi menor que 0,05 foram realizadas as regressões linear e quadrática ao nível de 5% de significância (VIEIRA, 2006; RIBEIRO JÚNIOR, 2013).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Monitoramento Meteorológico

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os monitoramentos ao longo dos dias de cultivo do girassol em casa de vegetação. Na Tabela 4 são apresentadas as variáveis descritivas dos dados meteorológicos registrados ao longo dos experimentos realizados. Em ambos experimentos a temperatura máxima foi superior a tolerada (34°C) pelo girassol indicada por Verslype et al. (2015). Nota-se maiores temperaturas no experimento 2 (primavera/verão).

Tabela 4 – Monitoramento meteorológico do período de cultivo de girassol em ambiente protegido, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

--	Experimento 1			Experimento 2		
	Outono/inverno			Primavera/verão		
	Temperatura do Ar		Umidade Relativa Média do Ar	Temperatura do Ar		Umidade Relativa Média do Ar
	Máxima	Mínima		Máxima	Mínima	
°C		%	°C		%	
Máximo	37,50	18,23	100,00	40,25	23,36	92,60
Mínimo	18,70	8,29	66,25	26,71	17,44	63,35
Média	30,18	14,23	75,04	35,41	20,62	73,68
Desvio-padrão	4,35	2,24	8,74	2,84	1,26	5,29

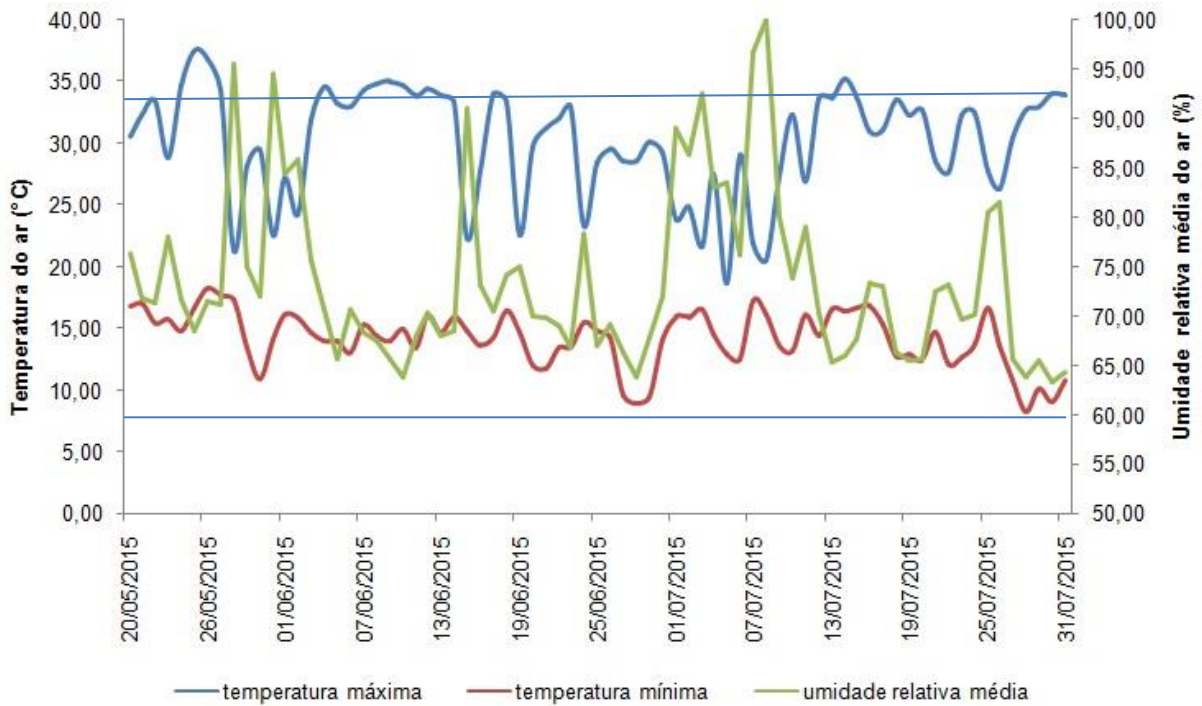


Figura 4 - Monitoramento meteorológico do interior da casa de vegetação durante o experimento outono/inverno em 2015

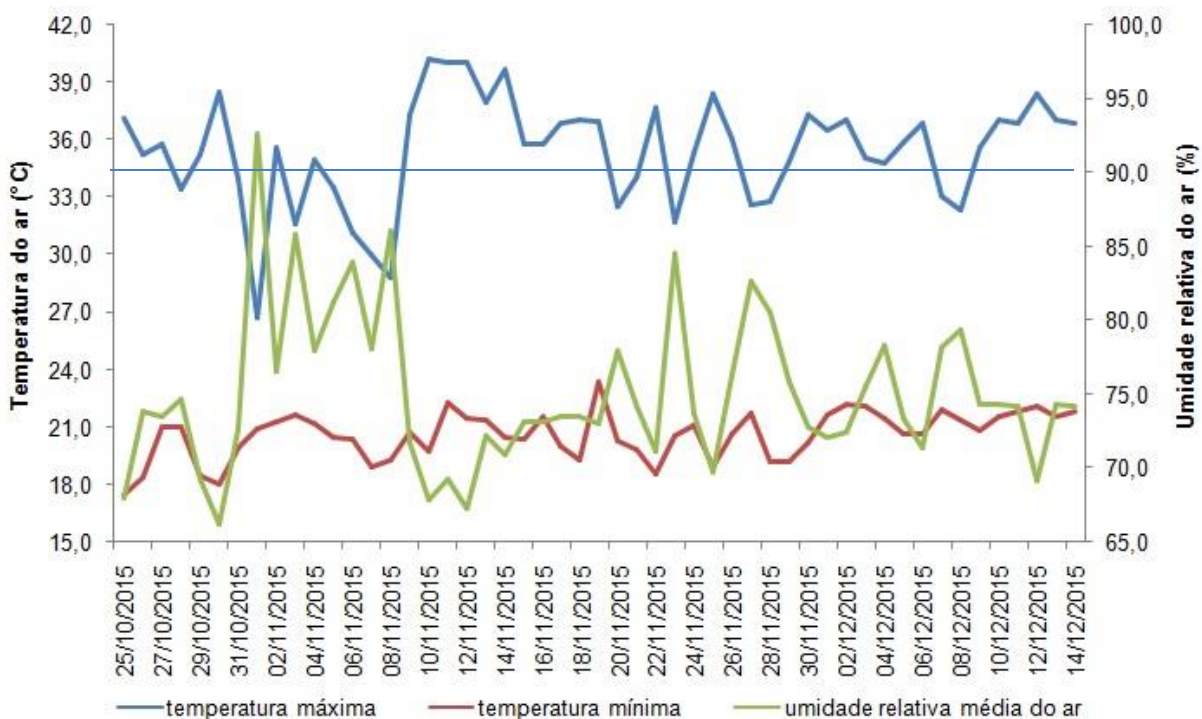


Figura 5 - Monitoramento meteorológico do interior da casa de vegetação durante o experimento primavera/verão em 2015

4.2 Irrigação

A análise de variância apresentou diferença significativa em relação ao volume total de água utilizado na irrigação em ambos os experimentos realizados em função da dose de hidrogel (Tabela 5). Foi observado que os tratamentos com doses maiores e menores que 6 gramas de hidrogel por planta demandaram maiores volumes totais de água para produção do girassol (Figuras 6 e 7). Nessas, observamos uma exigência menor de volume de água no decorrer dos períodos.

Tabela 5 – Volume total de água utilizado no manejo da irrigação do girassol em ambiente protegido, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Quadrado Médio	
		volume (litros)	
		outono/inverno	Primavera/verão
Dose	3	4,168 *	8,325 *
Bloco	5	1,050 ^{ns}	2,007 ^{ns}
Resíduo	15	1,119	2,206
Total	23	-	-
Média	-	5,419	7,664
CV (%)	-	19,52	19,37

* significativo ($p < 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$)

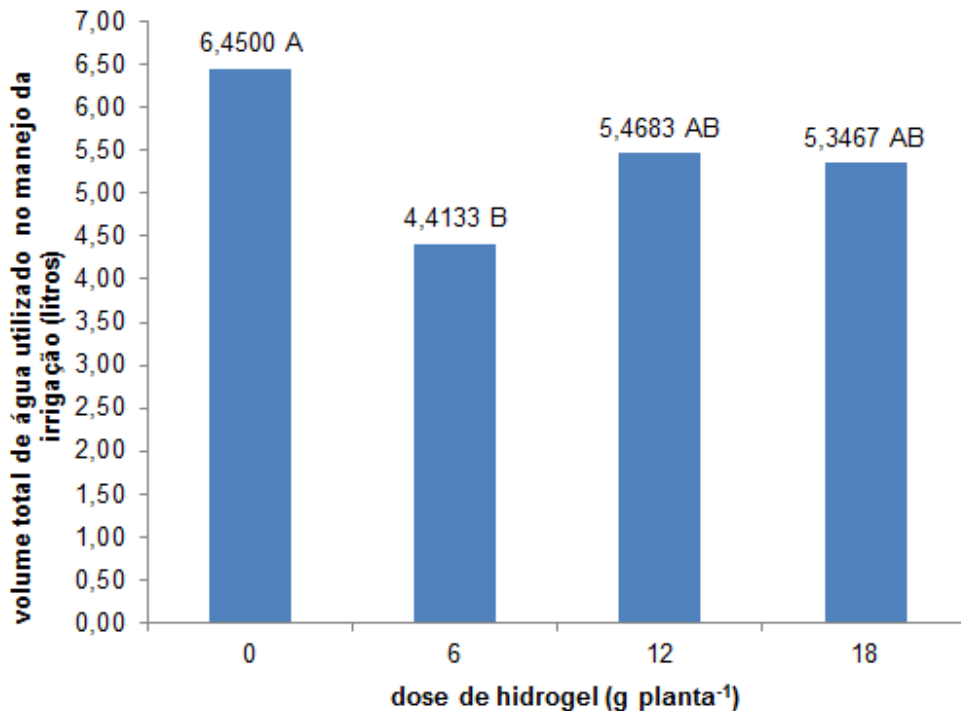


Figura 6 – Volume total de água utilizado na produção de flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

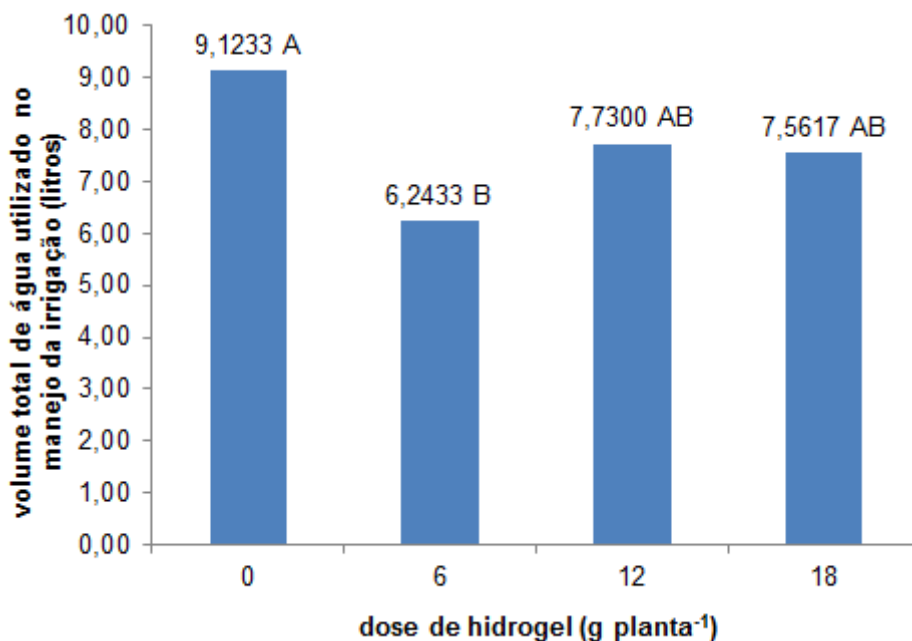


Figura 7 – Volume total de água utilizado na produção de flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Os dados de volume total de água (litros planta⁻¹) utilizados na produção das flores de girassol apresentaram ajuste quadrático em função da dose de hidrogel utilizada no cultivo (Figuras 8 e 9). O ponto de mínimo no Experimento 1 foi igual a 10,40 gramas de polímero e 4,78 litros de água, já no Experimento 2 foi igual a 10,43 gramas de polímero e 6,17 litros de água.

É notável que em ambos os experimentos as plantas que receberam as maiores doses de hidrogel demandaram maiores volumes de água para estabelecer o equilíbrio hídrico entre o solo e a planta, ou seja, o volume total de água utilizado na irrigação correspondeu à demanda hídrica do girassol em conjunto com a hidratação do polímero (BAKASS et al., 2002). A maior agregação das partículas do solo e o lento movimento da água no solo com hidrogel aumentou o volume de água demandado na irrigação e conseqüentemente ampliou a capacidade de retenção de água no solo (NIMAH et al., 1983).

A dose de hidrogel igual a 6 gramas por planta propiciou a melhor economia hídrica do cultivo em ambos os experimentos realizados, esta melhor dose permitiu que fosse economizado em média 31% do volume total de água utilizado no tratamento sem hidrogel no solo, ou seja, a adição de hidrogel no solo possibilita a economia de água no cultivo, todavia não é verdadeira a tese que quanto maior a

dose de hidrogel no solo é maior a economia de água no cultivo (SANTOS et al., 2015).

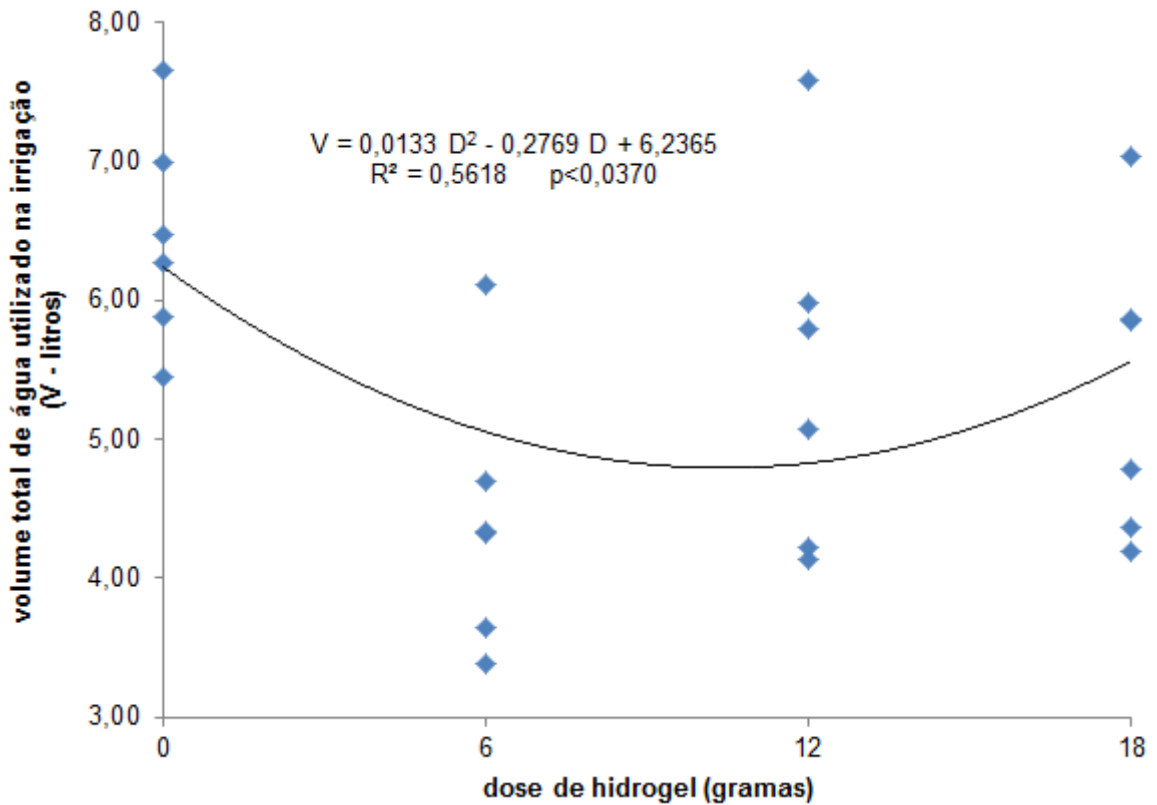


Figura 8 – Regressão do volume total de água utilizado no manejo da irrigação do cultivo de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

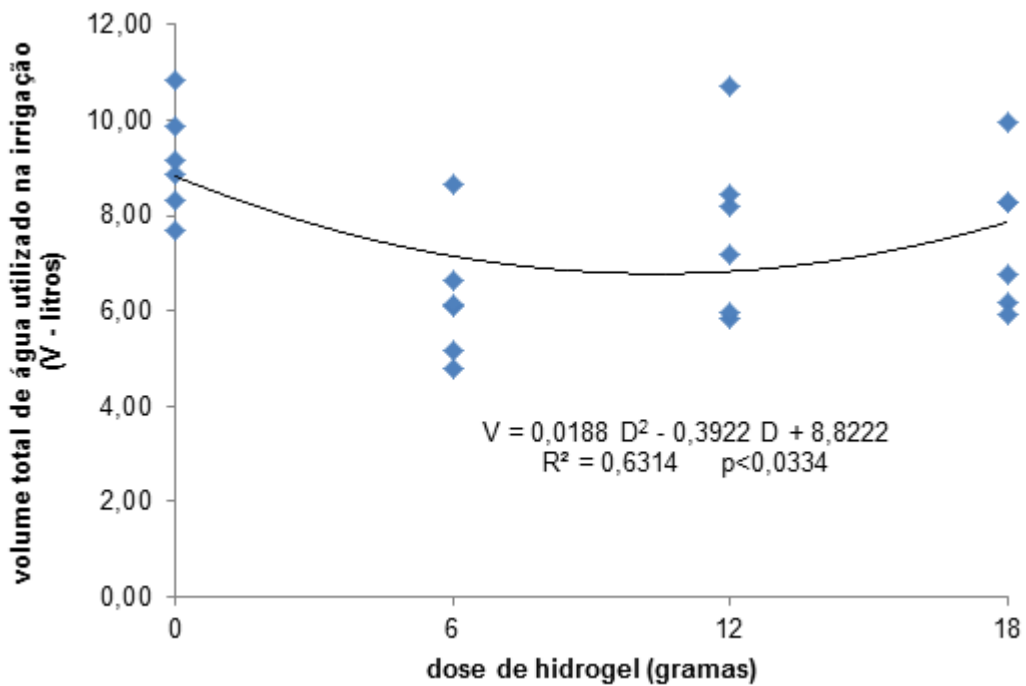


Figura 9 – Regressão do volume total de água utilizado no manejo da irrigação do cultivo de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

A análise conjunta dos experimentos revelou diferença entre os experimentos realizados em função da estação sazonal, entretanto não foi observada interação estatística entre a estação sazonal e a dose de hidrogel (Tabela 6). O experimento realizado na primavera/verão apresentou maior gasto de água na irrigação, sendo este gasto 41,42% maior que o volume médio total de água utilizado no experimento realizado no outono/inverno (Tabela 7)

Tabela 6 - Volume total de água utilizado no manejo da irrigação do girassol em diferentes estações sazonais, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Volume (litros)
Estação Sazonal (ES)	1	60,48 *
Bloco (ES)	10	1,575 ns
Dose	3	12,132 *
ES X Dose	3	0,356 ns
Resíduo	30	1,68
Total	47	-
Média	-	6,542
CV (%)	-	19,81

* significativo ($p < 0,05$); ns não significativo ($p > 0,05$)

Tabela 7 - Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para volume total de água utilizado na produção de flores de girassol, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose de hidrogel (g)	Volume de água total utilizado no manejo da irrigação (Litros)		Média
	Primavera/verão	Outono/inverno	
0	9,1233	6,4500	7,7867 A
6	6,2433	4,4133	5,3283 B
12	7,7300	5,4683	6,5992 AB
18	7,5617	5,3467	6,4542 AB
Média	7,6646 a	5,4196 b	6,5421

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Uma possível explicação para esta diferença entre os experimentos é que no outono/inverno as plantas apresentam menor demanda evapotranspirométrica, tendo em vista que no outono/inverno, a evapotranspiração de referência é menor que nas estações quentes do ano (PEREIRA et al., 1997) verificada pelas menores temperaturas observadas (Tabela 5).

4.3 Produção de flores

No experimento realizado no outono/inverno apenas foram observadas diferenças significativas na massa fresca e no diâmetro da flor em função da dose de hidrogel, já no experimento realizado na primavera/verão foram observadas diferenças nas médias de massa fresca e seca da flor, diâmetro da flor e abertura total do botão floral em função da dose de polímero utilizado no cultivo do girassol (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 – Produção de flores de girassol no outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Quadrado Médio				
		Massa fresca da flor (gramas)	Massa seca da flor	Número de pétalas (unidade)	Diâmetro da flor (centímetros)	Abertura total da flor (dias)
Dose	3	7,506 *	0,053 ^{ns}	2,375 ^{ns}	2,271 *	4,375 ^{ns}
Bloco	5	4,740 ^{ns}	0,036 ^{ns}	4,741 ^{ns}	0,978 ^{ns}	0,841 ^{ns}
Resíduo	15	1,898	0,032	4,275	0,951	2,708
Total	23	-	-	-	-	-
Média	-	3,087	0,607	18,291	8,958	7,791
CV (%)	-	14,62	19,45	11,30	10,88	21,12

* significativo ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$)

Tabela 9 – Produção de flores de girassol na primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Quadrado Médio				
		Massa fresca da flor (gramas)	Massa seca da flor	Número de pétalas (unidade)	Diâmetro da flor (centímetros)	Abertura total da flor (dias)
Dose	3	1,185 *	0,018 *	22,444 ^{ns}	22,982 *	5,777 *
Bloco	5	0,178 ^{ns}	0,005 ^{ns}	34,167 ^{ns}	1,111 ^{ns}	0,566 ^{ns}
Resíduo	15	0,131	0,004	26,877	0,932	3,167
Total	23	-	-	-	-	-
Média	-	5,728	1,442	17,661	10,392	7,667
CV (%)	-	6,31	4,44	29,34	9,28	5,99

* significativo ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$)

A melhor dose de hidrogel do Experimento 1 (outono/inverno) foi 6 gramas por planta, onde as melhores médias de massa fresca e diâmetro da flor foram obtidas. Esta mesma dose também foi a melhor no Experimento 2 (primavera/verão) para as variáveis massa fresca e diâmetro floral, no entanto as melhores médias de massa seca da flor e abertura total do botão floral do Experimento 2 foram obtidas no tratamento 18 gramas por planta (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10 - Flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose de hidrogel	Massa fresca da flor	Massa seca da flor	Número de pétalas	Diâmetro da flor	Abertura total do botão floral
G	g		Unidade	cm	Dias
0	3,3467 AB	0,5350 A	17,500 A	9,1167 AB	6,6667 A
6	4,5450 A	0,6517 A	18,167 A	9,6667 A	7,6667 A
12	2,4433 AB	0,7200 A	18,500 A	9,0167 AB	8,6667 A
18	2,0167 B	0,5250 A	19,000 A	8,0333 B	8,1667 A
Média	3,0879	0,6079	18,291	8,9583	7,7916

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 11 - Flores de girassol obtidas em plantas cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose de hidrogel	Massa fresca da flor	Massa seca da flor	Número de pétalas	Diâmetro da flor	Abertura total do botão floral
g	g		Unidade	cm	Dias
0	5,6750 AB	1,3634 B	19,500 A	12,0000 A	6,3333 C
6	6,2800 A	1,4529 AB	17,167 A	12,1667 A	7,6667 B
12	5,7650 AB	1,4600 AB	18,833 A	8,5000 B	8,0000 AB
18	5,1950 B	1,4934 A	15,167 A	8,9167 B	8,6667 A
Média	5,7287	1,4424	17,6666	10,3958	7,6666

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

Em relação ao diâmetro da flor foi observado em ambos os experimentos que o diâmetro floral diminuiu de modo linear em função da dose de hidrogel, já em relação à abertura total do botão floral (Experimento 2) foi observado o oposto, o número de dias necessários, na primavera, para completa abertura da flor aumentou linearmente em função das doses de polímero hidrorretentor (Figuras 10 e 11). Foi observado também no Experimento 2 que a massa fresca da flor apresentou ajuste quadrático em relação as doses de hidrogel, sendo o ponto de máximo igual a 7,05 gramas de hidrogel e 6,13 gramas de massa fresca floral. A massa seca da flor apresentou resposta linear frente às doses de hidrogel (Figura 12).

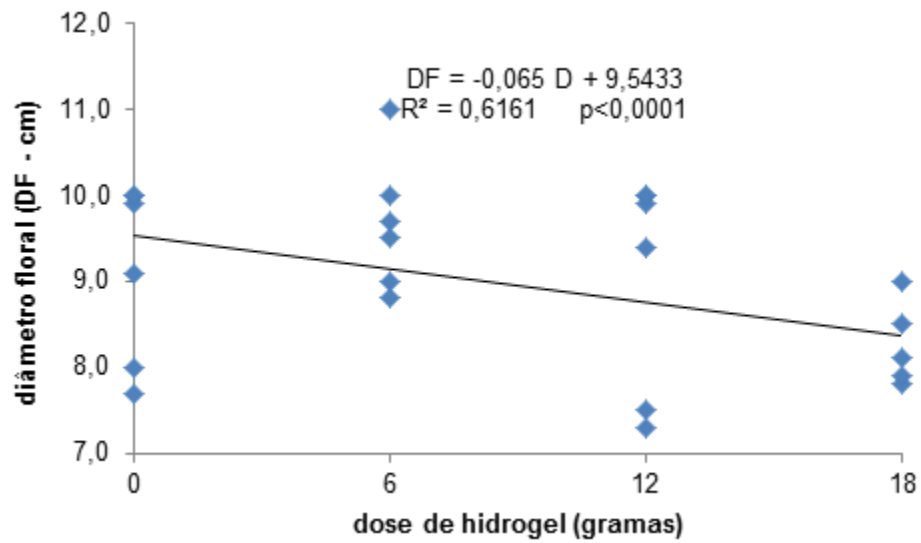


Figura 10– Diâmetro das flores de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

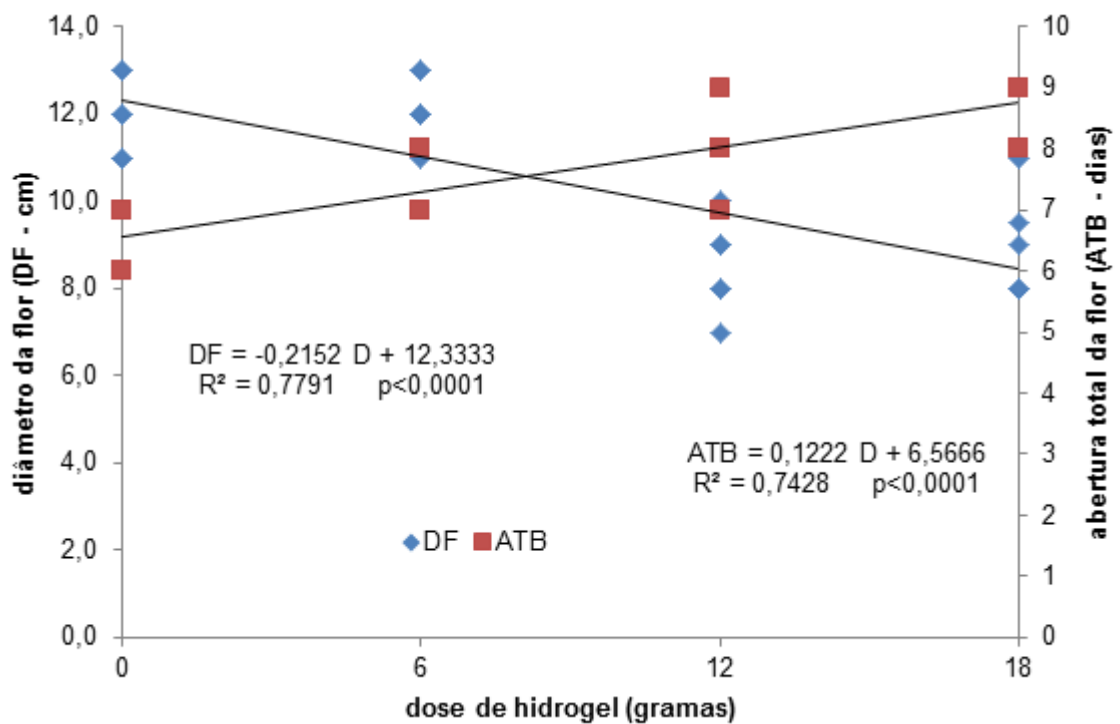


Figura 11 – Diâmetro e abertura total das flores de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

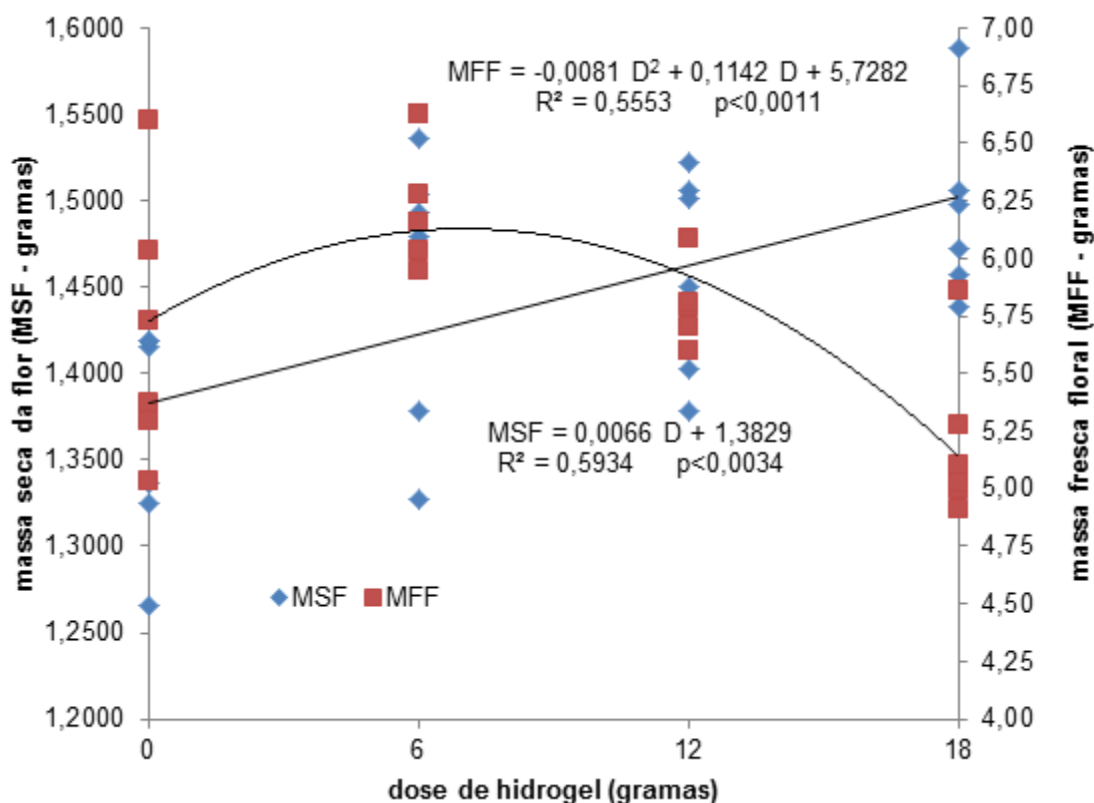


Figura 12 – Biomassa das flores de girassol produzidas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

A melhor produção de flores foi alcançada no Experimento 2 (primavera/verão), tendo destaque que as melhores médias de biomassa floral foram alcançadas na primavera. Em relação ao diâmetro floral houve interação entre a estação sazonal e a dose de hidrogel, sendo a melhor resposta alcançada com a dose 6 gramas de hidrogel por planta na época da primavera (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 – Produção de flores de girassol em diferentes estações sazonais, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Quadrado Médio				
		Massa fresca da flor (gramas)	Massa seca da flor	Número de pétalas unidade	Diâmetro da flor (cm)	Abertura total da flor (dias)
Estação Sazonal (ES)	1	83,688 *	8,383 *	4,687 ^{ns}	25,521 *	0,187 ^{ns}
Bloco (ES)	10	2,459 ^{ns}	0,021 ^{ns}	19,454 ^{ns}	1,072 ^{ns}	0,704 ^{ns}
Dose	3	7,021 ^{ns}	0,042 ^{ns}	6,576 ^{ns}	18,013 *	9,409 *
ES X Dose	3	1,671 ^{ns}	0,028 ^{ns}	18,243 ^{ns}	7,258 *	0,743 ^{ns}
Resíduo	30	1,014	0,541	15,571	0,959	1,459
Total	47	-	-	-	-	-
Média	-	4,408	1,025	17,979	9,687	7,729
CV (%)	-	22,84	13,09	21,95	10,10	15,63

* significativo ($p < 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,01$)

Tabela 13 – Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para flores de girassol, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose (g)	Massa fresca da flor (g)			Massa seca da flor (g)			Abertura total do botão floral (dias)		
	primavera/ verão	outono/ Inverno	Média	primavera/ verão	outono/ inverno	Média	primavera/ verão	outono/ inverno	Média
	0	5,675	3,347	4,511 A	1,367	0,535	0,951 A	6,333	6,667
6	6,280	4,545	5,412 A	1,453	0,652	1,053 A	7,667	7,667	7,667 AB
12	5,765	2,443	4,104 A	1,460	0,720	1,090 A	8,000	8,667	8,334 AB
18	5,195	2,017	3,605 A	1,495	0,525	1,010 A	8,667	8,167	8,417 A
Média	5,729 a	3,088 b	4,408	1,444 a	0,608 b	1,026	7,667 a	7,792 a	7,7292

Dose (g)	Número de pétalas das flores (unidades)			Média	Diâmetro da flor (cm)		Média
	primavera/ verão	outono/ inverno	primavera/ verão		outono/ /inverno		
	0	19,500	17,500		18,500 A	12,000 A a	
6	17,167	18,167	17,667 A	12,167 A a	9,667 Ab	10,917	
12	18,833	18,500	18,667 A	8,500 B a	9,017 A B a	8,758	
18	15,167	19,000	17,083 A	9,000 B a	8,033 B a	8,517	
Média	17,667 a	18,292 a	17,979 A	10,417	8,958	9,688	

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,01$)

4.4 Produção de biomassa

No experimento realizado no outono/inverno observou-se na análise da variância diferenças entre as médias da massa fresca e seca da parte aérea (Tabela 14). A melhor dose para massa fresca foi a dose correspondente a 6 gramas de polímero por planta, sendo ainda possível observar uma resposta quadrática da biomassa fresca frente às doses de hidrogel avaliadas neste estudo (Figura 12). O ponto de máximo da regressão quadrática da massa fresca em função do hidrogel foi igual a 6,62 gramas de polímero hidrofílico e 11,17 gramas de biomassa fresca. O girassol apresentou resposta linear crescente da massa seca em função das doses de hidrogel, sendo as melhores médias obtidas nos tratamentos com 12 e 18 gramas de hidrogel por planta (Figura 13 e Tabela 15).

Tabela 14 – Biomassa de girassol no outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Quadrado Médio				
		Massa fresca da parte aérea	Massa seca da parte aérea	Massa fresca das raízes	Massa seca das raízes	Volume das raízes
		(gramas)				(cm ³)
Dose	3	50,086 *	1,516 *	0,809 ^{ns}	0,078 ^{ns}	0,340 ^{ns}
Bloco	5	11,306 ^{ns}	0,099 ^{ns}	0,325 ^{ns}	0,028 ^{ns}	1,601 ^{ns}
Resíduo	15	14,737	0,075	0,332	0,039	1,827
Total	23	-	-	-	-	-
Média	-	8,729	2,192	1,585	0,207	10,483
CV (%)	-	13,97	12,52	26,39	57,28	12,89

* significativo (p<0,05)

^{ns} não significativo (p>0,05)

Tabela 15 - Biomassa de girassol cultivado em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose de hidrogel	Massa fresca da parte aérea	Massa fresca da raiz	Massa seca da parte aérea	Massa seca da raiz	Volume da raiz
G	g				cm ³
0	8,645 A B	2,1267 A	1,7433 B	0,1767 A	10,8283 A
6	12,403 A	2,1267 A	1,7850 B	0,2417 A	10,3133 A
12	8,532 A B	1,4850 A	2,5083 A	0,3433 A	10,4550 A
18	5,338 B	1,3200 A	2,7317 A	0,0700 A	10,3367 A
Média	8,7295	1,5851	2,192	0,2079	10,4833

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey (p<0,05)

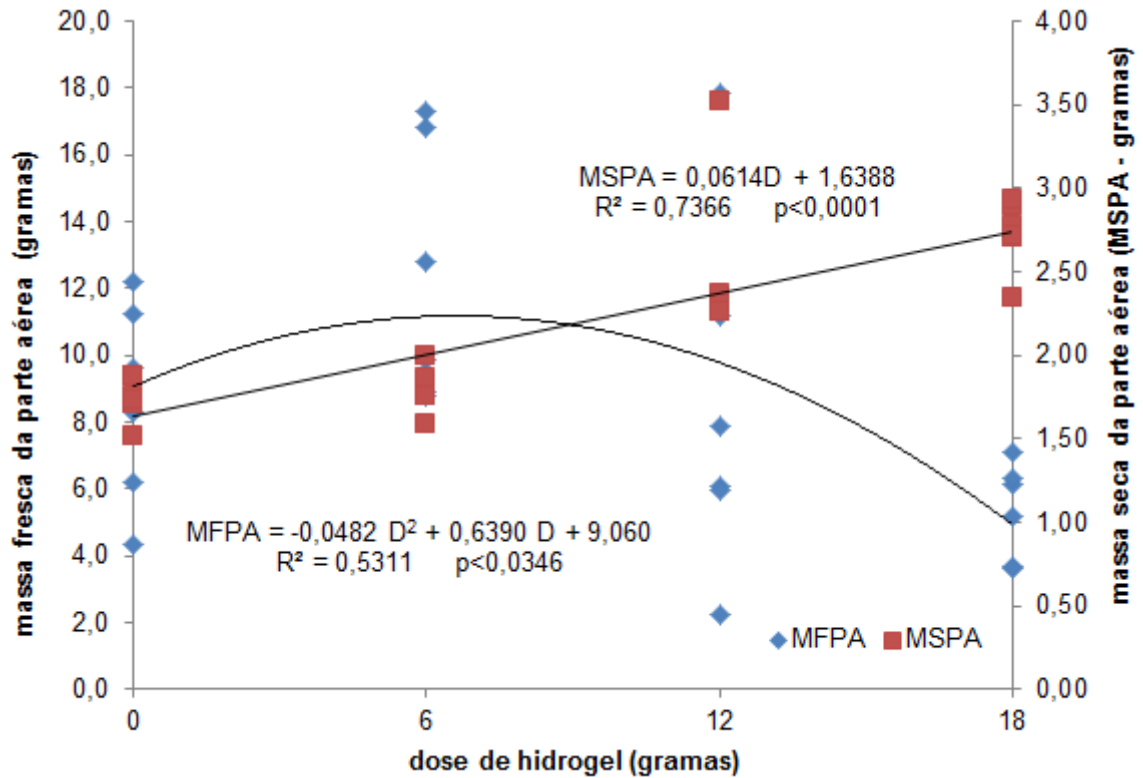


Figura 13 – Biomassa de parte aérea de plantas de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação outono/inverno, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

No experimento realizado primavera/verão a análise da variância revelou diferenças estatísticas significativas para as variáveis massa seca da parte aérea e massa seca da raiz (Tabela 16). A melhor dose para massa seca da parte aérea foi a dose correspondente a 12 gramas de polímero por planta. Ocorreu ajuste quadrático com ponto de máximo da massa seca em função do hidrogel de 10 gramas de polímero hidrogel e 0,4 gramas de biomassa seca (Figura 14). Houve resposta quadrática para massa seca das raízes em função das doses de hidrogel com o ponto de máximo igual a 8,39 gramas de hidrogel e 0,391 gramas de massa seca de raiz (Figura 15 e Tabela 17).

Tabela 16 – Biomassa de girassol na primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Quadrado Médio				
		Massa fresca da parte aérea	Massa seca da parte aérea	Massa fresca das raízes	Massa seca das raízes	Volume das raízes (cm ³)
Dose	3	0,698 ^{ns}	0,526 [*]	0,457 ^{ns}	0,142 [*]	0,254 ^{ns}
Bloco	5	0,229 ^{ns}	0,121 ^{ns}	0,597 ^{ns}	0,605 ^{ns}	0,356 ^{ns}
Resíduo	15	0,457	0,687	0,401	0,471	0,393
Total	23	-	-	-	-	-
Média	-	6,866	0,398	1,267	0,631	10,704
CV (%)	-	9,84	0,07	4,99	1,08	5,86

* significativo ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$)

Tabela 17 - Biomassa de girassol cultivado em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose de hidrogel	Massa fresca da parte aérea	Massa fresca da raiz	Massa seca da parte aérea	Massa seca da raiz	Volume da raiz
Gramas	Gramas				cm ³
0	6,3950 A	1,2413 A	0,3982 B	0,6218 B	10,4500 A
6	6,8833 A	1,2524 A	0,3984 B	0,6274 B	10,8167 A
12	6,9867 A	1,2617 A	0,3991 A	0,6452 A	10,6333 A
18	7,2017 A	1,3127 A	0,3981 B	0,6295 B	10,9167 A
Média	6,8667	1,2671	0,3985	0,6311	10,7041

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)

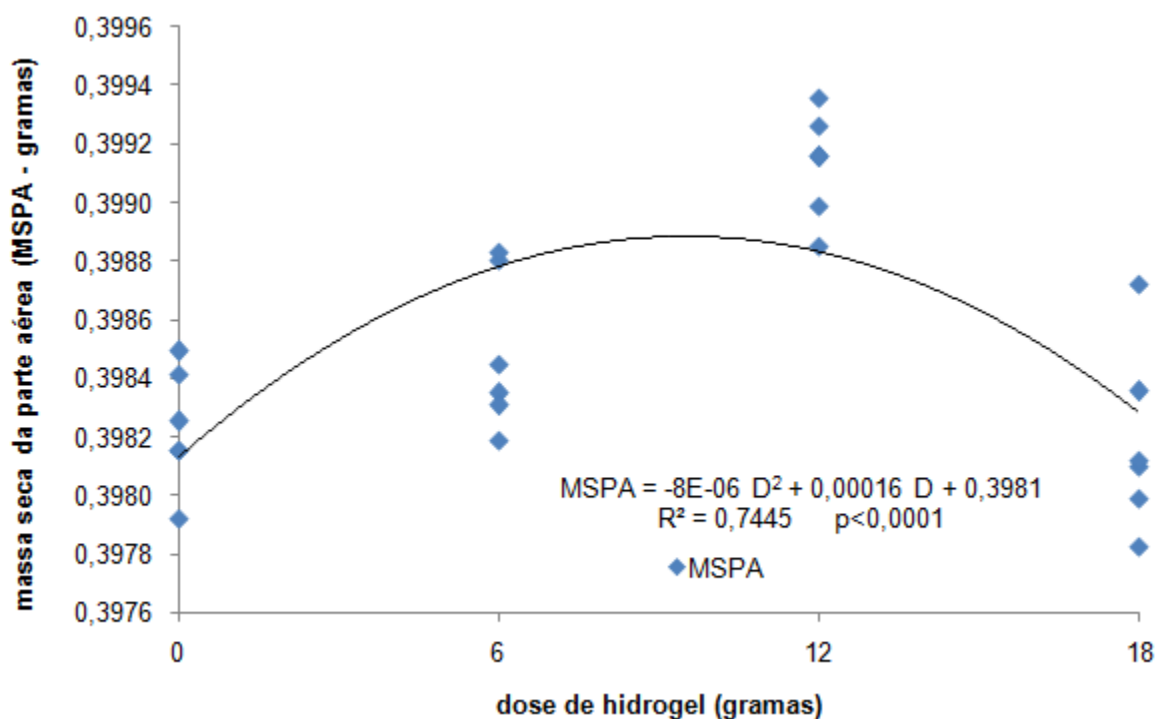


Figura 14 – Biomassa seca de parte aérea de plantas de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

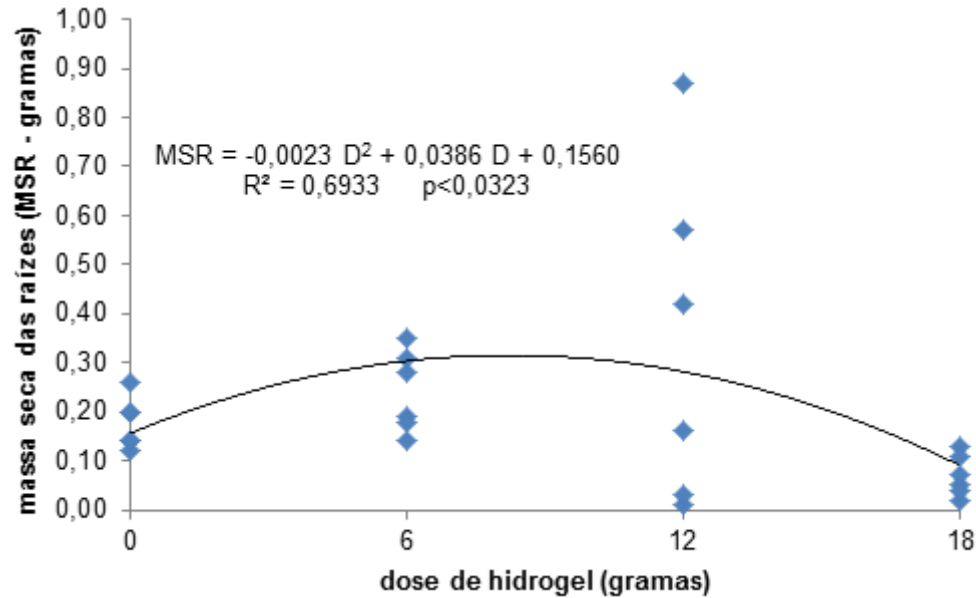


Figura 15 – Biomassa seca das raízes de plantas de girassol cultivadas em solos com hidrogel na estação primavera/verão, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

A análise conjunta dos experimentos demonstrou que existe uma interação entre a dose de hidrogel e a estação sazonal de realização do experimento em relação às médias de biomassa seca e fresca do dossel do girassol, sendo a melhor estação sazonal o outono para biomassa do dossel, todavia a melhor dose de hidrogel para massa fresca foi 6 gramas por planta e para massa seca 18 gramas por planta (Tabelas 18 e 19). Em relação a biomassa das raízes não houve interação dose de hidrogel e estação sazonal, apenas diferença para estação sazonal, sendo o outono a estação com maiores médias para raízes de girassol cultivado em solos com hidrogel (Tabelas 18 e 20).

Tabela 18 – Biomassa de girassol cultivado em solos com hidrogel em diferentes épocas do ano, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

CV	GL	Quadrado Médio				
		Massa fresca da parte aérea	Massa seca da parte aérea	Massa fresca das raízes	Massa seca das raízes	Volume das raízes
		(gramas)				(cm ³)
Estação Sazonal (ES)	1	41,645 *	38,538 *	1,206 *	2,154 *	0,585 ^{ns}
Bloco (ES)	10	5,768 ^{ns}	0,049 ^{ns}	0,164 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,979 ^{ns}
Dose	3	23,273 *	0,758 *	0,380 ^{ns}	0,045 ^{ns}	0,025 ^{ns}
ES X Dose	3	27,510 *	0,758 *	0,435 ^{ns}	0,034 ^{ns}	0,569 ^{ns}
Resíduo	30	7,597	0,037	0,163	0,016	1,11
Total	47	-	-	-	-	-
Média	-	7,798	1,296	1,426	0,419	10,59
CV (%)	-	35,34	14,97	28,76	20,59	9,94

* significativo ($p < 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$)

Tabela 19 – Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para biomassa de girassol, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose de hidrogel (g)	Massa fresca da parte aérea (g)			Média	Massa seca da parte aérea (g)			Média
	primavera/verão		outono/inverno		primavera/verão		outono/inverno	
0	6,3950 A b	8,6450 AB a	7,5200	0,3982 B b	1,7433 B a	1,0708		
6	6,8833 A b	12,4033 A a	9,6433	0,3984 B b	1,785 B a	1,0917		
12	6,9867 A b	8,5317 A B a	7,7592	0,3991 A b	2,5083 A a	1,4537		
18	7,2017 A a	5,3383 B a	6,2700	0,3981 B b	2,7317 A a	1,5649		
Média	6,8667	8,7296	7,7981	0,3985	2,1921	1,2953		

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

Tabela 20 – Teste F de Snedecor para o efeito da estação do ano dentro de cada tratamento para raízes de girassol, Piracicaba-SP, Brasil, 2015

Dose (g)	Massa fresca da raiz (g)			Massa seca da raiz (g)			Volume das raízes (cm ³)		
	primavera/verão		outono/inverno	primavera/verão		outono/inverno	primavera/verão		outono/inverno
			Média			Média			Média
0	1,242	1,408	1,325 A	0,398	1,743	1,071 A	10,450	10,828	10,639 A
6	1,255	2,127	1,691 A	0,398	1,785	1,092 A	10,818	10,313	10,566 A
12	1,262	1,485	1,373 A	0,399	2,508	1,454 A	10,633	10,455	10,544 A
18	1,313	1,320	1,317 A	0,398	2,732	1,565 A	10,919	10,337	10,628 A
média	1,268 b	1,585 a	1,426	0,398 b	2,192 A	1,295	10,705 a	10,483 a	10,594

Médias seguidas de letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0,01$)

5 CONCLUSÃO

A adição de hidrogel favoreceu efetivamente a produção de girassol em vaso promovendo economia de água durante todo o ciclo da cultura;

A dose de 6 gramas de hidrogel por planta, propiciou a melhor economia hídrica em ambos os experimentos;

O período primavera/verão apresentou maior gasto na irrigação quando comparado ao outono/inverno, muito provavelmente devido às altas temperaturas atingidas nesse período.

REFERÊNCIAS

AKHTER, J.; MAHMOOD, K.; MALIK, K.A.; MARDAN, A.; AHMAD, M.; IQBAL, M.M. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. **Plant Soil Environ**, v. 50, n. 10, p. 463-469, 2004.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAIS, D.; SMITH, M. **Evapotranspiración del cultivo: Guía para La determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Estudio FAO Riego y Drenaje 56, Roma, 2006. ISBN 92-5-304219-2.

BAHREININEJAD, B.; RAZMJOO, J.; MIRZA, M. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. **International Journal of Plant Production**. v.7, n.1, p. 151-156, 2013.

BAKASS, M.; MOKHLISSE, A. ; LALLEMANT, M. Absorption and desorption of liquid water by a superabsorbent polymer: Effect of polymer in the drying of the soil and the quality of certain plants. **Journal os applied Polymer Science**. V.83, p 234-243, 2002.

BATISTA, S.C.O.; CARVALHO, D.F.; ROCHA, H.S.; THANER DOS SANTOS, H.; MEDICI, L.O. Production of lettuce automatically watered with a low cost controller. **International Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.11, p.485-489. 2013.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: Editora FUNEP, 1986. 41 p.

BOX, G.E.P.; HUNTER, J.S.; HUNTER, W.G. **Statistics for experimenters: design, innovation, and discovery**. 2ed. Hoboken: Wiley-Interscience, 2005, 633 p.

CARVALHO, L.C.N. Produção de mudas de açaí sob diferentes níveis de depleção de água associada a doses de um polímero hidroabsorvente. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado Ciência: Engenharia de Sistemas Agrícolas), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

CARVALHO, C.M.; VIANA, T.V.A.; MARINHO, A.B.; LIMA JÚNIOR, L.A.; VALNIR JÚNIOR, M.V.; CORREIA, K.G. Management and use of irrigation digital tensiometers matrix in monitoring the potential of water on the ground in the area of irrigated jatropha. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.6, n.2, p.115 - 126, 2012.

CARVALHO, T.R.A.; MASSARANDUBA, W.M.; FONTENELE, S.B.; LANDIM, R.B.T.V.; MENDONÇA, L.A.R. Adjustment model to determine the soil moisture in fluvic neosol using a time domain reflectometry (TDR) probe. **Revista Agrarian**. v.8, n.27, p.57-63, 2015.

CASTIGLIONI, V.B.R.; OLIVEIRA, M.F. Girassol colorido para o Brasil. Londrina: Embrapa soja, 2003.

CORADI, P.C.; MELO, E.C.; ROCHA, R.P. Evaluation of electrical conductivity as a quality parameter of lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* Stapf) submitted to drying process. **Drying Technology**, v.32, n.8, p.969-980, 2014.

CURTI, G. L.; MARTIN, T.N.; FERRONATO, M.L.; BENIN, G. Ornamental sunflower: characterization, postharvest and senescence scale. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.240-250, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 327 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo / Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPS, 2011. 212p.

GERVÁSIO, E.S.; FRIZZONE, J.A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. **Irriga: Brazilian Journal of Irrigation and Drainage**, Botucatu, v.9, n.2, p.94-105, 2004.

HASANVANDI, M.S.; AYNEHBAND, A.; RAFIEE, M.; MOJADAM, M.; RASEKH, A. The impact of supplemental irrigation and Super Absorbent Polymer (SAP) on Proline and Protein concentrations in Safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars. **International Journal of Biosciences**. Vol. 5, No. 7, p. 230-240, 2014.

HENDERSON, J.C.; HENSLEY, D.L. Efficacy of a hydrophilic gel as a transplant aid. **Horticulture Science**, v.21, n.4, p.991-992, 1986.

IBRAFLOR Critérios de classificação girassol vaso. Disponível em: <www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=77>. acesso em 10/11/2016.

LEITE JUNIOR, J. B. Dessalinização do solo provocada pelo excesso do íon potássio em latossolo vermelho amarelo cultivado com alface americana (*Lactuca sativa* L.) irrigada sob ambiente protegido. 2000. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia (Irrigação e Drenagem)), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2000.

LENTZ, D.; POHL, M.E.D.; POPE, K.O.; WYATT, A.R. Prehistoric sunflower (*Helianthus annuus* L.) domestication in Mexico. **Economic Botany**, v.55, n.3, p.370-376, 2001.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. de. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 4. ed. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, 2008, 1088 p.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. **Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v3, n2, Mai.- Ago. 2010.

NAVROSKI, M.C.; ARAÛJO, M.M.; FIOR, C.S.; CUNHA, F.S.; BERGHETTI, A.L.; PEREIRA, M.O. Uso de hidrogel possibilita redução da irrigação e melhora o crescimento inicial de mudas *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Science For.**, Piracicaba, v.43, n.106, p467-476, junho 2015.

NEVES, M.B.; BUZETTI, S.; CASTILHO, R.M.M.; BOARO, C.S.F. Desenvolvimento de plantas de girassol ornamental (*Helianthus annuus* L.) em vasos, em dois substratos com solução nutritiva e em solo. **Científica**, v.33, n.2, p.127-133, 2005.

NIMAH, N.M.; RYAN, J.; CHAUDHRY, M.A. Effect of synthetic conditioners on soil water retention, hydraulic conductivity, porosity, and aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, n.1, p.742-745, 1983.

NOBRE, R.G.; ANDRADE, L.O.; SOARES, F.A.L.; GHEYI, H.R.; FIGUEIREDO, G.R.G.; SILVA, L.A. Vigor do girassol (*Helianthus annuus* L.) sob diferentes qualidades de água. **Educação Agrícola Superior**, v.23, n.1, p.58-60, 2008.

NOBRE, R.G.; GHEYI, H.R.; CORREIA, K.G.; SOARES, F.A.L.; ANDRADE, L.O. Growth and flowering of sunflower under saline stress and nitrogen fertilization. **Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 3, p. 358-365, 2010.

OLIVEIRA, A.C.; CRUZ, R.L.; BISCARO, G.A.; MOTOMIYA, A.V.A.; FREIRE, M. Use of ferrous water for drip irrigation of ornamental sunflower in pots. **IRRIGA**, v.19, n.2, p.245-254, 2014.

OLIVEIRA, M.F.; CASTIGLIONI, V.B.R. **Girassol colorido para o Brasil**. Londrina: EMBRAPA Soja, 2003. Folder.

PEREIRA, S.; FILHO, D.O.; MANTOVANI, E.C.; RAMOS, M.M.; MARTINS, J.H. Time domain reflectometry in the determination of soil water content. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p. 306-314, 2006.

Pereira, A.R.; Nova, N.A.V; SEDIYAMA, G.C. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1997. 183p.

PREVEDELLO, C.L.; BALENA, S.P. Effect of hydroretentive polymers on the physical and hydraulic properties of two porous media. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n. , p.251-258, 2000.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no Excel: guia prático**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 311 p.

SAKATA **Pollonless** **sunbright** Disponível em:
<www.sakata.com.br/produtos/flores-de-corte/sunflower-f1> 12/11/2016.

SANTOS, H.T.; CARVALHO, D.F.; SOUZA, C.F.; MEDICI, L.O. Cultivo de alface em solos com hidrogel utilizando irrigação automatizada. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.35, n.5, p.852-862, set./out. 2015.

TOMASELLI, J.T.G.; BACCHI, O.O.S. Calibração de um equipamento de TDR para medida de umidade de solos. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. Brasília, v.36, n.9, p. 1145- 1154, set., 2001.

VALE, G.F.R.; CARVALHO, S.P.; PAIVA, L.C. Avaliação da eficiência de polímeros hidroretentores no desenvolvimento do cafeeiro em pós plantio. **Coffee Science**, Lavras, v.1, n.1,p 7-13, abr/jun. 2006.

VIANA, T.V.A.; LIMA, A.D.; MARINHO, A.B.; DUARTE, J.M.L.; AZEVEDO, B.M.; COSTA, S.C. Lâminas de irrigação e coberturas do solo na cultura do girassol, sob condições semiáridas. **Irriga Botucatu**, v.17, n.2, p 126- 136, abril-junho, 2012.

VIEIRA, S. **Análise de variância Anova**. São Paulo, Atlas, 2006. 204 p.

VISCONTI, F.; MARTÍNEZ, D.; MOLINA, M.J.; INGELMO, F.; MIGUEL DE PAZ, J. A combined equation to estimate the soil pore-water electrical conductivity: calibration with the WET and 5TE sensors. **Soil Research**, v.52, n.5, p.419–430, 2014.

VERSLYPE, N.I., CALDAS, R.M.S., JÚNIOR, J. M. C., ANDRADE, J.S. Potencial para o cultivo do girassol na Microrregião do Pajeú através do modelo digital do terreno| Potential for sunflower crop in the Microrregião do Pajeú through the digital terrain model. **Revista Geama**, v. 2, n. 2, 2015.