

Uso do Hidrogel Frente as Características Químicas e Físicas de um Substrato para o Cultivo de Plantas Ornamentais

Use of Hydrogel on the Chemical and Physical Characteristics of a Substrate for the Cultivation of Ornamental Plants

Pablo Eanes Cocco Rodrigues^{*a}; Alexandre Swarowsky^b; Marcelo Lovato Brum^a; Juliano Dalcin Martins^c; Fernanda Alice Antonello Londero Backes^d; Wellington Mezzomo^e; Janine Farias Menegaes^f

^aUniversidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola. RS, Brasil.

^bUniversidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. RS, Brasil.

^cUniversidade Federal de Santa Maria, Departamento de Engenharia Rural. RS, Brasil.

^dUniversidade Federal de Santa Maria, Departamento de Fitotecnia. RS, Brasil.

^eUniversidad Tecnológica del Uruguay, Departamento de Ingeniería en Agua y Desarrollo Sostenible. Uruguai.

^fUniversidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Departamento de Produção Vegetal. SP, Brasil.

*E-mail: cocco.pablo@hotmail.com

Resumo

A utilização de substratos para o cultivo de plantas ornamentais em ambiente protegido já é uma técnica a tempo consolidada. Porém, como toda água utilizada no crescimento e desenvolvimento das plantas no ambiente protegido é oriunda da irrigação, surge a necessidade de aumentar sua eficiência. Com isso, tem-se o hidrogel, que é uma ferramenta capaz de absorver grandes quantidades de água e realizar sua liberação de forma gradual. Sendo assim, o objetivo desse trabalho é avaliar a influência de doses de hidrogel nas principais características químicas e físicas e na curva de secagem do substrato. Os tratamentos foram compostos por quatro doses (0, 20, 40 e 60 g L⁻¹) de hidrogel, em um delineamento inteiramente casualizado com três repetições. A avaliação da alteração nas características físicas e químicas do substrato se deu através da análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey 5% de probabilidade de erro). Para a curva de secagem foi realizada análise de regressão das doses avaliadas. A partir das análises, a adição de hidrogel ao substrato aumenta o pH e a CE das amostras além de diminuir as frações de AFD, AT e AR, CRA quando comparados a testemunha. Isso ocorre devido a reação proveniente da interação do hidrogel com a concentração de sais da solução. Além disso, conclui-se que as maiores doses de hidrogel (40 e 60 g.L⁻¹) promovem uma manutenção da umidade por mais tempo quando comparada a testemunha.

Palavras-chave: Polímero Hidroabsorvente. Cultivo em Recipientes. Capacidade de Retenção de Água.

Abstract

The use of substrates for the cultivation of ornamental plants in a protected environment is already a consolidated technique. However, as all the water used in the growth and development of plants in the protected environment comes from irrigation, there is a need to increase its efficiency. With this, we have the hydrogel, which is a tool capable of absorbing large amounts of water and releasing it gradually. Therefore, the objective of this work is to evaluate the influence of hydrogel doses on the main chemical and physical characteristics and on the drying curve of the substrate. The treatments consisted of four doses (0, 20, 40 and 60 g L⁻¹) of hydrogel, in a completely randomized design with three replications. The evaluation of the change in the physical and chemical characteristics of the substrate was done through analysis of variance and means comparison test (Tukey 5% error probability). For the drying curve, a regression analysis of the evaluated doses was performed. From the analyses, the addition of hydrogel to the substrate increases the pH and EC of the samples in addition to decreasing the fractions of AFD, AT and AR, CRA when compared to the control. This occurs due to the reaction resulting from the interaction of the hydrogel with the concentration of salts in the solution. In addition, it is concluded that the highest doses of hydrogel (40 and 60 g.L⁻¹) promote moisture maintenance for a longer time when compared to the control.

Keywords: Hydroabsorbent Polymer. Cultivation in Containers. Water Holding Capacity.

1 Introdução

A eficiência de cultivar em ambiente protegido associado à qualidade desejada na produção de plantas ornamentais resultou no aumento do cultivo em recipientes e consequentemente na utilização de substratos como meio de cultivo. Conforme explicam Schafer e Lerner (2022), o termo substrato possui diversos conceitos, porém, no Brasil, o termo oficialmente reconhecido pelo Ministério da Agricultura em 2004 refere-se ao “produto utilizado como meio de cultivo de uma planta”.

O substrato geralmente é resultante da mistura de duas ou

mais matérias-primas com o intuito de atingir ou aproximar-se das características físicas e químicas desejadas ao crescimento e desenvolvimento das plantas (FONTENO, 1989). O conhecimento dessas características são fundamentais para o sucesso da atividade, visto que o cultivo em substratos é mais intensivo que o cultivo em solo, sendo capaz de aumentar a eficiência dos insumos aplicados e o rendimento das culturas (KHALAJ; NOROOZISHARAF, 2020).

Cultivar em substratos requer um cuidado maior das condições ideais de crescimento e desenvolvimento, manejo climático adequado, e utilização de solução nutritiva e água de maneira balanceada com as exigências de cada planta

(KARAGÖZ et al. 2022). Os autores supracitados ainda explicam que embora a maioria dos substratos tem boa retenção de água, a quantidade total de água e nutrientes disponível na zona radicular das plantas é menor do que quando comparados ao cultivo em solo, principalmente devido ao volume limitado pelo recipiente no crescimento radicular.

O momento e a quantidade de água a ser fornecida para as plantas (principalmente no ambiente protegido, onde toda água aportada é proveniente da irrigação) são fatores chave para o sucesso da atividade, e estão diretamente relacionadas com a qualidade das plantas (GALINDO et al., 2017). Dessa forma, é de fundamental importância conhecer as necessidades hídricas e nutricionais das plantas, além das características físicas e químicas do substrato e seus efeitos no decorrer do ciclo de cultivo.

Uma alternativa já estudada a algum tempo pode promover melhorias na retenção de água e nutrientes e fazer a entrega destes de maneira gradual, conforme as necessidades das plantas, é o hidrogel. Também chamado de polímero hidroabsorvente ou superabsorvente, são definidos como uma rede polimérica tridimensional, levemente reticulada, cuja principal propriedade de interesse é a sua capacidade de absorver e reter grandes quantidades de água em relação ao seu peso seco (ULLAH et al., 2015), que dependendo do processo de fabricação e dos materiais de origem, pode reter de 10 a 1000 g de água por grama do produto (ZOHURIAAN et al., 2010). Apesar de já ser amplamente utilizado no meio agrícola, os hidrogéis são pouco estudados no setor de plantas ornamentais, necessitando assim mais estudos voltados as consequências técnicas e econômicas desses produtos para plantas ornamentais.

Diante disso, uma abordagem mais sustentável e econômica pode surgir através de interações entre o substrato e diferentes doses de hidrogel. Dessa maneira, o objetivo desse trabalho é avaliar a resposta de diferentes doses de hidrogel (0, 20, 40 e 60 g.L⁻¹) e sua influência na secagem do substrato e nas principais características físicas e químicas do substrato Mec Plant Flores®.

2 Material e Métodos

Para desenvolvimento do trabalho foi utilizado o laboratório de solos do Laboratório de Estudos do Meio Ambiente (LEMA), pertencente ao Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. O experimento foi realizado no período de fevereiro a março de 2022.

O substrato utilizado, marca MecPlant Flores®, foi obtido de revendas locais, assim como o hidrogel utilizado, marca Brandt®. Os tratamentos foram compostos por três doses de um polímero superabsorvente da marca Brandt®, sendo as doses de 20, 40 e 60 g.L⁻¹ de substrato, além da testemunha sem aplicação do polímero. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições. Para a

avaliação dos atributos físicos e químicos dos substratos foram separadas quatro amostras de 2,5 litros cada e foram homogêneas as mesmas doses de hidrogel avaliadas nos cilindros. Essas amostras de 2,5 litros com as doses de hidrogel foram acondicionadas em embalagens plásticas e vedadas, visando permanecer com a umidade atual. Posteriormente a isso, as amostras foram enviadas ao laboratório de Análise de Substratos da UFRGS, sediado em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. No substrato serão analisadas as propriedades químicas (pH (potencial do íon Hidrogênio); CE (condutividade elétrica) e físicas (DU (densidade de base úmida); DS (densidade de base seca); UA (umidade atual); PT (porosidade total); EA (espaço de aeração); AFD (água facilmente disponível); AT (água tamponante); AR (água remanescente ou residual); CRA 10 (capacidade de retenção de água sob sucção a 10 cm de coluna de água); CRA 50 (capacidade de retenção de água sob sucção a 50 cm de coluna de água); CRA 100 (capacidade de retenção de água sob sucção a 100 cm de coluna de água)).

Para confecção das amostras nos cilindros, foram pesados 350 g do substrato (umidade atual), as quais foram adicionadas a cilindros feitos de PVC, com dimensões de 10 cm de diâmetro por 10 cm de altura. Na base dos cilindros foi colocado um pano fixado com borracha a fim de evitar perdas do material e permitir a saturação e a secagem da amostra.

Foi calculado o volume dos cilindros (Equação 1) e contabilizada a quantidade do polímero a ser adicionada em cada tratamento, visto que a unidade de medida das doses foi gramas por litro. Posteriormente, o hidrogel foi saturado, as doses foram separadas e homogêneas nas amostras de substrato, conforme recomendação do fabricante. Após o processo de homogeneização das amostras contendo substrato e hidrogel, as mesmas foram saturadas pelo processo de ascensão capilar, sendo colocadas em um recipiente que foi completado com água até que atingisse 2/3 da altura do cilindro utilizado. As amostras ficaram no ambiente de saturação por 24 horas, até que foi possível observar uma lâmina de água na superfície das amostras.

$$V = \pi . r^2 . h \quad (1)$$

onde:

V = volume do cilindro

r² = raio da circunferência (cm);

h = altura do cilindro

Após saturadas, as amostras passaram por um rápido período de drenagem (aprox. 30 min), visando obter a capacidade de vaso de cada tratamento. Depois da drenagem, os cilindros com substrato e hidrogel foram pesados em balanças de precisão e acomodadas sobre as balanças automatizadas pela plataforma Arduino (Figura 1).

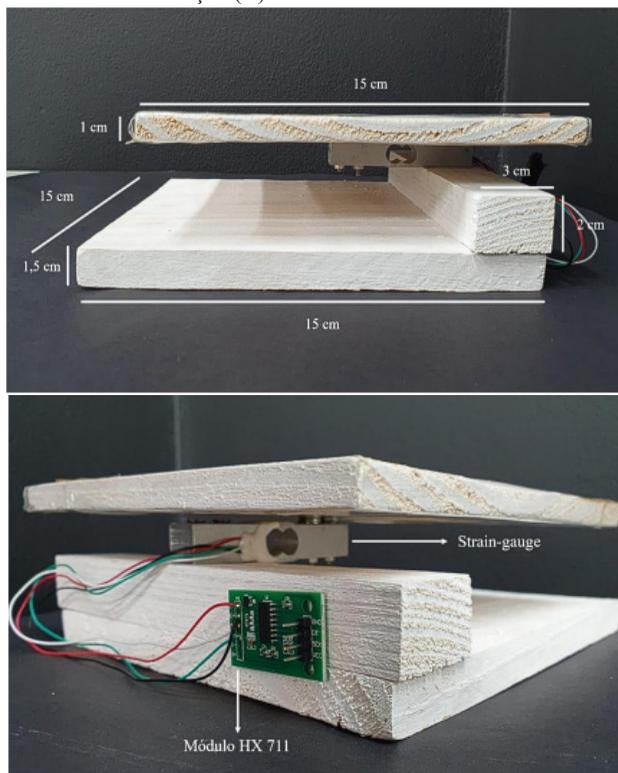
Figura 1 – Amostras saturadas sobre as balanças automatizadas



Fonte: os autores.

A estrutura das balanças foi construída com madeira, sendo oriundas da dissertação de mestrado de Brum (2022). As dimensões das balanças encontram-se descritas na Figura 2 A e o módulo e sensor utilizado na Figura 2 B.

Figura 2 – Dimensões das balanças (A), sensor e módulo utilizado na construção (B)



Fonte: Brum (2022).

Para a medição das variações nos valores de massa das amostras, foi utilizado em cada balança uma célula strain-gauge, que foi conectada ao módulo Hx711 e, posteriormente, ligadas à placa Arduino MEGA 2560 R3. A célula strain-gauge funciona como transdutor, capaz de medir pequenas deformações mecânicas, que quando deformadas apresentam resistência elétrica no sistema (ohms). Estes valores de deformação, por sua vez, são amplificados pelo módulo HX711, que é um conversor analógico-digital operacional de 24 Bits. Ou seja, esse módulo faz a adequação do sinal enviado pela plataforma strain-gauge para o microcontrolador Arduino, fazendo com que seja possível transformar os valores obtidos em massa, com precisão de até 1 grama (BRUM, 2022).

Para calibração, foi utilizado um algoritmo que faz a conversão do valor enviado pelo módulo Hx711 para

quilogramas, com precisão de até três casas decimais. Posteriormente à calibração, as balanças foram programadas para realizar a coleta dos valores de massa de cada unidade experimental na frequência de cinco minutos, sendo os dados armazenados em um cartão de memória micro SD para posterior coleta dos dados e análise.

Os cilindros foram mantidos em ambiente abrigado do sol e de ventos (no interior do laboratório), fazendo com que as amostras fossem secas a uma temperatura média de 25 °C, conforme termômetro instalado no interior do laboratório. Os cilindros permaneceram nas balanças até que as amostras atingissem massa constante ou que houvesse uma mínima variação na massa das amostras. Esse período se estendeu por 17 dias. Após a estabilização das massas, as amostras foram retiradas das balanças e o substrato foi retirado dos cilindros. O material retirado do cilindro foi acomodado em embalagens de alumínio e enviados para uma estufa com temperatura constante de 65 °C, a fim de secar as amostras e retirar a água residual do substrato.

Foram coletados 288 valores de massa diários nas balanças automatizadas. A partir daí foi realizada a média dos valores, a fim de obter um valor de massa diário. Com os valores diários já definidos para cada tratamento, foi realizado o cálculo da umidade em base gravimétrica, conforme a equação 2.

$$CGA = \left(\frac{a-b}{b}\right) \quad (2)$$

Onde:

CGA = conteúdo gravimétrico de água (umidade em base gravimétrica), em kg.kg-1.

a = massa da amostra úmida, em g.

b = massa da amostra seca em estufa até atingir peso constante, em g.

Com os valores de umidade em base gravimétrica foi realizado o cálculo para umidade volumétrica, a partir da equação 3.

$$CVA = (CGA * Ds) \quad (3)$$

Onde:

CVA = conteúdo volumétrico de água (umidade em base volumétrica), em m³.m⁻³.

CGA = conteúdo gravimétrico de água (umidade em base gravimétrica), em kg.kg-1.

Ds = densidade do substrato, em kg.dm-3.

A partir da obtenção dos valores de umidade em base volumétrica assumiu-se que o primeiro valor correspondia a 100% do total de água armazenado no substrato e foi feita a relação com os demais valores de CVA, a fim de obter a curva de secagem do substrato para as diferentes doses de hidrogel avaliadas.

3 Resultados e Discussão

As características físicas de um substrato são importantes, pois são conhecidas como as propriedades que não podem ser alteradas após o estabelecimento da cultura. Schafer e Lerner (2022) citam, dentre elas, estão a densidade de base seca (DS),

a densidade de base úmida (DU), a porosidade total (PT), o espaço de aeração (EA) e a capacidade de retenção de água (CRA) em baixas tensões. Para os autores supracitados, as características químicas mais importantes são o pH, a condutividade elétrica (CE) ou sais solúveis totais (SST), além, é claro, dos nutrientes disponíveis.

Observando os valores de pH obtidos na análise do substrato (Quadro 1), é possível encontrar a maior dose de hidrogel (60 g L⁻¹) como o tratamento com o maior valor, não diferindo da dose de 40 g L⁻¹. A dose de 40 g L⁻¹, por sua vez, não apresenta diferença significativa pelo teste de comparação das médias dos tratamentos de 20 g L⁻¹ e da testemunha (sem hidrogel).

Quadro 1 – Análise dos principais atributos físicos e químicos do substrato diante das diferentes doses de hidrogel avaliadas

Atributos	Doses de hidrogel			
	0 (testemunha)	20 g L ⁻¹	40 g L ⁻¹	60 g L ⁻¹
pH H ₂ O	5,73 b*	5,68 b	5,78 ab	5,90 a
CE mS/cm	0,96 a	0,90 a	1,03 a	1,02 a
DU Kg/m ³	548,44 ab	558,39 a	514,60 c	528,84 bc
DS kg/m ³	227,88 b	216,21 c	236,89 a	216,84 c
UA %	58,45 b	61,28 a	53,97 c	59,05 b
PT %	91,09 a	88,83 ab	86,86 b	90,55 a
EA %	37,03 c	40,63 b	37,57 c	46,11 a
AFD %	15,32 a	11,59 b	10,25 c	7,51 d
AT %	3,12 ab	2,94 b	3,33 a	2,41 c
AR %	35,61 ab	33,67 c	35,72 a	34,51 bc
CRA (10) %	54,06 a	48,20 b	49,29 b	44,44 c
CRA (50) %	38,73 a	36,61 b	39,05 a	36,93 b
CRA (100) %	35,61 ab	33,67 c	35,72 a	34,51 bc

*as médias não seguidas da mesma letra diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

Atributos mensurados: pH (potencial do íon Hidrogênio); CE (condutividade elétrica); DU (densidade de base úmida); DS (densidade de base seca); UA (umidade atual); PT (porosidade total); EA (espaço de aeração); AFD (água facilmente disponível); AT (água tamponante); AR (água remanescente ou residual); CRA 10 (capacidade de retenção de água sob sucção a 10 cm de coluna de água); CRA 50 (capacidade de retenção de água sob sucção a 50 cm de coluna de água); CRA 100 (capacidade de retenção de água sob sucção a 100 cm de coluna de água).

e legenda dos atributos

Fonte: dados da pesquisa.

Schafer e Lerner (2022) explicam que dentre as propriedades químicas, o pH é uma das mais importantes, pois está diretamente relacionado com a disponibilidade de nutrientes no meio de cultura, principalmente os micronutrientes. Não foram encontrados na literatura valores de pH ideais para a cultura da Peperômia, porém, acredita-se estar entre o ideal para a maioria das plantas, que é entre a faixa de 5,0 a 6,5. É nesta faixa de pH que a maioria dos nutrientes estará mais facilmente disponível para as plantas. Os valores encontrados na análise do substrato demonstraram um aumento nos valores de pH para as duas maiores doses de hidrogel, a de 60 g L⁻¹ e a de 40 g L⁻¹, quando comparados com a testemunha (sem hidrogel).

De acordo com Fermino (2014), a condutividade elétrica (CE) está relacionada ao conteúdo de sais solúveis de um substrato, pois os íons, quando dissolvidos em água, conduzem corrente elétrica na mesma proporção de sua concentração. O método utilizado na análise do substrato foi o método da extração 1:5 (v:v). Schafer e Lerner (2022) ressaltam que o limite de tolerância indicado pela maioria dos autores que trabalham com plantas ornamentais com alta demanda de adubação é de 0,65 mS cm⁻¹. Os valores obtidos através da análise do substrato foram muito acima do recomendado, visto que as peperômias são plantas pouco exigentes em adubação. No teste de médias não foi encontrada diferença significativa para os valores de CE, porém, nota-se um aumento da CE nas maiores doses de hidrogel 60 g L⁻¹ e 40 g L⁻¹, respectivamente. Esse fato, somado ao aumento do pH, pode ter resultado na diminuição da altura e no número de folhas, conforme o aumento das doses de hidrogel, visto que o polímero retém, além da água, os nutrientes.

Os valores de densidade úmida variam muito dependendo do teor de umidade do material no momento de análise. Por esse motivo, a densidade seca (DS) é utilizada como principal parâmetro. Kämpf (2005) explica que os valores de DS devem estar de acordo com o tamanho do recipiente, em que variam de 100 a 300 kg m⁻³ para bandejas de múltiplas células, de 200 a 400 kg m⁻³ para vasos de até 15 cm de altura, de 300 a 500 kg m⁻³ para recipientes de 20 a 30 cm de altura e de 500 a 800 kg m⁻³ para maiores de 30 cm de altura. Os recipientes utilizados no experimento possuíam 12 cm de altura, então os valores para todos os tratamentos ficaram acima dos 200 kg m⁻³, conforme recomendado por Kämpf (2005).

Conforme De Boedt e Verdonck (1972), os valores ideais para a porosidade total (PT) ficam próximos a 85%, sendo composta por macro e microporos que correspondem ao espaço de aeração (AE), água disponível (AD) (que é composta pela água facilmente disponível (AFD) e tamponante (AT)) e remanescente no substrato. Os autores supracitados ainda afirmam que os macroporos condicionam o espaço de aeração e correspondem à água liberada entre as tensões de 0 e 10 hPa da curva de retenção, tendo como valor de referência de 20 a 30%. Para o correspondente a AFD, que é a água liberada entre as tensões de 10 e 50 hPa, apresentando valor referência entre 20 e 30%; e, para a água tamponante, que é aquela retida entre as tensões de 50 e 100 hPa, o ideal é ficar próximo a 5%.

Na análise do substrato utilizado no experimento (Tabela 1), é possível observar que os valores de PT mais próximos do considerado ideal foram obtidos na dose de 40 g L⁻¹, sendo o tratamento com menor valor para essa característica, enquanto a testemunha (sem hidrogel) ficou com o maior valor de PT, acima de 91%. O EA que corresponde aos macroporos do substrato variou de 37 a 46%, superando os valores indicados como referência de 20 a 30%. Para a AFD, os valores de referência ficam entre 20 e 30%. Na análise do substrato, a AFD vai diminuindo à medida que aumentam as doses de hidrogel, em que a dose de 60 g L⁻¹ apresentou 7,51%, ficando, assim,

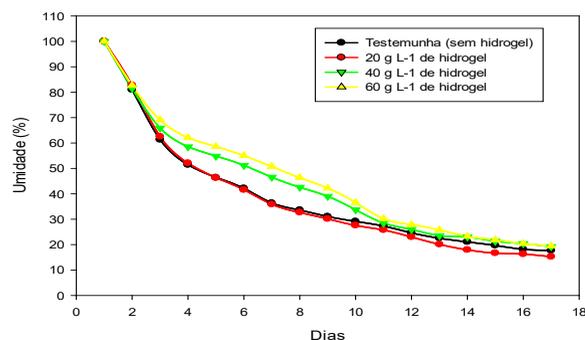
muito abaixo dos valores de referência. Esse comportamento pode ter ocorrido devido à tensão da água retida no hidrogel. Os valores de AT e AR foram maiores para a dose de 40 g L⁻¹, enquanto o menor percentual de AT foi encontrado na dose de 60 g L⁻¹ e o menor valor de AR foi obtido na dose de 20 g L⁻¹. A água disponível para a planta no meio de cultivo fica entre as tensões de 10 e 100 hPa. O que chama atenção é que a dose de 60 g L⁻¹ tem aproximadamente 80% da água que consegue reter no EA e AR, enquanto menos de 10% seria o valor compreendido entre 10 e 100 hPa. A maior concentração de umidade está na testemunha (sem hidrogel), onde mais de 18% está presente na AT e AR.

Avaliando a CRA a 10 cm de coluna de água, a testemunha (sem hidrogel) apresentou os maiores valores de retenção de água, seguida pela dose de 20 g L⁻¹ e 40 g L⁻¹, que por sua vez não apresentaram diferenças entre si, e tendo a maior dose (60 g L⁻¹) com o menor valor para esse atributo. Quando avaliamos a CRA a 50 cm de coluna de água, observamos que a testemunha (sem hidrogel) e a dose de 40 g L⁻¹ não apresentam diferenças significativas para o teste de médias, tendo os maiores valores, enquanto as doses de 20 e 60 g L⁻¹, com os menores valores, também não apresentam diferenças significativas. Para a CRA a 100 cm de coluna de água a dose de 40 g L⁻¹ apresenta o maior valor (35,7%), enquanto a dose de 20 g L⁻¹ apresenta o menor valor (33,7%).

Conforme explicam Neves et al. (2020) a não significância na elevação da capacidade de retenção de água no substrato com presença de hidrogel, está possivelmente relacionada a concentração de íons livres, a qual foi quantificada como CE na análise do substrato utilizada (0,96 a 1,03 mS.cm⁻¹). Neves et al. (2021) conclui que o hidrogel é capaz de promover melhorias na CRA dos substratos, porém, quanto maior for a CE do substrato, menor é o potencial de hidratação, sendo a CE um parâmetro importante a ser considerado na mistura de substratos e hidrogel.

No ensaio realizado com as balanças automatizadas pela plataforma Arduino, a curva de secagem apresenta um comportamento diferente do observado na análise do substrato, principalmente para a retenção de água. Conforme a Figura 3 é possível observar que a dose de 60 g L⁻¹ manteve a umidade do substrato superior aos demais tratamentos por um período maior. Nota-se que, para os três primeiros dias de secagem, os tratamentos não apresentavam diferenças na perda da umidade. A partir deste momento, as doses de 60 e 40 g L⁻¹ resultaram na manutenção da água por mais tempo no substrato, ficando em alguns períodos cerca de 15% superior aos tratamentos testemunha e a dose de 20 g L⁻¹.

Figura 3 – Curva de secagem do substrato obtida através das balanças automatizadas pela plataforma Arduino para as diferentes doses de hidrogel avaliadas



Fonte: dados da pesquisa.

O intervalo compreendido entre os dias 3 e 11 do período de secagem foram os momentos de maior diferença entre os tratamentos. Antes e depois deste período, os tratamentos apresentaram pouca diferença, em que a dose de 20 g L⁻¹ apresentou os menores valores no final do ciclo. O fato das maiores doses de hidrogel apresentarem valores de umidade superiores à testemunha e à menor dose pode ser explicado pela rápida capacidade de absorção e pela entrega de forma gradual da água pelo hidrogel, conforme explicam James e Richards (1986) e Li et al. (2009). Esse resultado vai ao encontro com o obtido por Li et al. (2009), Montesano et al. (2015) e Dehkordi (2017) que verificaram efeitos positivos para aumento na retenção de água em diferentes doses de hidrogel no substrato.

Conforme Saad et al. (2009) e Marques et al. (2013) o hidrogel é capaz de reduzir a frequência e a lâmina de irrigação, devido principalmente ao alto potencial de absorver água (150 a 400 vezes) e devido a permanência da água por mais tempo no substrato, conforme observado nos resultados da curva de secagem. Porém, Gervásio e Frizone (2004) explicam que existem diferentes respostas as características de retenção da água desses polímeros quando adicionados ao substrato. Os autores supracitados ainda explicam que o hidrogel possui alta capacidade de absorção em água destilada, porém, são fisicamente instáveis na presença de sais, devido as poucas e fracas reticulações.

4 Conclusão

A adição de hidrogel ao substrato reflete em alterações nas características químicas principalmente no aumento do pH e CE. Para as características físicas, as frações de AFD, AT e AR, além das capacidades de retenção de água a baixas tensões, desenvolvem uma diminuição na retenção de água, podendo ser influenciada pela interação entre a CE do substrato e o hidrogel.

As maiores doses de hidrogel (40 e 60 g.L⁻¹) podem ser eficientes na manutenção da umidade por mais tempo no meio de cultivo, conforme a curva de secagem, porém, fatores externos podem influenciar nos resultados, principalmente no tocante a CE.

Referências

- BRUM, M.L. Calibração de sensores capacitivos de baixo custo utilizando a plataforma Arduino., 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/24449>
- DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. *Acta Horticult.*, v.26, p.37-44, 1972. doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1972.26.5>
- DEHKORDI, K.D. Effect of superabsorbent polymer on salt and drought resistance of *Eucalyptus globulus*. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, v.15, n.4, p.1791-1802, 2017. doi: http://dx.doi.org/10.15666/aecr/1504_17911802
- FERMINO, M.H. Substratos: composição, caracterização e métodos de análise. Guaíba: Agrolivros, 2014.
- FONTENO, W.C. An approach to modeling air and water status of horticultural substrates. *Acta Horticult.* v.238, p.67-74, 1989. doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1989.238.7>
- GALINDO, A. et al. Deficit irrigation and emerging fruits crops as a strategy to save water in Mediterranean semiarid agrisystems. *Agricul. Water Manag.*, v.202, p.311-324, 2017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.015>
- GERVÁSIO, E.S.; FRIZZONE, J.A. Caracterização físico-hídrica de um condicionador de solo e seus efeitos quando misturado a um substrato orgânico. *Irriga*, v.9, n.2, p.94-105, 2004. doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2004v9n2p94-105>
- JAMES, E.A. RICHARDS, D. The influence of iron source on the water-holding properties of potting media amended with water absorbing polymers. *Sci. Hort.*, v.28, n.3, p.201-208, 1986.
- KÄMPF, A.N. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba: Agrolivros, 2005.
- KARAGÖZ, F.P.; DURSUN, A.; KARASAL, M. A review: use of soilless culture techniques in ornamental plants. *Ornamental Horticult.*, v.28, n.2, p.172-180, 2022. doi: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v28i2.2430>
- KHALAJ, M.A.; NOROOZISHARAF, A. Efficiency of ammonium and nitrate ratios on macronutrient content and morphological properties of gerbera jamesonii cut flower. *Agric. Conspec. Sci.*, v.85, n.3, p.281-289, 2020. doi: <https://hrcak.srce.hr/243613>
- LI, Y. et al. Micromorphology of macromolecular superabsorbent polymer and its fractal characteristics. *J. Appl. Polym. Sci.*, v.113, n.6, p.3510-3519, 2009. doi: <https://doi.org/10.1002/app.30323>
- MARQUES, P.A.A.; CRIPA, M.A.M.; MARTIZEZ, E.H. Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro telado de mudas de cafeeiro. *Ciênc. Rural*, v.43, n.1, p.1-7, 2013. doi: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000129>
- MONTESANO, F.F. et al. Biodegradable superabsorbent hydrogel increases water retention properties of growing media and plant growth. *Agricul. Agricul. Sci. Proc.*, p.451-458, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.052>
- NEVES, O.S.C. et al. Retenção de água em substratos com hidrogel: influência das características do material e nível de adubação. *Ciênc. Florestal*, v.31, n.4, p.1751-1767, 2021. doi: <https://doi.org/10.5902/1980509843240>
- NEVES, O.S.C. et al. Influence of nitrates, phosphate, sulphate and salts of Ca, Mg and K, on hydrogel hydration capacity. *Rev. Árvore*, v.44, 2020. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-908820200000008>
- 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. *Eng. Agríc.* v. 29, n.3, p.404-411, 2009. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162009000300007>
- SCHAFER, G.; LERNER, B.L. Physical and chemical characteristics and analysis of plant substrate. *Ornam. Horticult.*, v.28, n.2, 2022. doi: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v28i2.2496>
- ULLAH, F. Classification, processing and application of hydrogels: a review. *Mat. Sci. Eng.*, v.57, p.414-433, 2015. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.07.053>
- ZOHURIAAN-MEHR, M.J. et al. Advances in non-hygienic applications of superabsorbent hydrogel materials. *J. Mat. Sci.*, v.45 n.21 p.5711-5735, 2010. doi: <https://doi.org/10.1007/s10853-010-4780-1>