



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
MESTRADO EM FITOTECNIA

MARIA FGÊNIA SALDANHA DIÓGENES

**FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE HIDROGEL NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE PITAIA BRANCA (*Hylocereus undatus*)**

MOSSORÓ

2020

MARIA FGÊNIA SALDANHA DIÓGENES

**FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE HIDROGEL NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE PITAIA BRANCA (*Hylocereus undatus*)**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linhas de Pesquisa: Propagação vegetativa / Fruticultura

Orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça
Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Freitas de Medeiros Mendonça

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

D591f Diógenes, Maria Fgênia Saldanha.
Frequência de irrigação e doses de hidrogel
na produção de mudas de pitaia branca
(*Hylocereus undatus*) / Maria Fgênia Saldanha
Diógenes. - 2020.
53 f. : il.

Orientador: Vander Mendonça.
Coorientadora: Luciana Freitas de Medeiros
Mendonça.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2020.

1. estresse hídrico. 2. *Hylocereus undatus*. 3.
polímero hidroabsorvente. 4. produção de mudas.
I. Mendonça, Vander, orient. II. Mendonça,
Luciana Freitas de Medeiros, co-orient. III.
Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

MARIA FGÊNIA SALDANHA DIÓGENES

**FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO E DOSES DE HIDROGEL NA PRODUÇÃO DE
MUDAS DE PITAIA BRANCA (*Hylocereus undatus*)**

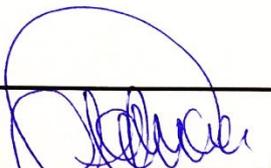
Dissertação apresentada ao Mestrado em Fitotecnia do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linhas de Pesquisa: Propagação vegetativa / Fruticultura

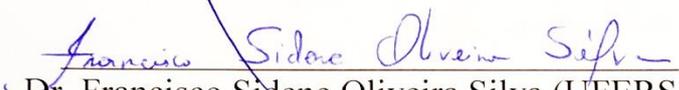
Orientador: Prof. Dr. Vander Mendonça
Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Freitas de Medeiros Mendonça

Defendida em: 17/02/2020.

BANCA EXAMINADORA



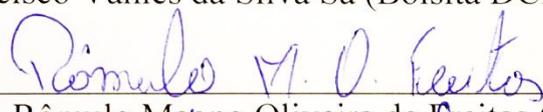
Prof. Dr. Vander Mendonça



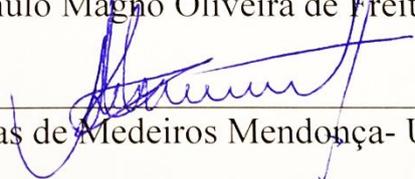
Dr. Francisco Sidene Oliveira Silva (UFERSA)



Dr. Francisco Vanies da Silva Sá (Bolsita DCR/UFERSA)



Dr. Rômulo Magno Oliveira de Freitas (IFRN)



Dra. Luciana Freitas de Medeiros Mendonça- UFCG Campus Patos

*Aos meus pais, Francisco Laécio e Maria
José, pelo carinho e exemplo de luta.
DEDICO*

*Aos meus irmãos, Jocelia Laécia e Júnior,
pelo carinho, amor e incentivo durante toda a
minha caminhada.
OFEREÇO*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, que sempre me acompanhou nesta longa estrada da vida, me dando força, guiando e protegendo.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais, Francisco Laécio e Maria José, e aos meus irmãos, Jocelia Laécia e Francisco Laécio Saldanha Júnior, pelo carinho, apoio, amor e exemplo de luta. Vocês são fundamentais na minha vida, eu amo vocês.

À minha amiga Keivianne Lima, pela paciência, parceria e ajuda durante toda a minha trajetória no mestrado. Obrigada pela amizade, pela força, pelo incentivo nos momentos difíceis e por não me deixar desistir.

Aos meus amigos Sidene, Elânia, Paulo Henrique, Seu Raimundo, Bruna, Saron, Luana, Elias Ariel, Enoch e Toni Halan, muito obrigada pela parceria e ajuda durante todas as etapas da pesquisa.

Ao meu orientador, Vander Mendonça, pela paciência, conhecimento e aprendizado durante essa etapa.

À minha co-orientadora, Luciana de Freitas Medeiros Mendonça, pela confiança, conhecimento, oportunidades e conhecimentos transmitidos.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Francisco Sidene Oliveira Silva, Dr. Rômulo Magno Oliveira de Freitas e Dr. Francisco Vanies da Silva Sá, pelas correções e valiosas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho.

A todos os integrantes do grupo GPF, pela parceria e ajuda, pois contribuíram bastante para o desenvolvimento do trabalho.

Às técnicas do laboratório de solos, Paula e Valdete, e aos bolsistas do laboratório de fisiologia vegetal, Letícia e Assis, da UFERSA, pela ajuda nas avaliações do experimento.

Enfim, obrigada a todas as pessoas que contribuíram para a realização de meu trabalho e para meu crescimento como pessoa e profissional. Sou o resultado da confiança e da força de cada um de vocês.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Esquema dos tratamentos na área experimental de pitaia branca. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	15
Figura 2 -	Mudas de pitaia branca utilizadas no experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	16
Figura 3 -	Padronização matrizes de mudas de pitaia branca. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	17
Figura 4 -	Preparo do substrato de mudas de pitaia branca. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	17
Figura 5 -	Pesagem do hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	17
Figura 6 -	Incorporação do hidrogel ao substrato e posterior hidratação. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	18
Figura 7 -	Avaliação da espessura, diâmetro e comprimento dos cladódios (cm) de mudas de pitaia brancas submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	19
Figura 8 -	Retirada e limpeza dos cladódios e raízes das mudas de pitaia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	19
Figura 9 -	Avaliação do comprimento das raízes (cm) de mudas de pitaia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	20
Figura 10 -	Secagem e moagem das mudas de pitaia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	20
Figura 11 -	Análises bioquímicas de mudas de pitaia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.....	23
Figura 12 -	Análises nutricionais de mudas de pitaia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019.	23
Figura 13 -	Prolina (A), açúcar solúvel total (B) e aminoácidos livres totais de mudas de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020.....	25
Figura 14 -	Conteúdo de nitrogênio em função da frequência de irrigação (A) e em função das doses de hidrogel de mudas de pitaia branca. Mossoró-RN. UFERSA, 2020.....	28
Figura 15 -	Potássio (A), fósforo (B), cálcio (C) e magnésio (D) de mudas de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020.....	29
Figura 16 -	Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenoides (D) de mudas de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020.	31
Figura 17 -	Diâmetro (A), espessura (B), massa fresca (C) e seca (D) da parte aérea e comprimento da somatória (E) dos cladódios de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020.	34
Figura 18 -	Comprimento do sistema radicular (A), massa seca do sistema radicular (B), massa seca total (C) e relação entre parte aérea e raiz (D) de mudas de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Quadro de análise de variância para as características bioquímicas das plantas de pitaiá branca (<i>H. undatus</i>) submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel.....	51
Tabela 2 -	Quadro de análise de variância para os macronutrientes das plantas de pitaiá branca (<i>H. undatus</i>) submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel.....	52
Tabela 3 -	Quadro de análise de variância para as características morfométricas das plantas de pitaiá branca (<i>H. undatus</i>) submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel.....	53

DIÓGENES, Maria Fgênia Saldanha. **Frequência de irrigação e doses de hidrogel na produção de mudas de pitaia branca (*Hylocereus undatus*)**. 2020. 53f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020.

RESUMO

Alguns fatores podem limitar o desenvolvimento inicial das pitaias, destacando-se a escassez de água. Os hidrogéis agrícolas podem ser empregados para potencializar a retenção e disponibilidade de água e nutrientes no solo. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da frequência de irrigação e das doses de hidrogel no desenvolvimento de mudas de pitaia branca (*Hylocereus undatus*), procurando estabelecer um intervalo de tempo em dias entre as irrigações que proporcione melhor desenvolvimento das mudas, além de determinar a dose de hidrogel que proporcione redução do consumo de água sem prejudicar o desenvolvimento das mudas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Os tratamentos foram distribuídos em Blocos ao Acaso (DBC) em esquema fatorial 4 x 4. Os tratamentos corresponderam a quatro doses do hidrogel (0, 2, 4 e 6 g/planta de Biogel Hidro Plus) incorporado ao substrato e quatro frequências de irrigação (1, 3, 5 e 7 dias). Após 120 dias, foram avaliadas características biométricas, pigmentos fotossintéticos, solutos orgânicos e inorgânicos das plantas. Conclui-se que a utilização de irrigação diária influenciou negativamente a maioria das variáveis analisadas das mudas de pitaia, as quais tiveram maior desenvolvimento quando se utilizou uma frequência de irrigação em torno de três dias. Para as condições do ensaio, a aplicação de 6 g planta⁻¹ de hidrogel proporcionou as maiores médias para o acúmulo de biomassa seca, pigmentos fotossintéticos, solutos orgânicos e inorgânicos. A incorporação com o hidrogel possibilitou aumentar o intervalo entre as irrigações em um dia sem prejuízos ao desenvolvimento das mudas.

Palavras-chave: Cactaceae, estresse hídrico, polímero hidroabsorvente, produção de mudas.

DIÓGENES, Maria Fgênia Saldanha. **Irrigation frequency and hydrogel doses in the production of white pitaya seedlings (*Hylocereus undatus*)**. 2020. 53 p. Dissertation (Master in Plant Science) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2020.

ABSTRACT

Some factors can limit the initial development of the pitayas, emphasized the scarcity of water. Agricultural hydrogels can be used to enhance the retention and availability of water and nutrients in the soil. Therefore, the objective of this work was to evaluate the influence of irrigation frequency and hydrogel doses on the development of white pitaya (*Hylocereus undatus*) seedlings, in order to establish an interval in days between irrigations that provides better seedling development and to determine the dose hydrogel that reduces water consumption without impairing seedling development. The experiment was conducted in a greenhouse at the Agricultural Sciences Center of the Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA). The treatments were distributed in random blocks (DBC) in a 4 x 4 factorial scheme. The treatments correspond to four hydrogel doses (0, 2, 4 and 6 g/plant of Biogel Hydro Plus) incorporated to the substrate and four irrigation frequencies (1, 3, 5 and 7 days). After 120 days, biometric characteristics, photosynthetic pigments, organic and inorganic solutes of the plants were evaluated. It was concluded that the use of daily irrigation had a negative influence on most of the analyzed variables of the pitaya seedlings, which had greater development when an irrigation frequency of around three days was used. For the test conditions, the application of 6 g plant⁻¹ hydrogel provided the highest averages for the accumulation of dry biomass, photosynthetic pigments, organic and inorganic solutes. The incorporation with the hydrogel made it possible to increase the interval between irrigations in one day, without losses to the development of seedlings.

Keywords: Cactaceae, hydric stress, hydroabsorbent polymer, seedling production.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	15
2.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	15
2.2	DELINEAMENTO ESTATÍSTICO.....	15
2.3	MATERIAL VEGETAL UTILIZADO E PREPARO DO SUBSTRATO.....	16
2.4	VARIÁVEIS ANALISADAS.....	18
2.4.1	Biometria.....	18
2.4.2	Pigmentos fotossintéticos.....	21
2.4.3	Solutos orgânicos.....	21
2.4.4	Solutos inorgânicos.....	23
2.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	24
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
3.1	SOLUTOS ORGÂNICOS.....	25
3.2	SOLUTOS INORGÂNICOS.....	27
3.3	PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS.....	31
3.4	BIOMETRIA.....	34
4	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42
	APÊNDICES.....	50
	APÊNDICE A – TABELA 1.....	51
	APÊNDICE B – TABELA 2.....	52
	APÊNDICE C – TABELA 3.....	53

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Cultivo da pitaya é considerado uma alternativa promissora dentro do grupo de frutíferas tropicais. Nos últimos anos, ela tem ocupado um nicho crescente no mercado de frutas exóticas da Europa, sendo procurada não só por sua aparência exótica, como também pelas características organolépticas de seus frutos (SILVA et al., 2011). Neste contexto, Cajazeira (2016) enfatiza que os preços praticados nos mercados regional, nacional ou internacional também são responsáveis por estimular a expansão e a intensificação do cultivo da pitaya em diferentes sistemas de plantio.

O cultivo comercial desta frutífera está distribuído na Austrália, Camboja, Colômbia, Equador, Guatemala, Indonésia, Israel, Japão, Nova Zelândia, Nicarágua, México, Peru, Filipinas, Espanha, Taiwan, Tailândia, Estados Unidos e Vietnã e Brasil (MIZRAHI; NERD, 1999). No Brasil, seu cultivo é relativamente novo, mas sua produção já tem alcançado valores expressivos. Segundo dados da maior central de abastecimento do Brasil, a CEAGESP, o montante comercializado de pitaya em suas dependências pelos atacadistas no ano de 2017 foi de 604,16 t, sendo a pitaya *Hylocereus undatus* o 116º produto mais comercializado (CEAGESP, 2020).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB, o valor da produção de pitaya comercializado no Brasil em 2019 foi de R\$24.156.585,82, o que representa um acréscimo de 263,9% em relação ao valor comercializado no ano de 2017 e de 8,8% em relação ao valor comercializado em 2018 (CONAB, 2020).

A pitaya é uma frutífera rústica, podendo ser cultivada em solos rasos, arenosos e pedregosos; além disso, por apresentar metabolismo adaptativo às condições onde a água é fator limitante, pode ser cultivada em áreas com baixa pluviosidade ou com períodos de secas sazonais, o que lhe confere potencial agrônomico e econômico (MIZRAHI et al., 1999; SANTOS et al., 2010; GOMES, 2014), podendo seu cultivo ser indicado para áreas onde não seria possível o cultivo de outras fruteiras, que necessitam de maior quantidade de água (SILVA, 2014).

No entanto, apesar do interesse que vem despertando nos produtores, os estudos sobre essa cultura são escassos. Atualmente, as pequenas áreas comerciais de cultivo de pitaya no Brasil têm seu plantio embasado em informações adaptadas de países como Israel, México e Colômbia, que apresentam maior experiência no cultivo desta frutífera. Os conhecimentos gerados no Brasil ainda são incipientes e insuficientes para que se atinjam as máximas produtividades potenciais em cada região produtora (CAJAZEIRA, 2016).

Para que seja possível explorar todo o potencial agrícola da cultura, é necessário desenvolver mudas de boa qualidade, já que este é o item de maior importância a ser considerado no momento da implantação de um pomar, pois a produtividade do pomar e a qualidade do produto final começam com uma muda de boa qualidade, influenciando no sucesso ou fracasso do pomar. A disponibilidade de água é fundamental para produção de mudas de qualidade, já que a falta ou excesso pode comprometer seu crescimento e desenvolvimento, afetando, com isso, a produtividade em campo.

Como medida para otimizar a produção de mudas e obter maior eficiência no uso da água nos viveiros, tem sido estudada a utilização de polímeros hidroabsorventes incorporados ao substrato, os quais favorecem a retenção de água e nutrientes no substrato, liberados lentamente para as plantas em função dos ciclos de absorção e liberação, suprimindo adequadamente as exigências hídricas e nutricionais das mudas (BERNARDI et al., 2012).

O hidrogel absorve e disponibiliza grandes quantidades de água e age como uma reserva para as plantas quando há déficit hídrico, constituindo alternativa para compensar a distribuição irregular de chuvas, otimizando a disponibilidade de água em regiões mais secas, minimizando os problemas associados à disponibilidade irregular de água para as plantas (AZEVEDO et al., 2002; ZONTA et al., 2009).

Observa-se que a utilização do polímero vem crescendo significativamente nos últimos anos na agricultura brasileira, em virtude dos resultados satisfatórios já constatados na formação de mudas de maracujá doce e amarelo (HAFLE et al., 2008; CARVALHO et al., 2013), na produção de porta-enxerto de tangerineira ‘Cleópatra’ (CRUZ et al., 2008) e enraizamento de amoreira (MOREIRA et al., 2010). Esses resultados têm demonstrado que para solos de textura leve a aplicação de polímeros pode resultar em redução significativa na frequência de irrigação (ABEDI-KOUPAI; ASADKAZEMI, 2006).

Entretanto, Oliveira et al. (2004) afirmam que estes estudos têm apresentado resultados variáveis, em virtude das diferenças entre as espécies, doses utilizadas, condições ambientais, dificultando a extrapolação dos resultados, sendo um dos fatores limitantes ao uso desses polímeros na agricultura. Alguns pesquisadores têm enfatizado a importância da realização de estudos sobre a utilização e o comportamento desses polímeros quando utilizado em agricultura para determinar seus reais efeitos no desenvolvimento das plantas, buscando identificar dosagens adequadas do produto (PETERSON, 2003; CALDERON et al., 2007; MOREIRA et al., 2010; MALDONADO-BENITEZ et al., 2011).

Nos últimos anos, a maioria das pesquisas relacionadas à produção de mudas de pitaias está concentrada na determinação do comprimento dos cladódios para propagação

vegetativa e sua influência no desenvolvimento inicial, sendo escassos estudos sobre o comportamento desta espécie em relação à disponibilidade hídrica.

Portanto, objetivou-se no presente estudo avaliar a influência da frequência de irrigação e das doses de hidrogel no desenvolvimento de mudas de pitiaia branca (*Hylocereus undatus*), procurando estabelecer um intervalo de tempo em dias entre as irrigações que proporcione melhor desenvolvimento das mudas e determinar a dose de hidrogel que proporcione redução do consumo de água sem prejudicar o desenvolvimento das mudas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (telado) com 50% de sombreamento no setor de produção de mudas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró-RN, localizado nas coordenadas geográficas 5° 11' de latitude sul, 37° 20' de longitude W. Gr., com 18 m de altitude. No ambiente protegido durante o período de realização do experimento, a temperatura máxima foi de 41,4°C, média de 32,4 °C e a mínima de 23,4°C e a umidade relativa do ar foi de 69%.

2.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4 x 3, obtido por combinações entre três doses do polímero Biogel Hidro Plus (0; 2 e 4 g planta⁻¹) e quatro frequências de irrigação (irrigação diária, irrigação a cada três dias, irrigação a cada cinco dias e irrigação a cada sete dias), com quatro repetições e quatro plantas por parcela, perfazendo um total de 192 plantas.

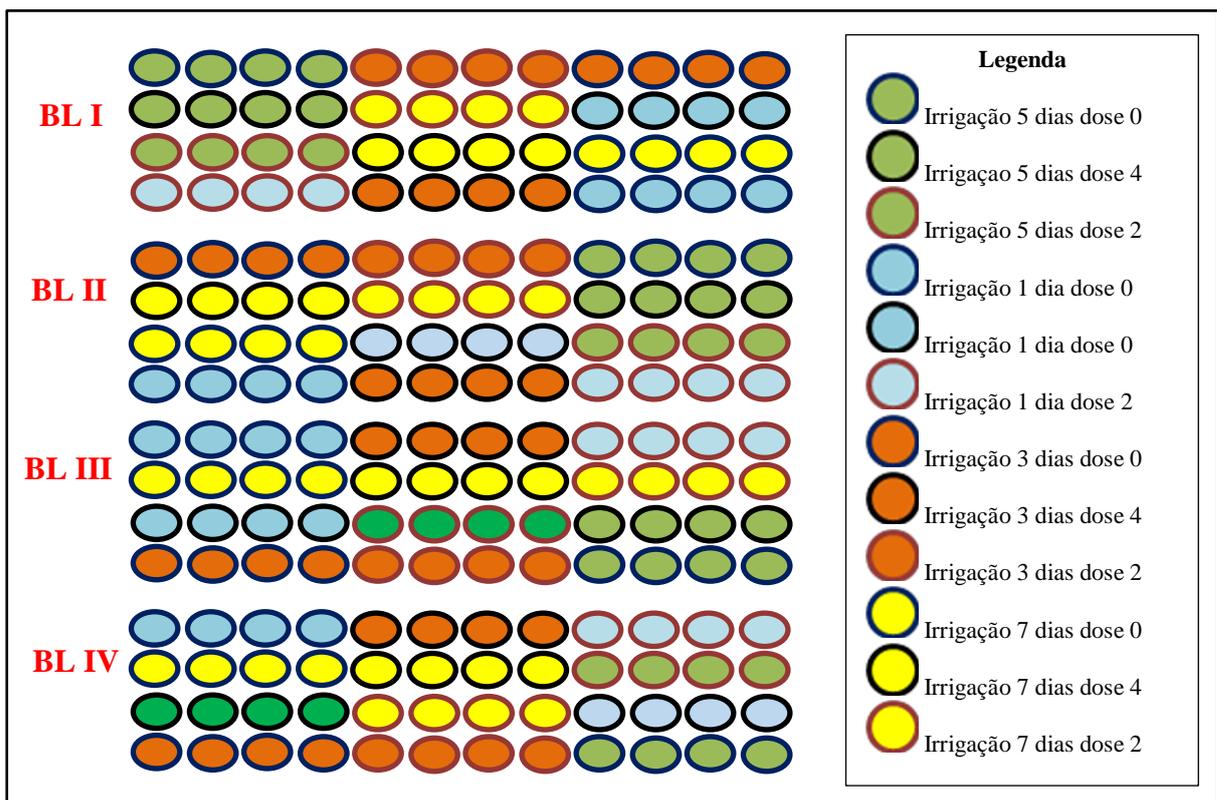


Figura 1. Esquema dos tratamentos na área experimental de pitáia branca Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Elaborado pela autora.

2.3 MATERIAL VEGETAL UTILIZADO E PREPARO DO SUBSTRATO

As mudas foram obtidas de cladódios retirados de plantas matrizes livres de patógenos, do banco de germoplasma do setor de fruticultura da UFERSA. A espécie vegetal avaliada foi a *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose, conhecida popularmente como pitáia vermelha de polpa branca. A propagação foi por meio de estaquia, sendo selecionadas secções de cladódios saudáveis na parte superior das plantas, em estado de maturação fisiológica (V4), com 15 cm de comprimento, conforme Marques (2011). No que se refere às fenofases, Barroso (2014) observou que os cladódios de pitáia têm quatro estágios fenológicos, começando no V1 (fase de gemas dormentes) e terminando no V4 (fase de maturação da brotação). Os cladódios foram colocados em sacos de polietileno com capacidade para 2 L. O substrato consistia em uma mistura de areia e composto orgânico na proporção de 3:1 (v/v).



Figura 2. Mudas de pitáia branca utilizadas no experimento. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

Os atributos de fertilidade do substrato foram: 7,76 de pH; 0,0; 0,0; 6,18, 1,42, 8,48 e 8,48 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ de Al^{3+} , $\text{H} + \text{Al}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB e CTC, respectivamente; 117 mg dm^{-3} de fósforo, 203,4 mg dm^{-3} de potássio e 168,2 mg dm^{-3} de sódio. Condutividade elétrica de 0,16 dS m^{-1} . As características físicas foram: 89% de areia, 6% de silte e 5% de argila, com 1,5 e 2,54 kg dm^{-3} de densidade aparente e real, respectivamente. As análises foram realizadas no laboratório de solos da UFERSA, de acordo com as metodologias da EMBRAPA (TEIXEIRA et al., 2017).



Figura 3. Padronização matrizes das mudas de pitaia branca. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.



Figura 4. Preparo do substrato de mudas de pitaia branca. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

O hidrogel foi incorporado seco ao substrato, em seguida foi realizada a hidratação aplicando água em todos os sacos (com e sem hidrogel), até a completa hidratação. A irrigação foi realizada manualmente, mantendo o substrato em torno de 60% da capacidade de campo (CC) por meio da técnica de lisimetria de pesagem.



Figura 5. Pesagem do hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.



Figura 6. Incorporação do hidrogel ao substrato e posterior hidratação. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

2.4 VARIÁVEIS ANALISADAS

2.4.1 Biometria

Aos 120 dias, avaliou-se: comprimento da somatória dos cladódios e comprimento da maior raiz (cm), diâmetro e espessura do cladódio (mm), massa seca e fresca do cladódio (g), massa seca do sistema radicular (g), massa seca total (g) e relação massa seca da parte aérea e raiz.

O diâmetro e espessura do cladódio foram mensurados com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, sendo realizados na metade do comprimento do cladódio. o comprimento da parte aérea foi mensurado partindo-se da inserção do cladódio brotado até a extremidade apical, ao passo que o comprimento do sistema radicular foi mensurado da inserção da raiz até a extremidade da maior raiz. As medições de comprimento foram realizadas com o auxílio de régua graduada (cm).



Figura 7. Avaliação da espessura, diâmetro e comprimento dos cladódios (cm) de mudas de pitiaia brancas submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

A massa seca do cladódio e raiz foi obtida em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, até atingirem peso constante, procedendo à pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 g. A massa seca total foi obtida com o somatório entre a massa seca da parte aérea e do sistema radicular.



Figura 8. Retirada e limpeza dos cladódios e raízes das mudas de pitiaia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.



Figura 9. Avaliação do comprimento das raízes (cm) de mudas de pitaya branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

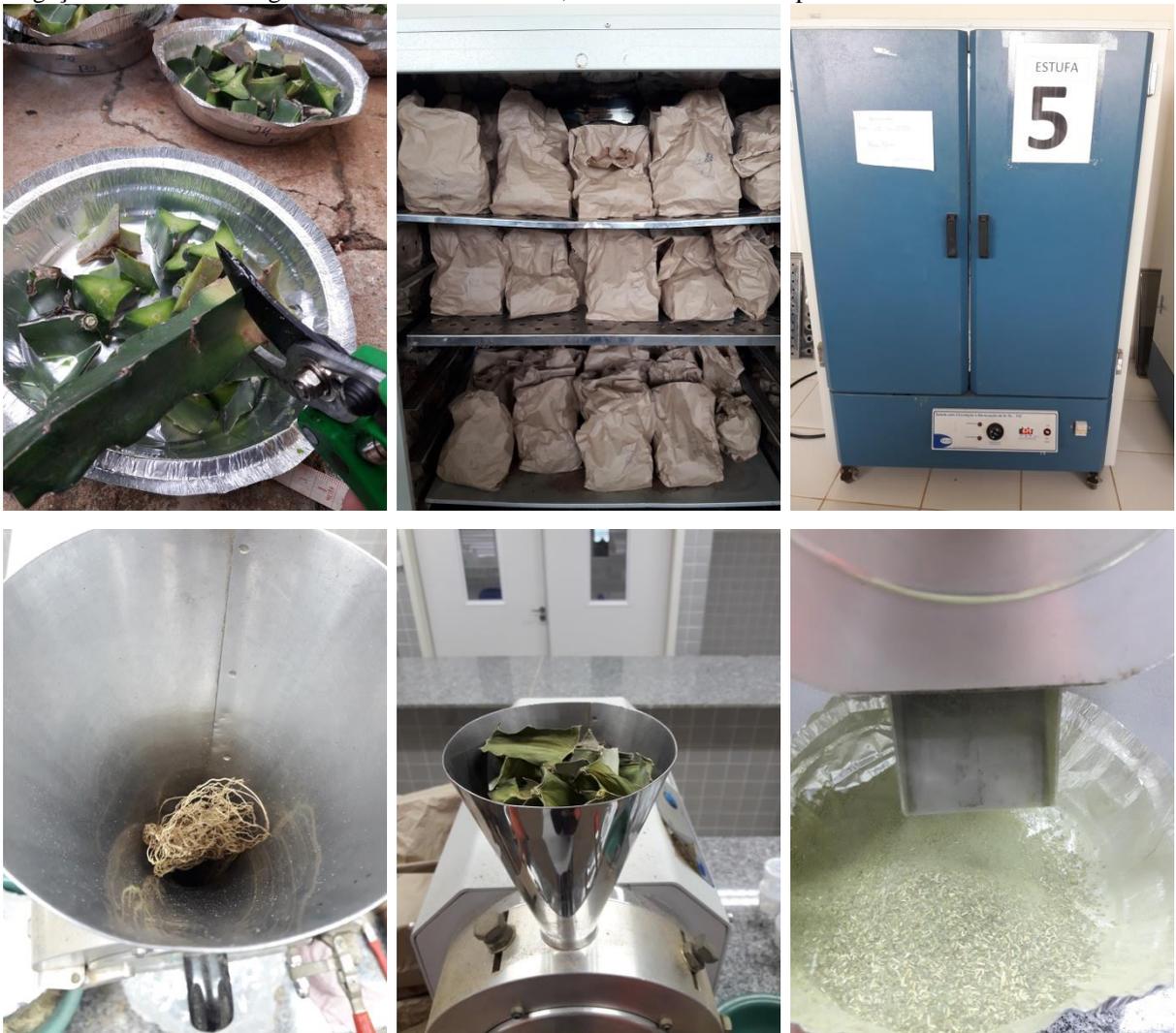


Figura 10. Secagem e moagem das mudas de pitaya branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

2.4.2 Pigmentos fotossintéticos

A determinação da clorofila seguiu a metodologia descrita por Arnon (1949). Foram selecionados os cladódios mais jovens na fenofases (V4), com mesma idade, em uma planta por tratamento. Foram pesados 0,002 g de matéria fresca dos cladódios e homogeneizados em 3 ml de acetona 80%. Após a maceração, o material foi centrifugado a 10000 RPM durante sete minutos. O sobrenadante foi coletado, colocado em cubeta de vidro e analisado nos comprimentos de onda de 645 nm, 663 nm, 652 nm e 470 nm e 80% de acetona foram usados para a leitura em branco, em um espectrofotômetro de massa modelo Cary 60 (Agilent). As leituras foram convertidas em conteúdo clorofila a, b, clorofila total e carotenoide (mg de clorofila/carotenoide por grama de peso fresco) (CHLa, CHLb, CHLt e CAR, respectivamente), utilizando as seguintes equações para determinar o teor de clorofila (WHITHAM et al., 1971; ARNON, 1949) e usando a equação descrito por Lichtenthaler (1987) para determinar o teor de carotenoides:

$$CL\ a = ((12,7 * A_{663}) - (2,69 * A_{645})) * \frac{V}{1000 * W} \quad (I)$$

$$CL\ b = ((22,9 * A_{645}) - (4,68 * A_{663})) * \frac{V}{1000 * W} \quad (II)$$

$$CL\ total = ((20,2 * A_{645}) + (8,02 * A_{663})) * \frac{V}{1000 * W} \quad (III)$$

$$Carotenoide\ total = ((1000 * A_{470}) - (1,82 * CL\ a) - (85,02 * CL\ b))/198 \quad (IV)$$

Onde: A – é a leitura da absorvância no comprimento de onda indicado; V – é o volume do final do extrato usado; W – é a massa do material fresco utilizado.

Para obtenção do extrato bruto, após a extração da clorofila, o precipitado foi agitado em vórtex, contendo uma solução tampão fosfato de potássio monobásico a 0,1M. Depois de agitado, o material foi centrifugado a 10000 RPM por cinco minutos. O sobrenadante foi retirado e armazenado em freezer para realizar a determinação de açúcares solúveis, aminoácidos e prolina.

2.4.3 Solutos orgânicos

Para a quantificação de açúcares solúveis, seguiu-se o método de Yemm; Willis (1954). Utilizou-se uma alíquota de 50 µL do extrato bruto e completou-se 950 µL de água destilada. A solução estoque usada na obtenção da curva foi preparada usando glicina nas concentrações 0 µmol até 0,1 µmol. Depois de completado o tempo de reação, a quantificação

das amostras foi realizada em espectrofotômetro de massa modelo Cary 60 (Agilent) no comprimento de 570 nm.

A prolina foi determinada pelo método de Silveira et al. (2003). Utilizou-se o tolueno como branco. O teor de prolina foi obtido utilizando-se uma curva padrão com concentração conhecida (0, 5, 10, 15, 20 e 25 mg L⁻¹ de prolina), a quantificação das amostras foi realizada em espectrofotômetro de massa modelo Cary 60 (Agilent) no comprimento de 520 nm e os resultados foram expressos em microgramas de prolina por grama de matéria fresca.

Os aminoácidos foram determinados pelo método de ensaio de Ninhidrina (YEMM; COCKING, 1955), utilizando a Ninhidrina 5% em Metil Celosolve e o citrato de sódio como tampão 0,2M, pH = 5,0. Após a adição do padrão de aminoácidos e dos reagentes, agitou-se e levou-se ao banho-maria a 100°C por 20 minutos para desenvolver a coloração. Posteriormente, completou-se com etanol 60% e agitou-se novamente. Após o resfriamento, fez-se a leitura em $\lambda = 570\text{nm}$ no espectrofotômetro U.V.

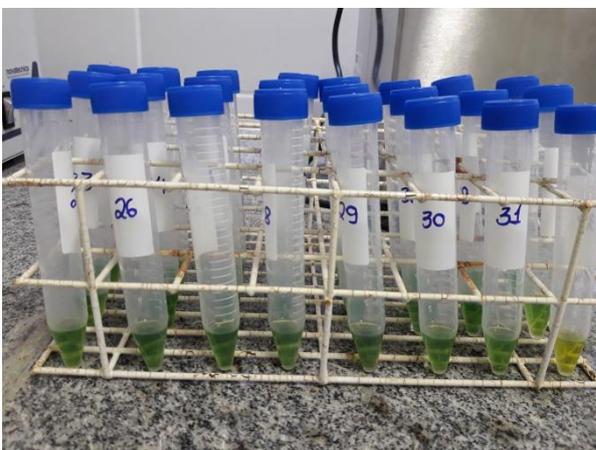




Figura 11. Análises bioquímicas de mudas de pitiaia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

2.4.4 Solutos inorgânicos

As análises nutricionais foram realizadas no laboratório de solos da UFERSA. O nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl (digestão sulfúrica = $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$). O potássio, fósforo, cálcio e magnésio foram determinados (digestão nitro-perclórica = $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$) usando a técnica de digestão com aquecimento por micro-ondas, utilizando o digestor MARSTM, fabricado pela CEM Corporation. As leituras foram realizadas utilizando ICP 5110 – OES, fabricado pela Agilent.





Figura 12. Análises nutricionais de mudas de pitaiia branca submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2019. Fonte: Acervo pessoal.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

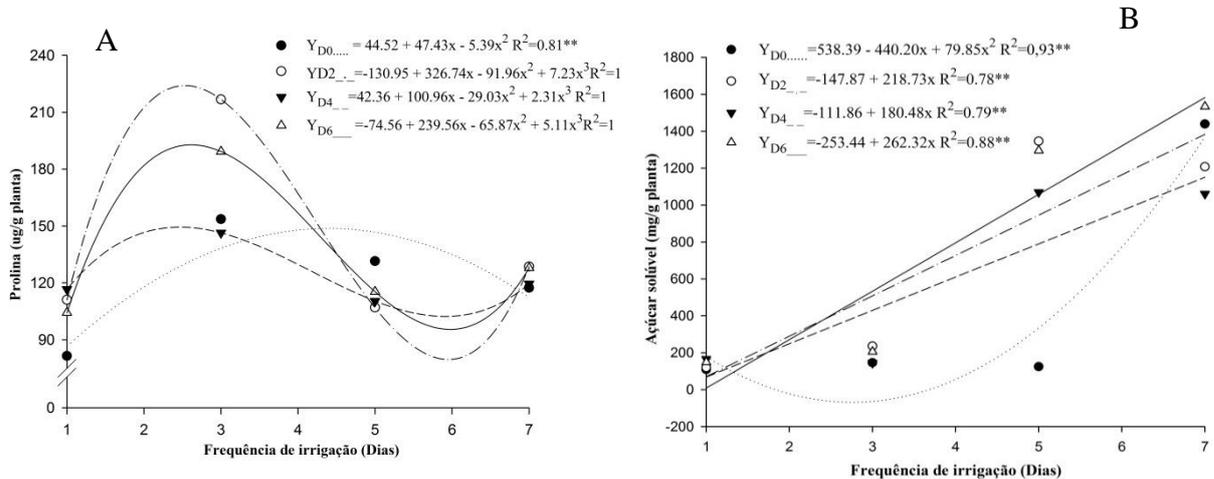
Os dados obtidos das variáveis foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade segundo Bartlett ($p < 0,05$) e, estando dentro dos padrões de normalidade e homogeneidade, foram submetidos à análise de variância. As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) e, quando significativos, foram submetidos à análise de regressão ($p < 0,05$). As análises foram realizadas no programa estatístico R core (R CORE TEAM, 2018), utilizando o pacote estatístico Expdes.pt. (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2018). Os gráficos foram elaborados pelo Sigma Plot.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SOLUTOS ORGÂNICOS

De acordo com o quadro de análise de variância (Apêndice: Tabela 1), observou-se que os solutos orgânicos apresentaram interação significativa entre os fatores frequência de irrigação (FI) e doses de hidrogel (DH) ($p < 0,05$; $p < 0,01$).

A resposta das variáveis prolina, açúcar solúvel e aminoácidos (Figura 13) ao déficit hídrico variaram entre as frequências de irrigação. O acúmulo de prolina (Figura 13) apresentou as maiores médias nas doses de hidrogel (2 e 6 g planta⁻¹) com a máxima eficiência técnica de 224,10 (2,5 dias) e 192,83 (2,6 dias) ug g planta⁻¹, respectivamente, havendo decréscimos na concentração foliar desse metabólito com o aumento do intervalo entre as irrigações. O aumento nos teores de prolina em tecidos vegetais é frequentemente considerado um critério de seleção para a tolerância ao estresse da maioria das espécies vegetais (HASANUZZAMAN et al., 2014).



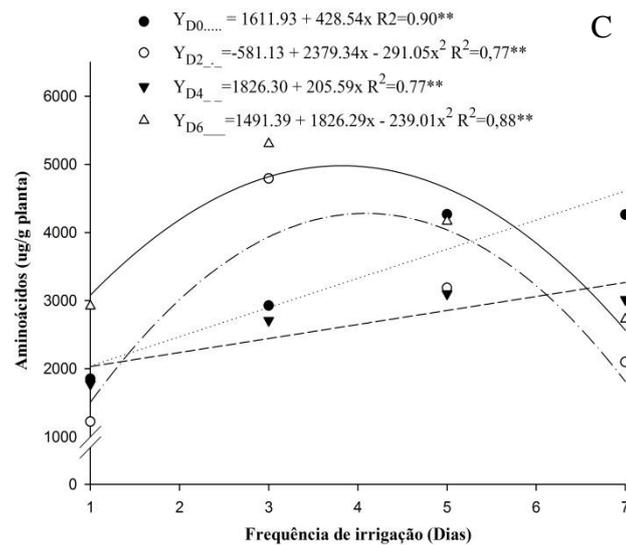


Figura 13. Prolina (A), açúcar solúvel total (B) e aminoácidos livres totais (C) de mudas de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020. Fonte: Elaborado pela autora.

A prolina, além de realizar o ajuste osmótico, tem a função de sinalizador de estresse e osmoproteção, protegendo as plantas de subprodutos tóxicos, como os radicais livres, formados durante a escassez hídrica, preservando a integridade celular de proteínas, enzimas e membranas dos múltiplos efeitos causados pelo estresse (JALEEL et al., 2007; VERBRUGGEN; HERMANS, 2008), além de auxiliar na manutenção do Ph celular e estocagem de nutrientes (ASHRAF; HARRIS, 2004).

O acúmulo de prolina em plantas estressadas pode ser resultante da síntese deste composto, por meio da rota metabólica que utiliza o ácido glutâmico como precursor (SZABADOS; SAVOURÉ, 2010).

Observou-se que as mudas de pitaia apresentaram expressivo aumento na concentração foliar de açúcar solúvel (Figura 13) (aproximadamente 19, 17 e 178 vezes para as doses de 2, 4 e 6 g planta⁻¹ de hidrogel, respectivamente) na frequência de irrigação de 7 dias quando comparadas à irrigação diária. Esse aumento significativo na concentração foliar de açúcar solúvel no maior intervalo entre as irrigações pode ser indicativo de mudanças no metabolismo bioquímico da planta, provocando aumento no conteúdo desse metabólito para realizar o ajuste osmótico por meio da diminuição do potencial hídrico; além disso, os açúcares formam um estado viscoso nas células capaz de protegê-las durante os períodos de escassez hídrica, reduzindo processos bioquímicos e minimizando a atividade das espécies reativas de oxigênio (EROs) (ROSA et al., 2005; TAIZ et al., 2017).

A redução na frequência de irrigação afetou positivamente o acúmulo de aminoácidos (Figura 13) para as doses de 0 e 4 g planta⁻¹ de hidrogel, apresentando resposta de regressão

linear crescente, levando a maiores concentrações foliares desses metabólitos com o aumento no intervalo entre as irrigações. Por sua vez, as doses de hidrogel de 2 e 6 g planta⁻¹ apresentaram resposta ao modelo de regressão quadrático, com maior conteúdo (4980,15 ug g planta⁻¹) obtido na dose máxima de hidrogel (6 g planta⁻¹), na frequência de irrigação de 3,8 dias, decrescendo posteriormente com o aumento no intervalo entre as irrigações.

O maior acúmulo de aminoácidos totais, resultante do aumento no intervalo entre as irrigações, pode ser decorrente do ajuste osmótico realizado por meio do aumento na concentração desse metabólito nas células, a fim de manter o turgor e equilíbrio do potencial hídrico na célula, sendo uma das principais respostas das plantas ao estresse hídrico (TAIZ et al., 2017).

3.2 SOLUTOS INORGÂNICOS

O conteúdo de nitrogênio nas mudas de pitaia apresentou efeito significativo apenas para os fatores isolados frequência de irrigação (FI) e doses de hidrogel (DH) ($p < 0,01$; $p < 0,05$). Para os macronutrientes potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), houve interação significativa entre os fatores frequência de irrigação (FI) e doses de hidrogel (DH) ($p < 0,05$) (Apêndice: Tabela 2).

O conteúdo de N (Figura 14B) apresentou tendência de acréscimo até a dose 1,6 g de hidrogel, posteriormente, com o aumento da dose de hidrogel, houve redução do acúmulo de N nas mudas, ao passo que para o fator FI (Figura 14A) verificou-se o máximo acúmulo de N na frequência de irrigação de 3,9 dias, havendo decréscimos com o aumento do intervalo entre as irrigações. O máximo acúmulo de nitrogênio observado no presente trabalho foi semelhante ao observado para o acúmulo de biomassa, o que é esperado em virtude do alto consumo de nitrogênio em plantas suculentas como cactos, na medida em que estruturas como os cladódios apresentam alto teor de biomassa (SALAZAR, 2015).

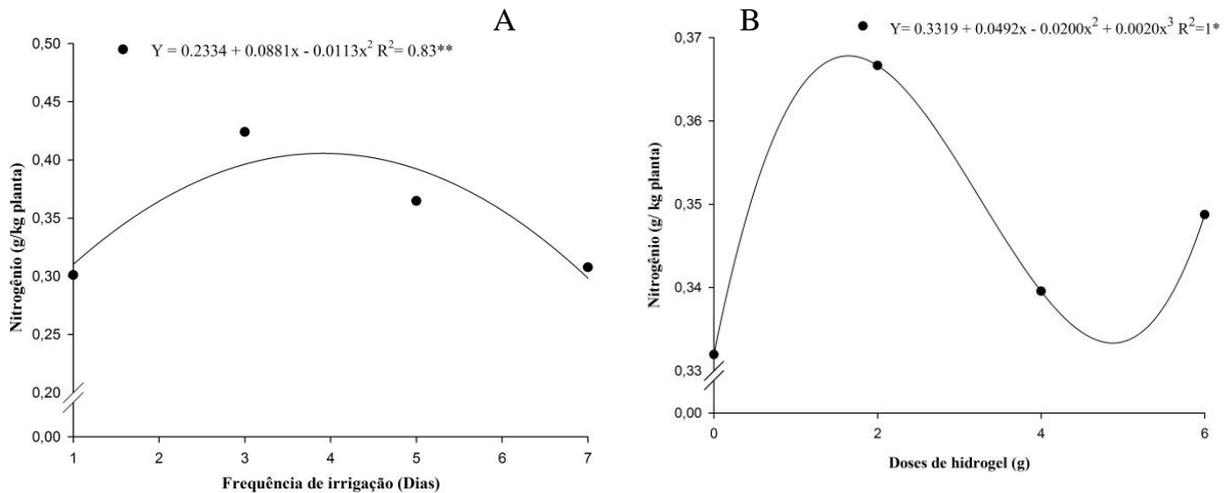


Figura 14. Conteúdo de nitrogênio em função da frequência de irrigação (A) e em função das doses de hidrogel de mudas de pitaia branca. Mossoró-RN. UFERSA, 2020. Fonte: Elaborado pela autora.

Verificou-se que as dosagens mais elevadas do hidrogel se mostraram menos eficientes no acúmulo de N nas mudas de pitaia, possivelmente em razão do excesso de água no substrato ter reduzido o processo de mineralização, além de ter favorecido a perda de N em virtude do aumento da desnitrificação, que ocorre em condições de solo encharcado, consequentemente levando à redução do elemento no substrato.

A maior fração de N do solo está na forma orgânica, presente na matéria orgânica na forma de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos e nucleotídeos, compostos mineralizados pelos micro-organismos do solo na forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (CANTARELLA, 2007; RAVEN et al., 2007). A atividade microbiana da mineralização é influenciada principalmente pela quantidade de água no solo, sendo reduzida em condições de solo encharcado, devido à ausência de oxigênio (BRADY, 1989).

Em solos encharcados, em condições anaeróbicas, ocorre perda de N devido ao fenômeno conhecido como desnitrificação, no qual o nitrato é reduzido a formas voláteis de nitrogênio (N_2 e N_2O) que retornam a atmosfera (RAVEN et al., 2007).

O menor acúmulo de N em doses maiores de hidrogel pode se dar por influência do potencial de carga negativa ou capacidade de troca catiônica do polímero, que favorece a retenção do N na forma de amônio (NH_4^+), a qual, em altos níveis, é tóxica para as plantas (AZEVEDO et al., 2002).

Bres; Weston (1993), estudando a aplicação de N na forma de amônio e nitrato, verificaram que 67% do nitrogênio aplicado na forma de amônio foram retidos pelo polímero, ao passo que para o nitrato houve retenção de apenas 4%. Henderson; Hensley (1985),

estudando a retenção de nitrato e amônio pelo polímero, relataram retenção de amônio superior a 85% para a dosagem de $4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (kg polímero/ m^3 de areia).

O conteúdo de potássio (Figura 15A) apresentou a menor média na ausência de incorporação do hidrogel, havendo o maior acúmulo no conteúdo K de $0,77 \text{ g kg planta}^{-1}$ com a utilização de 2 g planta^{-1} de hidrogel na frequência de irrigação de 4,7 dias, com incremento de 13% no conteúdo de K.

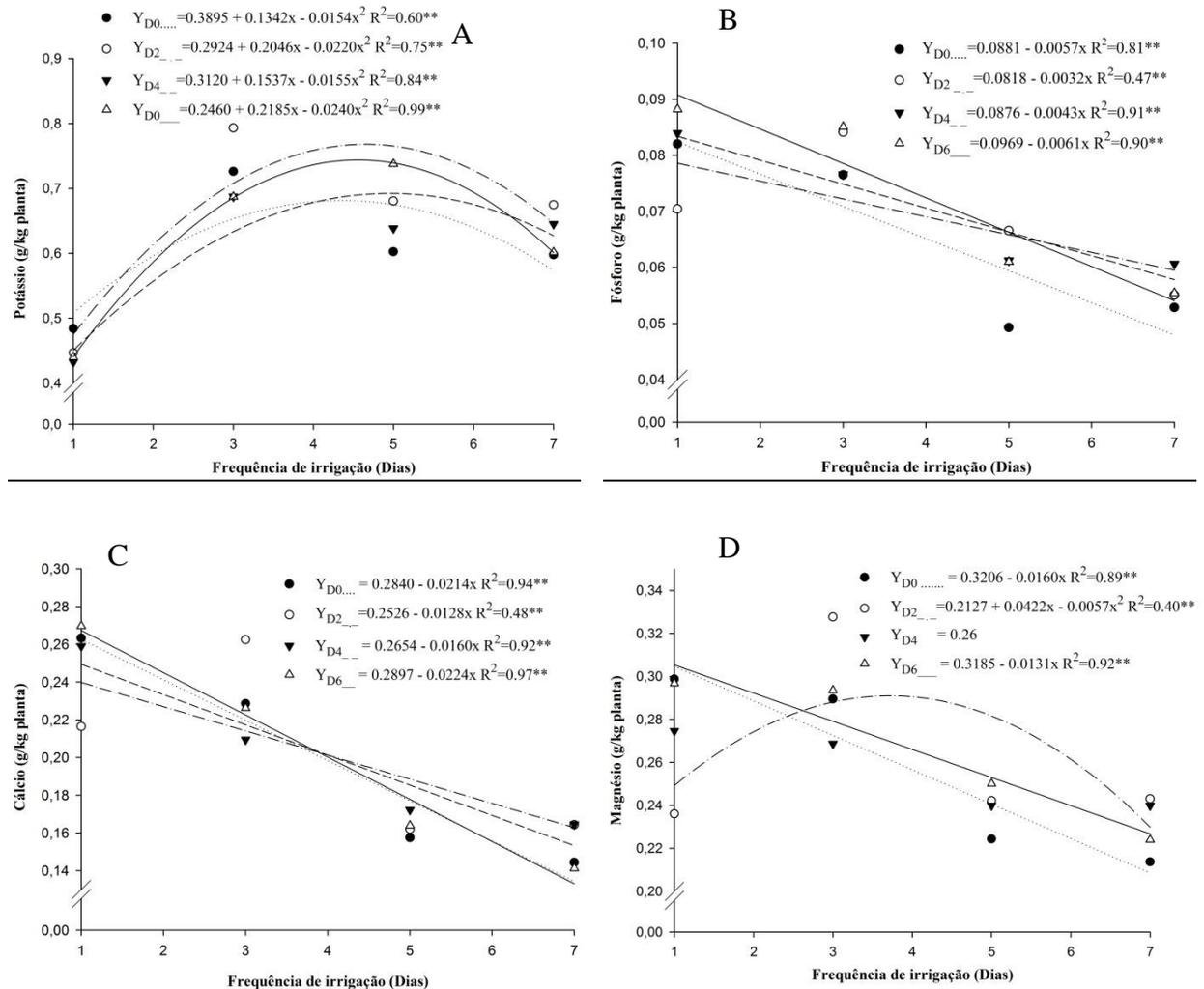


Figura 15. Potássio (A), fósforo (B), cálcio (C) e magnésio (D) de mudas de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020. Fonte: Elaborado pela autora.

A adição de hidrogel ao substrato até certo limite colaborou com o aumento do conteúdo de K, possivelmente em razão de o hidrogel poder reter certa quantidade do nutriente e disponibilizá-lo à planta por maior tempo. Fernandes (2010), estudando o uso do polímero em eucalipto, verificou o aumento no conteúdo de potássio na parte aérea das mudas com o aumento da dose de hidrogel, encontrando quase o dobro de K com o uso de 8 g planta^{-1} de hidrogel.

Quanto à frequência de irrigação, verificou-se tendência de acúmulo no conteúdo de K na medida em que diminuiu a frequência de irrigação até 4,7 dias, sendo as piores médias encontradas na irrigação diária. Gomes (2001) relata que a elevação da umidade no substrato causa menor absorção do nutriente pela planta. Outro fato que pode ter interferido no processo de absorção de K na irrigação diária é a absorção do cálcio, considerando que em sua presença pode ocorrer inibição gradativa da absorção de potássio (MARSCHNER, 2005).

O aumento no conteúdo de K nos maiores intervalos entre as irrigações pode ter ocorrido em virtude do ajustamento osmótico promovido por esse elemento em resposta à baixa disponibilidade de água no substrato. O potássio desempenha papel importante no estado hídrico das plantas, sendo determinante para a manutenção da turgescência celular, desempenhando importante papel na homeostase da água na planta (TAIZ et al., 2017). A regulação da abertura estomática por meio da absorção e liberação de K^+ está entre os principais mecanismos de controle da perda de água pelas plantas (MAATHUIS, 2009).

A redução no conteúdo de P, Ca e Mg (Figura 15B, 15C e 15D) nas mudas de pitaiá branca foi significativa na medida em que se aumentou o intervalo entre as irrigações, sendo que os maiores acúmulos nos tecidos vegetais foram obtidos na frequência de irrigação diária com 0,09, 0,27 e 0,31 g kg planta⁻¹, respectivamente, na dosagem de 6 g planta⁻¹ de hidrogel, para os três elementos, com redução significativa mediante aumento do intervalo entre as irrigações.

O cálcio tem sua absorção por fluxo em massa: cerca de 73% da assimilação são realizados dessa maneira, ao passo que o fósforo é um elemento pouco móvel no solo, tendo sua absorção pelo mecanismo de difusão (MALAVOLTA, 2006; VITTI; DOMENICONI, 2010). Quando as plantas estão sob estresse hídrico severo, pode ocorrer limitação na absorção de nutrientes, principalmente quando o movimento dos íons da solução do solo para as raízes se dá por meio de fluxo de massa e difusão (LEÃO et al., 2011).

O incremento do conteúdo desses elementos nas mudas de pitaiá branca que receberam as maiores dosagens do polímero pode ser atribuído à maior disponibilidade de água no substrato. Resultado semelhante foi observado em porta-enxerto de tangerina por Vichiato et al. (2004), com incrementos no conteúdo de Ca na medida em que se aumentou as doses de hidrogel, o que pode ser explicado pela maior disponibilidade do nutriente no substrato.

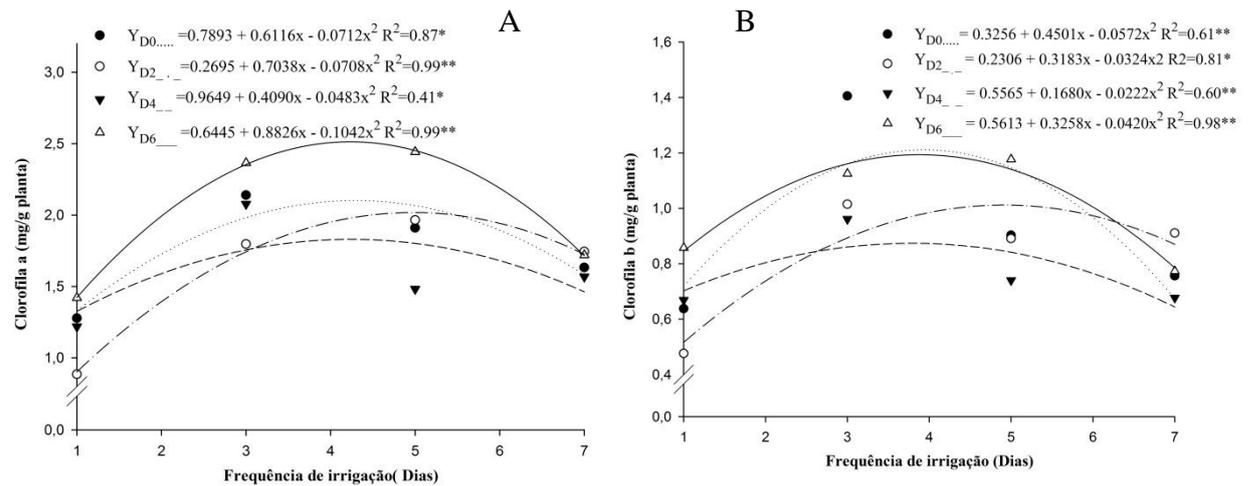
De modo geral, verificou-se que a incorporação do polímero hidroabsorvente ao substrato proporcionou melhoria em relação ao conteúdo de nutrientes, sendo refletida positivamente em várias características do desenvolvimento das mudas de pitaiá branca. De

acordo com Oliveira et al. (2004), a incorporação de hidrogel ao substrato proporciona melhoria nas propriedades físicas dos substratos, com reflexo na maior disponibilização e absorção de nutrientes pelas plantas.

3.3 PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

Para as características bioquímicas (Apêndice: Tabela 2), observou-se que a interação entre os fatores frequência de irrigação (FI) e doses de hidrogel (DH) influenciou significativamente ($p < 0,05$; $p < 0,01$) nos resultados de todas as variáveis analisadas.

No estudo das variáveis clorofila a, clorofila b, clorofila total e carotenoides, a irrigação realizada na frequência de irrigação de três a cinco dias aumentou a síntese de todos esses compostos no cladódio quando comparado à frequência de irrigação diária (Figura 18), sendo que para clorofila a, clorofila total e carotenoides a dose de (6 g planta^{-1}) de hidrogel houve as maiores médias, 2,51, 3,71 e 1361,80 mg g planta^{-1} , com acréscimos de 19,5%, 12,4% e 16,8%, respectivamente, quando comparadas à dose (0 g planta^{-1}), nas frequências de irrigação de 4,2, 4,1 e 4,1 dias, respectivamente (Figura 16A, 16C e 16D).



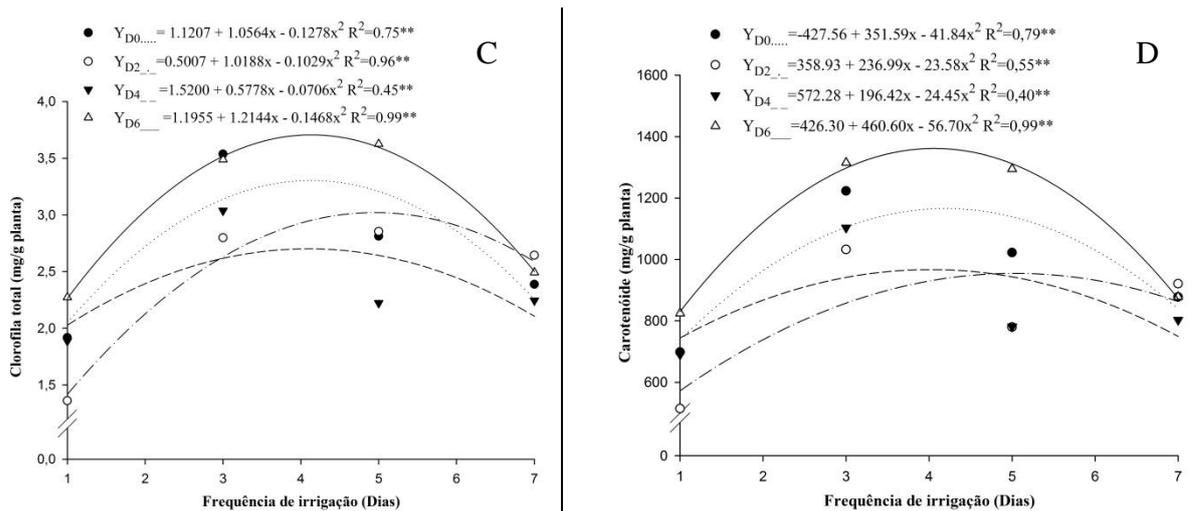


Figura 16. Clorofila a (A), clorofila b (B), clorofila total (C) e carotenóides (D) de mudas de pitaia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020. Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo Mendes et al. (2011), acréscimos nos teores de clorofila totais sob condições adversas se reflete diretamente no próprio desenvolvimento dos cloroplastos, ampliando o número de tilacoides ou até mesmo no número de cloroplastos, a fim de proteger o aparato fotossintético. A clorofila *a* é o principal pigmento envolvido na fotossíntese, e seu aumento leva ao aumento das taxas fotossintéticas, afetando, com isso, o crescimento das plantas (RAVEN et al., 2007).

Para o conteúdo de clorofila b (Figura 16B), observou-se que a ausência e a aplicação da dose máxima de (6 g planta^{-1}) de hidrogel promoveram as maiores médias, com os pontos de máxima eficiência de 1,21 e 1,19 mg g planta^{-1} , respectivamente, na frequência de 3,9 dias, havendo decréscimos na concentração foliar com o aumento do déficit hídrico. Todas essas variáveis apresentaram ajuste ao modelo de regressão quadrático, havendo redução na síntese desses compostos com o aumento no intervalo entre as irrigações após o ponto de máxima eficiência.

Tais resultados mostraram que a diminuição do volume de água disponível para a planta provoca a diminuição da fotossíntese, o que pode acarretar mudanças no metabolismo bioquímico das plantas, provocando modificações nas rotas de biossíntese dos pigmentos fotossintéticos (SILVA et al., 2012; CUNHA et al., 2018).

O decréscimos no conteúdo de clorofila, na medida em que se reduziu a frequência de irrigação, também pode ser explicado pelo estresse oxidativo resultante da foto-oxidação dos pigmentos fotossintéticos e a degradação das moléculas de clorofila em virtude da deficiência hídrica beneficiar a síntese de espécies reativas de oxigênio (EROs), prejudicando o metabolismo vegetal (CARLIN et al., 2012).

No entanto, de acordo com Tabot; Adams (2013), a redução na síntese de clorofila em virtude da escassez hídrica não pode ser interpretada apenas do ponto de vista dos efeitos deletérios, pois essa redução pode estar associada a uma resposta de aclimação do vegetal aos agentes estressantes para captar menos energia luminosa e, com isso, evitar o estresse foto-oxidativo.

Em geral, os conteúdos de clorofila e carotenoides das plantas de pitaia apresentaram boa resposta ao uso do hidrogel, sendo que os maiores índices foram observados na presença da dosagem máxima deste polímero. Para Felipe et al. (2016), este resultado sugere que a adição do polímero interfira no fornecimento de nutrientes, reduzindo sua lixiviação e, conseqüentemente, provocando maior absorção dos elementos minerais essenciais à fotossíntese, principalmente o nitrogênio, elemento ligado diretamente a uma maior taxa fotossintética da planta.

Desempenho semelhante ao observado no acúmulo de clorofila foi verificado na concentração de carotenoides (Figura 16D) nas mudas de pitaia. Dessa forma, os maiores valores foram encontrados na frequência de irrigação de quatro dias, o que pode ser atribuído ao fato desses pigmentos protegerem as clorofilas dos processos foto-oxidativos.

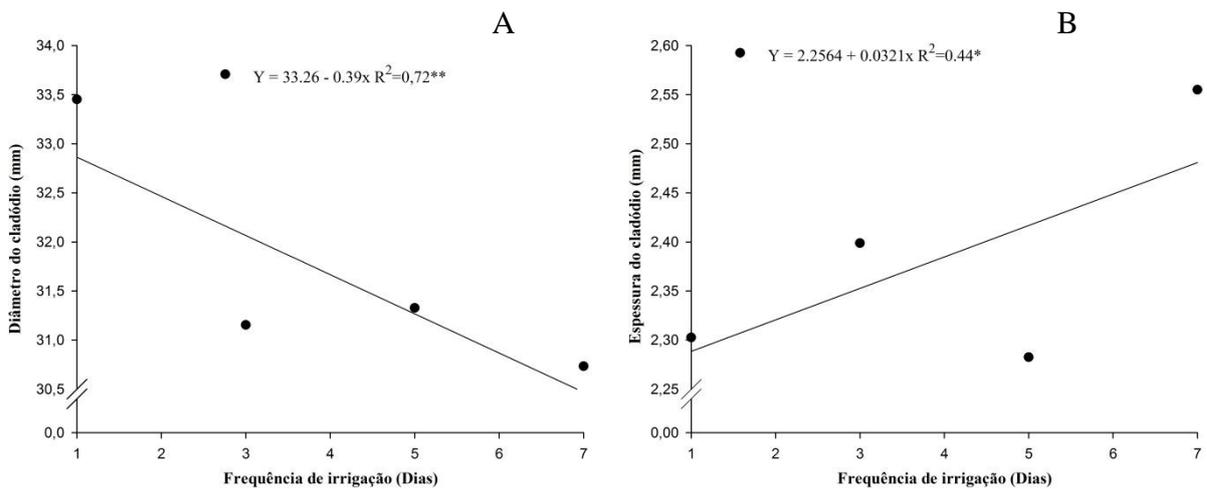
Os carotenoides agem como um filtro da radiação ultravioleta, reduzindo os danos decorrentes da luz em excesso e extinguindo os estados excitados das moléculas de clorofila, protegendo as células da foto oxidação (TAIZ et al., 2017); além disso, o aumento da síntese de carotenoides pode estar relacionado à inativação da enzima clorofilase, responsável por degradar a clorofila (MELO et al., 2018).

O aumento da deficiência hídrica nas frequências de irrigação de 4 e 6 dias promoveu decréscimos no conteúdo desse metabólito, indicando, dessa forma, que a redução da água disponível para as plantas limitou a produção de carotenoides em mudas de pitaia. Tal resposta pode estar associada ao comprometimento da síntese de carotenoides sob condições de deficiência hídrica. A insuficiência de água provoca a redução na atividade enzimática da protoclórofila, sendo a principal razão para a menor produção dos pigmentos fotossintéticos (FIAZ et al., 2014), além de induzir à degradação de β – caroteno, provocando diminuição no teor de carotenoides (GOMES et al., 2011). A presença reduzida ou ausência de carotenoides torna a planta mais suscetível à ação das espécies reativas de oxigênio (EROs), já que esses pigmentos desempenham papel fundamental na foto-proteção, dissipando a energia radiante pela rota das xantofilas (RIBEIRO et al., 2014; TAIBI et al., 2016).

3.4 BIOMETRIA

De acordo com o quadro de análise de variância (Apêndice: Tabela 3), observou-se que as características morfométricas avaliadas – diâmetro dos cladódios (DC), espessura do cladódio (EC), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e comprimento da somatória dos cladódios (CSC) – apresentaram efeito significativo apenas para o fator isolado frequência de irrigação (FI) ($p < 0,01$; $p < 0,05$). Para as variáveis massa seca total (MST), massa seca da raiz (MSR), comprimento da raiz (CR) e relação parte aérea/sistema radicular (RPAR), houve interação significativa entre os fatores frequência de irrigação (FI) e doses de hidrogel (DH) ($p < 0,01$; $p < 0,05$).

Segundo os modelos ajustados, observou-se que a redução na frequência de irrigação influenciou os atributos de diâmetro e espessura das mudas estudadas. Ambas as variáveis apresentaram efeito linear, e o diâmetro dos cladódios (DC) diminuiu linearmente com a redução na frequência de irrigação, com o maior resultado observado na frequência de irrigação diária. Por sua vez, a espessura do cladódio (EC) apresentou comportamento contrário, aumentando linearmente com a redução na frequência de irrigação até a frequência de irrigação de sete dias (Figuras 17A e 17B).



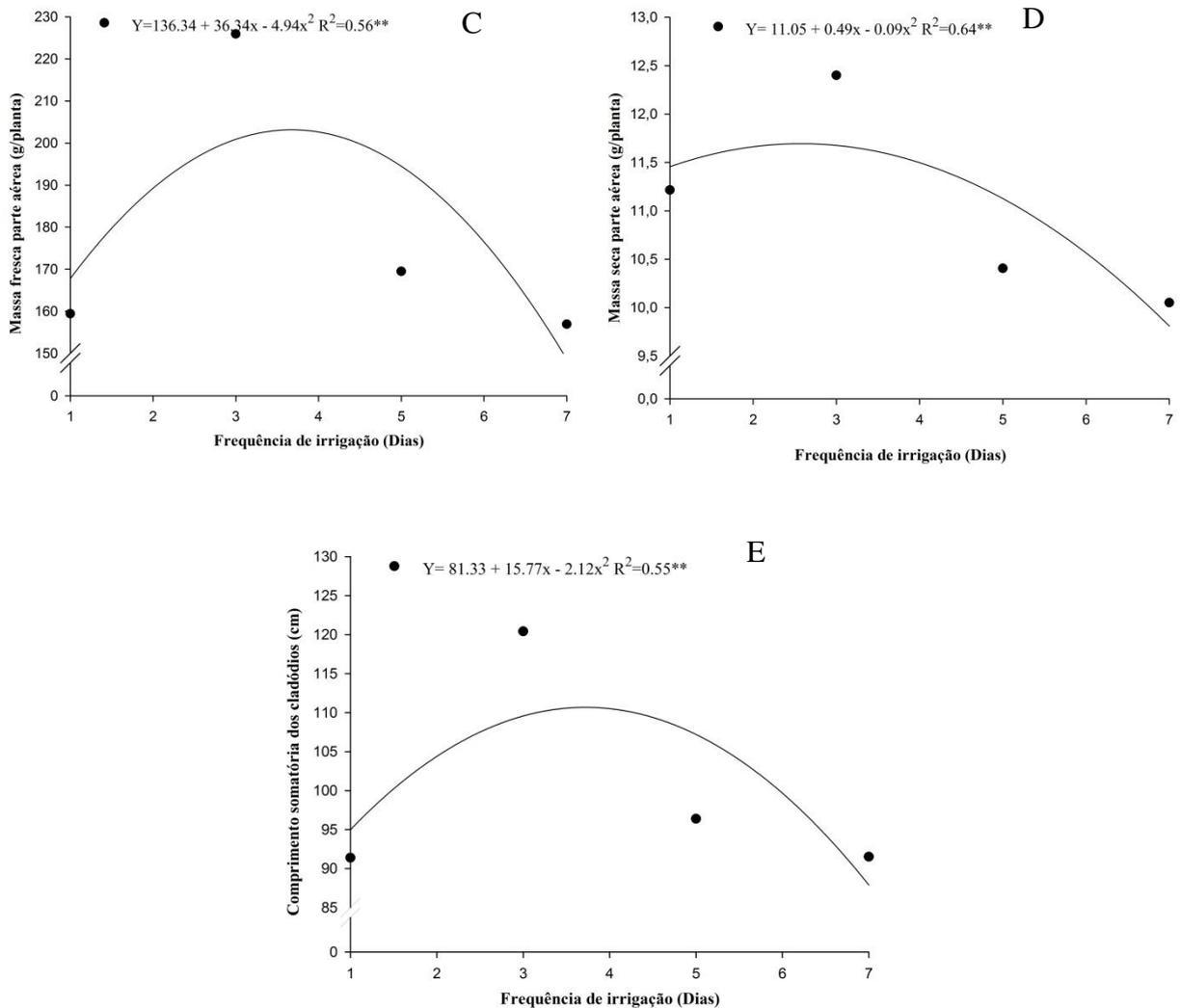


Figura 17. Diâmetro (A), espessura (B), massa fresca (C) e seca (D) da parte aérea e comprimento da somatória (E) dos cladódios de pitaiia branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFERSA, 2020. Fonte: Elaborado pela autora.

O aumento no intervalo entre as irrigações ocasiona redução do crescimento vegetativo e reprodutivo em virtude da diminuição do volume de água disponível para a planta, que afeta a divisão celular e o alongamento (TAIZ et al., 2017).

A maior espessura de cladódios pode ser um mecanismo foto-protetor da planta contra o excesso de luz, reduzindo a perda de água e protegendo os tecidos fotossintetizantes (AGUILAR et al., 2009; ALMEIDA, 2015). Para Cajazeira (2016), aumentos na espessura dos cladódios podem estar relacionados à adequada nutrição potássica, responsável pela síntese para formação da parede celular, influenciando diretamente na deposição de celulose e, com isso maior, espessura dos cladódios.

O aumento na espessura externa da epiderme e cutícula, provavelmente como forma de reduzir a transpiração cuticular, já foi observado em diferentes espécies, como *Olea*

europaea e *Manihot esculenta*, em condições de deficiência hídrica (ENNAJEH et al., 2010; RIBEIRO et al., 2012). Por sua vez, Carvalho et al. (2013) observaram redução na espessura das folhas em mudas de maracujazeiro-amarelo submetidas a intervalos maiores na irrigação.

Na massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e comprimento da somatória do cladódio (CSC) (Figuras 17C, 17D e 17E), as médias ajustaram-se ao modelo de regressão polinomial quadrática. Os valores máximos de 206,8 e 11,8 g planta⁻¹ para a MFPA e MSPA, respectivamente, foram obtidos nas frequências de irrigação de 3,6 e 3,2 dias (Figuras 17C e 17D). O comprimento máximo do cladódio, 114,52 cm, foi obtido na frequência de irrigação de 3,6 dias (Figura 17E). Houve decréscimos com a redução na frequência de irrigação, sendo as menores médias observadas nas plantas submetidas ao maior intervalo entre as irrigações (7 dias).

De acordo com Sapeta et al. (2013), um dos principais efeitos do estresse causado pela seca é a redução de crescimento dos vegetais. Resultados semelhantes para o maracujá e a pinha foram observados por Carvalho et al. (2013) e Silva et al. (2018), respectivamente, especialmente para a variável altura de planta: a frequência de irrigação provocou menor crescimento das mudas na medida em que se aumentou o intervalo entre as irrigações.

Da mesma forma, o menor acúmulo de biomassa da parte aérea pode ser atribuído ao estresse hídrico resultante da baixa disponibilidade de água no solo na medida em que se reduziu a frequência na irrigação. Segundo Larcher (2000), esses resultados podem ser decorrentes da redução da atividade fotossintética da planta, em virtude do menor aporte nutricional, que interfere negativamente no crescimento, tamanho e estrutura de folhas, caules e raízes, provocando, assim, a diminuição da biomassa das plantas.

Observou-se ainda que a frequência de irrigação diária afetou negativamente o crescimento e o acúmulo de biomassa da parte aérea, levando a valores no comprimento dos cladódios (96,35 cm), no acúmulo de biomassa fresca (173,33 g planta⁻¹) e seca (11,08 g planta⁻¹) da parte aérea similares àqueles obtidos na menor frequência de irrigação (07 dias).

A água em excesso inibe o desenvolvimento das plantas, sobretudo em espécies cactáceas, nas quais o baixo consumo de água induz à maior manutenção de umidade no solo (BAJGAIN et al., 2015; SILVA et al., 2014a). O excesso de água dificulta a respiração das plantas, diminuindo a síntese, absorção e translocação de compostos orgânicos, reduz a fotossíntese e prejudica a conversão da matéria orgânica pelos micro-organismos, resultando, portanto, no menor desenvolvimento das plantas (REGO et al., 2004).

No comprimento do sistema radicular (CR) (Figura 18 A), a ausência e a aplicação de (4 e 6 g planta⁻¹) de hidrogel apresentaram resposta ao modelo regressão polinomial

quadrática positiva, sendo as maiores médias observadas nas plantas submetidas ao déficit hídrico mais severo, na frequência de irrigação de sete dias. Os valores mais expressivos foram obtidos com aplicação de 4 g planta⁻¹ de hidrogel, observando-se na frequência de irrigação de sete dias um acréscimo de 22,7% em relação as plantas sem a incorporação do polímero. Esse fato pode estar relacionado à capacidade do hidrogel de fornecer um ambiente favorável ao desenvolvimento do sistema radicular, além de permitir que as raízes das plantas cresçam por dentro dos grânulos do polímero hidratado, com maior superfície de contato entre raízes, água e nutrientes (THOMAS, 2008).

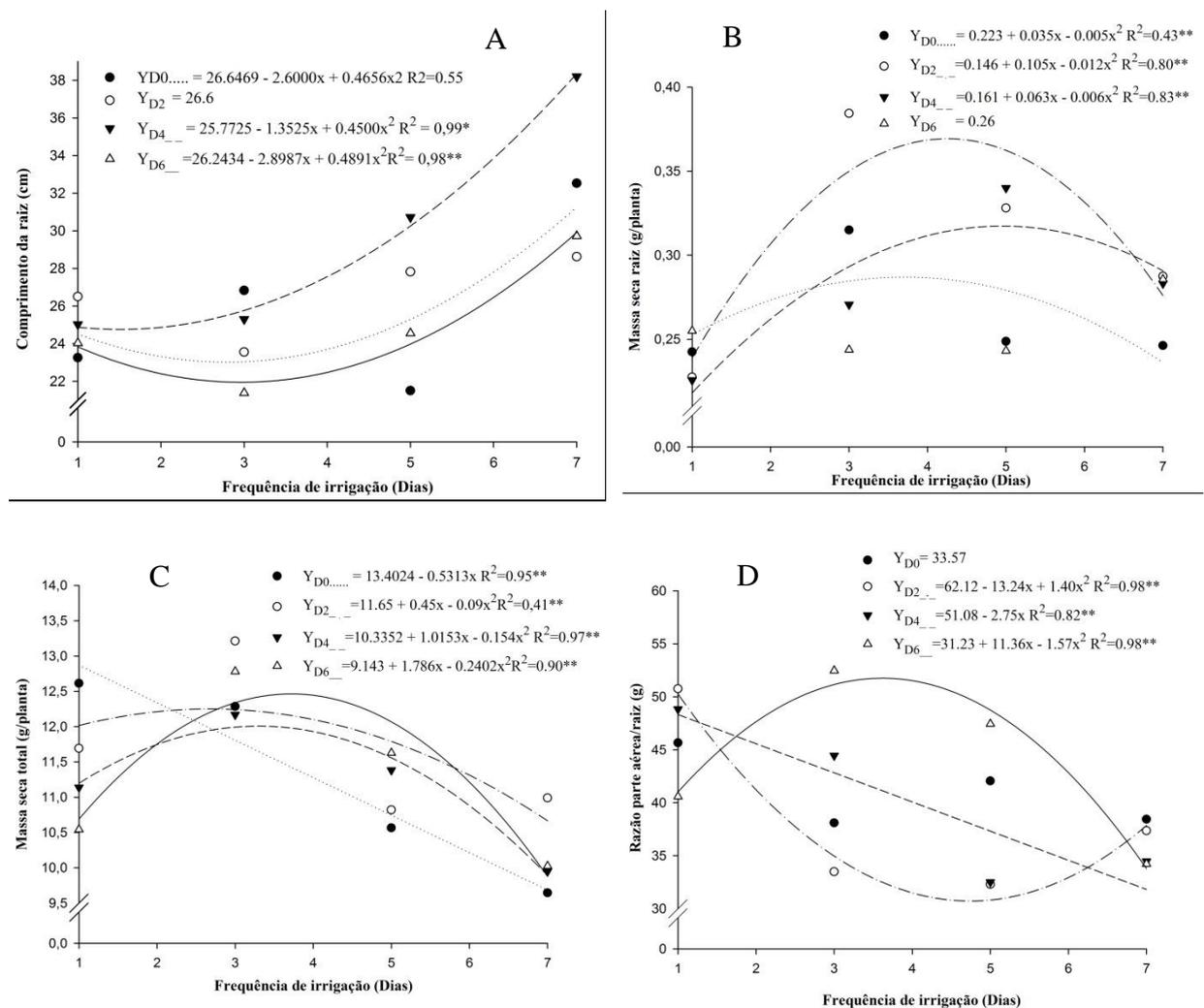


Figura 18. Comprimento do sistema radicular (A), massa seca do sistema radicular (B), massa seca total (C) e relação entre parte aérea e raiz (D) de mudas de pitaya branca em função da frequência de irrigação e doses de hidrogel. Mossoró-RN. UFRS, 2020. Fonte: Elaborado pela autora.

Os polímeros são considerados uma forma eficaz de reduzir a evaporação de água e melhorar o regime hídrico dos solos devido à sua capacidade de reter grande quantidade de água (PREVEDELLO; BALENA, 2000). Para Carvalho et al. (2013), os diâmetros dos poros que armazenam água se tornam superiores com a incorporação de polímeros, chegando a

aumentar o diâmetro em até quatro vezes, melhorando a textura e influenciando a formação das mudas.

Em mudas de amoreira preta, Moreira et al. (2012) observaram acréscimo de 75,3% no comprimento das raízes quando incorporaram 5,6 g L de hidrogel, quando comparadas àquelas sem adição do polímero, sendo que dosagens maiores foram prejudiciais em virtude do excesso de água no substrato ter prejudicado a aeração, comprometendo a absorção iônica e a disponibilidade de nutrientes, de maneira que o crescimento das raízes foi reduzido. Esse comportamento foi constatado por Cruz et al. (2008), na produção de mudas de tangerina ‘Cleópatra’, e por Hafle et al. (2008), na produção de maracujazeiro-doce.

O elevado comprimento da raiz das plantas, quando submetidas ao maior déficit hídrico, pode estar relacionado a um mecanismo de “tolerância” à seca para deficiência hídrica moderada, quando as plantas fecham os estômatos e aprofundam o sistema radicular para explorar um volume maior de substrato com consequente aumento na absorção de água e nutrientes (TAIZ et al., 2017).

Na massa seca da raiz (MSR) (Figura 18 B), observou-se comportamento quadrático nas doses de hidrogel (0, 2 e 4 g planta⁻¹), obtendo o máximo acúmulo de massa seca (0,29, 0,37 e 0,32 g planta⁻¹) nas frequências de irrigação de 3,7, 4,3 e 4,9 dias, respectivamente. Posteriormente, observa-se redução no acúmulo de MSR com a diminuição da frequência de irrigação.

O maior acúmulo da MSR foi obtido na menor dose (2 g planta⁻¹) de hidrogel aplicada, havendo redução com o aumento da dose. Os resultados indicam que os cladódios de pitaiá branca demandam quantidades de água no substrato, porém seu excesso pode interferir negativamente no enraizamento das mudas. Para Hafle et. al. (2008), a diminuição do acúmulo de massa seca da raiz com o uso de quantidades maiores de hidrogel pode ser decorrente do excesso de água e nutrientes armazenados no substrato, que pode ocasionar a redução na aeração das raízes, condição em que a raiz é suprimida, reduzindo o crescimento radicular.

De acordo com Firmino (2002), nos cultivos em recipientes a limitação do volume exige que o substrato seja capaz de manter água disponível para as plantas sem, contudo, comprometer a concentração de oxigênio do meio.

Para massa seca total (MST) (Figura 18C), verificou-se que a não incorporação de hidrogel ao substrato (a dose zero) apresentou as maiores reduções no acúmulo de biomassa seca na medida em que se reduziu a frequência de irrigação. As médias dos tratamentos com 2, 4 e 6 (g planta⁻¹) de hidrogel mostraram comportamento crescente até as frequências de

irrigação de 3,5, 3,3 e 3,7 dias com o ponto de máxima eficiência técnica 12,21, 12,01 e 12,46 g planta⁻¹, respectivamente, decrescendo posteriormente mediante redução da frequência de irrigação (Figura 18C).

A MST apresentou maiores acúmulos com a incorporação do hidrogel quando em associação à redução na frequência de irrigação. Tal resposta pode estar associada à capacidade do polímero em reter centenas de vezes sua massa em água e liberar gradualmente às plantas na época de deficiência hídrica (MENDONÇA et al., 2015; NAVROSKI et al., 2015). Além disso, a adição de copolímeros hidroabsorventes acarreta em maior retenção de nutrientes e, conseqüentemente, maior absorção, contribuindo para aumentar a biomassa das plantas (SYVERTSEN; DUNLOP, 2004).

Aumentos na matéria seca também foram constatados em porta-enxerto de tangerina (CRUZ et al., 2008) e em mudas de cafeeiro (AZEVEDO et al., 2002) devido à incorporação com o polímero. No entanto, resultados diferentes foram observados por vários autores, que relataram decréscimos na produção de biomassa em mudas de crisântemo (SITA, 2002), cafeeiro (VALLONE, 2003) e tangerina (VICHATO et al., 2004), em virtude do excesso de umidade no substrato comprometer a aeração do sistema radicular. Esses resultados negativos da aplicação do polímero podem indicar a necessidade de reduzir a frequência de irrigação a fim de minimizar esses efeitos nas plantas.

A redução na frequência de irrigação com a utilização de polímeros foi sugerida por Azevedo et al. (2002), Bernardi et al. (2005) e Cruz et al. (2008), sem que as plantas apresentassem sintomas de estresse hídrico e sem interferência no crescimento e no acúmulo de massa seca.

Para a relação parte aérea raiz (RPAR) (Figura 18D), observou-se que a dose de hidrogel de 6 g planta⁻¹ proporcionou as maiores médias de RPAR das mudas com a máxima eficiência técnica 51,76g na frequência de irrigação de 3,6 dias, havendo decréscimos nas médias de RPAR mediante aumento do déficit hídrico.

Essa tendência de acréscimos da RPAR na dose máxima de hidrogel pode estar relacionada às adaptações biométricas das plantas em razão da disponibilidade de água no substrato, as quais se refletem na modificação da alocação de biomassa seca entre raízes e parte aérea. De acordo com Scalón et al. (2011), é comum haver maior alocação de biomassa nas raízes quando as plantas estão em estresse hídrico, a fim de aumentar a capacidade de absorção de água e nutrientes; além disso, a diminuição da disponibilidade de água reduz a fotossíntese, levando à menor taxa líquida de assimilação e ao crescimento das plantas.

Reduções na parte aérea foram observadas em citros por Magalhães Filho et al. (2008), em enxertos sobre limoeiro ‘Cravo’ e de ‘Trifoliata’, com indicação da existência de um mecanismo de adaptação à seca que priorizou o crescimento das raízes, sob estresse hídrico.

De acordo com os resultados encontrados no trabalho, foi possível observar que as plantas que tiveram o hidrogel incorporado ao substrato apresentaram, de modo geral, desempenho superior àquelas sem o uso do polímero quando se reduziu a frequência de irrigação, sendo observados maiores conteúdos de MST, MSR, RPAR e CR em resposta as doses de hidrogel aplicadas. Esses resultados indicam que o hidrogel apresenta vantagem na utilização em época de escassez hídrica ou como alternativa para reduzir o consumo de água, reduzindo a frequência de irrigação.

5 CONCLUSÃO

As mudas de pitaiá tiveram maior desenvolvimento quando se utilizou uma frequência de irrigação em torno de três dias.

Para as condições do ensaio, a aplicação de 6 g planta⁻¹ de hidrogel apresentou efeito positivo no acúmulo de biomassa seca, de pigmentos fotossintéticos, solutos orgânicos e inorgânicos.

A incorporação com o hidrogel possibilitou aumentar o intervalo entre as irrigações em um dia sem prejuízos ao desenvolvimento das mudas.

REFERÊNCIAS

- ABEDI-KOUPAI, J.; ASADKAZEMI, J. Effects of a hydrophilic polymer on the field performance of an ornamental plant (*Cupressus arizonica*) under reduced irrigation regimes. **Polymer Journal**, Singapore, v. 15, n. 9(75), p. 715-725, 2006. Disponível em: <<https://www.sid.ir/En/Journal/ViewPaper.aspx?ID=50202>>. Acesso em: 30 out. 2019.
- AGUILAR, M. A. G.; TERRAZAS, T.; ARIAS, S. Stem anatomy of three species of genus *hylocereus* (Berger) Britton & Rose (cactaceae) in México. **Revista Fitotecnia Mexicana**, [s.l.], v. 32, n. 3, p. 201-208, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802009000300007&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 03 fev. 2020.
- ALMEIDA, E. I. B. **Sombreamento na ecofisiologia, produção e propágulos de pitaia vermelha**. 2015. 96f. Tese (Doutorado em agronomia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/19291/1/2015_tese_eibalmeida.pdf>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- ARNON, Daniel I. COPPER ENZYMES IN ISOLATED CHLOROPLASTS. POLYPHENOLOXIDASE IN BETA VULGARIS. **Plant Physiology**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 1-15, 1 jan. 1949. American Society of Plant Biologists (ASPB).
- ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Science**, [s.l.], v. 166, n. 1, p. 3-16, jan. 2004.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 1, n. 1, p. 23-31, 2002. Disponível em: <http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol1/3_artigo_v1.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2019.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FRIZZONE, J. A. Níveis de polímero superabsorvente, frequências de irrigação e crescimento de mudas de café. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 24, p. 1239-1243, 30 abr. 2008.
- BARROSO, M. M. A. **Enraizamento de estacas de pitaia vermelha com diferentes características morfológicas e sob efeito de enraizadores**. 2014. 32f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- BAJGAIN, R.; KAWASAKI, Y.; AKAMATSU, Y.; TANAKA, Y.; KAWAMURA, H.; KEISUKE K.; SHIRAIWA, T. Biomass production and yield of soybean grown under converted paddy fields with excess water during the early growth stage. **Field Crops Research**, [s.l.], v. 180, p. 221-227, 2015.
- BERNARDI, M. R.; SPEROTTO JÚNIOR, M.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T. Crescimento de mudas de *Corymbia citriodora* em função do uso de hidrogel e adubação. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 67-74, 2012.

BERNARDI, A. C. C.; TAVARES, S. R. L.; SCHMITZ, A. A. Produção de meloeiro utilizando um polímero hidrofílico em diferentes frequências de irrigação em casa-de-vegetação. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 1, p. 82-87, 2005.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedade dos solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BRES, W.; WESTON, L.A. Influence of gel additives on nitrate, ammonium, and water retention and tomato growth in a soilless medium. **Horticulture Science**, [s.l.], v. 28, n. 10, p. 1005-1007, out. 1993.

CAJAZEIRA, J. P. **Crescimento e ecofisiologia de pitaias cultivadas em vasos submetidos a diferentes doses de K e Ca**. 2016. 140f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/21895>>. Acesso em: 15 fev. 2019.

CALDERON, M.; MARTINELLI, M.; IGARZABAL, C. A.; STRUMIA, M. Diseño de una asignatura sobre la ciencia de los polímeros. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, Córdoba, v. 8, n. 1, p. 64-76, 2007. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2591470>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CANTARELLA, H. Nitrogênio In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, M. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (org.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 375-470.

CARLIN, S. D.; RHEIN, A. F. L.; SANTOS, D. M. M. Efeito simultâneo da deficiência hídrica e do alumínio tóxico no solo na cultivar IAC91-5155 de cana-de-açúcar. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 553-564, 2012.

CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 518-526, 2013.

CEAGESP. **Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/pitaias/>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <<http://dw.ceasa.gov.br/#>>. Acesso em: 15 jan. 2020.

CUNHA, R. L. M.; GALVÃO, J. R.; ALVES, R. M.; GOMES, V. A.; OLIVEIRA, F. C. de; FERREIRA, I. V. L. Ecofisiologia de progênie de cupuaçuzeiro submetida a déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, n. 2, p. 2500-2509, 2018.

CRUZ, M. C. M.; HAFLE, O. M.; RAMOS, J. D.; RAMOS, P. S. Desempenho do porta-exerto de tangerineira ‘Cleópatra’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 471-475, 2008.

ENNAJEH, M.; VADEL, A. M.; COCHARD, H.; KHEMIRA, H. Comparative impacts of water stress on the leaf anatomy of a drought-resistant and a drought-sensitive olive cultivar. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 85, n. 4, p. 289-294, 2010.

FELIPPE, D.; NAVROSKI, M. C.; SAMPIETRO, J. A.; FRIGOTTO, T.; ALBUQUERQUE, J. A.; MOTA, C. S.; PEREIRA, M. O. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 2, p. 158-165, 2016.

FERNANDES, E. R. P. **Hidrogel e turno de rega no crescimento inicial de eucalipto**. 2010. 35f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp144453.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portuguese)**. [s.l.: [s.n.].

FAIAZ, K.; MALIK, S. A.; YOUNIS, U.; DANISH, S.; RAZA SHAH, M. H.; NIAZ, S. Drought impact on Pb/Cd toxicity remediated by biochar in *Brassica campestris*. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, [s.l.], v. 14, n. 4, p. 845-854, 2014.

FIRMINO, M. H. O uso da análise física na avaliação da qualidade de componentes e substrato. In: FURLANI, A. M. C. (org.). **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 29-37.

GOMES, J. M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de Eucalyptus grandis, produzidas em diferentes tamanhos de tubetes e de dosagens de N-P-K**. 2001. 112f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/11393>>. Acesso em: 18 fev. 2020.

GOMES, G. R. Família Cactaceae: breve revisão sobre sua descrição e importância. [S.I.]. **Revista Técnico-Científica**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 1-10, 2014. Disponível em: <<http://creaprw16.creaprw.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/38>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

GOMES, M. A. C.; SUZUKI, M. S.; CUNHA, M.; TULLII, C. F. Effect of salt stress on nutrient concentration, photosynthetic pigments, proline and foliar morphology of *Salvinia auriculata* Aubl. **Acta Limnologia Brasiliensia**, Rio Claro, v. 23, p. 164-176, 2011.

HAFLE, O. M.; CRUZ, M. C. M.; RAMOS, J. G.; RAMOS, P. S.; SANTOS, V. A. Produção de mudas de maracujazeiro-doce através da estaquia utilizando polímero hidrorretentor. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 3, n. 3, p. 232- 236, 2008. Disponível em: <<http://www.agraria.pro.br/ojs-2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=1843>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

HASANUZZAMAN, M.; ALAM M. M.; RAHMAN, A.; HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; FUJITA, M. Exogenous proline and glycine betaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **Biomed Research International**, [s.l.], v. 1, p. 1-17, 2014.

HENDERSON, J. C.; HENSLEY, D. L. Ammonium and nitrate retention by a hydrophilic gel. **Horticulture Science**, Alexandria, v. 20, n. 4, p. 667-667, 1985.

JALEEL, C. A.; MANIVANNAN, P.; KISHOREKUMAR, A.; SANKAR, B.; GOPI, R.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit. **Colloids And Surfaces B: Biointerfaces**, [s.l.], v. 59, n. 2, p. 150-157, out. 2007.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos (SP): Rima Artes e Textos, 2000.

LEÃO, D. A. S.; FREIRE, A. L. O.; MIRANDA, J. R. P. Estado nutricional de sorgo cultivado sob estresse hídrico e adubação fosfatada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 74-79, 2011.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, [s.l.], v. 148, p. 350-382, 1987.

MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranja 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, p. 75-82, 2008.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.

MALDONADO-BENITEZ, K. R.; ALDRETE, A.; LÓPEZ-UPTON, J.; VAQUERA-HUERTA, H.; CETINA-ALCALÁ, V. M. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. **Agrociencia**, Montecillo, v. 45, p. 389-398, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000300011>. Acesso em: 18 ago. 2019.

MARQUES, V. B.; MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO, N. A.; SILVA, F. O. R. Fenologia reprodutiva de pitaia vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 984-987, 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/2011nahead/a1411cr4953>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 6th ed. London: Academic, 2005.

MAATHUIS, F. J. M. Physiological functions of mineral macronutrients. **Current Opinion in Plant Biology**, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 250-258, jun. 2009.

MELO, A. S.; SILVA, A. R. F.; DUTRA, A. F.; DUTRA, W. F.; SÁ, F. V. S.; ROCHA, M. M. Crescimento e pigmentos cloroplastídicos de genótipos de feijão *Vigna* sob déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 12, p. 2579-2591, 2018.

MENDES, B. S. S.; WILLADINO, L.; CUNHA, P. C.; OLIVEIRA FILHO, R. A.; CAMARA, T. R. Mecanismos fisiológicos e bioquímicos do abacaxi ornamental sob estresse salino. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, p. 71-77, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/1956>>. Acesso em: 18 ago. 2019.

MENDONÇA, T. G.; QUERIDO, D. C. M.; SOUSA, C. F. Eficiência do polímero hidroabsorvente na manutenção da umidade do solo no cultivo de alface. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 9, p. 239-245. 2015.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, New York, v. 18, p. 291-320, 1997.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M.; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Efeito de doses de polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 8, p. 133-139, 2010. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/913>>. Acesso em: 13 set. 2019.

MOREIRA, R. A.; RAMOS, J. D.; CRUZ, M. C. M.; VILLAR, L.; HAFLE, O. M. Ácido indolbutírico e polímero hidroabsorvente no enraizamento de estacas de amoreira-preta. **Scientia Agrarian Paranaensis**, Cascavel, v. 11, n. 1, p. 74-81, 2012.

NAVROSKI, M. C.; ARAÚJO, M. M.; REININGER, L. R. S.; MUNIZ, M. F. B.; PEREIRA, M. O. Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes das mudas de *Eucalyptus dunni*. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

OLIVEIRA, R. A.; REZENDE, L. S.; MARTINEZ, M. A.; MIRANDA, G. V. Influência de um polímero hidroabsorvente sobre a retenção de água no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, p. 160-163, 2004.

PETERSON, D. Hydrophilic polymers: effects and uses in the landscape. **Soviet Soil Science**, Moscow, v. 13, p. 111-115, 2003. Disponível em: <<http://horticulture.cfans.umn.edu/vd/h5015/01papers/hydrogel.htm>>. Acesso em: 22 set. de 2019.

PREVEDELLO, C. L.; BALENA, S. P. Efeitos de polímeros hidrorretentores nas propriedades físico-hídricas de dois meios porosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 251-258, 2000.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2018. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 02 nov. de 2019.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

REGO, J. L.; VIANA T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; GONGIM, R. S. Efeitos de níveis de irrigação sobre a cultura do crisântemo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 35, n. 2, p. 302-308, 2004.

RIBEIRO, M. N. O.; CARVALHO, S. P.; PEREIRA, F. J.; CASTRO, E. M. Anatomia foliar de mandioca em função do potencial para tolerância à diferentes condições ambientais. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, p. 354-361, 2012.

RIBEIRO, M. V.; DEUNER, S.; BENITEZ, L. C.; EINHARDT, A. M.; PETERS, J. A.; BRAGA, E. J. B. Betacyanin and antioxidant system in tolerance to salt stress in *Alternanthera philoxeroides*. **Agrociencia**, Montecillo, v. 48, n. 199-210, 2014. Disponível em: <<https://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2014/feb-mar/art-6.pdf>>. Acesso em: 22 nov. de 2019.

ROSA, S. D. V. F.; PINHO, E. R. V.; VIEIRA, E. S. N.; VEIGA, R. D., VEIGA, A. D. Enzimas removedoras de radicais livres e proteínas LEA associadas à tolerância de sementes de milho à alta temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 27, p. 91-101, 2005.

SALAZAR, J. A. M. **Documentar las relaciones hídricas y requerimientos nutricionales de la pitaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran, durante distintas etapas fenológicas del cultivo em três localidades del Valle del Cauca**. 2015. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Nacional de Colômbia, Palmira, 2015. Disponível em: <<https://descubridor.minagricultura.gov.co/buscador/Record/ir-53248>>. Acesso em: 22 dez. de 2020.

SANTOS, C. M. G.; CERQUEIRA, R. C.; FERNANDES, L. M. S.; DOURADO, F. W. N.; ONO, E. O. Substratos e regulador vegetal no enraizamento de estacas de pitaya. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, p. 625- 629, 2010.

SAPETA, H.; COSTA, J. M.; LOURENÇO, T.; MAROCO, J.; VAN DER LINDE, P.; OLIVEIRA, M. M. Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and physiology. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v. 85, p. 76-84, 2013.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, p. 655-662, 2011.

SILVA, A. C. C. **Pitaya: melhoramento e produção de mudas**. 2014. 132f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2014. Disponível em: <http://transformationmastershq.com/teses/92/Silva_A_C_C_DR_PPG_PV_FINAL.pdf?1399651166>. Acesso em: 22 nov. de 2019.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J.; SILVA, S. M. S.; MOURA, M. S. B.; SANTOS, D. C.; SILVA, M. C; ARAÚJO, J. E. M. Indicadores de eficiência do uso da água e de nutrientes de clones de palma forrageira em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. **Bragantia**,

Campinas, v. 73, p. 184-191, 2014A.

SILVA, A. R.; BEZERRA, F. T. C.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO, L. M.; BEZERRA, M. A. F. Frequência de irrigação com água salina em mudas de pinha produzidas em substrato com polímero. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, p. 825-830, 2018.

SILVA, M. R.; MARTIN, T. N.; ORTIZ, S.; BERTONCELLI, P.; VONZ, D. Desempenho agrônomo de genótipos de milho sob condições de restrição hídrica. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 35, p. 202-212, 2012.

SILVA, A. C. C.; MARTINS, A. B. G.; CAVALLARI, L. L. Qualidade de frutos de pitaya em função da época de polinização, da fonte de pólen e da coloração da cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1162-1168, 2011.

SILVEIRA, J. A. G.; VIÉGAS, R. A.; ROCHA, I. M. A., MOREIRA, A. C. O. M.; MOREIRA, R. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Proline accumulation and glutamine sintetase activity are increased by salt induced proteolysis in cashew leaves. **Journal of Plant Physiology**, [s.l.], v. 160, p. 115-123, 2003.

SITA, R. C. M. **Influência das formas de adubação nitrogenada e potássica na ação do polímero hidrorretentor sobre o crescimento de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) var. "Virginal"**. 2002. 98f. Dissertação (Mestrado em agronomia ciência do solo). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002. Disponível em: <<http://www.prppg.ufpr.br/documentos/stricto/solos/solos-resumos.rtf>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

SYVERTSEN, J. P.; DUNLOP, J. M. Hydrophilic gel amendments to sand soil can increase growth and nitrogen uptake efficiency of citrus seedlings. **HortScience**, [s.l.], v. 39, n. 2, p. 267-271, 2004.

SZABADOS, L.; SAVOURÉ, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science**, [S.l.], v. 15, p. 89 97, 2010.

TABOT, P. T.; ADAMS, J. B. Early responses of *Bassia diffusa* (Thunb.) Kuntze to submergence for different salinity treatments. **South African Journal of Botany**, [S.l.], v. 84, p. 19- 29, 2013.

TAIBI, K.; TAIBI, F.; ABDERRAHIM, L. A.; ENNAJAH, A.; BELKHODJA, M.; MULET, J. M. Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, [s.l.], v. 105, 306-312, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2017.

THOMAS, D. S. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. **Forest Ecology and Management**, [s.l.], v. 255, p. 1305-1314, 2008.

VALLONE, H. S. **Produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes com polímero hidrorretentor, diferentes substratos e adubações**. 2003. 75f. Dissertação (Mestrado em Agronomia-Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003. Disponível em <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6718/dissertacao_Jaqueline%20Macedo%20Gomes.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 jan. 2020.

VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, [s.l.], v. 35, p. 753–759, 2008.

VICHIATO, M.; VICHIATO, M. R. M.; AMARAL, SILVA, C. R. R. Crescimento e composição mineral do porta-enxerto tangerineira Cleópatra cultivado em substrato acrescido de polímero hidrorretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 748-756, 2004.

VITTI, G.; DOMENICONI, R. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. v. 2. Piracicaba: INPI, 2010. p. 411-467.

WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in Plant Physiology**. New York: D. Van Nostrand Company, 1971.

YEMM, E. M.; COCKING, E. C. Estimation of amino acids by ninhidrin. **The Analyst**. [S.l.], v. 80, p. 209-213, 1955.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plants extracts by antrone. **Biochemical Journal**, [S.l.], v. 57, n. 3, p. 508-514, 1954.

ZONTA, J. H.; BRAUN, H.; REIS, E. F.; PAULUCIO, D.; ZONTA, J. B. Influência de diferentes turnos de rega e doses de hidroabsorvente no desenvolvimento inicial da cultura do café conillon (*Coffea canephora* Pierre). **Idesia**, Arica, v. 27, p. 29-34, 2009.

APÊNDICES

Tabela 1. Quadro de análise de variância para as características bioquímicas das plantas de pitaiá branca (*H. undatus*) submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel.

F. V	GL	AÇUR	PROL	AMINO	CLOR.A	CLOR.B	CLOR.TOT	CAROT
		QMRESID						
Bloco	3	6946 ^{NS}	174,9 ^{NS}	136147 ^{NS}	0,0205 ^{NS}	0,00265 ^{NS}	0,0553 ^{NS}	5190 ^{NS}
Frequência de irrigação (FI)	3	5409710**	16610,1**	126279**	2,48522**	0,64827**	5,4925**	658589**
D. Hidrogel (DH)	3	357484**	1397,7**	4171053**	0,55382**	0,15829**	1,2713**	232796**
FI*DH	9	378471**	1478,7**	3175924**	0,17104**	0,08862**	0,4135**	48263**
Resíduo	45	5506	117,3	71689	0,01850	0,00604	0,0473	7091
CV (%)		11,47	8,34	8,52	7,87	8,9	8,37	9,13

**Significativo teste F a ($p < 0,01$). *significativo pelo teste F ($p < 0,05$).^{NS} Não significativo.

Tabela 2. Quadro de análise de variância para os macronutrientes das plantas de pitaia branca (*H. undatus*) submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel.

F. V	GL	N	K	P	Ca	Mg
		QMRESID				
Bloco	3	0,003208 ^{NS}	0,008211*	0,00005581 ^{NS}	0,000322 ^{NS}	0,0003243 ^{NS}
Frequência de irrigação (FI)	3	0,049960**	0,220843**	0,00288101**	0,038223**	0,0150380**
D. Hidrogel (DH)	3	0,003580*	0,007896 ^{NS}	0,00015265 ^{NS}	0,000029 ^{NS}	0,0003806 ^{NS}
FI*DH	9	0,001703 ^{NS}	0,007735*	0,00014059*	0,001688*	0,0022102*
Resíduo	45	0,001244	0,002906	0,00005717	0,000601	0,0008254
CV (%)		10,17	8,73	10,91	12,24	11,04

**Significativo teste F a ($p < 0,01$). *significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ^{NS} Não significativo.

Tabela 3. Quadro de análise de variância para as características morfométricas das plantas de pitaia branca (*H. undatus*) submetidas a frequências de irrigação e doses de hidrogel.

F. V	GL	MFPA	MSPA	EC	NA	DC	CC	MSR	MST	RPAR	CR
		QMRESID									
Bloco	3	610,9 ^{NS}	1,2777 ^{NS}	0,0630 ^{NS}	131,93 ^{NS}	5,6411 ^{NS}	99,0 ^{NS}	0,0018 ^{NS}	0,8445 ^{NS}	35,68 ^{NS}	1,776 ^{NS}
Frequência de irrigação (FI)	3	14511,3**	16,0946**	0,1101*	2921,18**	13,7567*	4156,3**	0,0129**	16,5980**	323,22**	219,576**
D. Hidrogel (DH)	3	348,2 ^{NS}	1,4098 ^{NS}	0,0115 ^{NS}	299,56 ^{NS}	1,4112 ^{NS}	109,4 ^{NS}	0,0080**	0,8548 ^{NS}	76,26*	70,599**
FI*DH	9	291,8 ^{NS}	0,8666 ^{NS}	0,0445 ^{NS}	338,07*	4,8733 ^{NS}	98,5 ^{NS}	0,0066**	1,8297*	171,54**	32,158**
Resíduo	45	305,6	0,6797	0,0293	136,83	3,2956	76,9	0,0010	0,8255	26,65	7,934
CV (%)		9,68	7,51	7,21	8,44	5,75	8,69	11,42	8,01	12,65	10,49

**Significativo teste F a ($p < 0,01$). *significativo pelo teste F ($p < 0,05$). ^{NS} Não significativo.