



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CURSO DE AGRONOMIA

**UTILIZAÇÃO DE HIDROGEL NANOCOMPÓSITO COM LIBERAÇÃO
CONTROLADA DE N-UREIA EM SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE PIMENTÃO (*Capsicum annum L.*)**

Nicole-Marie Dos Santos Butruille

**Brasília, DF
Julho de 2018**

NICOLE-MARIE DOS SANTOS BUTRUILLE

**UTILIZAÇÃO DE HIDROGEL NANOCOMPÓSITO COM LIBERAÇÃO
CONTROLADA DE N-UREIA EM SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.)**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília-UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientadora:
Prof^ª. NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA
Co-orientador:
RAPHAEL AUGUSTO DE CASTRO E MELO

**Brasília, DF
Julho de 2018**

FICHA CATALOGRÁFICA

BUTRUILLE, Nicole-Marie Dos Santos

“UTILIZAÇÃO DE HIDROGEL NANOCOMPÓSITO COM LIBERAÇÃO CONTROLADA DE N-UREIA EM SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (*Capsicum annum* L.)”

Orientação: Nara Oliveira Silva Souza. 49 páginas. Monografia de Graduação (G) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2018.

1. *Capsicum annum* L. 2. Hortaliças 3. Polímeros hidrofílicos 4. Fertilizante nitrogenado.

I. SOUZA N. O. S. II. Dr^a

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BUTRUILLE, N. M. S. **UTILIZAÇÃO DE HIDROGEL NANOCOMPÓSITO COM LIBERAÇÃO CONTROLADA DE N-UREIA EM SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (*Capsicum annum* L.)**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2018, 50 páginas. Monografia.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: NICOLE-MARIE DOS SANTOS BUTRUILLE

Título da Monografia de Conclusão de Curso: Utilização de Hidrogel Nanocompósito com Liberação Controlada de N-Ureia em Substrato para Produção de Mudas de Pimentão (*Capsicum Annuum* L.)

Grau: 3º **Ano:** 2018

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

NICOLE-MARIE DOS SANTOS BUTRUILLE

CPF: 052.014.871-14

CEP: 71735-406

(61) 99665-0702/ email: nicbut1606@gmail.com

NICOLE-MARIE DOS SANTOS BUTRUILLE

**UTILIZAÇÃO DE HIDROGEL NANOCOMPÓSITO COMO SISTEMA DE
LIBERAÇÃO CONTROLADA DE N-UREIA EM SUBSTRATO PARA
PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTÃO (*Capsicum annuum* L.)**

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília-UnB, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em de de

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª Drª. Nara Oliveira Silva Souza
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária –
Universidade de Brasília
Orientadora

Me. Raphael Augusto de Castro e Melo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
Examinador

Dr. Juscimar da Silva
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa)
Examinador

DEDICATÓRIA

Ao meu querido pai, Jean Marie, por sempre ter me acompanhado, aconselhado e apoiado em cada passo que tomei.

À Anita Esmeralda, minha amada mãe, pela dedicação em sempre estar por perto, me educando e protegendo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais que sempre se esforçaram para me dar uma boa educação e me apoiam a seguir em frente.

Ao meu co-orientador, Raphael. Pela oportunidade de realizar este trabalho e por todos os ensinamentos, apoio e incentivo.

A minha orientadora, Professora Nara, pela compreensão, ensino e apoio.

À equipe do Laboratório de Sementes da Embrapa Hortaliças, liderado pelo Dr. Dr. Marçal Henrique Amici Jorge, agradeço pela permissão e ajuda em todo o experimento. Em especial a Dourival Rodrigues Silva, Jorge de Lima e Carolina Dos Santos Galvão.

Ao Dr. Juscimar da Silva, por ter aceitado o convite de participação na banca e por sempre ter me acolhido nos Laboratórios de Solos e Nutrição de Plantas.

À Professora Selma Regina Magiotto, que me orientou em questões importantes dos estudos e da vida, sempre otimista e paciente.

À Dra. Rita de Fátima Alves Luengo, por ter me acolhido desde o princípio e por todos os conselhos, conversas e apoio.

Ao Mateus Malta Fleury, meu namorado, pelo incentivo, paciência, carinho e sorrisos.

Aos meus amigos da Embrapa Hortaliças, pela ajuda e companhia em todos os momentos.

Aos meus familiares e amigos de longa data, que sempre estiveram ao meu lado e acreditaram em mim.

À minha irmã, Denise, por sempre ter cuidado de mim.

Aos meus irmãos Jean Philippe e David pelo incentivo a seguir essa carreira tão bonita e pelo exemplo que me dão de bons profissionais e pessoas.

Aos meus amigos da agronomia, por todo o companheirismo durante o curso, em especial à Daniela Balduino, ao João Lucas C. Fontana e ao Lemerson Brasileiro.

Ao meu amigo Kildery, por todos os momentos valiosos que passamos e por ter feito eu me sentir especial.

RESUMO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das hortaliças de maior importância econômica no mundo e no Brasil. Em seu cultivo, a formação de mudas de qualidade é essencial para a obtenção de plantas vigorosas e produtivas e para isso é necessário o emprego de substratos e técnicas de manejo adequados que permitam otimizar o manejo da água e da nutrição. A técnica da adição de hidrogéis como condicionadores hídricos e carreadores de nutrientes vem sendo utilizada com esse propósito com resultados promissores. O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização de um hidrogel nanocompósito com propriedades de liberação controlada de nitrogênio na produção de mudas de pimentão. O experimento foi conduzido em cultivo protegido na Embrapa Hortaliças, Brasília – DF, no período de 02/2018 a 03/2018. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições e 5 tratamentos (doses), sendo: 0, 5, 10, 15 e 40% de hidrogel com ureia (HU) em 6g L⁻¹ de substrato. As variáveis avaliadas foram índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NF), massas seca e fresca das partes aérea (MSA e MFA) e radicular (MSR e MFR), área foliar (AF), volume e área superficial de raízes (VSR e ASR), índice de qualidade de Dickson (IQD) e índice SPAD. O uso do hidrogel não apresentou diferenças significativas no IVE e SPAD. As demais variáveis apresentaram efeito significativo, sendo que a maior dosagem (40% HU) foi a que promoveu uma melhor qualidade de mudas.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., hortaliças, polímeros hidrofílicos, fertilizante nitrogenado.

ABSTRACT

Sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) is one of the most important vegetables grown in Brazil and worldwide. In its cultivation, the formation of quality seedlings is essential for obtaining vigorous and productive plants, in order to achieve this, is necessary to use suitable substrates that allow the correct management of water and nutrition. Adding hydrogels as water-conditioners and nutrient carriers has been used for this purpose. The aim of this work was to evaluate a nanocomposite hydrogel with nitrogen controlled release properties in the production of sweet pepper seedlings. The experiment was conducted in greenhouses at Embrapa Hortaliças, Brasília - DF, from 02/2018 to 03/2018. The statistical design adopted was a randomized complete block design with four replicates and five treatments (doses): 0, 5, 10, 15 and 40% urea hydrogel (HU) in 6 g L⁻¹ substrate. Emergence speed index, plant height, stem diameter, number of leaves, dry and fresh mass of shoot and roots, leaf area, root surface area and volume, Dickson quality index and SPAD index were the evaluated variables. The use of the hydrogel did not promote significant differences in the emergence speed index and in the SPAD index. The other variables had a significant effect and the highest dosage (40% HU) was the one that promoted a better quality of seedlings.

Key-words: *Capsicum annuum* L. vegetables, hydrophilic polymers, nitrogen fertilizer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Atuação dos sistemas de liberação controlada de fertilizantes com o uso de hidrogel (Fonte: SABADINI, 2015).....	19
Figura 2. Dessorção controlada de ureia em mg/g em função do tempo para (a) ureia esférica pura e para (b) hidrogéis hidrolisados, em pH 7 (Fonte: adaptado de BORTOLIN, 2013).....	21
Figura 3. Temperatura e umidade do viveiro durante o período do experimento	27
Figura 4. Radiação Global do viveiro durante o período do experimento	28
Figura 5. Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) do viveiro durante o período do experimento	28
Figura 6. Altura da planta em mudas de pimentão, aos 53 dias após o início da emergência utilizando hidrogel nanocompósito como sistema de liberação controlada de ureia. Brasília - DF, 2018.....	32
Figura 7. Diâmetro do colo em mudas pimentão, aos 53 dias após o início da emergência utilizando hidrogel nanocompósito como sistema de liberação controlada de ureia. Brasília - DF, 2018.....	33
Figura 8. Número de folhas em mudas pimentão, aos 53 dias após o início da emergência utilizando hidrogel nanocompósito como sistema de liberação controlada de ureia. Brasília - DF, 2018.....	34
Figura 9. Massa fresca e seca da parte aérea (MFA e MSA), massas fresca e seca de raízes (MFR e MSR) e área foliar (AF) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas pimentão, aos 53 dias após o início da emergência utilizando hidrogel nanocompósito como sistema de liberação controlada de ureia. Brasília - DF, 2018.....	35
Figura 10. Aspecto das mudas de pimentão aos 53 dias após o início da emergência, com doses crescentes de hidrogel com ureia. Brasília - DF, 2018.	37

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	OBJETIVOS	13
2.1	Objetivos Gerais.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Importância socioeconômica do pimentão	14
3.2	Produção de mudas de hortaliças.....	15
2.3	Hidrogéis	17
4.	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	Local e Data	22
4.2	Cultivar de pimentão	22
4.3	Substrato e Bandejas Utilizados	22
4.4	Delineamento experimental.....	22
4.5	Irrigação e Adubação	23
4.6	Dados Climáticos	23
4.7	Variáveis analisadas	23
4.7.1	Germinação (GN)	23
4.7.2	Índice de Velocidade de Emergência (IVE)	24
4.7.3	Altura da Planta (AP).....	24
4.7.4	Diâmetro do Colo (DC)	24
4.7.5	Número de Folhas (NF)	24
4.7.6	Matéria Fresca (MF)	24
4.7.7	Matéria Seca (MS)	25
4.7.8	Índice de Qualidade de Dickson (IQD)	25
4.7.9	Área Foliar (AF)	25
4.7.10	Área Superficial do Sistema Radicular (ASR) e Volume do Sistema Radicular (VSR).....	26
4.7.11	Índice Relativo de Clorofila (SPAD)	26
4.8	Análise Estatística.....	26
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6.	CONCLUSÕES.....	38
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1. INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das dez hortaliças de maior importância econômica no mundo, sendo também uma das mais produzidas no Brasil. É cultivado na quase totalidade dos estados brasileiros, em campo aberto ou cultivo protegido. Pode ser consumido na forma de frutos verdes ou maduros, sendo também muito utilizado na indústria alimentícia ou na produção de pigmentos. Possui altos teores de vitaminas A, C e E, além de sais minerais e antioxidantes (REIFSCHNEIDER, 2000). Em seu cultivo a formação de mudas de qualidade é o primeiro passo para a obtenção de plantas vigorosas e produtivas, sendo essa uma das etapas mais importantes em campo (NASCIMENTO et al., 2016). É recomendável cultivá-las em ambiente protegido, utilizando bandejas e substratos de combinações diversas (HENZ et al., 2007).

Assim, é importante considerar vários fatores, dentre eles o uso de substratos adequados, os quais ao serem caracterizados física e quimicamente permitem alcançar o correto manejo da água e da nutrição (ZORZETO, 2011).

Uma técnica que vem sendo utilizada com esse objetivo é a adição de polímeros hidrorretentores ao substrato de mudas, que funcionam como condicionadores hídricos, aumentando a capacidade de retenção de água e propiciando uma melhor qualidade das mudas (MARQUES; BASTOS, 2010; BERNARDI, 2012; BRAZ, 2016). Esses polímeros, que podem ser naturais ou sintéticos são capazes de absorver grande quantidade de água em sua estrutura tridimensional, sem se dissolver completamente, formando hidrogéis (SABADINI, 2015).

Além de absorver água, estas matérias, em condições específicas, podem absorver também outros compostos de interesse, podendo funcionar como veículos carreadores de nutrientes, dentre eles o nitrogênio. (BAJPAI; GIRI, 2003; GUO et al., 2005).

A ureia, fonte de nitrogênio de alta solubilidade, tem sua eficiência diminuída, devido, principalmente, às altas perdas via volatilização da amônia, quando aplicada ao solo (NI et al., 2011). Nesse sentido, a utilização de hidrogéis como veículos carreadores desse nutriente é uma alternativa que permite a sua liberação controlada/lenta no solo (GUO et al., 2005).

Apesar dos bons resultados da aplicação de hidrogel na agricultura, o preço final e a baixa biodegradabilidade do produto, impedem, muitas vezes, sua aplicação em larga escala (BORTOLIN, 2014). Com o intuito de resolver estes gargalos, Bortolin et al. (2013) sintetizaram uma nova série de hidrogéis compostos de poliacrilamida, metilcelulose e montmorilonita, os quais recebem o nome de nanocompósitos. A estes foi incorporada ureia, passando a comportar-se como um sistema de liberação controlada do fertilizante nitrogenado.

A presença do polissacarídeo garante melhoras na biodegradabilidade e na hidrofiliabilidade do hidrogel, enquanto que o argilomineral proporciona melhoras de algumas propriedades dos materiais, além da redução do custo final do produto (BORTOLIN, 2013).

Diante do exposto, estudos sobre a aplicação desses nanocompósitos em sistemas de produção de mudas comerciais (substrato + hidrogel) para a determinação do seu efeito sobre o comportamento das plantas são necessários (BORTOLIN, 2014).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Avaliar o efeito do uso de hidrogel nanocompósito com propriedades de liberação controlada de N-ureia na produção de mudas de pimentão.

2.2 Objetivos Específicos

- Verificar se o nanocompósito, com diferentes concentrações de ureia, interfere na emergência de plântulas de pimentão.
- Avaliar o desenvolvimento de plântulas de pimentão sob a aplicação de nanocompósito com diferentes dosagens de ureia.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Importância socioeconômica do pimentão

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) pertence à família das solanáceas, assim como a batata, o tomate, a berinjela e as pimentas em geral. Tem como centro de origem a região do Peru-Bolívia, de onde se expandiu até o México, seu centro de diversidade (ALMEIDA, 2006).

Esta cultura, juntamente com outras espécies do gênero *Capsicum* são cultivados em todo o mundo, com destaque para a China, com produção de 17,5 milhões de toneladas/ano, correspondendo a mais da metade da produção mundial (FAOSTAT, 2016). Outros grandes produtores são o México, com 2,7 milhões de toneladas/ano, Turquia com 2,5 milhões de toneladas/ano e Indonésia com 2 milhões de toneladas/ano (FAOSTAT, 2016).

No Brasil a área cultivada com pimentão ultrapassa 11.000 ha com uma produção de 554.904 toneladas em 2017 (MAPEAMENTO..., 2017). Se destacam como principais estados produtores São Paulo, Minas Gerais, Ceará, Rio de Janeiro e Bahia, que, juntos, correspondem a 66% do total produzido (IBGE, 2006; RAGASSI; MELO, 2017). O pimentão é cultivado pelos seus frutos, que são consumidos verdes ou maduros, frescos ou industrializados. Na indústria são utilizados como condimentos, conservas, molhos e como matéria-prima para a extração de páprica e oleorresinas (ALMEIDA, 2006; OLIVEIRA, 2012). Possuem altos teores de vitamina C, A e E, principalmente em frutos maduros. Possuem ainda boa quantidade de sais minerais potássio, cálcio, fósforo e ferro, com apenas 20 kcal em frutos verdes e 26 kcal em frutos maduros, por 100g de produto (ALMEIDA, 2006). Além disso, têm alto poder antioxidante devido à presença de flavonoides e pigmentos (carotenoides, xantofilas e luteína) (MARÍN et al., 2004).

O cultivo do pimentão se dá em campo aberto ou em estufas (cultivo protegido), apresentando maiores produtividades neste último, devido ao maior controle das condições ambientais e dos tratamentos culturais. Enquanto o pimentão cultivado em campo tem produtividade entre 25 e 40 t ha⁻¹, em cultivo protegido pode alcançar até 180 t ha⁻¹ (HENZ et al., 2007).

O Distrito Federal tem se destacado como o principal polo produtor de pimentão em cultivo protegido do país, (HENZ et al., 2007; RAGASSI; MELO,

2017). Só no Núcleo Rural Taquara, em Planaltina, são cultivados 75 ha de pimentão, sendo 25 deles em estufa, com produtividade média de 120 t ha⁻¹, e 50 ha em campo aberto, com produtividade média de de 60 t ha⁻¹, (EMATER, 2016; RAGASSI; MELO, 2017).

3.2 Produção de mudas de hortaliças

A formação de mudas de qualidade está diretamente relacionada ao êxito da produção hortícola, sendo esta uma das etapas mais importantes para a obtenção de plantas produtivas em campo (NASCIMENTO et al., 2016). Desse modo, o desempenho final das plantas no campo, do ponto de vista nutricional, fitossanitário e do tempo necessário à produção, são altamente dependentes da etapa de formação de mudas (NASCIMENTO et al., 2016).

No Brasil, muitos horticultores ainda formam suas próprias mudas na propriedade, com o uso de estruturas mais simples, enquanto outros, em geral grandes produtores, compram mudas de viveiristas profissionais, os quais contam com infraestrutura específica e mão de obra especializada para esse tipo de produção (VIEIRA, 2016).

Este setor modificou-se profundamente nos últimos anos até chegar nos padrões de qualidade atuais, deixando de produzir mudas em sementeiras (raiz nua) para produzi-las em recipientes multicelulares, as bandejas (SILVA, 2017). Esta última prática, apresenta algumas vantagens em relação à primeira, como o melhor aproveitamento das sementes, precocidade, redução da mão de obra, facilidade no transporte e produção em grande escala (OVIEDO, 2007). São comumente utilizadas bandejas de plástico ou de isopor, com destaque para as primeiras na produção em larga escala, por serem mais fáceis de serem higienizadas e mais resistentes, tendo uma maior vida útil (JORGE et al., 2016).

Com o uso de bandejas, surge também a preocupação com alguns fatores como o volume das células, tipo de substrato e idade do transplante. Estes fatores afetam diretamente o desenvolvimento e arquitetura do sistema radicular, assim como o suprimento de nutrientes às mudas (TRANI et al., 2004; SILVA, 2017). Quanto ao tamanho dos recipientes, surge a problemática

de se assegurar o crescimento da biomassa aérea, com um volume limitado de raízes, restritas ao pequeno volume das células (LEMAIRE, 1994).

O substrato é outro aspecto a ser pensado logo no início da produção de mudas. Ele corresponde à matéria-prima ou mistura de matérias-primas que substituem o solo no cultivo, o qual serve de suporte às mudas e meio em que se desenvolvem as raízes, possibilitando o fornecimento de água, ar e nutrientes em quantidades equilibradas (ZORZETO, 2011). Segundo Schmitz et al. (2002) as propriedades químicas mais utilizadas para a caracterização de um substrato são o pH, a capacidade de troca de cátions (CTC), a salinidade e o teor de matéria orgânica. Já entre as propriedades físicas destacam-se a densidade, a porosidade, o espaço de aeração e a economia hídrica.

Um bom substrato deve proporcionar retenção de água suficiente para a germinação e permitir a emergência e desenvolvimento das plântulas (SMIDERLE et al., 2001). Os materiais orgânicos mais comumente utilizados para compor os substratos são: turfa, cascas de árvores (sobretudo pinus), fibra de coco, casca de arroz carbonizada, além de outras fibras e cascas. Já entre as matérias-primas minerais podemos citar: vermiculita, perlita, espuma fenólica, lã de rocha e argila expandida (ZORZETO, 2011).

Outro aspecto importante dentro da cadeia de produção de mudas é o manejo nutricional. Os substratos, dependendo da sua formulação, nem sempre contém teores de nutrientes suficientes para promover o desenvolvimento satisfatório das mudas. Assim, muitos produtores realizam a suplementação com nutrientes, de forma a produzir mudas mais vigorosas e resistentes ao transplante (JÚNIOR, 2016). Mesmo em substratos altamente fertilizados, a lixiviação de nutrientes provocada pelo excesso de lavagem no substrato, resultante do processo de irrigação, é um motivo pelo qual muitos viveiristas fazem a aplicações frequentes de nutrientes (LIMA et al., 2012).

Desse modo, a utilização de adubos de liberação lenta ou controlada de nutrientes entra como alternativa no aumento da eficiência das adubações (SERRANO et al., 2010). Estes adubos, também chamados de “fertilizantes inteligentes” são materiais preparados para liberar seu conteúdo de nutrientes gradualmente, coincidindo, se possível, com os requisitos nutricionais de uma planta ao longo de seu ciclo (HANAFI et al., 2000).

Nesse sentido, materiais poliméricos como os hidrogéis, como base para a liberação controlada de nutrientes, têm sido estudados pela sua multifuncionalidade, ou seja, não apenas possuem esta propriedade nutricional, mas também podem absorver grande quantidade de água, preservando a umidade do solo, ao mesmo tempo (GUO, 2005; BORTOLIN, 2014).

Entre os nutrientes passíveis de incorporação aos hidrogéis, tem-se o nitrogênio, cuja eficiência de aplicação é baixa e as perdas de na ordem de 50 a 80% por volatilização da amônia quando aplicado na forma de ureia. Esta baixa eficiência justifica o interesse de se desenvolver alternativas que visam sua disponibilização de forma controlada (LARA; CABREZAS (1997); VOLK (1959) apud ZAVASCHI (2010)).

Assim, para se produzir mudas com qualidade, novas tecnologias devem ser adotadas e novos insumos disponibilizados. Nesse sentido, a participação conjunta de empresas, instituições de pesquisa e do produtor faz-se necessária (JORGE et al., 2016).

A qualidade da muda pode ser avaliada com base em parâmetros morfológicos e fisiológicos, os quais são diretamente relacionados ao seu potencial de sobrevivência e posterior desenvolvimento das plantas no campo (FONSECA, 2000). Algumas variáveis merecem destaque, quer sejam analisadas de forma de isolada (altura, diâmetro de colo, número de folhas, área foliar, massas seca e fresca da parte aérea e radicular) ou de forma conjunta (relação altura e diâmetro do colo, índice de qualidade de Dickson) (GOMES et al., 2002; DOS SANTOS et al., 2017). Tais variáveis, inicialmente utilizadas em mudas de espécies florestais, também têm sido usados em diversos trabalhos com hortaliças, sendo bons indicadores de qualidade de mudas (SMIDERLE et al., 2001; FONSÊCA, 2002; TRANI et al., 2007; COSTA et al., 2011; ARAÚJO DE FREITAS et al., 2013).

2.3 Hidrogéis

Hidrogéis podem ser definidos como estruturas tridimensionais formadas a partir de macromoléculas ou polímeros hidrofílicos entrecruzados que ao absorver água, mesmo em grandes quantidades, são capazes de manter sua estrutura sem sofrer dissolução (PEPPAS et al., 2000; SABADINI, 2015). São

formados por cadeias longas e flexíveis que são interligadas, física ou quimicamente, que podem absorver, além de água, soluções nutritivas, fluidos biológicos ou outros compostos de interesse (Figura 1) (BORTOLIN, 2014; GUILHERME et al., 2015).

Devido à essas propriedades, os hidrogéis tem sido usados em diversas áreas, com diversas aplicações, tais como: sistemas de liberação controlada de substâncias químicas (HAMIDI et al., 2008; ZHANG et al., 2004), agricultura (AZEVEDO, 2002; BERNARDI et al., 2012) fabricação de produtos de higiene (SINGH et al., 2010), aplicações biomédicas (CALÓ; KHUTORYANSKIY, 2015), substrato para crescimento de células (BAYSAL et al., 2013), engenharia de tecidos e regeneração (ZHANG et al., 2011; SAUL; WILLIAMS, 2014), curativos (SIKAREEPaisan et al., 2011), biosensores (RUSSEL et al., 1999), dentre outras.

Podem ser classificados quanto à sua origem, em sintéticos ou naturais (AHMED, 2015). Hidrogéis naturais são preparados a partir de polímeros de origem natural tais como alginato, quitosana, amido, ácido hialurônico, dentre outros. Hidrogéis sintéticos, por sua vez, são formados por reações de polimerização de monômeros sintéticos (acrilamida, ácido metacrílico) (BORTOLIN, 2014). Estes são de fácil obtenção, apresentam grande poder de absorção e baixo custo. Contudo, por serem resistentes a decomposição por microorganismos, apresentam baixa biodegradabilidade, podendo resultar em poluição ambiental (SABADINI, 2015). Assim, a combinação de matérias sintéticos com naturais, tais como polissacarídeos, além de ser uma alternativa mais biodegradável, pode melhorar as propriedades do material obtido, em relação à durabilidade, resistência mecânica e capacidade de absorção de água (AHMED, 2015; BORTOLIN, 2014).

Dentre as diversas áreas de aplicação dos hidrogéis, a agricultura tem se destacado nas últimas décadas. Vários trabalhos foram desenvolvidos a partir dos anos 80 no sentido de estudar os hidrogéis como condicionadores de solo, principalmente como produtos capazes de reter e disponibilizar água para os cultivos agrícolas (WILLINGHAM JR. et al. 1981; WALLACE, 1987; SAYED et al. 1991). Desde então se constatou que a aplicação de hidrogéis ao solo ou ao substrato aumenta a retenção de água, reduz perdas de nutrientes por

percolação e lixiviação, melhoram a aeração e drenagem do solo, resultando em efeitos positivos no crescimento e sobrevivência de mudas e na produtividade das culturas (LAMONT; O'CONNELL, 1987; HÜTTERMANN et al., 1999; ABEDI-KOUPAI et al., 2008; TOHIDI-MOGHADAM et al., 2009).

Uma outra aplicação envolve o uso de hidrogéis como veículos carreadores de nutrientes. Mikkelsen et al. (1993), estudando a adição de hidrogéis à fertilizantes nitrogenados, observaram que as perdas de nitrogênio por lixiviação em solo arenoso foram reduzidas em 45% durante as quatro primeiras semanas, devido à adição do polímero ao fertilizante e permitiram um incremento de 40% na produção de uma gramínea em relação à aplicação de ureia convencional. Guo et al. (2005) trabalhando com ureia encapsulada em um hidrogel semissintético, constataram que o produto, além de apresentar a liberação lenta do fertilizante, contribui para a retenção de água no solo.

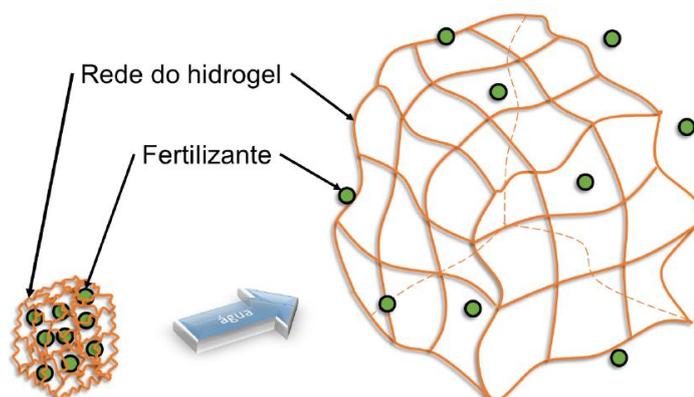


Figura 1. Atuação dos sistemas de liberação controlada de fertilizantes com o uso de hidrogel (Fonte: SABADINI, 2015).

Embora a aplicação de hidrogel na agricultura venha mostrando resultados promissores, o preço final e a baixa biodegradabilidade do produto, impedem, muitas vezes, sua aplicação em larga escala (BORTOLIN, 2014). Nesse sentido, surge como alternativa ecológica e economicamente viável a obtenção de hidrogéis combinados a polissacarídeos (GUILHERME 2015). Aouada et al. (2009) desenvolveram um hidrogel baseado em poliacrilamida (PAAm) e metilcelulose (MC), observando que a presença da metilcelulose deixou a matriz polimérica mais hidrofílica, além de aumentar o tamanho de

poros, conduzindo a maiores graus de intumescimento.

As propriedades de hidrogéis podem ainda ser modificadas pela incorporação de partículas inorgânicas, em especial argilominerais, formando compósitos ou ainda nanocompósitos, quando estes estão dispersos em escala nanométrica (CHUROCHKINA et al., 1998; DE PAIVA et al., 2006). Estes materiais, presentes abundantemente no solo, apresentam resistência mecânica, natureza hidrofílica e alta capacidade de troca catiônica, sendo facilmente incorporáveis às cadeias hidrofílicas dos hidrogéis (KAŞGÖZ et al., 2008). Desse modo, ao serem incorporados argilominerais na rede polimérica durante a síntese do hidrogel, são capazes de melhorar suas propriedades mecânicas, atuando também na sorção e dessorção controlada de íons (LI et al., 2008; BORTOLIN, 2014). Além disso, podem reduzir o custo de produção do material, especialmente se usados em maiores quantidades, tornando-o competitivo no mercado (BORTOLIN, 2014).

Tais propriedades justificam a escolha de compósitos baseados em hidrogéis como veículos adequados para aplicações em sistemas de liberação lenta/controlada de insumos agrícolas (LI et al., 2009). Nesse sentido, Bortolin et al. (2013) sintetizaram uma nova série de hidrogéis compostos por poliacrilamida, metilcelulose e 50% de montmorilonita, em que a presença do argilomineral além de melhorar algumas propriedades dos materiais, reduziu custos. Além disso, ao ser incorporada aos hidrogéis, foi observado que a presença da montmorilonita no hidrogel permitiu uma liberação mais controlada do nitrogênio da ureia, em relação ao hidrogel puro, e quase 200 vezes mais lenta do que a ureia pura (Figura 2) (BORTOLIN et al. 2013).

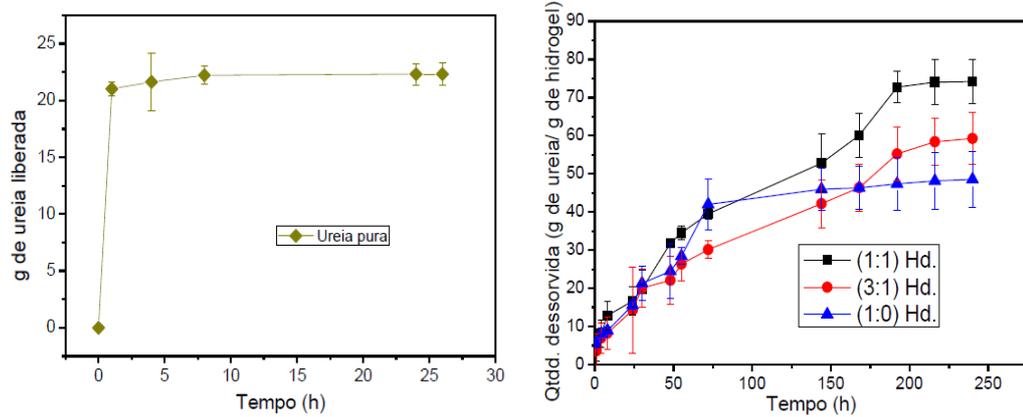


Figura 2. Dessorção controlada de N-ureia em mg/g em função do tempo para (a) ureia esférica pura e para (b) hidrogéis hidrolisados, em pH 7 (Fonte: adaptado de BORTOLIN, 2013)

Estes resultados demonstram o grande potencial de aplicação de hidrogéis nanocompósitos como sistemas de liberação lenta/controlada de nutrientes (BORTOLIN et al. 2013). Contudo, mais estudos devem ser realizados, de forma a investigar o comportamento da liberação de nutrientes durante o desenvolvimento das culturas, para recomendações de uso do produto, especialmente na formação de mudas de hortaliças.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local e Data

O experimento foi realizado em ambiente protegido na Embrapa Hortaliças, localizada à altitude de 996 metros e coordenadas geográficas de 15°56'00" de latitude Sul e 48°08'00" de longitude a Oeste. Sua instalação foi estabelecida em 02 de Fevereiro de 2018 e finalizada em 27 de Março de 2018, com a avaliação das mudas de pimentão. A estufa utilizada era do tipo teto em arco e com medidas de 30 m de comprimento, 8 m de largura e pé direito de 2,7 m, coberta com plástico de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 µm.

4.2 Cultivar de pimentão

Foram utilizadas sementes de pimentão híbrido 'Platero' (Syngenta), apresentando como informações de rótulo pureza de 99,99%, garantia de germinação mínima 94%, lote 12138867 e tratamento antifúngico à base de THIRAM.

4.3 Substrato e Bandejas Utilizados

Foi utilizado substrato comercial Bioplant® a base de fibra de coco, que foi seco em estufa de circulação forçada de ar a 60°C durante 24 h para evitar umidade excessiva em contato com o hidrogel que poderia causar o intumescimento do polímero e interferir na germinação das sementes. As bandejas utilizadas eram de polietileno flexível de 128 células, com volume de 18 cm³ por célula.

4.4 Delineamento experimental

O experimento foi estabelecido no delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos (doses) e quatro repetições. Os tratamentos consistiram em misturas de hidrogel puro (HP) com hidrogel com uréia (HU) incorporada, na dose de 50% de sua constituição, que foram acrescidas ao substrato. Sendo:

T1 - dose 0%: 6g HP

T2 – dose 5%: 5,59 g HP + 0,38 g HU

T3 - dose 10%: 5,33 g HP + 0,64 g HU

T4 - dose 15%: 5,08 g HP + 0,90 g HU

T5 - dose 40%: 3,41 g HP + 2,56 g HU L⁻¹ de substrato

4.5 Irrigação e Adubação

A irrigação foi realizada por aspersão três vezes ao dia nas três primeiras semanas após a semeadura e reduzida para duas vezes ao dia nas semanas seguintes, até a análise final das mudas. Todas as mudas foram adubadas uma única vez com sulfato de amônio na dose de 3g/l na quinta semana após a semeadura, em função do crescimento e desenvolvimento pouco expressivo do tratamento da dosagem 0% (T1).

4.6 Dados Climáticos

Durante a execução do experimento foram medidas as seguintes variáveis: temperatura (máxima e mínima em °C), umidade (máxima e mínima em %), radiação global (Rs em MJ m².dia⁻¹) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA ou PAR em μmol m².dia⁻¹) por um instrumento do tipo DataLogger, modelo Watchdog 1000 Series Micro Station – Spectrum Technologies® localizado dentro da estufa, na bancada onde estavam as bandejas, a cerca de 1,0 m de altura.

4.7 Variáveis analisadas

4.7.1 Germinação (GN)

Foi realizado um teste de germinação sobre papel no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Embrapa Hortaliças, dos dias 13 a 27 de fevereiro. Quatro repetições de 25 sementes foram colocadas em caixas plásticas do tipo gerbox com duas folhas de papel germitest, umedecidas com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. Foram feitas duas contagens (1ª: aos 7 dias e 2ª: aos 14 dias), considerando a emissão da raiz primária maior que 2 mm (BRASIL, 2009).

4.7.2 Índice de Velocidade de Emergência (IVE)

O Índice de Velocidade de Emergência (IVE), foi feito registrando-se diariamente o número de plântulas emergidas à partir do 11º dia após a semeadura, com parte aérea formada, até o 22º dia quando houve estabilização da emergência. Este foi calculado pela fórmula proposta por MAGUIRE (1962): $IVE = E1/N1 + E2/N2 + \dots + En/Nn$ Onde: IVE = índice de velocidade de emergência. E1, E2,... En = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem. N1, N2,... Nn = número de dias da semeadura à primeira, segunda e última contagem.

4.7.3 Altura da Planta (AP)

Aos 43 dias após a semeadura, foram escolhidas 10 plantas aleatoriamente por repetição e medida a altura do colo até o ápice da planta, de cada uma, por régua graduada em centímetros e milímetros.

4.7.4 Diâmetro do Colo (DC)

Em procedimento semelhante à medição da Altura da Planta (AP), o diâmetro do colo (DC) foi medido, através de um paquímetro digital graduado em milímetros, no terço médio das plantas acima das folhas cotiledonares.

4.7.5 Número de Folhas (NF)

Nas mesmas dez plantas em que foram medidos AP e DC foi contabilizado o número de folhas por planta, considerando as folhas verdadeiras.

4.7.6 Matéria Fresca (MF)

Aos 53 dias após a semeadura, foram coletadas as mudas para análise final (destrutiva). Foram escolhidas seis plântulas normais por repetição, lavadas, para a retirada de substrato das raízes, seccionadas na divisão entre

colo e raízes, e pesadas para a obtenção da matéria fresca da parte aérea e raízes (MFA e MFR), em balança com precisão de 0,001 g.

4.7.7 Matéria Seca (MS)

As mesmas secções de caule e raiz das seis plântulas escolhidas, por repetição, foram colocadas em sacos de papel e levadas para estufa com circulação forçada de ar, mantida à temperatura de 70°C por 72 horas. O material seco foi pesado, por repetição, em balança com precisão de 0,001 g.

4.7.8 Índice de Qualidade de Dickson (IQD)

O uso de índices de qualidade, como o de Dickson (1960), evita distorções provenientes do excesso de nitrogênio, por exemplo, em que pode haver maior crescimento foliar em detrimento do radicular (MARANA et al., 2008). Este índice é determinado em função da altura da parte aérea (AP), do diâmetro do colo-coleto (DC), massa seca total (MST) que é dada pela soma da massa seca da parte aérea (MSA) e a massa seca das raízes (MSR), através da equação abaixo:

$$IQD = \frac{MST}{\frac{AP}{DC} + \frac{MSA}{MSR}}$$

(DICKSON et al., 1960)

4.7.9 Área Foliar (AF)

Foram retiradas seis plantas por parcela para a estimativa da média de cada uma. A parte aérea foi separada das raízes, as folhas de cada planta foram destacadas do coleto e dispostas em fundo preto com dimensões 210 x 297 mm, digitalizadas por meio de escâner. As estimativas de área foliar foram realizadas pelo software ImageJ seguindo o procedimento estabelecido por Glozer (2008).

4.7.10 Área Superficial do Sistema Radicular (ASR) e Volume do Sistema Radicular (VSR)

As raízes de seis plantas por parcela, escolhidas na variável anterior, foram lavadas e digitalizadas por meio de escâner, individualmente, em fundo preto com dimensões 210 x 297 mm. As imagens obtidas foram processadas e analisadas utilizando o software SAFIRA® - Sistema de Análise de Fibras e Raízes, desenvolvido na Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, SP (JORGE e RODRIGUES, 2008).

4.7.11 Índice SPAD

O teor relativo de nitrogênio foi avaliado utilizando-se um aparelho SPAD-502 (Minolta Co., Japão) em que as medidas são dadas em valores de um índice correlacionado ao conteúdo das folhas. Uma leitura foi realizada aos 52 dias após a semeadura, no limbo de folhas jovens, totalmente expandidas de cinco plantas por parcela.

4.8 Análise Estatística

As análises estatísticas foram feitas no programa SPEED Stat (CARVALHO; MENDES, 2017). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% probabilidade. As variáveis AP, DC, NF, MFA, MFR, MSA, MSR, AF e IQD foram analisadas por regressões lineares ou polinomiais a 5% de probabilidade de erro.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação as condições meteorológicas do ambiente de experimentação (estufa), tem-se como valor ótimo de temperatura para germinação de pimentões 25°C e 28°C, havendo redução a 32°C dada à ocorrência de estresses que podem ser minimizados por práticas culturais como sombreamento, resfriamento evaporativo, entre outros (GREY; WEBSTER, 2012). Para umidade, valores muito altos e sua interação com temperaturas altas podem causar a escaldadura de plantas e a ocorrência de doenças pelo molhamento foliar por longos períodos (GREY; WEBSTER, 2012). No presente trabalho as médias de temperatura e umidade se encontram dentro dos valores ótimos supracitados para a produção de mudas de pimentão (Figura 3).

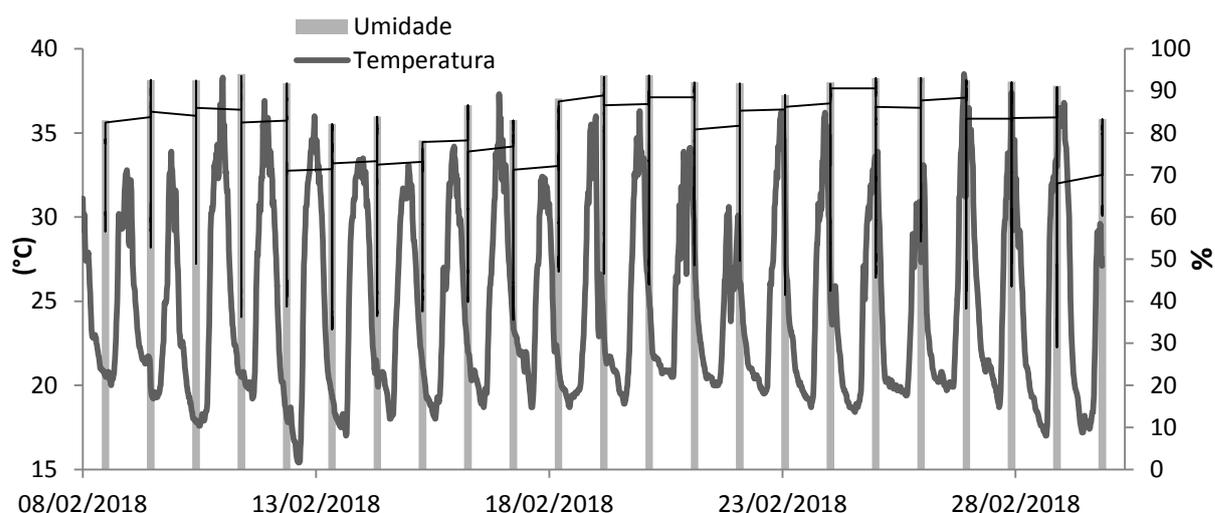


Figura 3. Temperatura e umidade do viveiro durante o período do experimento

Para a radiação incidente, Castilla & Baeza (2013) indicam como limite trófico para as culturas e, assim, para a produção de assimilados e, por conseguinte para sua manutenção, uma energia radiante próxima de $8,46 \text{ MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, descrevendo que para solanáceas, a redução de 1% de iluminação supõe redução de 1% na produção. Nas condições do experimento os valores se encontram acima desse limite (Figura 4), não comprometendo o aparato fotossintético e o desenvolvimento das plântulas.

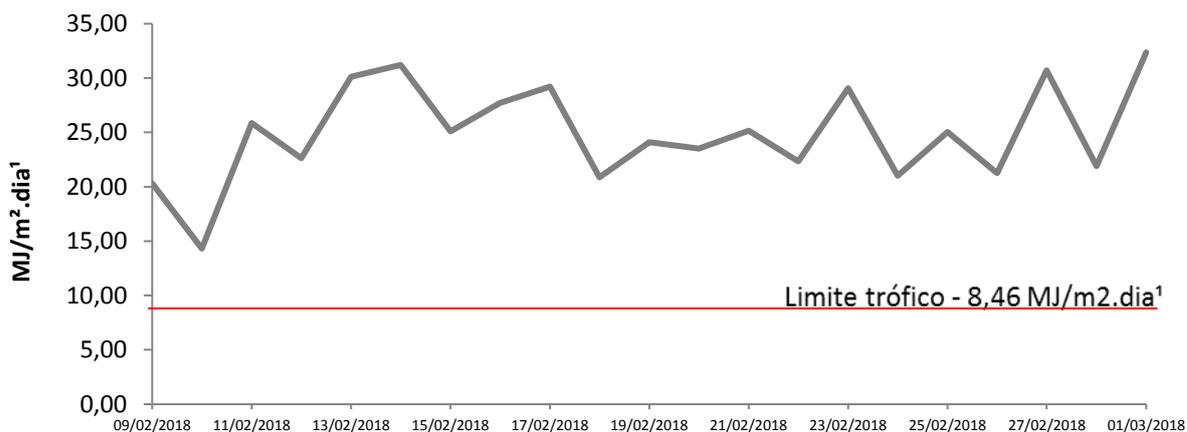


Figura 4. Radiação Global do viveiro durante o período do experimento

Os valores de RFA (PAR) em $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ quando convertidos a Integral de Luz Diária (ILD) para valores em $\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{d}^{-1}$ (Figura 5) se encontram acima da faixa de $13 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ tida como necessária para produzir mudas de hortaliças de excelência (LOPEZ; RUNKLE, 2017). Em condições de baixa ILD, as plantas estiolam e não são consideradas de qualidade (DORAIS; MITCHELL; KUBOTA, 2017).

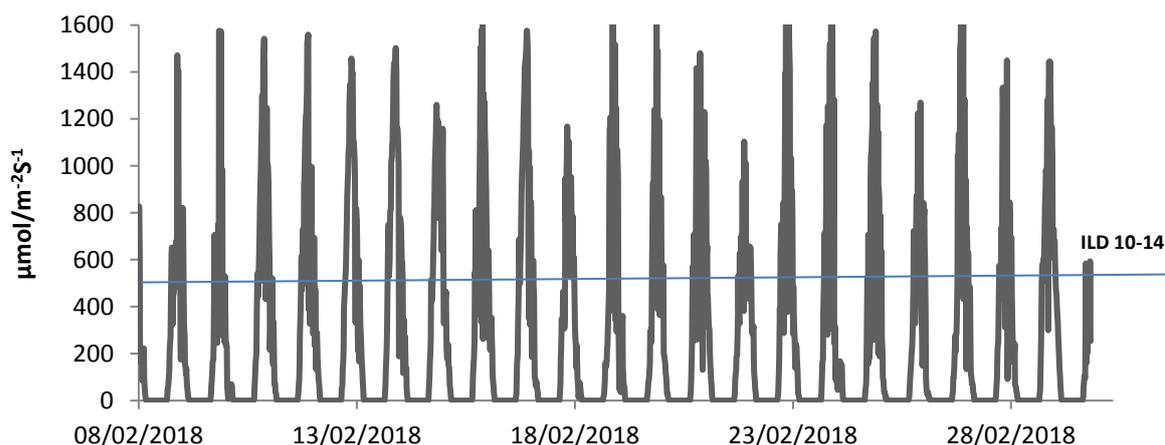


Figura 5. Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) do viveiro durante o período do experimento

A análise de variância (Tabelas 1 e 2) mostrou que para todas as variáveis analisadas, com exceção dos índices de velocidade de emergência e

SPAD, houve diferença significativa a 1% de significância ($p < 0,01$) entre os tratamentos com as doses de hidrogel nanocompósito com ureia.

Os coeficientes de variação, com valores de 8,19% a 28,35%, comprovam a boa precisão experimental. Estes valores são condizentes com o relatado em experimentos com mudas de pimentão (MARQUES; BASTOS, 2010; DINIZ et al. 2007).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis fitotécnicas (I) de mudas de pimentão produzidas com uso de hidrogel nanocompósito enriquecido com uréia. Brasília - DF, 2018.

FV	QM							
	IVE	AP	DC	NF	MFA	MFR	MSA	MSR
Tratamentos	2,99 ^{ns}	37,84 ^{**}	1,23 ^{**}	8,65 ^{**}	1,94 ^{**}	1,42 ^{**}	0,04 ^{**}	0,01 ^{**}
Erro	4,73	1,17	0,03	0,30	0,06	0,08	0,00	0,00
CV	22,19	13,71	8,19	11,65	23,54	28,35	25,00	23,78

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e ^{ns}. = não significativo. IVE: índice de velocidade de emergência; AP: altura da planta; DC: diâmetro do caule-coleto; NF: número de folhas; MFA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca de raízes; MSA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca de raízes.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis fitotécnicas (II) de mudas de pimentão produzidas com uso de hidrogel nanocompósito enriquecido com ureia. Brasília - DF, 2018.

FV	QM				
	AF	VSR	ASR	IQD	SPAD
Tratamentos	1204,95 ^{**}	1,94 ^{**}	4186,20 ^{**}	0,00 ^{**}	39,56 ^{ns}
Erro	37,48	0,04	40,78	0,00	13,23
CV	26,62	19,93	11,59	21,80	12,31

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; AF: área foliar; VSR: volume do sistema radicular; ASR: área superficial do sistema radicular; IQD: índice de qualidade de Dickson.

A emergência das plântulas ocorreu aos 12 dias após a semeadura (DAS) com a contagem para o IVE de 18 de fevereiro a 1 de março. A resposta dessa variável não foi influenciada significativamente pela dosagem de hidrogel, confirmando que sua presença no substrato não causou ação inibitória da emergência de plântulas de pimentão. Cerca de 80% (em média) das plantas dos tratamentos emergiram ao final da avaliação. Esse resultado, ainda que positivo, poderia obter percentuais maiores, o que pode ser explicado, em parte, pela presença do hidrogel no substrato que contribui

sensivelmente com a aeração, capacidade de retenção de água e formação de uma estrutura física para o desenvolvimento de raízes, porém, necessitando de manejo de irrigação adequado para que não haja impedimentos nesse sentido. Um outro fator relacionado a essa resposta poderia ser uma capacidade germinativa reduzida das sementes e, para tanto, visando eliminar tal possibilidade foi realizada uma avaliação de germinação em gerbox, obtendo 91% de sementes germinadas (BRASIL, 2009).

O tamanho da raiz é um indicador do desenvolvimento e do estado da plântula (OLARIA et al., 2016). A medida em que se aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo (ou substrato), as raízes começam a se multiplicar e se adensar. Quando nutrientes no solo ou substrato excedem um nível ótimo, o crescimento radicular se torna limitado por carboidratos e eventualmente cessa (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Conforme apresentado na Tabela 3, o tratamento que apresentou maior volume e área superficial de raízes (VR e AR) foi o correspondente à dose de 40% HU (T5). O VR e o AR foram 484% e 360% maiores, respectivamente, nesta dosagem do que na dose 0%.

Pigmentos de clorofila são essenciais para a conversão da energia da luz em energia química. Dessa forma o conteúdo de clorofila, estimado pelo índice SPAD, pode determinar diretamente o potencial produtivo de fotoassimilados e ainda indiretamente definir status nutritivo da planta, já que a maior parte do nitrogênio é incorporado à clorofila das folhas (OLARIA et al., 2016). Observou-se que não houve diferença significativa entre as doses no índice SPAD obtido. Resultado similar ao obtido por Santos et al. (2008). Os valores, contudo, estão dentro da faixa encontrada na literatura para mudas de pimentão, variando de 18,38 a 26,78 (SANTOS et al., 2008) e 25 a 30 (PAUL; METZGER, 2001; OLARIA et al., 2016).

Tabela 3. Valores médios obtidos das variáveis índice de velocidade de emergência (IVE) volume do sistema radicular (VSR) e área superficial do sistema radicular (ASR) e índice SPAD para mudas de pimentão crescidas em substrato contendo hidrogel nanocompósito enriquecido com ureia Brasília-DF, 2018.

Doses de hidrogel (%)	IVE	ASR	VSR	SPAD
0	9,89a	25,33c	0,32c	29,08a
5	10,83a	72,06b	1,26b	34,27a
10	10,34a	16,65c	0,29c	30,45a
15	9,30a	70,05b	1,40b	25,72a
40	8,62a	91,30a	1,87a	28,29a

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Na Figura 6, observa-se que, conforme se aumentaram as doses de ureia aplicadas, ocorreu um aumento da altura das mudas. As mudas apresentaram altura máxima de 12,13 cm quando foi aplicada a dose de 40% HU (T5), quase três vezes maior do que com a dose de 0% (T1), superior a diversos resultados relatados na literatura. Marques & Bastos (2010) obtiveram como maior média de altura 5,44 cm ao 30 DAS, sem diferença significativa, contudo. Santos et al. (2010) alcançaram 14,02 cm em substrato comercial e 11,36 cm com vermicomposto aos 37 DAS. Henz et al. (2007) adota 10 cm como padrão de altura de mudas no momento do transplante. Produzir mudas maiores que 15 cm não é conveniente, já que o vento pode quebrar o caule no momento do transplante. Além disso, mudas maiores que 15 cm demandam mais água quando transplantadas e as raízes podem ser insuficientes para sustentar a planta inteira nos primeiros dias do transplante (LUNA et al., 2014).

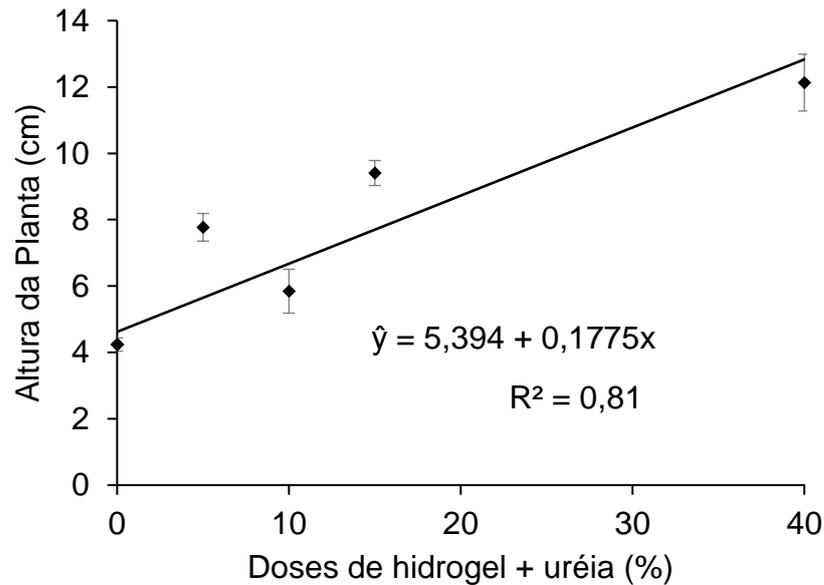


Figura 6. Altura das mudas de pimentão, aos 43 dias após o início da emergência, crescidas em substrato contendo hidrogel nanocompósito com liberação controlada de n-ureia. Brasília - DF, 2018.

Um maior diâmetro do colo pode ser um demonstrativo de plantas vigorosas, representando uma menor probabilidade da muda se curvar durante o transplante e portanto uma maior porcentagem de enraizamento (SANTOS et al., 2008; LUNA et al., 2014). Na figura 7, observa-se um ajuste linear deste parâmetro e o T5 foi o que apresentou maior diâmetro, 2,94 mm, duas vezes maior que o T1. Mandulão et al. (2017) obteve resultado significativo apenas no tratamento com substrato S2 {(OrganoAmazon® + PuroHumus® + casca de arroz carbonizada (CAC) (1:1:1 v/v)}, em que o diâmetro atingiu 2,22 mm. Santos et al. (2010) em experimento com vermicomposto obteve 1,77 mm em substrato comercial Plantmax®.

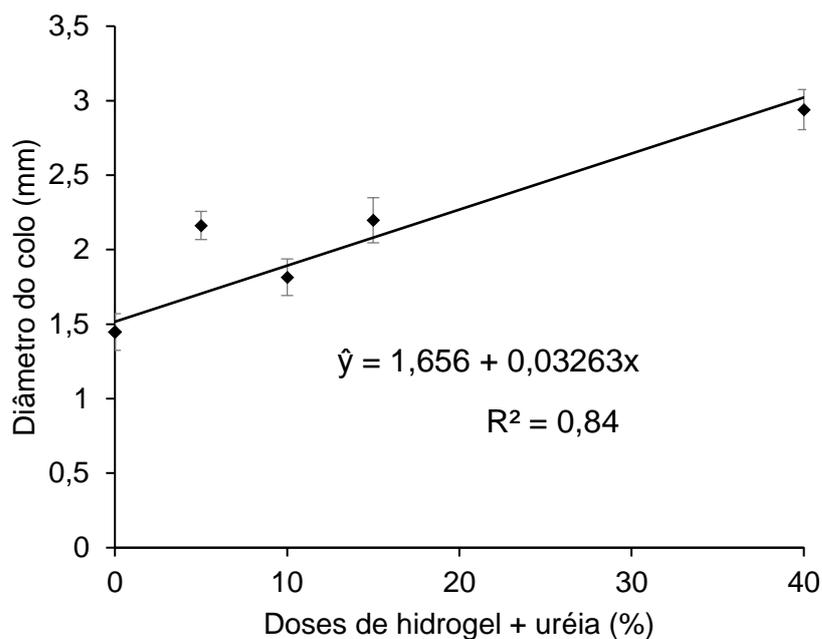


Figura 7. Diâmetro do colo das mudas de pimentão, aos 43 dias após o início da emergência crescidas em substrato contendo hidrogel nanocompósito com liberação controlada de n-ureia. Brasília - DF, 2018.

Quanto ao número de folhas, enquanto o T1 apresentou em média aproximadamente três folhas por plântula, o T5 apresentou sete (FIGURA 8). Santos et al. (2010) obtiveram 7,2 folhas por plântula, com o tratamento de irrigação diária, sem o uso de hidrogel, semelhante aos resultados obtidos nesse trabalho. Marques & Bastos (2010), por sua vez, obtiveram aproximadamente 3 folhas por planta, na dose de 2g de hidrogel por kg de substrato. O número de folhas interfere diretamente no momento de decisão em que a muda será transplantada e indiretamente na área foliar. Henz et al. (2007) recomenda de 5 a 6 folhas em mudas prontas para o transplante como padrão para o DF.

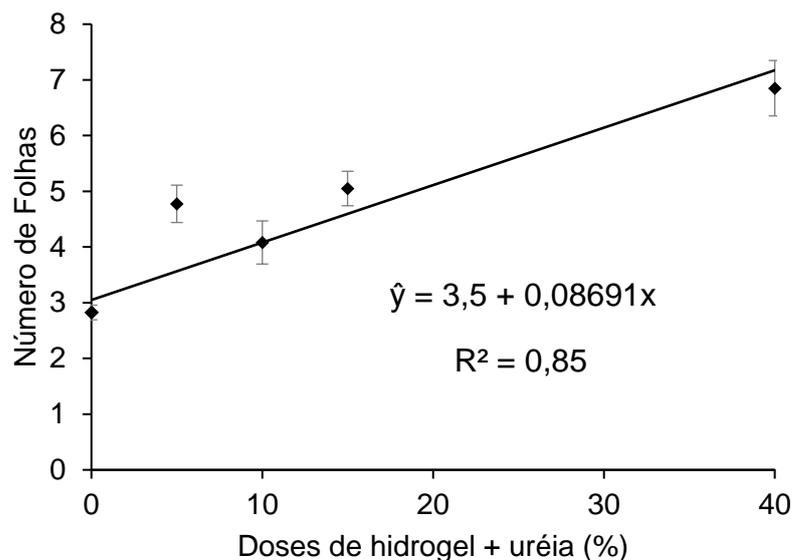


Figura 8. Número de folhas das mudas pimentão, aos 43 dias após o início da emergência crescidas em substrato contendo hidrogel nanocompósito com liberação controlada de n-ureia. Brasília - DF, 2018.

O crescimento em área foliar é de grande importância fisiológica para a planta, já que representa uma maior superfície fotossinteticamente ativa. Isso favorece a produção de carboidratos, que combinada à absorção de água e minerais, interfere na síntese de proteínas e outros componentes orgânicos que produzem plantas com mais biomassa (LUNA et al., 2014). Desse modo, observou-se que crescimento em área foliar foi acompanhado pelo acréscimo linear das massas fresca e seca da parte aérea (MFA e MSA), massas fresca e seca de raízes (MFR e MSR), além do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) com o aumento das doses de HU (FIGURA 9). Observou-se um incremento na ordem de cinco vezes na MFA e de sete vezes na MSA com a aplicação de 40% HU, em relação às mudas do T1. Comparando-se as mesmas doses, foi observado um aumento de 383% na MFR, 600% na MSR e de 681% na AF com relação às mudas cultivadas sem ureia no polímero. O IQD, um bom indicativo na qualidade das mudas, teve um valor médio sete vezes superior no T5, em relação ao T1, mostrando crescimento equilibrado de raízes em relação a parte aérea.

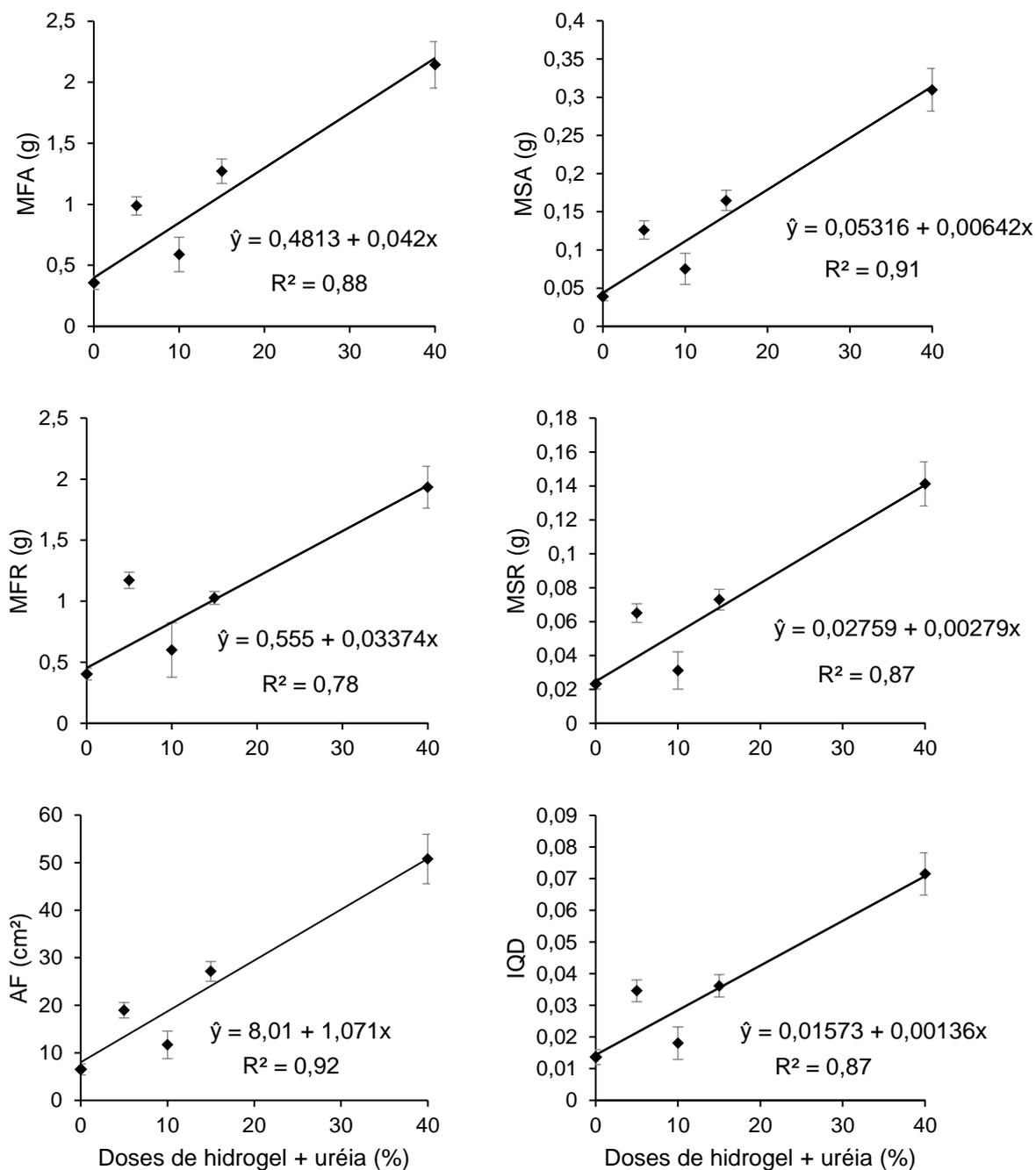


Figura 9. Massa fresca e seca da parte aérea (MFA e MSA), massas fresca e seca de raízes (MFR e MSR) e área foliar (AF) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) em mudas pimentão, aos 53 dias após o início da emergência utilizando hidrogel nanocompósito como sistema de liberação controlada de ureia. Brasília - DF, 2018.

Tais resultados corroboram com os obtidos por Marques & Bastos (2010) que, avaliando doses de hidrogel (0; 1,0; 1,5 e 2,0 g kg⁻¹ de substrato) na produção de mudas de pimentão, verificaram que houve efeito significativo

nas variáveis relacionadas a parte aérea como número de folhas (NF) e massa seca da parte aérea (MSPA), com aumento na dose do polímero.

Pinto et al. (2015), por sua vez, observaram diferença significativa para as variáveis massa seca da raiz (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA) comprimento da parte aérea (CPA) ao aplicar diferentes doses de hidrogel ao substrato de mudas de pimenta Jalapeño, sendo que a dose de 8 gramas por litro de substrato apresentou melhores resultados.

O efeito do aumento da dose de nitrogênio está de acordo com o relatado por Dufault & Schultheis (1994) que, avaliando a efetividade do condicionamento nutricional no pré-transplântio (PNC) de mudas de pimentão, observaram que o nitrogênio gerou incrementos significativos nas massas fresca e seca da parte aérea, área foliar e massa seca de raízes de mudas em casa de vegetação.

Essa variação positiva pode ser explicada pelo fato do nitrogênio ser um dos nutrientes mais extraídos pela planta de pimentão, sendo também o segundo macronutriente mais extraído pelas hortaliças em geral, induzindo ao rápido desenvolvimento vegetativo (MARCUSSE et al., 2004; REIS FILGUEIRA, 2008).

Outro fator que pode contribuir para essa variação, é que a presença do polímero é capaz de reduzir a lixiviação do N, como constatado por Fagundes et al. (2015), que observaram que as perdas de N por lixiviação diminuíram na medida em que se aumentou a dose do polímero, com redução de 47,8% no lixiviado do substrato Bioplant®.

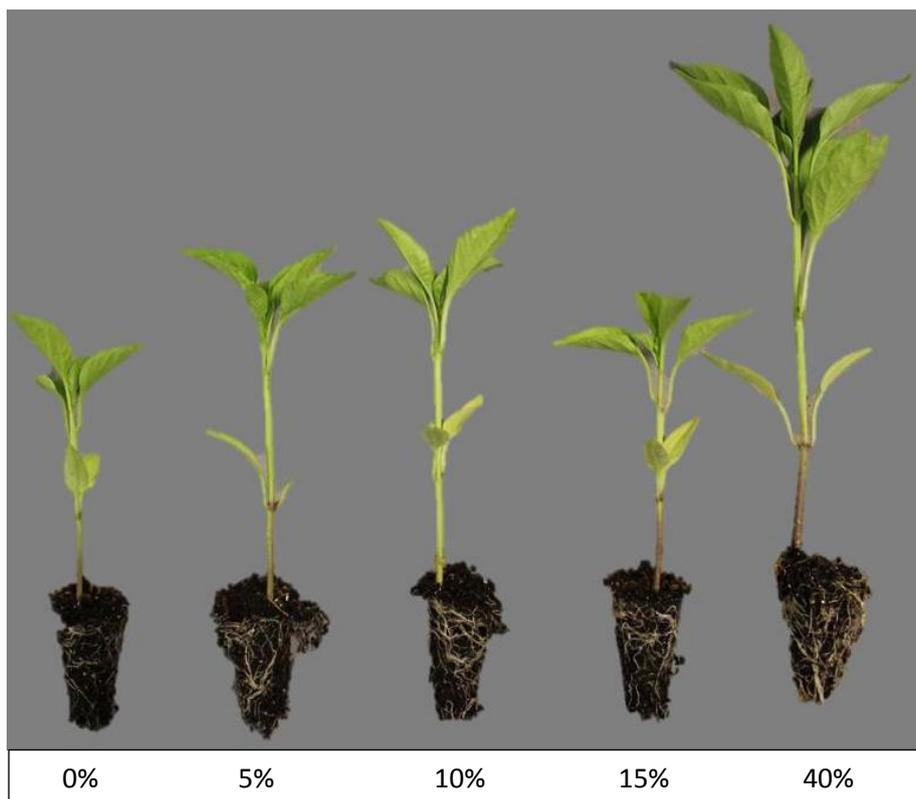


Figura 10. Aspecto das mudas de pimentão aos 53 dias após o início da emergência, com doses crescentes de hidrogel com ureia. Brasília - DF, 2018.

6. CONCLUSÕES

A aplicação de hidrogel nanocompósito com ureia ao substrato de produção de mudas não interferiu na emergência das plântulas de pimentão.

As maiores concentrações de ureia no hidrogel demonstraram efeitos benéficos no desenvolvimento das plântulas de pimentão, com destaque para a dosagem de 40% de HU.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEDI-KOUPAI, J.; SOHRAB, F.; SWARBRICK, G. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. **Journal of Plant Nutrition**, v. 31, n. 2, p. 317-331, 2008.

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

ALMEIDA, D. **Manual de culturas hortícolas**. Lisboa: Editorial Presença, 2006. 325 p. v. 1.

AOUADA, F. A.; MUNIZ, E. C.; VAZ, C. M.; MATTOSO, L. H. Correlação entre parâmetros da cinética de intumescimento com características estruturais e hidrofílicas de hidrogéis de poliacrilamida e metilcelulose. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Química Nova, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 1482-1490, 2009.

ARAÚJO DE FREITAS, G.; RIBEIRO DA SILVA, R.; BANDEIRA BARROS, H.; VAZ-DE-MELO, A.; PEREIRA ABRAHÃO, W. A. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, 2013.

AZEVEDO, TL de F.; BERTONHA, ALTAIR; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002.

BAJPAI, A. K.; GIRI, A. Water sorption behaviour of highly swelling (carboxy methylcellulose-g-polyacrylamide) hydrogels and release of potassium nitrate as agrochemical. **Carbohydrate polymers**, v. 53, n. 3, p. 271-279, 2003.

BAYSAL, K.; AROGUZ, A. Z.; ADIGUZEL, Z.; BAYSAL, B. M. Chitosan/alginate crosslinked hydrogels: Preparation, characterization and application for cell growth purposes. **International journal of biological macromolecules**, v. 59, p. 342-348, 2013.

BERNARDI, M. R.; JUNIOR, M. S.; DANIEL O; VITORINO, A. C T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, v. 18, n. 1, 2012.

BORTOLIN, A. **Desenvolvimento de nanocompósitos baseados em hidrogéis aplicados à liberação de nutrientes agrícolas**. 2014. 75f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

BORTOLIN, A.; AOUADA, F. A.; MATTOSO, L. H.; OLIVEIRA, C. R. **Liberação lenta/controlada de nutrientes por meio de hidrogéis nanocompósitos modificados com altos teores de argilomineral**. In: Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: WORKSHOP DA REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO, 9., 2017, São Carlos. Anais... São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 508-511

BORTOLIN, A.; AOUADA, F. A.; MATTOSO, L. H.; RIBEIRO, C. Nanocomposite PAAm/methyl cellulose/montmorillonite hydrogel: evidence of synergistic effects for the slow release of fertilizers. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 61, n. 31, p. 7431-7439, 2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV. 1992. 365p.

BRAZ, B. D. **Efeito do uso de hidrogel e de diferentes tipos de substratos na germinação e no desenvolvimento de plântulas de *Anacardium humile* st. Hill**. 2016. 49p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2016.

CALÓ, E.; KHUTORYANSKIY, V. V. Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products. **European Polymer Journal**, v. 65, p. 252-267, 2015.

CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q. SPEED Stat: a minimalist and intuitive spreadsheet program for classical experimental statistics. Anais da 62ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 2017. 333pp.

CASTILLA, N.; BAEZA, E. **Greenhouse site selection**. In: FAO. Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable crops: principles for Mediterranean climate areas. FAO, 2013. p. 21-34.

CHUROCHKINA, N. A.; STARODOUBTSEV, S. G.; KHOKHLOV, A. R. Swelling and collapse of the gel composites based on neutral and slightly charged poly (acrylamide) gels containing Na-montmorillonite. **Polymer Gels and Networks**, v. 6, n. 3-4, p. 205-215, 1998.

COSTA, E.; DURANTE, L. G. Y.; NAGEL, P. L.; FERREIRA, C. R.; DOS SANTOS, A. Qualidade de mudas de berinjela submetida a diferentes métodos de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 1017-1025, 2011.

DE PAIVA, Lucilene B.; MORALES, Ana R.; GUIMARÃES, Thiago R. Propriedades mecânicas de nanocompósitos de polipropileno e montmorilonita organofílica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 16, n. 2, 2006.

DICKSON, Alexander; LEAF, Albert L.; HOSNER, John F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

DINIZ, K. A.; GUIMARAES, S. T. M. R.; LUZ, J. M. Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. **Bioscience Journal**, v. 22, n. 3, 2006.

DORAIS, M.; MITCHELL, C. A.; KUBOTA, C. **Lightning greenhouse fruiting vegetables**. In: Light management in controlled environments. Meister Media, 2017. p 159-169.

DOS SANTOS, S. T.; DE OLIVEIRA, F. D. A.; DE MEDEIROS COSTA, J. P. B.; DE SOUZA NETA, M. L.; DE CÁSSIA ALVES, R.; COSTA, L. P. Qualidade de mudas de cultivares de tomateiro em função de soluções nutritivas de concentrações crescentes. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 326-333, 2017.

DUFAULT, Robert J.; SCHULTHEIS, Jonathan R. Bell pepper seedling growth and yield following pretransplant nutritional conditioning. **HortScience**, v. 29, n. 9, p. 999-1001, 1994.

EMATER – DF. Semana do pimentão em Planaltina começa amanhã. EMATER-DF, 2016. [homepage] Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1662:semana-do-pimentao-em-planaltina-comeca-amanha&catid=47:noticias&Itemid=125> . Acesso em: 05 mar. 2018.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição Mineral de Plantas. Princípios E Perspectivas. Londrina: Editora Planta, 2006.

FAO. FAOSTAT. **Production quantities of Chillies and peppers, green by country.** 2016. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

FAGUNDES, M. C. P.; CRUZ, M. D. C. M.; DE CARVALHO, R. P.; DE OLIVEIRA, J.; SOARES, B. C. Polímero hidroabsorvente na redução de nutrientes lixiviados durante a produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 121-129, 2015.

FONSÊCA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação.** 2001. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** 2000. 113f. 2000. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)-Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GLOZER, K. Protocol for leaf image analysis–surface area. **Disponível em:** <http://ucanr.edu/sites/fruittree/files/49325.pdf>, 2008. Acesso em 24 mai. 2018

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de NPK. 2001.** 166 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

GREY, T. L.; WEBSTER, T. M. **Transplant Production.** In: Peppers: Botany, Production and Uses. CABI, 2012. p. 87-99.

GUILHERME, M. R.; AOUADA, F. A.; FAJARDO, A. R., MARTINS, A. F.; PAULINO, A. T., DAVI, M. F.; MUNIZ, E. C. Superabsorbent hydrogels based on polysaccharides for application in agriculture as soil conditioner and nutrient carrier: A review. **European Polymer Journal**, v. 72, p. 365-385, 2015.

GUO, M.; LIU, M.; ZHAN, F.; WU, L. Preparation and properties of a slow-release membrane-encapsulated urea fertilizer with superabsorbent and moisture preservation. **Industrial & engineering chemistry research**, v. 44, n. 12, p. 4206-4211, 2005.

HAMIDI, M.; AZADI, A.; RAFIEI, P. Hydrogel nanoparticles in drug delivery. **Advanced drug delivery reviews**, v. 60, n. 15, p. 1638-1649, 2008.

HENZ, G. P.; COSTA, C. S. R.; CARVALHO, S.; BANCI, C. A. Como cultivar pimentão. Caderno Técnico – **Cultivar Hortaliças e Frutas**, n 42, 2007, 6.p.

HÜTTERMANN, A.; ZOMMORODI, M.; REISE, K. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. **Soil and Tillage Research**, v. 50, n. 3-4, p. 295-304, 1999.

IBGE/SIDRA. Censo Agropecuário - Tabela 818 - Produção, Venda e Valor da produção na horticultura por produtos da horticultura, condição do produtor em relação às terras, grupos de atividade econômica e grupos de área total. 2006. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/818>>. Acesso em: 09/03/2018

JORGE, LA de C.; RODRIGUES, AF de O. Safira: sistema de análise de fibras e raízes. **Embrapa Instrumentação Agropecuária-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2008.

JORGE, M. H. A.; ANDRADE, R. J. A.; COSTA, E. O mercado de mudas de hortaliças. In: NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA R. B (Ed.). *Produção de mudas de hortaliças*. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p.57 – 86.

JÚNIOR, M. L. C. Nutrição. In: . In: NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA R. B (Ed.). **Produção de mudas de hortaliças**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 87 – 106.

KAŞGÖZ, H.; DURMUŞ, A.; KAŞGÖZ, A. Enhanced swelling and adsorption properties of AAm-AMPSNa/clay hydrogel nanocomposites for heavy metal ion removal. **Polymers for Advanced Technologies**, v. 19, n. 3, p. 213-220, 2008.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 21, n. 3, p. 489-496, 1997.

LEMAIRE, F. Physical, chemical and biological properties of growing medium. **Hydroponics and Transplant Production** 396, p. 273-284, 1994.

LEONE, G.; DELFINI, M.; DI COCCO, M. E.; BORIONI, A.; BARBUCCI, R. The applicability of an amidated polysaccharide hydrogel as a cartilage substitute: structural and rheological characterization. **Carbohydrate research**, v. 343, n. 2, p. 317-327, 2008.

LI, J.; LU, J.; LI, Y. Carboxymethylcellulose/bentonite composite gels: water sorption behavior and controlled release of herbicide. **Journal of applied polymer science**, v. 112, n. 1, p. 261-268, 2009.

LI, P.; KIM, N. H.; HEO, S. B.; LEE, J. H. Novel PAAm/Laponite clay nanocomposite hydrogels with improved cationic dye adsorption behavior. **Composites Part B: Engineering**, v. 39, n. 5, p. 756-763, 2008.

LIMA, G. G. da S.; NASCIMENTO, A. dos R.; AZARA, N. A. de. Produção de mudas. In : CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. (Ed.). **Produção de tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. il. color. p.79-101

MAGUIRE, James D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor¹. **Crop science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MANDULÃO, G. E. C.; MAIA, S. D. S.; LOPES, J. L.; MONTEIRO NETO, A. K. P. D. M.; CARVALHO, L. G. Uso de hidrogel e substratos na produção de mudas de pimentão. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – Soea, 74, Belém, PA, 2017.

MAPEAMENTO e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças do Brasil. Brasília, DF: Confederação Nacional da Agricultura, 2017. 79 p. Disponível em: <http://www.cnabrazil.org.br/sites/default/files/sites/default/files/uploads/mapeamento_e_quantificacao_da_cadeia_de_hortalicas.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.

MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, É.; DE PÁDUA FONSECA, É.; HIROSHI KAINUMA, R. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, 2008.

MARCUSSI, F. F. N.; BÔAS, V., LYRA, R.; GODOY, L. J. G. D.; GOTO, R. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 1, p. 62-68, 2004.

MARÍN, A.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; GIL, M. I. Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 12, p. 3861-3869, 2004.

MARQUES, P. A. A.; BASTOS, R. O. Uso de diferentes doses de hidrogel para produção de mudas de pimentão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 53-64, 2011.

MIKKELSEN, R. L.; BEHEL, A. D.; WILLIAMS, H. M. Addition of gel-forming hydrophilic polymers to nitrogen fertilizer solutions. **Fertilizer research**, v. 36, n. 1, p. 55-61, 1993.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P.; CANTLIFFE D. J. Qualidade das sementes e estabelecimento das plantas. In: NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA R. B (Ed.). **Produção de mudas de hortaliças**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p.57 – 86.

NI, B.; LIU, M.; LÜ, S.; XIE, L.; WANG, Y. Environmentally friendly slow-release nitrogen fertilizer. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 18, p. 10169-10175, 2011

OLARIA, M.; NEBOT, J. F.; MOLINA, H.; TRONCHO, P.; LAPEÑA, L.; LLORENS, E. Effect of different substrates for organic agriculture in seedling development of traditional species of Solanaceae. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 1, p. 0801, 2016.

OLIVEIRA, F. A. **Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação**. 2012. Tese de Doutorado - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

PAUL, L. C.; METZGER, J. D. Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. **HortScience**, v. 40, n. 7, p. 2020-2023, 2005.

PEPPAS, N. A.; BURES, P.; LEOBANDUNG, W.; ICHIKAWA, H. Hydrogels in pharmaceutical formulations. **European journal of pharmaceutics and biopharmaceutics**, v. 50, n. 1, p. 27-46, 2000.

PINTO, L. E. V.; SANTANA, M. R.; GODINHO, A. M. M. Utilização do hidrogel na produção de mudas de pimenta Jalapeño. **Colloquium Agrariae**, vol. 11, n. Especial, Jul–Dez, p. 66-72, 2015.

RAGASSI, C. F.; MELO, R. A. de C. e. **Recomendações para manejo da compactação do solo no contexto da Produção Integrada do Pimentão no Distrito Federal**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2017. 11 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 115). Disponível em: < <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1067874> >. Acesso em: 07 mar. 2018

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação Transferência de Tecnologia, 2000 113p.

REIS FILGUEIRA, F. A. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. **Viçosa, MG: Editora UFV**, 2008.

RUNKLE, E.; LOPEZ, R. **Light management in controlled environments**. Meister Media, 2017. 180 p.

RUSSELL, R. J.; PISHKO, M. V.; GEFRIDES, C. C.; MCSHANE, M. J.; COTE, G. L. A fluorescence-based glucose biosensor using concanavalin A and dextran encapsulated in a poly (ethylene glycol) hydrogel. **Analytical Chemistry**, v. 71, n. 15, p. 3126-3132, 1999.

SABADINI, R. C. **Redes poliméricas de macromoléculas naturais como hidrogéis superabsorventes**. 2015. Tese (Doutorado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Carlos 2015.

SANTOS, M. D.; SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; VIDIGAL, S. M.; REIGADO, F. R. Produção de mudas de pimentão em substratos à base de vermicomposto. **Bioscience Journal**, v. 26, n. 4, p. 572-578, 2010.

SAUL, J. M.; WILLIAMS, D. F. Hydrogels in regenerative medicine. In: **Handbook of Polymer Applications in Medicine and Medical Devices**. 2014. p. 279-302.

SERRANO, L. A. L.; CATTANEO, L. F.; FERREGUETTI, G. A.. Adubo de liberação lenta na produção de mudas de mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 3, p. 874-883, 2010.

SIKAREEPAISAN, P.; RUKTANONCHAI, U.; SUPAPHOL, P. Preparation and characterization of asiaticoside-loaded alginate films and their potential for use as effectual wound dressings. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, n. 4, p. 1457-1469, 2011.

SINGH, A.; SHARMA, P. K.; GARG, V. K.; GARG, G. Hydrogels: A review. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 4, n. 2, p. 97-105, 2010.

SMIDERLE, O. J.; SALIBE, A. B.; HAYASHI, A. H.; MINAMI, K. Produção de mudas de alface, pepino e pimentão em substratos combinando areia, solo e Plantmax®. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 3, p. 253-257, 2001.

TOHIDI-MOGHADAM, H. R.; SHIRANI-RAD, A. H.; NOUR-MOHAMMADI, G.; HABIBI, D.; MODARRES-SANAVY, S. A. M.; MASHHADI-AKBAR-BOOJAR, M.; DOLATABADIAN, A. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 3, 2009.

TRANI, P. E.; FELTRIN, D. M.; POTT, C. A.; SCHWINGEL, M. Avaliação de substratos para produção de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 256-260, 2007.

VOLK, G. M. Volatile Loss of Ammonia Following Surface Application of Urea to Turf or Bare Soils 1. **Agronomy Journal**, v. 51, n. 12, p. 746-749, 1959.

WU, L.; LIU, M. Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. **Carbohydrate Polymers**, v. 72, n. 2, p. 240-247, 2008.

ZAVASCHI, Eduardo. **Volatilização de amônia e produtividade do milho em função da aplicação de ureia revestida com polímeros**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ZHAN, F.; LIU, M.; GUO, M.; WU, L. Preparation of superabsorbent polymer with slow-release phosphate fertilizer. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 92, n. 5, p. 3417-3421, 2004.

ZHANG, L.; LI, K.; XIAO, W.; ZHENG, L.; XIAO, Y.; FAN, H.; & ZHANG, X. Preparation of collagen–chondroitin sulfate–hyaluronic acid hybrid hydrogel scaffolds and cell compatibility in vitro. **Carbohydrate polymers**, v. 84, n. 1, p. 118-125, 2011.

ZHANG, X.; WU, D.; CHU, C. Synthesis, characterization and controlled drug release of thermosensitive IPN–PNIPAAm hydrogels. **Biomaterials**, v. 25, n. 17, p. 3793-3805, 2004.

ZORZETO, T. Q. **Caracterização física e química de substratos para plantas e sua avaliação no rendimento do morangueiro (*Fragaria x ananassa*)**. 2011. 96p Dissertação (pós-graduação em agricultura tropical e subtropical) Instituto Agronômico de Campinas, Campinas: 2011.