



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**JENYFFER DA SILVA GOMES SANTOS**

**FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO E DILUIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM  
CULTIVO DE RÚCULA HIDROPÔNICA**

**FORTALEZA**

**2020**

JENYFFER DA SILVA GOMES SANTOS

FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO E DILUIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM  
CULTIVO DE RÚCULA HIDROPÔNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Salinidade e Drenagem.

Orientador: Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

FORTALEZA

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S235f Santos, Jenyffer da Silva Gomes.  
Frequência de aplicação e diluição da solução nutritiva em cultivo de rúcula hidropônica / Jenyffer da Silva Gomes Santos. – 2020.  
70 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Dr. Prof. Dr. Alexandro Oliveira da Silva.

Coorientação: Prof. Dr. Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda.

1. Eruca Sativa . 2. Sistema hidroponico NFT. 3. Sensor de temperatura. 4. Microcontrolador. 5. Agricultura de precisão. I. Título.

CDD 630

---

JENYFFER DA SILVA GOMES SANTOS

FREQUÊNCIA DE APLICAÇÃO E DILUIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA EM  
CULTIVO DE RÚCULA HIDROPÔNICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Salinidade e Drenagem.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva  
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

A Deus.

Aos meus pais, irmãos e amigos.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, a esta também agradeço.

Aos Prof. Dr. Alexsandro Oliveira da Silva e Prof. Dr. Claudivan Feitosa de Lacerda, pelo apoio, orientação e oportunidade de aprendizado que me ofereceram.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Raimundo Nonato Tavora Costa e Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões. Mais uma vez agradeço ao Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva por todo apoio e orientação dada durante minha graduação que foi de suma importância para que este trabalho hoje fosse realizado.

Aos amigos que o mestrado me ofereceu Hayver Olaya, Ana Janaína, Rafael Santiago, Márcio, Gêssica e Talysson, obrigada pelas conversas, pelo apoio e por toda parceria fornecida ao longo do tempo, inclusive as saídas programadas. Aos companheiros, Talysson, Nicholas, Letícia, Glauco, Jonas, Albano, Márcia e Beatriz, por todo apoio, ajuda prestado no experimento, conversas realizadas e abraços nos momentos de desespero, sem vocês eu não teria conseguido.

Aos meus pais Jair Gomes dos Santos e Maria de Lourdes pela criação firme que me fez entender a importância de ser uma pessoa forte. Principalmente ao meu pai por ser o amor da minha vida. Obrigada pelos risos, brigas e lágrimas compartilhadas. Tenho sorte por ter sem dúvida o melhor pai do mundo (não o perfeito), mas o melhor que consegue ser. Quando achava que o senhor era perfeito pensei que lhe amava, mas foi quando aceitei as imperfeições que descobri verdadeiramente a dimensão do meu amor por você. Sei que enquanto lhe tiver comigo, posso não ter nada que ainda assim serei a pessoa mais afortunada deste mundo.

Ao meu segundo pai, Cosme, por ser um dos homens mais guerreiros que já conheci e por sempre estar ao meu lado, agradeço por ser um dos meus maiores torcedores e por ser um exemplo de pessoa. Muito obrigada pelas conversas de incentivo desde que eu era criança, sou muito afortunada por ter a honra de lhe chamar de padrinho

À minha vó materna Josefina Maria da Silva, e aos companheiros Jonatan Lino e Luan Felipe, perde-los com diferentes idades, circunstâncias e épocas da minha vida, me fez valorizar o quanto a vida é frágil e as pessoas são importantes. À minha vó paterna Neusa, por todos os natais, histórias e reflexões, ainda que hoje sua memória não permita que você se recorde de quem eu sou, a minha jamais se esquecerá de você. Aos meus irmãos, principalmente

a caçula Laryssa Rebecka, por ser minha amiga, confidente e filha e ter me mostrado que definitivamente sempre estaremos aqui uma para a outra. Obrigada ainda pelo meu maior presente, ter Alícia em nossas vidas é uma verdadeira dádiva.

À minha grande amiga Maria da Saúde (Sasa), obrigada por como o meu pai diz “ser uma verdadeira mãe para mim”, obrigada por segurar minha mão firme e não me deixar desistir mesmo nos momentos mais difíceis. Aproveito pra agradecer ao Gui por ser o sobrinho adotivo mais incrível que eu poderia ganhar. Ao Arnaldo, por toda parceria, ajuda e os infinitos socorros que me prestou tanto ao longo do experimento, como no lado pessoal. Obrigada pelo “rôles” aleatórios e pelo cuidado a mim prestado, depois de tudo que passamos sei que a amizade durará algumas décadas. A minha amiga Aline por todo carinho, conselho e cuidado, você foi sem dúvidas um grande presente que Fortaleza me ofereceu.

Ao meu casal preferido Erik Lima e Ewerton Rodrigues, por tantas vezes durante a graduação terem me recebido por vários dias em sua casa e terem me feito parte da família. Erik jamais esquecerei das noites adentro aprendendo sobre motor de partida enquanto você estudava coisas de biblioteconomia.

Ao Kallebe Dantas por todo apoio desde que o conheci, pelos risos, filmes e series que assistimos, por segurar minhas lágrimas nos momentos difíceis e por sempre acreditar no meu potencial, agradeço pela parceria e aprendizado que tive com você, obrigada por me mostrar um mundo totalmente diferente do que eu conhecia.

Aos amigos da comunidade do Curado, os que eu passei boa parte da minha juventude, não tenho palavras pra descrever o quanto vocês são importantes pra mim. Cada momento na avenida do Curado 3 e 4, dos dias nas casas de vocês e cada abraço de apoio jamais será esquecido, muito obrigada por cuidarem de mim e mostrarem que família vai bem além do sangue.

As minhas famílias sem vínculo sanguíneo (Tia Cosma, Fernanda, Cláudia, Elyse, Luan, Bianca, Marluce, Dona Berenice) vocês me ensinaram que não precisa ter o mesmo sangue para o amor ser verdadeiro, carregarei vocês todos os dias da minha vida.

Por fim a todos os meus professores, desde o jardim de infância e todo o ensino fundamental no Colégio da Polícia Militar de Pernambuco, bem como ensino médio na Escola de Referência em Ensino Médio Nóbrega, a minha graduação na Universidade Federal Rural de Pernambuco até o mestrado na Universidade Federal do Ceará, todos vocês (até aqueles que já não me recordo o nome) foram e são primordiais para a pessoa/profissional que sou hoje, fica aqui meu muito obrigado.

“Precisamos acreditar que temos talento para alguma coisa e que essa coisa pode ser atingida.” Marie Curie



## RESUMO

A formulação da solução nutritiva é um dos pontos mais importantes do cultivo hidropônico, visto que a absorção de íons do meio nutritivo é um processo seletivo e dinâmico, destacando-se a proporção relativa entre os nutrientes na solução. Dessa maneira o experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, objetivando investigar a eficiência produtiva e nutricional, bem como a viabilidade de um microcontrolador regulando a irrigação em associação com a diluição da solução nutritiva recomendada por Furlani (1999) no cultivo de rúcula hidropônica. Foi utilizado delineamento em blocos casualizados em um esquema de subparcelas 5 X 2, com 5 diluições de solução nutritiva (20, 40, 60, 80 e 100%) e duas frequências de irrigação realizadas com base em diferentes sistemas (timer analógico e microcontrolador com base na temperatura), com quatro repetições, totalizando 40 parcelas experimentais. Cada perfil hidropônico representa uma unidade experimental contendo 8 plantas. O regulador de frequência de hidroponia foi projetado, desenvolvido e testado durante a confecção do experimento. As variáveis analisadas no experimento são: Medidas biométricas (fitomassa fresca e seca da parte aérea, área foliar, índice de área foliar, número de folhas, altura de planta,), trocas gasosas foliares e teores foliares de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S). Os dados foram submetidos à análise de variância e em seguida quando significativos ao Teste F, submetidos a análise de regressão. Para as medidas de crescimento em ambos os ciclos de cultivo todas as variáveis estudadas foram influenciadas de maneiras distintas tanto pelos fatores isolados como pela interação entre eles, com exceção do número de folhas o qual não sofreu influência em nenhum dos ciclos estudados. Já para troca gasosa as variáveis tanto do primeiro quanto do segundo ciclo não apresentaram efeito significativo. Com relação a análise nutricional o segundo ciclo apresentou um melhor ajuste quadrático apresentando um aumento na concentração de P à medida que se aumentava a condutividade elétrica da solução nutritiva. A diluição de 88,56 % se mostra a mais adequada do ponto de vista comercial, obtendo um potencial máximo com relação a produção, utilizando uma menor quantidade de insumos. O microcontrolador foi capaz de realizar as funções a ele determinada e de produzir a cultura da rúcula de maneira satisfatória.

**Palavras-chave:** *Eruca sativa*. Sistema hidropônico NFT. Sensor de temperatura. Microcontrolador. Agricultura de precisão.

## ABSTRACT

The formulation of the nutrient solution is one of the most important points of hydroponic cultivation, since the absorption of ions from the nutrient medium is a selective and dynamic process, highlighting the relative proportion between nutrients in the solution. Thus, the experiment was conducted in a greenhouse in the Department of Agricultural Engineering of the Universidade Federal do Ceará, aiming to investigate the productive and nutritional efficiency, as well as the viability of a microcontroller regulating irrigation in association with the dilution of the nutrient solution recommended by Furlani. (1999) in the cultivation of hydroponic arugula. A randomized block design was used in a 5 X 2 split plot system scheme with 5 nutrient solution dilutions (20, 40, 60, 80 and 100%) and two irrigation frequencies based on different systems (analog timer and microcontroller with temperature), with four repetitions, totaling 40 experimental plots. Each hydroponic profile represents an experimental unit containing 98 plants. The hydroponics frequency regulator was designed, developed and tested during the design of the experiment. The variables analyzed in the experiment are: Biometric measurements (fresh and dry shoot weight, leaf area, leaf area index, leaf numbers, plant height), macronutrient leaf contents (N, P, K, Ca, Mg and S) and leaf gas exchange. Data were subjected to analysis of variance and then when significant to the F Test, subjected to regression analysis. It was observed for production and nutritional analysis significant difference between cycles. For the growth measures in both cultivation cycles, all the variables studied were influenced in different ways both by the isolated factors and by the interaction between them, except for the number of leaves, which was not influenced in any of the studied cycles. For gas exchange, the variables of the first and second cycle did not show significant effect. Regarding physiological aspects, the 20% dilution is more efficient. Regarding nutritional analysis, the second cycle presented a better quadratic adjustment, showing an increase in the concentration of P as the electrical conductivity of the nutrient solution increased. Further testing with the equipment is suggested to prove its true efficiency.

**Keywords:** *Eruca Sativa*. NFT hydroponic system. Temperature sensor. Microcontroller. Precision agriculture.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Esquema do sistema NFT .....	18
Figura 2	– Casa de vegetação aréa externa, interna e estrutura do perfil.....	23
Figura 3	– Visualização do delineamento do experimento .....	25
Figura 4	– Bancadas experimentais de hidroponia NFT.....	25
Figura 5	– Mudas de Rúcula.....	26
Figura 6	– Regulador de frequência de irrigação hidropônico e seus principais componentes .....	28
Figura 7	– Valores médios de CE da solução nutritiva para o equipamento 1 e 2 durante o ciclo 2, no cultivo de Rúcula cv. “cultivada” .....	30
Figura 8	– Valores médios de pH da solução nutritiva para o equipamento 1 e 2 durante o primeiro e segundo ciclo.....	31
Figura 9	– Valores médios de temperatura no interior da casa de vegetação para os ciclos durante os dias após transplântio e as horas do dia.....	32
Figura 10	– Massa fresca da parte aérea em função da condutância elétrica da solução nutritiva .....	34
Figura 11	– Massa seca da parte aérea ciclo 2 em função dos níveis de solução nutritiva e interação entre solução x equipamento.....	35
Figura 12	– Área Foliar no ciclo 2 em função dos níveis de solução nutritiva e interação entre solução x equipamento.....	36
Figura 13	– Altura de planta ciclo 1 em função da interação dos equipamentos com os níveis de solução nutritiva e ciclo 2 em função dos níveis de solução nutritiva.....	37
Figura 14	– Índice relativo de clorofila no ciclo 1 em função da interação entre a solução e equipamentos no ciclo 2 em função das concentrações dos nutrientes na solução nutritiva.....	40

Figura 15 – Teor de nitrogênio no ciclo 1 em cada tratamento e em função dos blocos e Equipamentos no ciclo 2.....	41
Figura 16 – Concentração de Fósforo no ciclo 1 com relação a cada tratamento e no ciclo 2 em função da concentração de nutrientes na solução nutritiva.....	42
Figura 17 – Concentração de Magnésio no ciclo 1 e em função da condutividade elétrica da solução no ciclo 2.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Recomendação de fertilizantes para o preparo de 1000L de solução nutritiva utilizados como fonte de macro e micronutriente para hidroponia de hortaliças folhosas.....	27
Tabela 2	– Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de crescimento massas frescas e seca da parte aérea, área foliar, número de folhas e altura de planta em rúcula hidropônica.....	34
Tabela 3	– Resumo da análise de variância aplicada às variáveis morfofisiológicas fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática de vapor d'água, concentração interna de CO <sub>2</sub> , temperatura foliar e Índice relativo de clorofila.....	38
Tabela 4	– Resumo da análise de variância aplicada às variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S).....	41

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	15
<b>1.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	15
<b>1.3</b>	<b>Hipóteses</b> .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>Escassez e qualidade da água na agricultura</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Cultivo Hidropônico</b> .....	17
<b>2.3</b>	<b>Solução Nutritiva</b> .....	18
<b>2.4</b>	<b>Frequência de Circulação da Solução Nutritiva</b> .....	19
<b>2.5</b>	<b>Cultura da Rúcula</b> .....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	23
<b>3.1</b>	<b>Estrutura do ambiente protegido</b> .....	23
<b>3.2</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	24
<b>3.3</b>	<b>Sistema Hidropônico</b> .....	24
<b>3.4</b>	<b>Produção de Mudas</b> .....	26
<b>3.5</b>	<b>Preparo da solução Nutritiva</b> .....	26
<b>3.6</b>	<b>Desenvolvimento do Microcontrolador</b> .....	27
<b>3.7</b>	<b>Variáveis Analisadas</b> .....	28
<b>3.7.1</b>	<i>Monitoramento CE, pH e temperatura</i> .....	28
<b>3.7.2</b>	<i>Medidas de Crescimento</i> .....	28
<b>3.7.3</b>	<i>Trocas Gasosas e índice relativo de clorofila</i> .....	29
<b>3.7.4</b>	<i>Análise Nutricional</i> .....	29
<b>3.7.5</b>	<i>Análise Estatística</i> .....	29
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	30
<b>4.1</b>	<b>Medidas de Crescimento</b> .....	33
<b>4.2</b>	<b>Trocas Gasosas e índice relativo de clorofila</b> .....	38
<b>4.3</b>	<b>Análise Nutricional</b> .....	40
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	44
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	45

<b>ANEXO A – REGULADOR DE FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO HIDROPÔNICO.....</b>	<b>52</b>
--	-----------

## 1.INTRODUÇÃO

Além da grande importância para o consumo doméstico e para as atividades industriais, a água tem papel central na produção de alimentos. Tundisi (2008) relata que a demanda mundial de água para a produção de alimentos aumenta de forma progressiva a taxas muito altas, sendo que em muitas regiões a água consumida na agricultura é de cerca de 70% da disponibilidade total.

A crescente degradação dos recursos hídricos é fator importante, sendo este resultado da ação antrópica, tornando parte da água imprópria para diversos usos; dessa forma, muitas regiões do mundo apresentam problemas relacionados com a água, tanto pela escassez como pela qualidade inadequada da mesma (MOTA, 2002).

A água tem sido objeto de preocupação em muitas partes do mundo. Dentre as regiões submetidas a cenários de escassez de água se destacam as zonas semiáridas, sujeitas à distribuição irregular das chuvas, no tempo e no espaço, produzindo períodos de estiagem aguda (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2012; TUNDISI, 2014). Deste modo, o uso dos recursos hídricos de maneira eficiente se faz de significativa importância, principalmente nessas regiões que se caracterizam por elevada escassez e adversidades climáticas (SILVA, et al., 2012).

Uma solução considerada viável para o problema de escassez hídrica é o cultivo hidropônico, que consiste em um conjunto de técnicas de cultivo de plantas sem uso do solo, de forma que os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva balanceada (BEZERRA\_NETO & BARRETO,2012). Diversos ajustes nessa técnica têm sido realizados a fim de potencializar a eficiência do uso da água, dentre eles a reformulação de solução nutritiva e utilização de automação na hidroponia.

Todos os nutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura devem ser fornecidos pela solução nutritiva que circula pelos perfis hidropônicos (CUBA, 2015). Porém, pela alface ser a cultura mais plantada na hidroponia tem-se constatado o uso constante de soluções originariamente desenvolvidas para ela em diferentes espécies, em várias regiões, ao longo do ano, sem o devido conhecimento da eficiência destas soluções e suas concentrações para outras espécies (LUZ et al., 2011). Visto que a depender de cada espécie se tem uma necessidade nutricional específica, a melhor composição de solução hidropônica depende da cultura a ser desenvolvida nesse meio, além de depender ainda de fatores como idade da planta e cultivar (FURLANI, 1999).

A circulação da solução nutritiva é geralmente acionada por energia elétrica (SILVA, et



al., 2010), de maneira que se tenha uma regularidade com que a solução nutritiva entra em contato com as raízes das plantas. Essa frequência quando adequada, promove um maior ganho econômico na produção, visto que determina um menor consumo de energia elétrica, além de possibilitar o crescimento das plantas Pillau et al. (2002). Bliska Júnior. & Honório (1996) recomendam, de modo geral, uma frequência de 15 minutos de irrigação, com 15 minutos de intervalo contudo, poucos são os estudos com outras frequências, sendo necessárias mais pesquisas sobre esta questão. A utilização da automação na hidroponia tem por objetivo reduzir erros no controle da produção, dessa forma controla-se também o potencial de consumo hídrico do sistema, evitando desperdícios (ALBERONI, 1998).

### ***1.1 Objetivo Geral***

Investigar a viabilidade do uso de controlador de frequência de irrigação no cultivo de rúcula em sistema hidropônico, bem como a relação produtiva e nutricional da rúcula sob diferentes diluições de solução nutritiva.

### ***1.2 Objetivos específicos***

Desenvolver e avaliar a eficiência de um sensor de frequência de irrigação com base na temperatura do ar.

Analisar o efeito de diferentes níveis de diluição da solução nutritiva, na produção de rúcula em meio hidropônico com uso de controlador de frequência de irrigação.

Avaliar os aspectos nutricionais, fisiológicos da rúcula em sistema hidropônico NFT utilizando-se diferentes níveis de diluição na solução nutritiva com a utilização de diferentes frequências de reposição desta solução.

### ***1.3 Hipóteses***

I - A utilização de um controlador de frequência de irrigação baseado na temperatura ambiente promove melhor desenvolvimento nos parâmetros de produção, fisiológicos e nutricionais da rúcula cultivada em sistema hidropônico NFT.

II - Existe uma diluição dentro da solução nutritiva recomendada por Furlani et al. (1999) que supre os nutrientes demandados pela rúcula em hidroponia.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Escassez e qualidade da água na agricultura

A água possui propriedades que a caracterizam e que são responsáveis pela sobrevivência de animais e vegetais, sendo de todas as substâncias absorvidas pelas plantas a necessária em maior quantidade (FERNANDES et al., 2008).

Desta maneira, de acordo com Ucker et al. (2013) a água é o recurso natural de maior relevância para o desenvolvimento da agricultura no mundo, uma vez que as novas tecnologias para aumento de produtividade das áreas agrícolas são dependentes da sua disponibilidade, estando essa importância refletida nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, onde apenas 18% do total de áreas agrícolas correspondem a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial. Sendo a agropecuária responsável pela utilização de 61% da água doce do mundo, percentual bastante significativo quando comparado ao da indústria (18%) e consumo humano que é de 21% (TESTEZLAF, 2002).

A qualidade da água pode ser impactada por diversas fontes antrópicas, todavia algumas atividades típicas da agricultura ocasionam, direta ou indiretamente, alterações nos padrões de qualidade, modificando sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos dos sistemas aquáticos (MUNIZ, 2014). Desta maneira, a avaliação do índice de qualidade da água é um aspecto considerado fundamental para o sucesso da utilização de sistemas irrigados, no entanto, sua avaliação é, muitas vezes, negligenciada no momento da elaboração de projetos (MANTOVANI et al., 2009).

O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade na agricultura implica que, tanto para os projetos novos como para os antigos que requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior (FRAVET, 2006). Essas águas quando aplicadas de maneira incorreta, trazem significantes prejuízos para os solos e plantas.

Além da qualidade da água, outro problema que está vinculado é a sua escassez. No Brasil o semiárido nordestino apresenta elevadas taxas de insolação, elevadas temperaturas e baixas amplitudes térmicas, seus totais pluviométricos na maioria das regiões são baixos e apresentam alta variabilidade no tempo e no espaço, ocorrendo ainda, elevadas taxas de evapotranspiração e elevado déficit hídrico (ZANELLA, 2014), o que influencia diretamente na disponibilidade de água e na qualidade da mesma.

Logo, o uso eficiente dos recursos hídricos é de extrema importância, principalmente em regiões que se caracterizam por elevada escassez e adversidades climáticas (SILVA, et al.,

2012), como é o caso da maior parte da região Nordeste do Brasil, onde a escassez de água nesta região prejudica o desenvolvimento das atividades produtivas, tendo como consequência, prejuízos econômicos e sociais (SANTOS, 2009).

## **2.2 Cultivo Hidropônico**

Hidroponia é um conjunto de técnicas de cultivo de plantas sem uso do solo, de forma que os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva balanceada para atender as necessidades nutricionais das mesmas (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012).

Essa técnica apresenta ótima produtividade por área e alta qualidade dos alimentos, devido à proteção do ambiente com cobertura plástica, favorecendo assim o cultivo anual das olerícolas, não se detendo na sazonalidade dos alimentos (MENEGAES et al., 2015).

A hidroponia tem uma importância fundamental nas pesquisas que envolvem a nutrição mineral de plantas e vem sendo amplamente difundido o seu emprego com fins comerciais, em virtude das diversas vantagens que estas técnicas apresentam em relação ao cultivo no solo (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012), visando, de acordo com Menegaes (2015), obter produtos com excelente qualidade, sabor e aspectos externos superiores aos obtidos com agricultura tradicional, oferecendo menor risco de contaminações de doenças endêmicas.

O cultivo de hortaliças através da hidroponia vem crescendo, substancialmente no Brasil e se apresenta como alternativa, proporcionando maior rendimento e qualidade da produção, bem como a redução da ocorrência de doenças (SANTOS et al., 2002).

Com a utilização correta de estufas pode-se alterar o microclima de um determinado ambiente e, conseqüentemente, alcançar inúmeros benefícios, tais como colheita fora de época e/ou precoce, melhor controle de pragas e doenças, economia de insumos agrícolas e de água, preservação da estrutura do solo, plantio de variedades selecionadas e considerável aumento da produção, entre outros (MATTOS et al., 2001).

Hidroponia de aeração estática, técnica de fluxo laminar de nutrientes (NFT) e cultivo hidropônico com substrato são as técnicas de cultivo hidropônico mais empregadas atualmente (BEZERRA NETO & BARRETO, 2012). Particularmente o sistema NFT, vem contribuindo com as expectativas de sustentabilidade dos sistemas de produção por meio da atenuação do consumo de água, eficiência no uso de nutrientes e agrotóxicos (SANCHEZ, 2007).

Na Figura 1 pode-se observar um sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes). Nele a solução nutritiva é bombeada aos canais de cultivo e por gravidade escoam, formando desta maneira uma lâmina de solução que irriga as raízes das plantas sustentadas em orifícios presentes nos canais de cultivo (FURLANI et al., 1999).

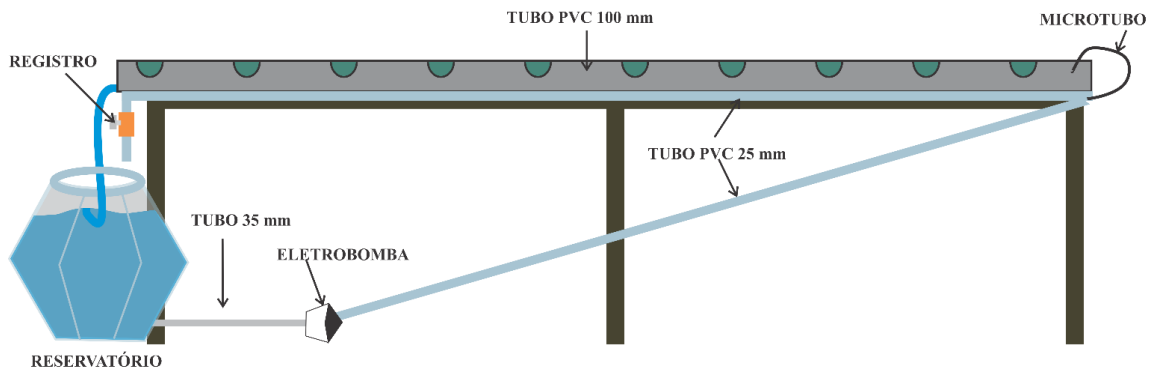


Figura 1: Esquema do sistema NFT

A hidroponia se apresenta como alternativa que condiz com a realidade do semiárido nordestino visto que nela, se tem uma maior disponibilidade de águas para as plantas e devido a tolerância das plantas a salinidade ser maior em cultivos hidropônicos quando em comparação aos sistemas convencionais de cultivo no solo (SOARES et al., 2007). Muito mais que um agronegócio, a hidroponia assume papel significativo na área social e na área ambiental (SOARES et al., 2007).

### 2.3 Solução Nutritiva

Um dos pontos mais importantes do cultivo hidropônico é a formulação da solução nutritiva pois a absorção de íons do meio nutritivo é um processo dinâmico e seletivo, destacando-se a proporção relativa entre os nutrientes na solução, o pH e pressão osmótica, entre outros fatores, os quais podem interferir na absorção ou provocar a precipitação de compostos insolúveis. (MARTINEZ, 1997).

A maioria dos sistemas hidropônicos atualmente utilizados requer aeração ou circulação da solução nutritiva para possibilitar ótimas condições para respiração aeróbica das raízes, afim de que haja uma boa absorção de água e nutrientes (SOARES et al., 2007), visto que processos vitais acontecem no sistema radicular, junto à estas absorções, e elas dependem de oxigênio dissolvido na solução e envolvem gastos de energia (MARTINEZ & CLEMENTE, 2011).

Conseqüentemente, para que as plantas tenham bom crescimento e desenvolvimento no

sistema hidropônico é necessário que haja constante equilíbrio de nutrientes na solução fornecida as plantas, permanecendo em faixas limitadas pela exigência nutricional da espécie cultivada, sem escassez nem excesso (MENEGAES, 2015).

A solução nutritiva que circula pelos perfis deve fornecer todos os nutrientes necessários ao desenvolvimento da cultura (CUBA, 2015). Porém, a melhor composição de solução hidropônica depende da cultura a ser desenvolvida nesse meio, pois cada espécie possui necessidade nutricional diferente, além de depender de fatores como idade da planta e cultivar (FURLANI, 1999).

Contudo, o que se tem observado em termos comerciais é o uso constante de soluções originariamente desenvolvidas para alface (cultura mais plantada neste sistema) para diferentes espécies, em várias regiões (SILVA et. al., 2013; LIRA et. al., 2019; NOBOA et. al., 2019), ao longo do ano, sem o devido conhecimento da eficiência destas soluções e suas concentrações para outras espécies (LUZ et al., 2011). No caso da rúcula, Purquerio (2005) afirma que não existe recomendação diferenciada entre os sistemas de produção em campo e em ambiente protegido, bem como entre as estações do ano.

Alguns estudos foram encontrados com relação à variação na solução nutritiva recomendada para o alface em outras hortaliças, afim de buscar a que melhor se adequa a realidade de cada cultura, dentre elas Luz et. al (2009) ao estudar a produção em sistema hidropônico NFT de almeirão e das chicórias lisa e crespa sob diferentes níveis de diluição da solução nutritiva na região de Uberlândia em Minas Gerais, constatou que o cultivo dos mesmos pode ser realizado com 50 % da solução nutritiva proposta por Furlani et al. (1999). Um estudo realizado por Luz et. al (2011) na mesma região, com rúcula em sistema hidropônico também obteve a diluição de 50% como a mais adequada para a cultura.

#### **2.4 Frequência de Circulação da Solução Nutritiva**

Para o sucesso no cultivo hidropônico de hortaliças, além de uma solução nutritiva adequada à cultura, se faz de suma importância o adequado manejo desta solução, por influenciar diretamente na qualidade da produção das culturas (GENÚNCIO et al., 2001).

A hidroponia requer uma irrigação sob demanda, de maneira que venha a fornecer quantidade ideal de solução nutritiva, mantendo um nível adequado de oxigênio na zona das raízes, devendo este sistema operar de forma eficiente e confiável, fornecendo uma quantidade uniforme de solução a todas as plantas, a fim de obter produtos de alta qualidade (SCHRÖDER & LIETH, 2017).

Uma das características desse sistema é o grande número de eventos de irrigação durante o dia, que nas condições do Semiárido nordestino torna-se ainda mais importante visto as altas temperaturas do ambiente de cultivo (SILVA, et al., 2016). Para que se tenha uma regularidade com que a solução nutritiva entra em contato com as raízes das plantas, a circulação é geralmente acionada por energia elétrica (SILVA, et al., 2010).

A circulação é comandada por um sistema regulador de tempo, geralmente um programador horário-eletromecânico (LUZ, 2008). Desta maneira o método mais comumente usado para lidar com a irrigação na hidroponia é agenda-la, tendo como base dois aspectos: a duração de intervalo entre as irrigações e a duração do evento de irrigação (SCHRÖDER & LIETH, 2017).

De modo geral, a escolha das frequências de irrigações no sistema hidropônico depende das características ambientais, especialmente da intensidade luminosa e da temperatura do ar, do meio de cultivo e da fisiologia da planta (ANDRIOLO, 1999). Quanto maior for a área foliar da planta, maior o consumo de água. Dessa maneira as plantas mais suculentas, com abundância de folhas, por perderem água mais rapidamente através da evapotranspiração, requerem uma irrigação mais frequente (LUZ, 2008).

De acordo com Pillau et al. (2002) essa frequência quando adequada, além de possibilitar o crescimento das plantas promove um maior ganho econômico na produção, visto que determina um menor consumo de energia elétrica.

De acordo com a literatura encontrada, a duração recomendada da irrigação é de 15 minutos (ZANELLA et al., 2008; E LUZ et al., 2008) com intervalos alternados de 15 minutos entre irrigações durante o dia (RESH,1997). Corroborando com Bliska Júnior. & Honório (1996) que recomendam, de modo geral, uma frequência de 15 minutos de irrigação, com 15 minutos de intervalo. Contudo cada cultura tem necessidades hídricas e fisiológicas diferentes, o que possibilita a verificação em outros intervalos e até mesmo em função da região de cultivo, já que a amplitude térmica em certas regiões é elevada em determinadas épocas do ano.

## **2.5 Cultura da Rúcula**

A rúcula (*Eruca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa herbácea, anual, de porte baixo pertencente à família Brassicaceae, de rápido crescimento vegetativo e ciclo curto, originária do sul da Europa e da parte ocidental da Ásia (SALLES et al., 2017). É rica em vitamina C, potássio, enxofre e ferro, além de apresentar efeitos anti-inflamatório e desintoxicante para o

organismo (MEDEIROS et al., 2007). Possui rápido crescimento vegetativo, ciclo curto, porte baixo, com folhas relativamente espessas e subdivididas, o limbo tem cor verde-clara e as nervuras verde - arroxeadas, bordas lisas a recortadas (PURQUERIO et al., 2007).

É uma cultura bastante conhecida nos estados brasileiros das regiões Sul e Sudeste, onde justamente a colonização foi mais intensa, principalmente entre os descendentes de italianos, espanhóis e portugueses. Ao longo dos anos, expandiu-se para outras regiões brasileiras (GRANGEIRO et al., 2011). Apesar de produzir melhor sob temperaturas amenas (20 a 25 °C), a rúcula tem sido cultivada ao longo do ano em numerosas regiões do país (EMBRAPA, 2006).

O consumo desta e de outras hortaliças tem aumentado no mundo, não só pelo crescente aumento da população, mas também pela tendência de mudança no hábito alimentar do consumidor. Seu cultivo está em expansão também por apresentar ao produtor preço bem atrativo, que nos últimos anos têm sido mais elevados do que os de outras folhosas como da alface, chicória, almeirão e couve (SILVA et al., 2008).

De acordo com Souza (2014) no Nordeste Brasileiro, o plantio da rúcula ocorre, principalmente, próximo aos grandes centros urbanos, pois já existe uma demanda regular por este produto, além disso com o crescente desenvolvimento das cidades interioranas, essa hortaliça também vem sendo procurada nas feiras locais, supermercados e restaurantes. O autor afirma ainda que seu ciclo e forma de condução são semelhantes à cultura do coentro, o que facilita a introdução dessa folhosa no sistema de produção de hortaliças, sobretudo no contexto da agricultura familiar.

O ciclo da rúcula varia de 45 a 50 dias em virtude da época do ano em que é cultivada, apresentando redução à medida que é exposta a dias mais ensolarados (SEDIYAMA et al., 2007). Sua semeadura pode ser feita diretamente no canteiro definitivo ou em bandejas, com posterior transplante das mudas, em ambos os sistemas de cultivo, o espaçamento utilizado entre linhas é de 15 a 25 cm (TRANI et al., 1992). Para o comércio, as folhas de rúcula devem estar com 15 a 20 cm de comprimento, bem desenvolvidas, verdes e frescas (MINAMI & TESSARIOLO NETO, 1998).

Diversos estudos foram encontrados com relação ao cultivo da rúcula em sistema hidropônico. Purqueiro (2007) ressalta que no Brasil a crescente produção de rúcula, tem aumentado durante todo o ano. O cultivo de rúcula hidropônica com águas salobras também é grande objeto de estudo, foi avaliado que mesmo em sistema hidropônico a produção da cultura decresce quando se aumenta a quantidade de sais adicionadas a solução nutritiva (OLIVEIRA et.al., 2013; SANTOS et. al., 2012; SILVA et. al., 2012; SILVA et. al., 2013).

Com relação a produção de rúcula em sistema hidropônico, Silva et al. (2016) ao avaliar a produtividade da cultura nesse sistema encontrou o número de folhas, altura de planta e massa fresca da parte aérea com os valores médios de 41, 14 cm e 34,82 g.planta<sup>-1</sup> respectivamente. Campos Júnior et al. (2018) por sua vez estudando o crescimento e produção da cultura em hidroponia de baixo custo, relacionado com o uso de águas salobras obteve o máximo valor para número de folhas de 25 e para as massa fresca e seca da parte aérea valores maiores respectivos a 30 e 6 g planta<sup>-1</sup>.

Dos diferentes estudos encontrados no que concerne as trocas gasosas em rúcula, Jesus et al. (2018) e Jesus et al. (2019) estudando o efeito do estresse hídrico sob adubação silicatada e fosfatada, respectivamente encontraram para fotossíntese valores de 14,15 e 15,45  $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , transpiração de 4,07 e 4,57  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e condutância estomática equivalente a 0,29 e 0,38  $\text{mol}(\text{H}_2\text{O})\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Valores parecidos foram encontrados por Hniličková et al. (2018) que estudando os efeitos do estresse salino na cultura obteve para fotossíntese, 15,6  $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , transpiração, 3,05  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e condutância estomática, de 0, 254  $\text{mol}(\text{H}_2\text{O})\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

No que se refere ao teor de nutrientes encontrados na cultura da rúcula, Oliveira et al. (2017), analisando em sistema agroecológico de consórcio o cultivo da rúcula, encontrou um máximo de 43 g. kg<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 32 g. kg<sup>-1</sup> de potássio (K), 19,02 g. kg<sup>-1</sup> de cálcio (Ca), 6,04 g. kg<sup>-1</sup> de fósforo (P) e 4,46 g. kg<sup>-1</sup> de magnésio (Mg). Grangeiro et al. (2001) por sua vez estudando o crescimento e acúmulo de nutrientes na cultura encontrou os respectivos valores de 116,6 mg.planta<sup>-1</sup> de N, 28,7 mg.planta<sup>-1</sup> de P , 120,0 mg.planta<sup>-1</sup> de K, 46,1 mg.planta<sup>-1</sup> de Ca e 45,9 mg.planta<sup>-1</sup> de Mg.

Poucos foram os trabalhos (LUZ et. al., 2011) encontrados com relação ao cultivo de rúcula sob diferentes níveis de solução nutritiva, fazendo-se necessárias pesquisas nessa área para detectar a aplicabilidade de uma solução que apresente não só uma produção eficiente da cultura, como também oportunidade de gerar uma maior aplicabilidade no uso dos nutrientes para o cultivo, principalmente nas condições de clima do nordeste brasileiro.



### 3. MATERIAL E METÓDOS

#### 3.1 Localização e Estrutura do ambiente protegido

O experimento foi conduzido em casa de vegetação com 6,25 metros de largura e 12 metros de comprimento, possuindo cobertura em arco simples com filme de polietileno de baixa densidade com 0,10 mm de espessura (Figura 2A e 2B), na Estação Agrometeorológica, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza, com coordenadas geográficas: 3° 44' 43.273" de latitude sul e 38° 34' 56.650" de longitude oeste e altitude média de 22 m.

A casa de vegetação possuía uma manta sombrite para amenização do efeito da temperatura externa no sistema e seu piso foi revestido com manta geotêxtil bidim com a intenção de reduzir os efeitos da poeira sobre o sistema de bombeamento (Figura 2C) e evitar o crescimento de gramíneas (Figura 2D).

Foram realizados dois ciclos, ambos se mantiveram no sistema por 35 dias, sendo destes 15 dias de semeio e 20 dias de transplantio. O primeiro ciclo ocorreu no período de 19 de setembro à 9 de outubro de 2019, já o segundo ciclo ocorreu de 25 de outubro até 14 de novembro do mesmo ano.

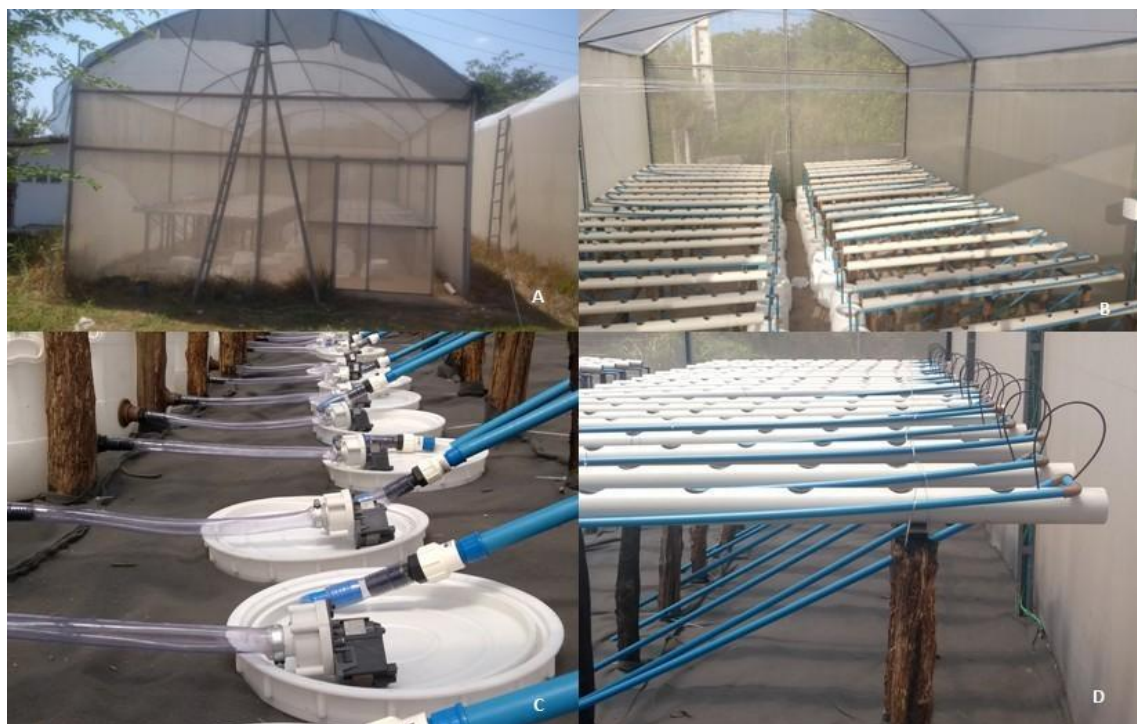


Figura 2. Casa de vegetação área externa (A) e interna com distribuição dos tratamentos em função do equipamento (B) e estrutura de perfil hidropônico (C) e (D).

### 3.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de parcela subdividida em fatorial de 5x2, com cinco diluições baseadas na solução nutritiva (SN) convencional recomendada para hortaliças folhosas por Furlani (1999) (T1= 100% (2,00 dS.m<sup>-1</sup>); T2= 80% (1,83 dS.m<sup>-1</sup>); T3= 60% (1,62 dS.m<sup>-1</sup>); T4 = 40% (1,40 dS.m<sup>-1</sup>) e T5= 20% da SN (1,32 dS.m<sup>-1</sup>)) correspondendo respectivamente a 1,3 1,44 1,62 1,80 e 2,00 dS.m<sup>-1</sup>, conforme metodologia adaptada por Soares (2002) e dois equipamentos para frequência de irrigação (timer analógico e sensor de regulação de frequência com base na temperatura), com quatro repetições totalizando 40 unidades experimentais.

Cada perfil hidropônico representa uma unidade experimental que consiste em oito plantas. As frequências de irrigação tiveram como base dois princípios: o primeiro equipamento é o timer analógico (equipamento 1) fornecendo a solução nutritiva em intervalos de 15 minutos (15 minutos de irrigação e 15 minutos de intervalo), durante 24 horas com uma vazão de 1,5 L.min<sup>-1</sup>. Já o outro equipamento (equipamento 2) é um microcontrolador (SILVA et al., 2020) denominado de regulador de frequência de irrigação hidropônico (RFIH) que foi calibrado para variar a periodicidade da irrigação com base na temperatura ambiente. Este RFIH foi calibrado para manter a frequência de 15 minutos, quando a temperatura do ar estava na faixa entre 26° e 29° C, quando a temperatura estava abaixo desta faixa, a frequência passava para 10 e 30 minutos (10 minutos irrigando e 30 minutos de intervalo) e quando a temperatura do ar estava acima da faixa, a frequência era de 10 minutos (10 minutos de irrigação e 10 minutos de intervalo).

### 3.3 Sistema Hidropônico

O sistema possui 40 bancadas hidropônicas independentes em sistema NFT (fluxo laminar de nutrientes), cada qual representando uma parcela experimental, semelhante ao esquema descrito por Soares (2007). Os perfis foram instalados a uma altura média de 0,85m, com declividade de 3% visando promover drenagem e escoamento (Figura 3).

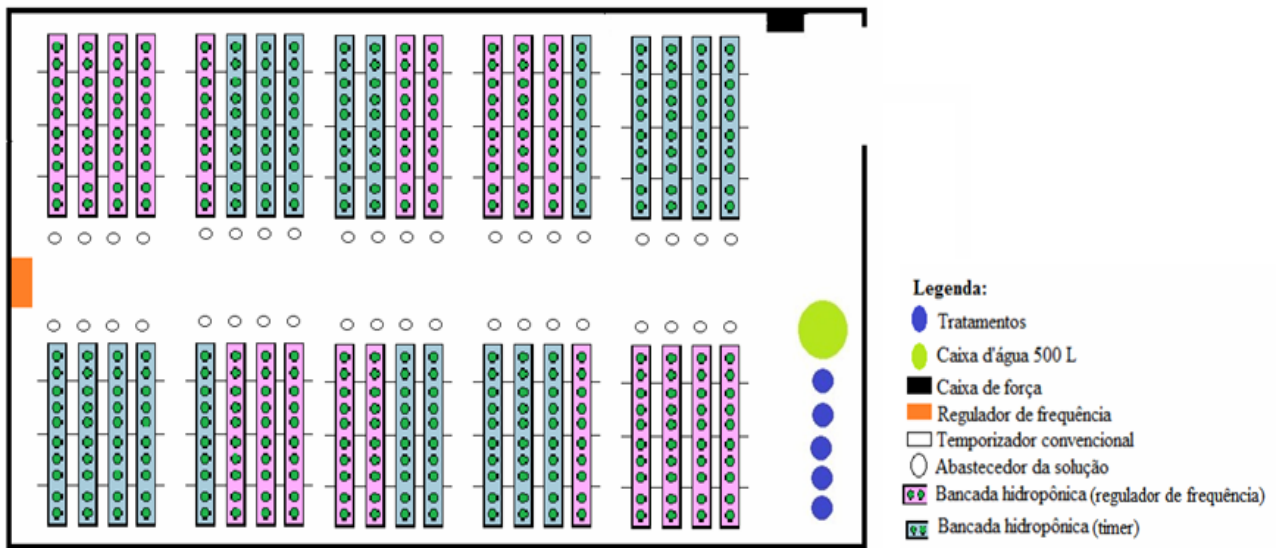


Figura 3: Visualização do delineamento do experimento (tratamentos primários, secundários e blocos).

Cada parcela possuía um reservatório plástico branco com capacidade para 50 L que foi mantido devidamente coberto por uma lona, afim de evitar a proliferação de algas na solução, uma eletrobomba de circulação, um perfil hidropônico feito de tubos PVC com 100 mm de diâmetro e 2,07 metros de comprimento (Figura 4). O espaçamento adotado foi de 0,50 m entre perfis e 0,25 m entre plantas, totalizando assim oito plantas por perfil.



Figura 4: Bancadas experimentais de hidroponia NFT, cultivada com rúcula com diferentes frequências de irrigação sob diluições.

### 3.4 Produção de Mudanças

A cultivar de rúcula (*Eruca sativa* L.) utilizada foi a “Cultivada” da Topseed. A Semeadura foi realizada em bandejas plásticas com 200 células (Figura 5), contendo como substrato pó de coco e cascas de arroz, na razão 3x1, mantidas em ambiente sombreado, sendo colocadas quatro sementes por célula. Quando as plantas apresentaram cinco folhas definitivas, foram transplantadas para os perfis, recebendo os específicos tratamentos.



Figura 5: Mudanças de rúcula cultivar cultivada nos primeiros dias após o semeio e no dia de transplântio para as bancadas NFT.

### 3.5 Preparo da Solução Nutritiva

O preparo da solução nutritiva da testemunha foi feito com base na recomendação de nutrientes adequados a hortaliças folhosas em sistema hidropônico (Tabela 1) conforme Furlani et al. (1999).



**Tabela 1.** Recomendação de fertilizantes para o preparo de 1000L de solução nutritiva utilizados como fonte de macro e micronutriente para hidroponia de hortaliças folhosas (FURLANI et al., 1999).

<b>Sal/Fertilizante</b>	<b>g 1000L<sup>-1</sup></b>
Nitrato de Cálcio	750,0
Nitrato de Potássio	500,0
Fosfato monoamônio (MAP)	150,0
Sulfato de magnésio	400,0
Sulfato de cobre	0,15
Sulfato de zinco	0,50
Sulfato de manganês	1,50
Ácido bórico ou	1,50
Bórax	2,30
Molibdato de sódio ou	0,15
Molibdato de amônio	0,15
Tenso-Fe® (FeEDDHMA-6% Fe) ou	30,0
Dissolvine® (FeEDTA-13%Fe) ou	13,8
Ferrilene® (FeEDDHA-6%Fe) ou	30,0
FeEDRANA <sub>2</sub> (10mg.mL <sup>-1</sup> de Fe)	180 MI

A água utilizada tinha condutividade elétrica (CE) de 1,1 dSm<sup>-1</sup> e pH de 7,4. Para o preparo da solução nutritiva dos demais tratamentos foi realizada diluições da solução nutritiva com relação aos macronutrientes, de maneira que as diluições foram feitas no seguinte esquema: tratamento T2 corresponde a 80% da solução recomendada, T3 equivale a 60 %, T4 representa 40% e T5 refere-se a 20 % da solução recomendada.

### 3.6 Desenvolvimento do Microcontrolador

O microcontrolador desenvolvido refere-se a um RFIH (Figura 6). O mesmo foi desenvolvido para preencher a necessidade de equipamentos que realizem a alteração de frequência nas irrigações de sistemas hidropônicos, de maneira a fornecer maior eficiência do uso da água e reduzir a pegada energética do sistema. Compreende um dispositivo que realiza a modificação da periodicidade da irrigação baseada tanto na temperatura ambiente como na temperatura ideal de cultivo da planta que esteja sendo utilizada. O microcontrolador mede a temperatura ambiente através de um termômetro e a partir de sua base de dados aciona e corrige automaticamente a frequência com que a solução nutritiva é disposta para as plantas através de uma placa programadora para regular as frequências de irrigação (ANEXO 1).

O mesmo foi desenvolvido no Departamento de engenharia Agrícola da

Universidade Federal do Ceará (DENA/UFC) pelo Grupo de Pesquisa em Engenharia de Água e Solo Semiárido (GPEAS-Semiárido).

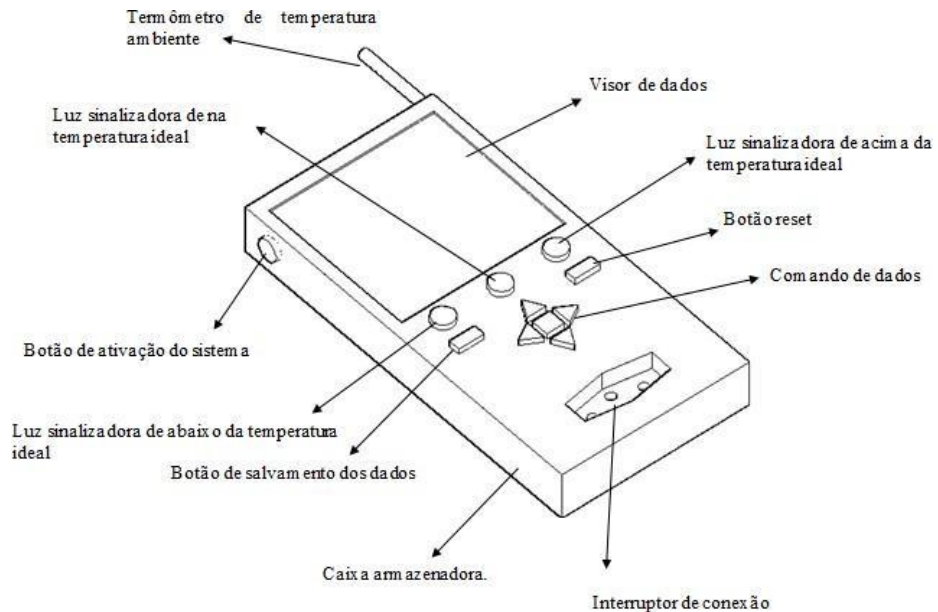


Figura 6: Regulador de frequência de irrigação hidropônico e seus principais componentes.

### 3.7 Variáveis Analisadas

#### 3.7.1 Monitoramento da CE, pH e temperatura

Foram realizados o monitoramento diário do pH e da condutividade elétrica da solução (CEsol), utilizando-se condutivímetro e pHmêtro Extech, modelo ExStik Ec- Sal- TDS , bem como da temperatura ambiente através de um datalogger HOBO. O monitoramento era realizado todos os dias as 9 horas da manhã, imergindo os sensores nos respectivos recipientes de cada unidade experimental.

#### 3.7.2 Medidas de crescimento

As medidas de crescimento foram realizadas conforme Benincasa (1988). De maneira aleatória, três plantas de cada perfil hidropônico foram selecionadas, ao final do ciclo de cultivo (20 dias após o transplante para o perfil).

Com o uso de uma régua milimétrica, a altura da planta foi medida, a partir da base até a extremidade da folha mais alta, expressa em centímetros. O número de folhas das plantas foi determinado contando o número de folhas acima de cinco centímetros, indo das folhas basais

até a última folha aberta. Aos 20 dias após o transplante (DAT) a área foliar foi medida através do integrador de área foliar da marca LI-COR®, modelo LI 3100.

As plantas coletadas tiveram seus órgãos separados em folhas e raiz e com o auxílio de uma balança de precisão (0,01g) foi determinado o peso da massa fresca da parte aérea (MFPA). Em seguida o material foi colocado em sacos de papel individualizados, posteriormente transportados para uma estufa de secagem de ventilação forçada de ar a 65°C até atingirem massa constante, para a obtenção dos dados de massa seca da parte aérea (MSPA).

### **3.7.3 Trocas Gasosas e índice relativo de clorofila**

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas por meio da utilização do Analisador Portátil de Gás Infravermelho (Infra-red Gas Analyzer – IRGA), modelo LCPro+ Portable Photosynthesis System® (ADC BioScientific Limited, UK) LCPro+ com controle de temperatura a 25°C e fluxo de ar de 200 ml.min<sup>-1</sup>. Estas determinações foram realizadas através de uma avaliação durante o ciclo da cultura no horário compreendido entre 9:30h às 11:30h aos 20 DAT sempre na região central de folhas totalmente expandidas e expostas à luz solar. Em cada perfil hidropônico foram realizadas medidas em três plantas. Foram avaliadas a fotossíntese líquida (A) em  $\mu\text{mol}(\text{CO}_2)\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; transpiração (E) em  $\text{mmol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ; condutância estomática de vapor d'água (gs) em  $\text{mol}(\text{H}_2\text{O})\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ; concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) em  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ; temperatura foliar ( $T_{\text{leaf}}$ ), em °C. As leituras foram realizadas sob luz saturante ( $1200\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ ), com concentração de  $\text{CO}_2$  constante (400 ppm) e temperatura ambiente.

O Índice relativo de clorofila foi determinada ao 19 DAT por meio de clorofilômetro SPAD-502 em ambos os ciclos.

### **3.7.4 Análise Nutricional**

Para a determinação das concentrações dos nutrientes, a parte aérea da rúcula foi liofilizada. Logo após a liofilização, foram preparados extratos específicos para a determinação dos nutrientes, de acordo com o método descrito por Silva (2009). Os nutrientes foram determinados na parte aérea, sendo eles: N, P, K, Ca, Mg e S.

### **3.7.5 Análise Estatística**

As variáveis foram submetidas ao teste de normalidade por Kolmogorov-Sminorv e posteriormente, comprovadas a sua normalidade, foram avaliadas pelo teste F (anova) pelo

programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). As variáveis que apresentarem efeitos significativos a 1% e 5% de probabilidade ( $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ ), foram submetidas à análise de regressão com ajuste a 1 e 5% de probabilidade pelo teste T, pretendendo desta maneira ajustar modelos de comportamento.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 7 expressa os valores de condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva ao longo do primeiro ciclo (20 DAT) e segundo ciclo (20 DAT), em conformidade com as diluições da solução nutritiva recomendada por Furlani (1999) e dos equipamentos 1 (timer) e 2 (FIRH).

Pode-se observar que ao longo dos dois ciclos houve aumento da CE da solução nutritiva, independente do equipamento utilizado em todos os tratamentos, exceto para os tratamentos com 20 e 40 % da solução nutritiva diluída, fatores relativos ao clima fizeram com que a água do poço apresentasse variabilidade da CE ao longo das reposições.

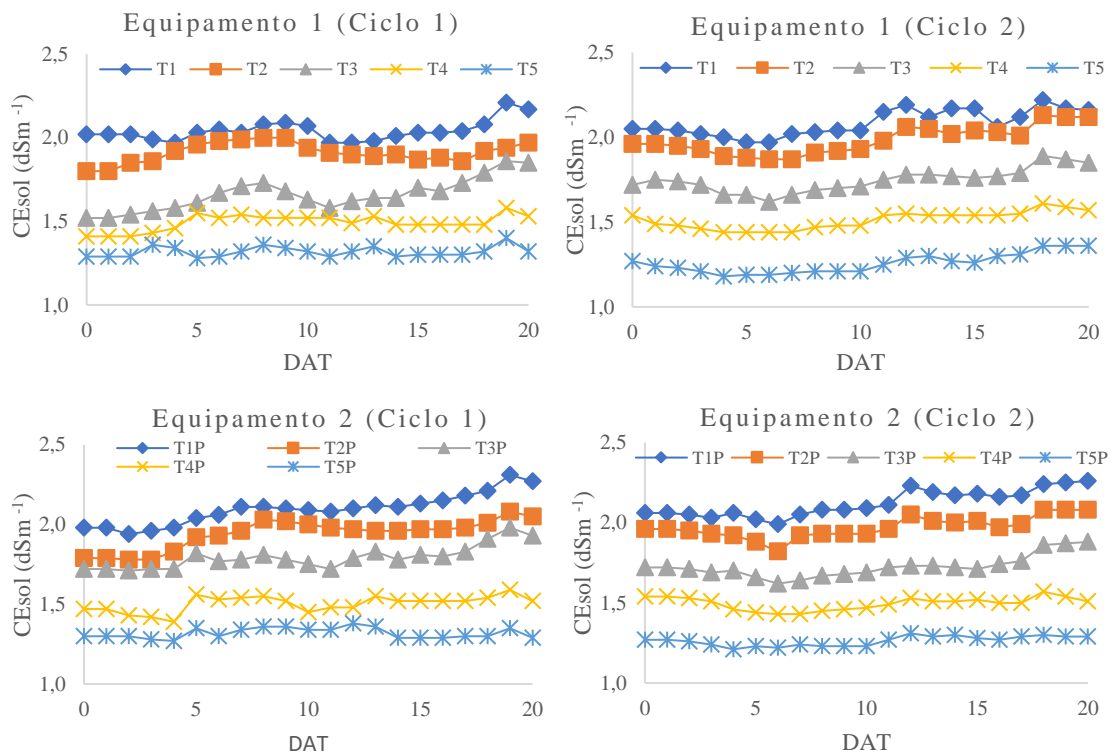


Figura 7. Valores médios de  $CE_{sol}$  para o equipamento 1 (A) e equipamento 2 (B) durante o primeiro ciclo e valores médios de  $CE_{sol}$  para o equipamento 1 (C) e equipamento 2 (D) durante o segundo ciclo, no cultivo de Rúcula cv. “cultivada”.

A reposição da solução nutritiva proporcionou o aumento na ( $CE_{sol}$ ), todavia, nos tratamentos T4 e T5 os quais tiveram a solução nutritiva preparada com as diluições de 40 (1,44



dS m<sup>-1</sup>) e 20% (1,3 dS m<sup>-1</sup>) respectivamente, tiveram um pequeno decréscimo na CEsol em função do tempo em ambos os equipamentos, em resposta as diluições citadas, dessa maneira as plantas absorviam os nutrientes necessários ao seu desenvolvimento e concomitantemente ocorria a redução da salinidade e, por consequência a CEsol também reduzia. Similares resultados foram encontrados por Soares et al. (2016) onde este trabalhou com alface hidropônica com diferentes níveis de salinidade, estes autores observaram que apenas no tratamento com menor CE houve um total consumo de nutrientes pela planta ao longo do experimento.

Foi verificado que os valores de pH da solução (Figura 8) se mantiveram muito acima da faixa entre 4,5 e 7,5 considerada ideal segundo Furlani et al. (1999), visto que nela grande parte dos nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta são disponibilizados de forma adequada. Ainda para o autor, em hidroponia variações dentro da faixa ideal em sistema hidropônico não afeta o desenvolvimento das plantas, porém pode ocorrer deficiência de nutrientes em situações de alcalinidade acima de 8. Houve uma tentativa de correção dessa solução utilizando 0,1 molL<sup>-1</sup> de HCl, porém a mesma se apresentava significativamente tamponada.

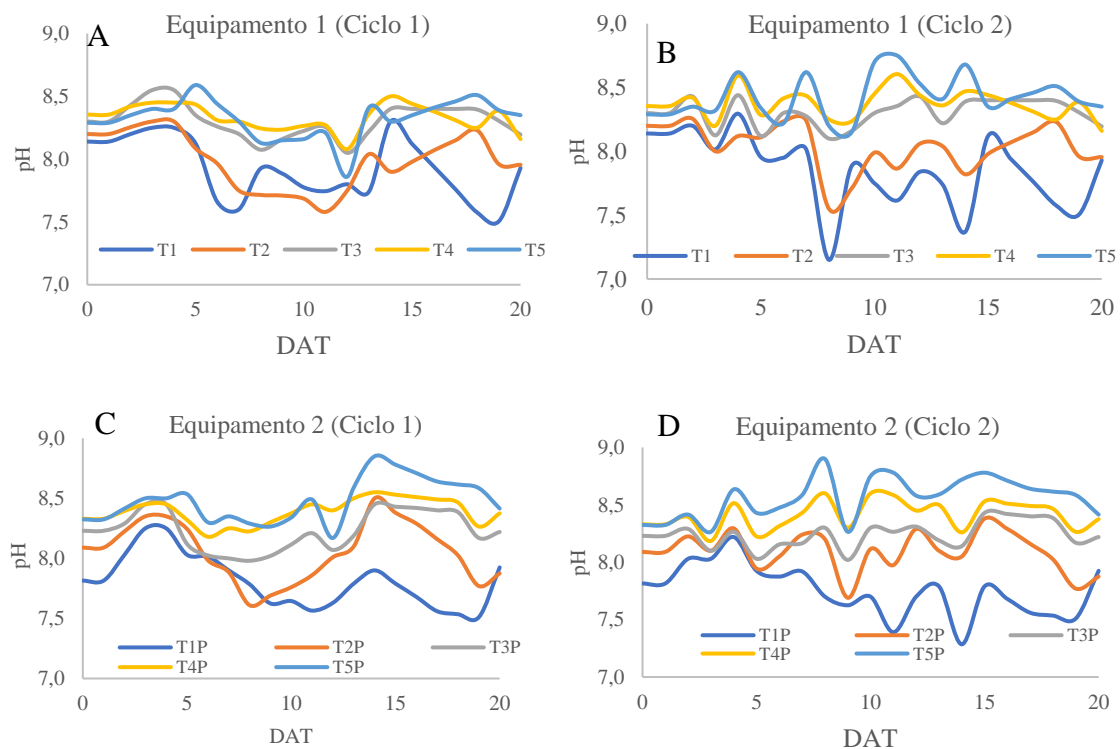


Figura 8. Valores médios de pH da solução nutritiva para o equipamento 1 (A) e equipamento 2 (B) durante o ciclo 1 e valores médios de pH da solução nutritiva para o equipamento 1 (A) e equipamento 2 (B) durante o ciclo 2, no cultivo de Rúcula cv. “cultivada”.

O primeiro ciclo (Figura 8A e 8B) apresentou uma menor variação do pH tanto para o

timer (equipamento 1), como para o RFIH (equipamento 2), se comparado com o segundo ciclo (8C e 8D), este por sua vez apresentando taxas de pH mais elevados. Acredita-se que esses fatores se deram tanto aos maiores registros de temperatura dentro da estufa, que obteve o maior valor registrado para o primeiro ciclo de 37,83 °C e para o segundo ciclo de 39,91°C, quanto aos níveis de precipitação que antecederam ambos os ciclos foram de 67,5 mm e 22,8 mm nos meses de julho e agosto respectivamente, ainda durante este ciclo foram registrados 0,4 mm de chuva, o que minimizou o efeito da temperatura. Já durante o ciclo 2 não houve registro pluviométrico, e foi registrado o equivalente de 8,2 e 5,8 mm de chuva nos meses de setembro e outubro respectivamente.

É possível observar (Figura 9) que com relação à medição da temperatura, o sensor de temperatura do RFIH apresentou registros menores quando comparado ao datalogger instalado na casa de vegetação, tanto para os dias após transplântio (DAT), quanto à medida diária. Para ambos os ciclos, é possível observar que ainda assim as curvas de temperatura de ambos os sensores apresentam comportamentos semelhantes.

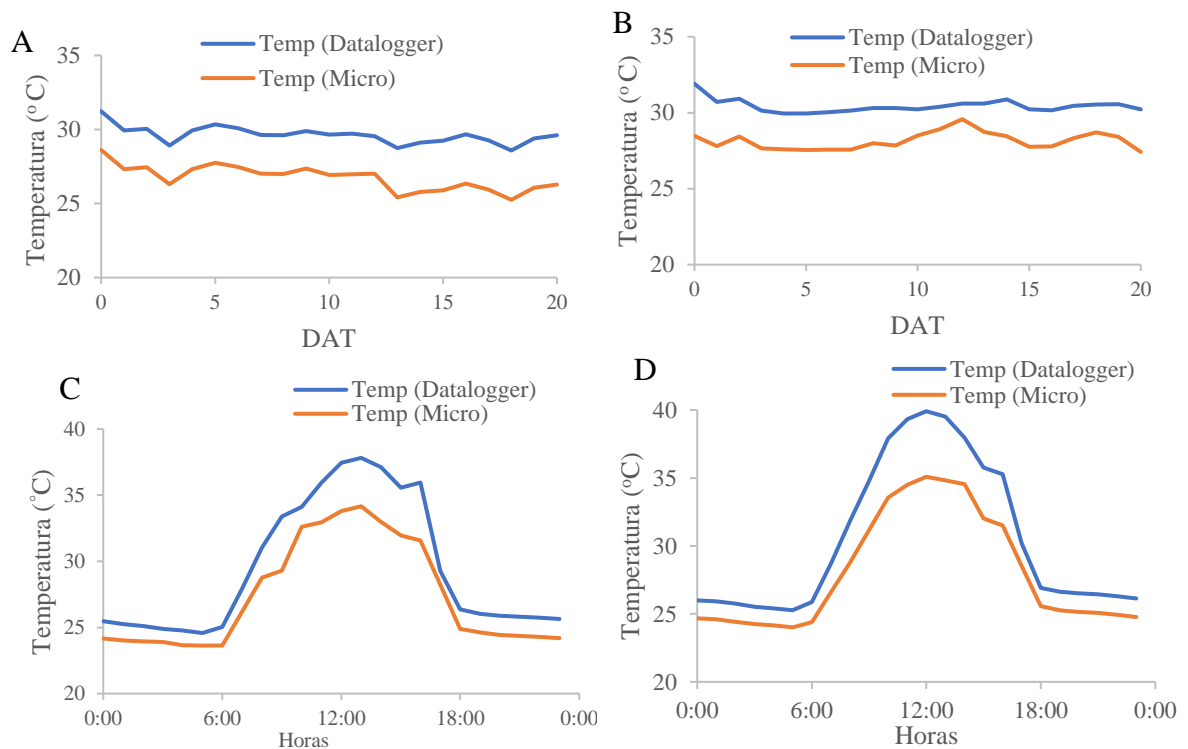


Figura 9. Valores médios de temperatura medidos pelo sensores do datalogger e RFIH no interior da casa de vegetação para o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (C) durante os DAT e valores médios de temperatura medida pelo datalogger e pelo sensor do RFIH no interior da casa de vegetação para o primeiro ciclo (B) e segundo ciclo (D) durante as horas do dia no cultivo de rúcula cv. “cultivada”.

O primeiro ciclo (Figura 9B) apresentou menores temperaturas dentro da casa de

vegetação do que o segundo ciclo (Figura 9D), de acordo com a programação inserida no microcontrolador, com base nas informações de temperatura captada o mesmo funcionou da seguinte forma:

Para o primeiro ciclo das 19 h às 7h o RFIH registrava temperatura menor que 26 °C, logo a frequência de irrigação deveria estar na proporção de 10/30 (10 minutos irrigando e 30 minutos parado), nos horários de 7h às 8h e de 17h às 19h o sensor apontou temperatura entre o intervalo de 26 e 29 °C e a regularidade de irrigação foi de 15/15, já entre às 8 e 17h a temperatura apresentada foi maior que 29 °C dessa forma tendo uma periodicidade de irrigação de 10/10. Neste ciclo foi registrado uma temperatura máxima durante o dia de 37,82 °C.

Com relação ao segundo ciclo no horário entre 00h e 6h a temperatura registrada pelo equipamento foi inferior a 26 °C, assim a frequência de irrigação funcionou na proporção de 10/30, das 6h às 7h e de 17h às 00h a temperatura apontada pelo sensor estava entre o intervalo de 26 e 29 °C e a irrigação correspondente foi na proporção de 15/15, já entre às 7h e 17h a temperatura registrada foi superior a 29 °C logo a irrigação funcionou na proporção de 10/10. Neste ciclo a temperatura máxima durante o dia foi de 39,91°C.

#### **4.1 Medidas de Crescimento**

Consoante à análise de variância exposta na Tabela 2, constata-se que em ambos os ciclos de cultivo todas as variáveis estudadas foram influenciadas de maneiras distintas tanto pelos fatores isolados como pela interação entre eles, com exceção do número de folhas (NF) o qual não sofreu influência em nenhum dos ciclos estudados. De maneira que no ciclo 1 a MFPA não sofreu influência de nenhuma das variáveis, a MSPA sofreu apenas efeito isolado dos blocos, a AF apresentou efeito dos blocos e do fator equipamento de forma isolada e a ALT teve influência da interação entre os fatores CEsol e equipamentos. Em relação ao segundo ciclo todas as variáveis sofreram influência do fator CEsol. Apenas as variáveis MSPA e AF sofreram influência da interação da CEsol com os equipamentos, os blocos só influenciaram a MFPA e apenas MFPA e MSPA sofreram influência dos equipamentos.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância aplicada às variáveis de crescimento massas fresca (MFPA) e seca da parte aérea (MSPA), área foliar (AF), número de folhas (NF) e altura de planta (ALT) em rúcula hidropônica, em função de diferentes diluições de nutrientes no preparo da solução nutritiva utilizando diferentes equipamentos para controlar a frequência de irrigação (microcontrolador e timer) em dois ciclos de cultivo.

Quadrado Médio (Ciclo 1)						
F.V	G.L	MFPA	MSPA	AF	NF	ALT
Bloco	3	57,78 <sup>ns</sup>	0,49*	17162,6*	3,23 <sup>ns</sup>	23,42 <sup>ns</sup>
Equipamento	1	38,89 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	16068,87*	2,5 <sup>ns</sup>	59,54 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	3	7,94	0,04	775,41	0,70	16,31
CEsol	4	19,81 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	3965,54 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	2,73 <sup>ns</sup>
CEsol*Equipamento	4	13,75 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	2811,8 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	15,35**
Resíduo 2	24	8,54	0,08	2571,94	0,70	3,62
C.V 1 %		28,13	22,12	14,81	16,57	15,82
C.V 2 %		29,16	29,95	26,98	16,52	7,46

Quadrado Médio (Ciclo 2)						
F.V	G.L	MFPA	MSPA	AF	NF	ALT
BLOCO	3	2,74*	0,07 <sup>ns</sup>	1845,3 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	2,58 <sup>ns</sup>
Equipamento	1	33,84*	0,2*	2416,6 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	6,63 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	3	0,10	0,02	609,60	2,16	1,06
CEsol	4	25,58**	0,23**	3747,3**	0,66 <sup>ns</sup>	40,64**
CEsol*Equipamento	4	10,68 <sup>ns</sup>	0,11*	3495,6*	0,31 <sup>ns</sup>	2,64 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	24	4,04	0,03	837,63	0,31	2,95
CV 1 %		4,55	25,64	22,33	41,09	4,93
CV 2 %		28,77	34,4	29,69	15,43	8,22

\* e \*\* = significativo a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente. MFPA – Massa fresca da parte aérea, MSPA – Massa seca da parte aérea, AF – área foliar, NF – Número de folhas e ALT – Altura de planta, ns – não significativo.

Observa-se na Figura 10 que a variável MFPA teve uma resposta significativa com ajuste quadrático, onde os maiores valores (8,39 g planta<sup>-1</sup>) foram observados para a CEsol de 1,88 dS m<sup>-1</sup> correspondente a diluição de 88,56% da solução nutritiva.

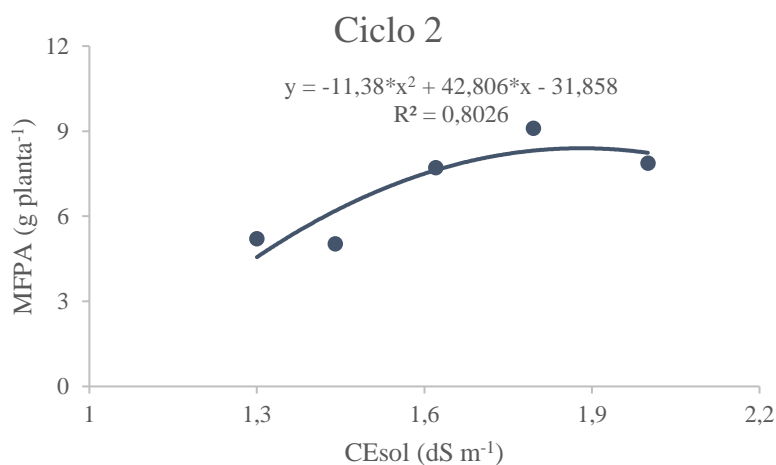


Figura 10. Massas fresca da parte aérea (ciclo 2) em função da condutância elétrica da solução nutritiva a cv. “Cultivada”, sob níveis de diluição da solução nutritiva.

Luz et al. (2012) num estudo com produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob diferentes concentrações de solução nutritiva observaram resposta significativa com relação ao aumento da concentração da solução nutritiva, registrando MFPA máxima para salsa e coentro (10,96; 189 g planta<sup>-1</sup>- respectivamente) referindo-se às concentrações de 88,13 e 91%, respectivamente. Os dados relativos ao primeiro ciclo dessa pesquisa corroboram os encontrados por Luz et al. (2011) o qual trabalhando com rúcula sob concentrações de solução nutritiva distintas não encontrou diferença significativa para as concentrações da solução nutritiva.

Para a variável MSPA (Figura 11) o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou ao aumento da concentração da CEsol para RFIH (equipamento 2), obtendo um máximo de 0,58 g planta<sup>-1</sup> na diluição de 71,96 % (1,72 dSm<sup>-1</sup>). Já com relação ao timer (equipamento 1), o ajuste foi linear em que a cada incremento unitário da CEsol existe um aumento de 0,7165 g planta<sup>-1</sup> para MSPA. Possivelmente a diferença observada pode ser explicada pela frequência diferenciada entre os equipamentos. O RFIH em elevadas temperaturas fornece uma maior disponibilidade de água a cultura submetendo está uma menor aeração, o que pode reduzir a MSPA (uma referência sobre MSPA e excesso de água). Contudo, conforme explicado no anexo, o RFIH pode ajustar a frequência corrigindo tal efeito.

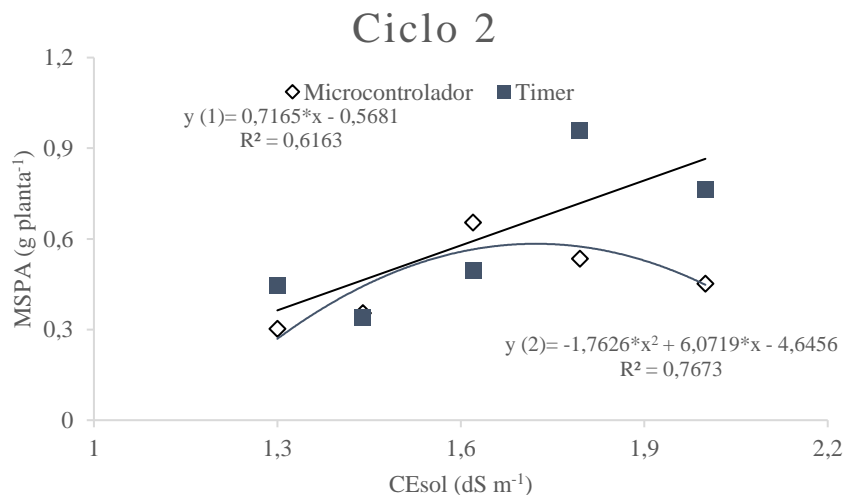


Figura 11. Massas seca da parte aérea ciclo 2 em função dos níveis de solução nutritiva (A) e interação entre solução x equipamento (B) na cv. “Cultivada”, sob níveis de diluição da solução nutritiva e diferentes equipamentos na aplicação desta solução.

Resultados semelhantes foram encontrados por Luz et al. (2011), que analisando a produção de coentro e salsa crespa sob concentração de solução nutritiva observaram que para a MSPA a significância era em ordem quadrática para a salsa crespa, inferindo incremento das

características avaliadas até a concentração de 91,39% nas plantas, todavia a partir destas concentrações ocorria um efeito inverso e o aumento de nutrientes disponíveis passava a ser excessivo alterando o metabolismo das plantas de forma negativa.

Cordeiro et. al (2019) por sua vez realizando um estudo com produção de rúcula utilizando solução nutritiva enriquecida com nitrato de potássio observou que a maior produção de matéria seca se deu com o tratamento da solução nutritiva padrão. De outra maneira pesquisas como as de Cardoso et al. (2010) e Luz et al. (2012) que trabalharam com o efeito da variação da solução nutritiva em absinto e rúcula respectivamente não observaram diferenças significativas entre as diluições da solução nutritiva.

De acordo com o segundo ciclo (Figura 12) em relação a variável área foliar (AF), para o equipamento RFIH o modelo ajustado foi quadrático, atingindo valor máximo de 115,28 cm<sup>2</sup> para a diluição de 67,56% (1,68 dSm<sup>-1</sup>). Para o equipamento timer o ajuste foi linear com aumento de 100,56 cm<sup>2</sup> para cada incremento unitário da CEsol. A redução da AF nos maiores níveis de CEsol podem ser atribuídas a maior exposição da cultura a solução nutritiva no equipamento RFIH, já que em elevadas temperaturas a disponibilidade de água é maior devido a frequência regulada do equipamento, submetendo a cultura níveis maiores de CEsol por mais tempo (arrumar uma referência). Contudo, com a CEsol a 1,6 dS m<sup>-1</sup>, o equipamento RFIH apresentou valores superiores ao timer (equipamento 1), onde maiores frequências de irrigação podem ser favoráveis a cultura com soluções nutritivas com menores CE.

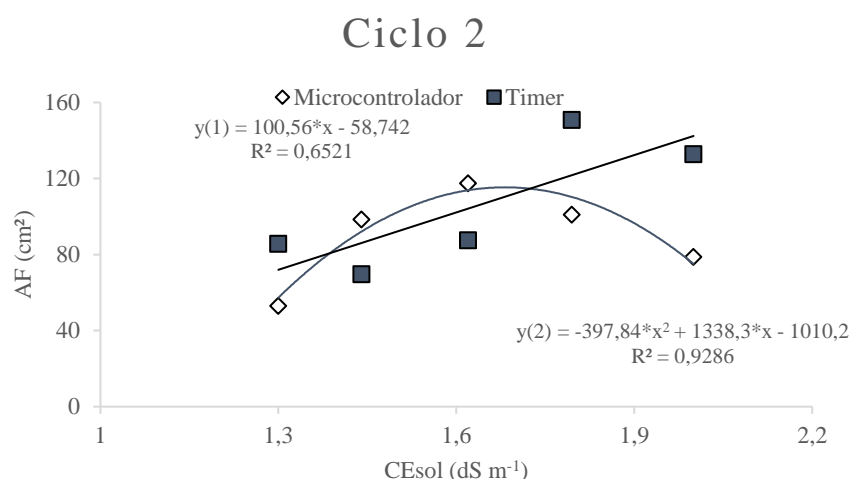


Figura 12. Área foliar no segundo ciclo em função dos CEsol (A) e interação entre CEsol x equipamento (B) na cv. “Cultivada”.

Lacerda et al. (2012) trabalhando com produção de couve manteiga hidropônica,

utilizando distintas concentrações de nutrientes na solução nutritiva, junto com dois tipos de substratos diferentes, obteve o maior valor de área foliar  $600 \text{ cm}^2$  por planta para a concentração de 50% de nutrientes na solução nutritiva. Almeida et al. (2011) estudando rúcula em sistemas hidropônicos em diferentes níveis de pH dentro da faixa ideal encontraram um valor máximo estimado de  $361,63 \text{ cm}^2$  em pH 6,5 e mínimo de  $212,2 \text{ cm}^2$  observado em pH 4,0, sendo, portanto, superior ao maior valor encontrado neste trabalho. Desta maneira acredita-se que os altos valores de pH influenciaram negativamente na área foliar.

Para a variável altura das plantas (AP) observa-se que no primeiro ciclo (Figura 13A) o modelo que melhor se ajustou ao aumento da concentração da solução nutritiva foi o modelo quadrático, tanto para a interação com o timer que atingiu um valor máximo de 27,78 cm quando se tinha 61,9% da solução nutritiva ( $1,63 \text{ dS m}^{-1}$ ), como para a interação com o RFIH, esse obtendo um efeito contrário ao outro equipamento registrando um valor mínimo de 23,57 cm, para uma concentração de 45,19% ( $1,63 \text{ dSm}^{-1}$ ). Para o segundo ciclo (Figura 13B) o modelo quadrático também obteve o melhor ajuste para a relação AP conforme se dá o aumento da solução nutritiva, este por sua vez registrando um máximo de 22,84 cm na diluição de 87,57% ( $1,87 \text{ dSm}^{-1}$ ).

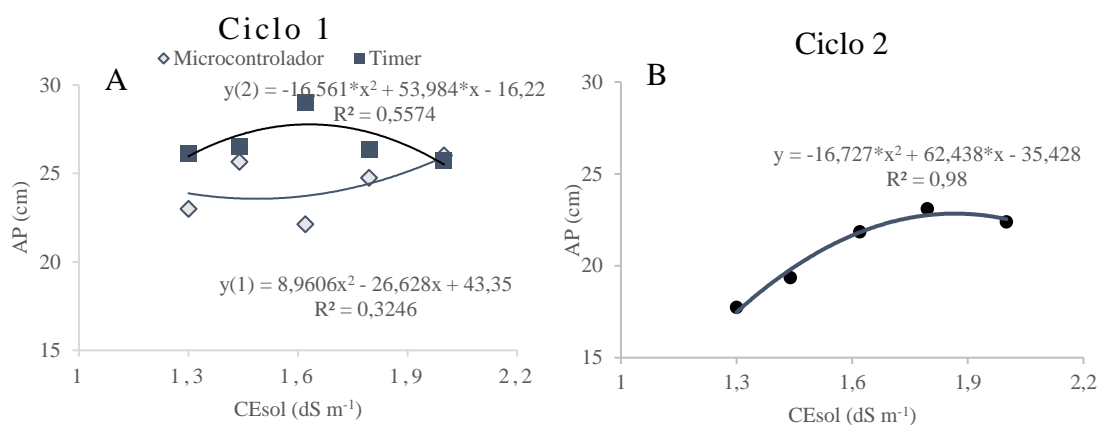


Figura 13. Altura de planta no primeiro ciclo (A) em função da interação dos equipamentos com CESol e segundo ciclo (B) em função dos níveis CESol na cultura da rúcula.

Luz et al. (2018) e Oliveira et al. (2016) fazendo estudos com cultivo de absinto e coentro respectivamente sob crescentes concentrações de solução nutritiva em hidroponia, observaram que o aumento da concentração de nutrientes na solução nutritiva resultou em um aumento significativo na altura da planta, para o absinto a diluição que melhor se adequou foi a de 75% com alturas variando 42,59 a 46,7 cm. Já para o coentro respostas positivas foram observadas até a concentração de 87,2% da solução padrão, obtendo uma altura máxima de

28,98 cm.

Os dados aqui apresentados são superiores aos maiores valores obtidos por Oliveira et al. (2013) onde trabalhando com cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades, encontrou o valor de 18,6 cm e a Santos et al. (2018) que realizou um estudo com rúcula sob solução nutritiva salina em substrato de fibra de coco obteve o maior valor médio de 20 cm. Souza Neta et al. (2013) avaliando o efeito da salinidade na solução nutritiva com diferentes substratos, obteve uma altura média de 19,4 cm, de acordo com o autor, a altura durante a colheita da rúcula foi de 15 a 20 cm.

#### 4.2 Trocas Gasosas e índice relativo de clorofila

De acordo com a análise de variância exposta na Tabela 3, observa-se que em ambos os ciclos de cultivo, todas as variáveis estudadas não foram influenciadas pelos fatores estudados e nem pela interação entre eles, com exceção do índice relativo de clorofila (IRC) o qual sofreu influência em ambos os ciclos. Sendo no primeiro ciclo a influência da interação CEsol e equipamentos e no segundo ciclo apenas pelo fator CEsol.

**Tabela 3.** Resumo da análise de variância aplicada às variáveis morfofisiológicas fotossíntese líquida (A), transpiração (E), condutância estomática de vapor d'água (Gs), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), temperatura foliar (Tleaf) e Índice relativo de clorofila (IRC) em rúcula hidropônica, em função de diferentes diluições de nutrientes no preparo da solução nutritiva utilizando diferentes equipamentos para controlar a frequência de irrigação (microcontrolador e timer) em dois ciclos de cultivo.

Quadrado Médio (Ciclo 1)							
F.V	G.L	A	E	Gs	Ci	Tleaf	IRC
Bloco	3	9,77 <sup>ns</sup>	1,13 <sup>ns</sup>	1,20 <sup>ns</sup>	309,23 <sup>ns</sup>	5,29 <sup>ns</sup>	16,89 <sup>ns</sup>
Equipamento	1	8,1 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	4,42 <sup>ns</sup>	518,4 <sup>ns</sup>	2,03 <sup>ns</sup>	35,53 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	3	39,37	2,97	3,49	399,13	7,96	8,45
CEsol	4	12,81 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	206,59 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	4,77 <sup>ns</sup>
CEsol*Equipamento	4	13,66 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	114,34 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	23,65*
Resíduo 2	24	35,17	0,59	4,06	393,83	0,27	6,87
CV 1 %		26,99	25,71	75,5	6,79	8,54	6,71
CV 2 %		25,51	11,48	81,44	6,75	1,58	6,04
Quadrado Médio (Ciclo 2)							
F.V	G.L	A	E	Gs	Ci	Tleaf	IRC
BLOCO	3	3,03 <sup>ns</sup>	2,95 <sup>ns</sup>	3,17 <sup>ns</sup>	318,67 <sup>ns</sup>	5,37 <sup>ns</sup>	7,65 <sup>ns</sup>
Equipamento	1	81,23 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	1,17 <sup>ns</sup>	302,5 <sup>ns</sup>	8,10 <sup>ns</sup>	6,5 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	3	36,03	1,09	1,05	916,9	22,97	1,96
CEsol	4	11,41 <sup>ns</sup>	1,81 <sup>ns</sup>	2,95 <sup>ns</sup>	161,9 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	28,11*
CEsol*Equipamento	4	9,29 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	1,44 <sup>ns</sup>	242,88 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	11,72 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	24	30,4	0,78	2,22	569,64	0,19	7,65
CV 1 %		23,02	30,88	47,11	10,43	13,33	3,55
CV 2 %		21,15	10,21	68,62	8,22	1,2	7,01

\*\* e \* = significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente. A - Fotossíntese, Ci - Concentração interna de CO<sub>2</sub>, gs Condutância estomática, E - Transpiração e Tleaf - Temperatura da folha, ns - não significativo



A fotossíntese líquida obteve uma média geral dos tratamentos de  $23,25 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o ciclo 1 e  $26,08 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o ciclo 2. A transpiração apresentou valores médios de  $6,70$  e  $8,63 \text{ mmol} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o primeiro e segundo ciclo respectivamente. Já para a condutância estomática foram encontrados valores médios de  $2,48 \text{ mmol} (\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o ciclo 1 e  $2,17 \text{ mmol} (\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o ciclo 2. A concentração interna de  $\text{CO}_2$  por sua vez obteve respectivamente para o ciclo 1 e 2 valores entre os tratamentos de  $294,15$  e  $290,4 \mu\text{mol} \text{ mol}^{-1}$ . No que diz respeito a temperatura foliar o ciclo 1 registrou  $33,03^\circ\text{C}$  médio entre os tratamentos já o ciclo 2 registrou um valor de  $35,95^\circ\text{C}$ .

Jesus et al. (2018) trabalhando com rúcula sob adubação silicatada e restrição hídrica encontrou para as variáveis trocas gasosas, valores máximos de fotossíntese de  $14,15 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , transpiração de  $4,07 \text{ mmol} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e condutância estomática de  $0,29 \text{ mmol} (\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Já Hniličková et al. (2018) estudando os efeitos do estresse salino em plantas de rúcula obteve para fotossíntese, transpiração, condutância estomática e concentração interna da  $\text{CO}_2$  os respectivos valores  $15,6 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , transpiração de  $3,05 \text{ mmol} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e condutância estomática de  $254,28 \text{ mmol} (\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Filho et al. (2019) por sua vez realizou pesquisa referente a aplicação foliar de zinco para biofortificação de rúcula, o mesmo encontrou para transpiração um valor máximo de  $5,5 \text{ mmol} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e de  $0,30 \text{ mmol} (\text{H}_2\text{O}) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $\mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para condutância estomática e fotossíntese líquida respectivamente. Os valores apresentados diferem do encontrado no presente trabalho, acredita-se que isso se deve as diferenças climáticas dos locais onde os estudos foram realizados.

Apesar dos conjuntos de fatores estudados não apresentarem efeito significativo para os fatores estudados, mesmo utilizando a menor concentração de solução nutritiva, é possível observar que os valores do segundo ciclo são superiores ao do primeiro, isso se deve a maior temperatura do ar registrada na época de cultivo do ciclo 2. Dessa maneira tendo-se uma maior atividade da transpiração, se terá uma maior abertura dos estômatos favorecendo a entrada de  $\text{CO}_2$  no mesófilo foliar, aumentando tanto sua concentração interna e conseqüentemente a fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2013).

O índice relativo de clorofila foi afetado significativamente no ciclo 1 (Figura 14A) com relação a CEa e os equipamentos, sendo o modelo linear melhor ajustado com relação ao microcontrolador mostrando que o IRC cresceu com o aumento da concentração de nutrientes registrando  $19,55 \%$  por incremento unitário da CE, o modelo quadrático se ajustando melhor com relação ao timer obtendo um maior valor de  $45,32$  na solução nutritiva com  $47,65\%$  ( $1,51 \text{ dSm}^{-1}$ ) da concentração de nutrientes. O ciclo 2 (14B) por sua vez apresentou melhor ajuste

com o modelo linear foi com relação ao aumento nos níveis de concentração da solução nutritiva, de forma que apresentou maiores valores de IRC, apresentando 22,54% a cada unidade de CEsol adicionada.

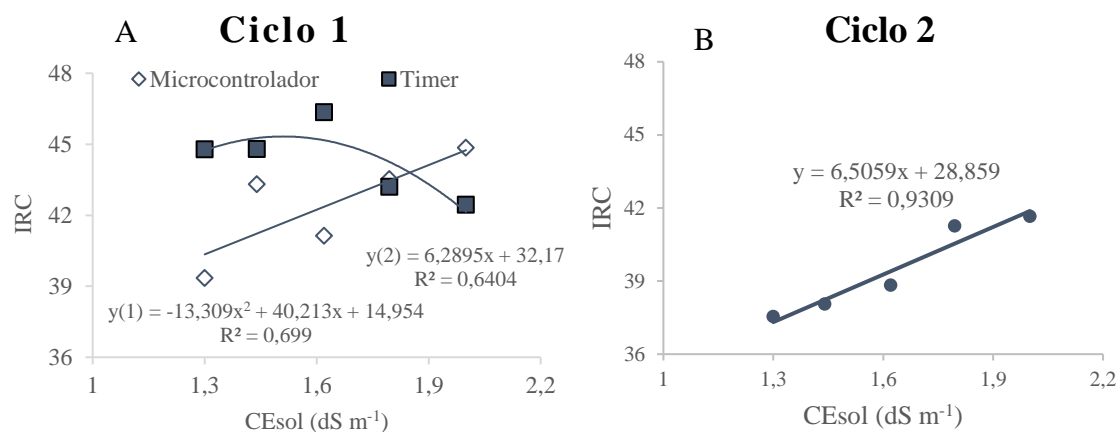


Figura 14. Índice relativo de clorofila no ciclo 1 (A) em função da interação entre solução e equipamentos e no ciclo 2 (B) em função das concentrações dos nutrientes na solução nutritiva na cv. “Cultivada”, sob níveis de diluição da solução nutritiva e diferentes equipamentos na aplicação desta solução.

Estudando o comportamento da rúcula em função da adubação nitrogenada Bonfim – Silva et al. (2015) encontraram um valor máximo de índice de clorofila de 56 ao incrementar 45% do comparando-se com o tratamento aplicado. Porto et al. (2013) e Freitas (2017) por sua vez ao estudar os efeitos da adubação potássica em rúcula obtiveram os valores de 55,6 e 54,7 respectivamente. Os dados aqui apresentados corroboram com os encontrados nos trabalhos citados visto que se comprova uma relação com a concentração de nutrientes e a resposta do índice de clorofila de maneira diretamente proporcionais.

### 4.3 Análise Nutricional

Conforme a análise de variância visualizada na tabela 4, constata-se que para o primeiro ciclo de cultivo todas as variáveis estudadas não foram influenciadas tanto pelos fatores isolados como pela interação entre eles, no segundo ciclo porém o N sofreu influência dos blocos e dos equipamentos, o P e o Mg sofreram influência direta da CE da solução nutritiva e o K, Ca e S não apresentaram nenhuma influência.

**Tabela 4.** Resumo da análise de variância aplicada às variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S) em rúcula hidropônica, em função de diferentes diluições de nutrientes no preparo da solução nutritiva utilizando diferentes equipamentos para controlar a frequência de irrigação (microcontrolador e timer) em dois ciclos de cultivo.

Quadrado Médio (Ciclo 1)							
F.V	G. L	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	0,33 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	19,9 <sup>ns</sup>	3,23 <sup>ns</sup>	2,48 <sup>ns</sup>	24,91 <sup>ns</sup>
Equipamento	1	0,40 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	90 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	3	0,33	0,33	1700,00	6,63	0,80	8,63
CEsol	4	0,35 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	157,41 <sup>ns</sup>	5,85 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
CEsol*Equipamento	4	0,53 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	365,44 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	1,94 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	24	0,27	0,62	357,93	3,92	0,88	3,17
CV 1 %		10,89	11,06	42,5	39,06	17,51	48,34
CV 2 %		9,82	15,27	19,27	30,01	18,42	29,33

Quadrado Médio (Ciclo 2)							
F. V	G.L	N	P	K	Ca	Mg	S
Bloco	3	0,67 <sup>**</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	501,8 <sup>ns</sup>	6,11 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	11,16 <sup>ns</sup>
Equipamento	1	0,40 <sup>**</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	302,5 <sup>ns</sup>	10,18 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	18,66 <sup>ns</sup>
Resíduo 1	3	0,00	1,44	567,5	5,41	0,76	7,03
CEsol	4	0,75 <sup>ns</sup>	2,93 <sup>**</sup>	939,3 <sup>ns</sup>	2,87 <sup>ns</sup>	5,19 <sup>**</sup>	3,88 <sup>ns</sup>
CEsol*Equipamento	4	1,85 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	587,6 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>	1,79 <sup>ns</sup>	8,74 <sup>ns</sup>
Resíduo 2	24	5,00	0,62	395,7	2,18	0,74	3,28
CV 1 %		0,00	25,22	24,03	40,11	14,82	36,26
CV 2 %		9,13	16,61	20,06	25,51	14,62	24,81

\*\* e \* = significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente. N- Nitrogênio, P – Fósforo, K – Potássio, Ca- Cálcio, Mg – Magnésio e S- Enxofre, ns – não significativo.

Verifica-se que para a variável N apesar de não ser significativo para o primeiro ciclo (Figura 15A) apresentou valores maiores que o segundo ciclo, encontrando um valor de 5,63 g.Kg<sup>-1</sup>, já com relação aos equipamentos(Figura 15B) as plantas apresentaram uma concentração de N, 4% maior no RFIH comparado a do Timer.

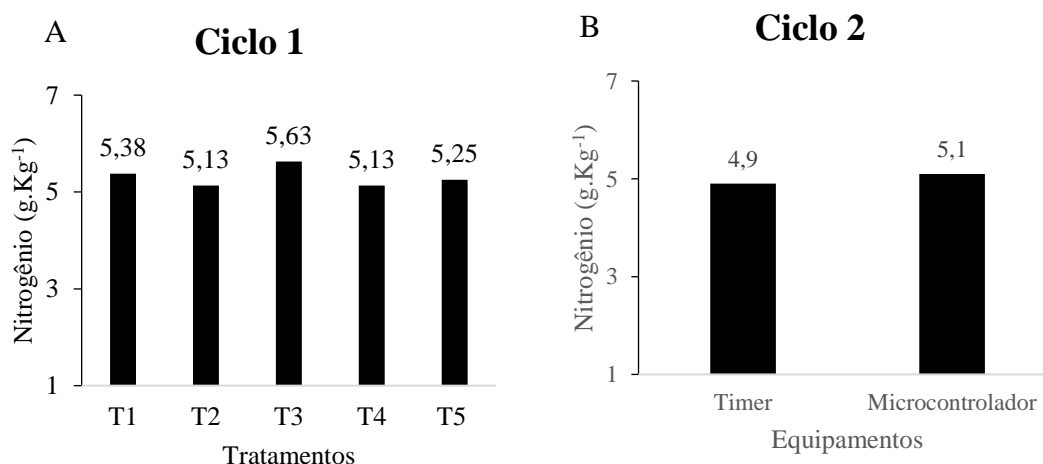


Figura 15. Teor de N no primeiro ciclo (A) em cada tratamento (CEsol) e em função dos equipamentos (B) no segundo ciclo 2 para rúcula cv. “Cultivada”.

Vasconcelos et al. (2014) mostraram que a condutividade elétrica de  $1,60 \text{ dSm}^{-1}$  da solução recomendada por Furlani (1999) foi a que melhor demonstrou resultados em termos de concentração de N, registrando um valor de  $22,08 \text{ g.kg}^{-1}$ , estudando o desenvolvimento de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. Já Oliveira et al. (2016) e Luz et al. (2018) utilizando crescentes concentrações de solução nutritiva encontraram que a utilização de 125% da mesma recomendação era a ideal para obter um valor máximo de  $26,76 \text{ g.kg}^{-1}$  ao se utilizar substrato fertirrigado em coentro e  $33,6 \text{ g.kg}^{-1}$  no cultivo de absinto hidropônico, respectivamente.

Silva et al. (2019) por sua vez constatou um crescimento linear com relação as doses de N quando essas estavam associadas à extratos de Nim, obtendo um máximo de  $54,38 \text{ g.kg}^{-1}$ . Ainda segundo Grangeiro et al. (2011), o N é o segundo nutriente mais acumulado pela rúcula. Os trabalhos aqui apresentados divergem do encontrado nesta pesquisa, as plantas de rúcula, porém não apresentaram nenhum sintoma visual de deficiência do nutriente durante todo o ciclo. Possivelmente, a quantidade de N fornecida na solução nutritiva não foi suficiente para provocar modificações nas suas concentrações, visto que essa cultura responde mais ao fornecimento de N (VASCONCELOS et al., 2014).

Ambos os ciclos apresentaram comportamentos distintos para a concentração de P (Figura 16), porém apresentaram valores mesma faixa, o primeiro ciclo (Figura 16A) apresentou um valor médio de  $5,16 \text{ g.kg}^{-1}$  e o segundo ciclo (Figura 16B) se ajustou melhor ao modelo quadrático apresentando um aumento na concentração de P a medida que se aumentava a condutividade elétrica da solução nutritiva. Apresentando um valor mínimo de  $4,33 \text{ g.kg}^{-1}$  na CEsol de  $1,40 \text{ dS.m}^{-1}$  (33,77% da recomendada por Furlani et al. (1999)).

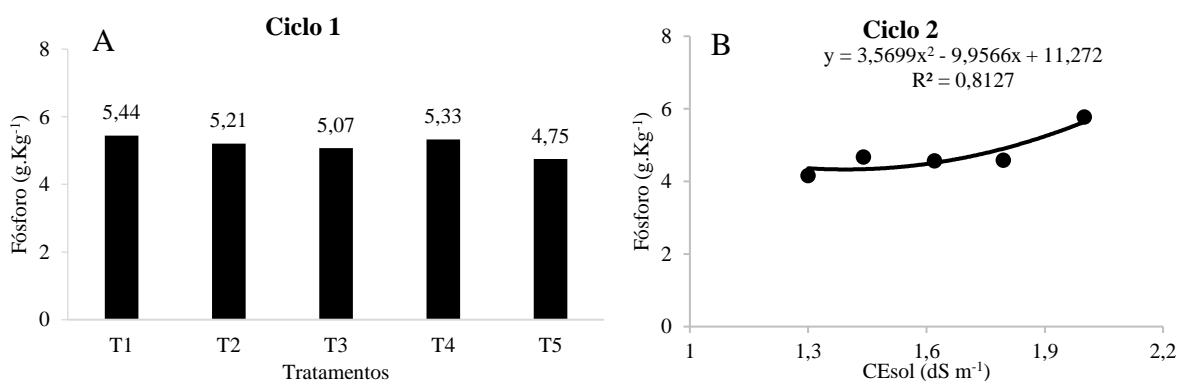


Figura 16. Concentração de P no ciclo 1 (A) com relação a cada tratamento e no ciclo 2 (B) em função da concentração de nutrientes na solução nutritiva na cv. “Cultivada”, sob níveis de diluição da solução nutritiva e diferentes equipamentos na aplicação desta solução.

Gondim et al. (2010), Oliveira et al. (2016) e Luz et al. (2018) realizaram estudos relativos a concentração de P em alface, coentro e absinto, respectivamente, em sistema hidropônico com crescentes concentrações de solução nutritiva obtendo que para o alface na condutividade de  $0,73 \text{ dS.m}^{-1}$  a maior concentração correspondendo a  $8,29 \text{ g.kg}^{-1}$ , para o coentro o valor de  $2,5 \text{ g.kg}^{-1}$  onde o valor foi o mesmo para todas as concentrações e para o Absinto um valor de  $9,8 \text{ g.kg}^{-1}$  para a diluição de 50%.

Cavarianni et al. (2008) ao realizar uma pesquisa sobre o conteúdo nutricional em rúcula afetado por diferentes doses de N apresentou um máximo de  $4,08 \text{ g.kg}^{-1}$  para a concentração de P. Reyes et al. (2017) por sua vez encontrou uma concentração máxima de  $4,03 \text{ g.kg}^{-1}$  de P analisando aplicação foliar de zinco em rúcula. Os dados aqui exemplificados são equivalentes aos apresentados nessa pesquisa.

O K obteve uma média geral dos tratamentos de  $98 \text{ g.kg}^{-1}$  e  $99,2 \text{ g.kg}^{-1}$  para o primeiro e segundo ciclo respectivamente. O Ca por sua vez apresentou valores médios de concentração de  $6,58 \text{ g.kg}^{-1}$  para o primeiro ciclo e de  $5,80 \text{ g.kg}^{-1}$  para o segundo ciclo. Já o S obteve concentração média para o ciclo 1 de  $6,26 \text{ g.kg}^{-1}$  e de  $7,31 \text{ g.kg}^{-1}$  para o ciclo 2. No caso do K e do S o segundo ciclo apresentou valores maiores que o primeiro, já no caso do Ca o primeiro ciclo apresentou valores maiores se comparado com segundo.

Vasconcelos et al. (2014) ao analisar o desenvolvimento do coentro em função da diluição da solução nutritiva recomendada por Furlani (1999), constatou na CE de  $1,63 \text{ dS.m}^{-1}$  um valor máximo de  $91,06$  e  $14,30 \text{ g.kg}^{-1}$  para o K e Ca respectivamente e na CE de  $1,56 \text{ dS.m}^{-1}$  encontrou o valor de  $7,71 \text{ g.kg}^{-1}$  para o S. Já Gondim et al. (2010) ao estudar a mesma diluição em alface constatou que para o K o teor tinha um comportamento quadrático, obtendo um máximo de  $77 \text{ g.kg}^{-1}$  para uma CE de  $1,58 \text{ dS.m}^{-1}$ , o Ca apresentou seu maior teor na CE de  $0,5 \text{ dS.m}^{-1}$ , sendo ele de  $1877 \text{ g.kg}^{-1}$  e o S registrou  $1,52 \text{ g.kg}^{-1}$  na CE de  $4,0 \text{ dS.m}^{-1}$ . Fasolo et al. (2019) por sua vez utilizando diferentes concentrações de solução nutritiva no cultivo de orégano obteve na solução de Furlani a 100% os valores máximos de  $14,40$ ,  $10,20$  e  $2,96 \text{ g.kg}^{-1}$  para K, Ca e S nessa ordem.

Alguns trabalhos relativos a análise de nutrientes em rúculas foram encontrados entre eles o de Cavarianni et al. (2008) que verificou o teor na plantas afetadas por diferentes concentrações de N na solução nutritiva, estes autores verificaram que tanto o K quanto o S tiveram os maiores valores na menor concentração estudada, sendo estes valores de  $50,88$  e  $4,78 \text{ g.kg}^{-1}$ , já o Ca apresentou na maior concentração um valor máximo de  $24,49 \text{ g.kg}^{-1}$ . Os valores do presente trabalho superam os valores encontrados na literatura para K e S, o Ca por sua vez apresenta valores menores.

Os dados relativos ao teor de Mg pode ser observado na figura 17, para o primeiro ciclo (17A) a média entre os tratamentos foi de 5,10 g.kg<sup>-1</sup>. No segundo ciclo (17B) por sua vez o teor que melhor se ajustou foi o modelo quadrático, a medida em que a concentração aumenta existe uma redução linear por incremento de CE, encontrando um valor mínimo de 5,09 g.kg<sup>-1</sup> na CE de 2,02 dS.m<sup>-1</sup> (100%).

Fasolo et al. (2019) e Luz et al. (2018) realizando estudo com produção hidropônica sob diferentes concentrações de solução nutritiva recomendada por Furlani (1999) com orégano e absinto, encontram o máximo teor de Mg de 3,56 g.kg<sup>-1</sup> (com 100% da concentração) e 3,5 g.kg<sup>-1</sup> (com 125% da solução), respectivamente. Barlas et al (2011) realizando um estudo com relação ao conteúdo mineral em rúcula, encontrou como valor mínimo de 3,3 g.kg<sup>-1</sup> e máximo de 7,9 g.kg<sup>-1</sup>. Os dados da presente pesquisam estão dentro da faixa determinada na literatura.

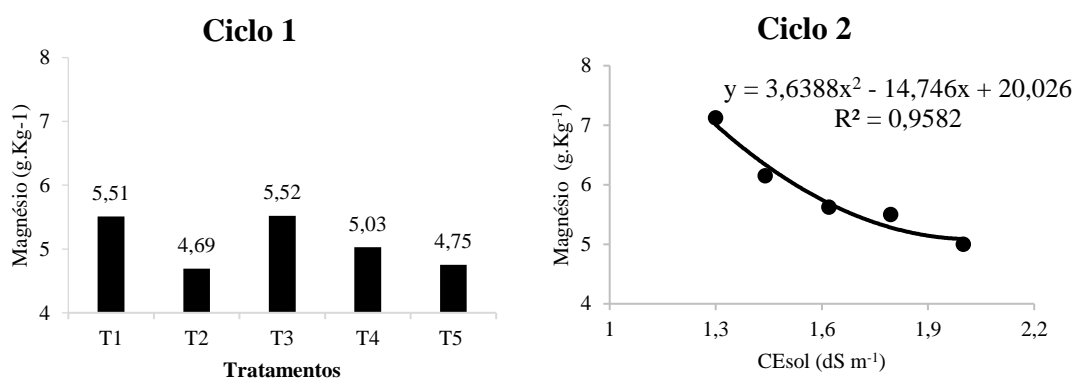


Figura 17. Concentração de Magnésio no ciclo 1 (A) e em função da condutividade elétrica da solução no ciclo 2 (B) na cv. “Cultivada”, sob níveis de diluição da solução nutritiva e diferentes equipamentos na aplicação desta solução.

## 5 CONCLUSÕES

A diluição de 88,56 % encontrado no ciclo 2 se mostra a mais adequada do ponto de vista comercial, obtendo um potencial máximo com relação a produção, utilizando uma menor quantidade de insumos.

O RFIH não favoreceu melhores desenvolvimentos dos parâmetros analisados mas foi capaz de realizar as funções a ele determinada e de produzir a cultura nas condições estudadas.

## REFERÊNCIAS

- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142p.
- ALMEIDA, J.; SANTOS, C. A. C.; SANTOS, A.R.; PEIXOTO, C. P.; SANTOS, J. M. S. Avaliação do desenvolvimento da rúcula em cultivo hidropônico submetido a diferentes níveis de pH. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.7, n.13, p. 20-26, 2011.
- ALBERONI, R. B. **Hidroponia: Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo – alface, rabanete, rúcula, almeirão, chicória, agrião**. São Paulo: Nobel, 1998. 102p.
- BARLAS, N. T.; TEPECIK, M. E. I. M. Mineral content of the rocket plant (*Eruca sativa*). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 14080-14082, 2011.
- BATES LS; WALDREN RP; TEARE ID. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p 205-207,1973.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise do crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 44 p.
- BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Métodos em análises químicas de plantas**. Recife: Editora UFRPE, 2004. 148p.
- BEZERRA NETO, E.B; BARRETO, L.P. As Técnicas De Hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 8 e 9, p.107-137,2012.
- BONFIM-SILVA, E. M.; CLAÚDIO, A. A.; LIMA BAR, C. S. L.; SANTO, E. S. E.; PACHECO, A. B. Nitrogênio na produção, índice de clorofila e uso de água no cultivo de rúcula. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11 n.21, 2015.
- CAMPOS JÚNIOR, J. E. et al. Rocket production in a low cost hydroponic system using brackish water. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.31, n.04, p.1008-1016, 2018.
- CARDOSO RR; LUZ JMQ; CAMILO JS; SILVA MAD; ALMEIDA RF. Produção hidropônica de *Artemisia absinthium* em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p.1248-1255, 2010.
- CAVARIANNI, R. L.; FILHO, A. B. C.; CAZETTA, J. O.; MAY, A.; CORRADI, M. M. Nutrient contents and production of rocket as affected by nitrogen concentrations in the nutritive solution. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n. 6, p.652-658, 2008.
- CORDEIRO, J. X.; NETO, J. S. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, F. A.T.; MIRANDA, F. A. C.; OLIVEIRA, F. A. Cultivo de rúcula em fibra de coco utilizando solução nutritiva salinizada enriquecida com nitrato de potássio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v.13, n.1, p. 3212 - 3225, 2019.
- CUBA, R. S. **Cultivo hidropônico de alface com água de reúso**. 2015. 56f. Dissertação

(Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Espécie rúcula ou pinchão**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortaliza-nao-e-so-salada/rucula>. Acesso em: 31 jan. 2019. [s.l.], [s.n.].

FASOLO, D.; PAULUS, D.; BITENCOURT, A. C.; LOTICI, A. H. Crescimento e teor de nutrientes de orégano cultivado sob diferentes concentrações de soluções nutritivas em hidroponia. **Ensaio nas ciências agrárias e ambientais**, [s.l.] v. 3, p. 74-80, 2019.

FERNANDES, A. L. T.; NOUEIRA, M. A. S.; RABELO, P. V. Efeito das mudanças climáticas na agricultura - Escassez e qualidade da água no século 21. **Informes Agropecuário**, Belo Horizonte, V. 29, n. 246, p. 86 – 101. 2008.

FRAVET, A. M. M. F., CRUZ, R. L. Qualidade da água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 2, p.144-155. 2007.

FREITAS, E. M.; GIOVANELLI, L. B.; DELAZARI, F. T.; SANTOS, M. L.; PEREIRA, S. B.; SILVA, D. J. H. Arugula production as a function of irrigation depths and potassium fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.3, p.197-202, 2017.

FURLANI, P.R. Hydroponic vegetable production in Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 481, p. 777-778, 1999.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 894-904, 2010.

GENUNCIO GC; SILVA RAC; SÁ NM; MARY W; ZONTA E. Produtividade de rúcula hidropônica cultivada em diferentes épocas e vazões de solução nutritiva. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n.4, p.605-608, 2011.

GRANGEIRO, L.C.; OLIVEIRA, F.; NEGREIROS, M.; MARROCOS, S.; LUCENA, R.; OLIVEIRA, R. Crescimento e acúmulo de nutrientes em coentro e rúcula. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n.1, p.11–16, 2011.

HNILIČKOVÁ H.; HNILIČKA F.; MARTINKOVÁ J.; KRAUS K. Effects of salt stress on water status, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of rocket. **Plant Soil Environment**, Praha 1, v.63, n.8, p 362–367, 2017.

JESUS, E. G.; FATIMA, R. T.; GUERRERO, A. C.; ARAÚJO, J. L.; BRITO, M. E. B. B. Growth and gas exchanges of arugula plants under silicon fertilization and water restriction. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.22, n.2, p.119-124, 2018.

JESUS, E. G.; FATIMA, R. T.; GUERRERO, A. C.; BRITO, M. E. B.; ROCHA, J. L. A.; LIMA, A. S.; DA SILVA, I. J.; COSTA, C. C. Growth and Gas Exchanges of Arugula under Phosphate Fertilisation and Irrigation Depths. **Journal of Experimental Agriculture**



**International**, London, v. 29, n.1, p. 1-8, 2019.

LACERDA, F. H. D.; MACEDO, E. C. F.; FORTUNATO, T. C. S.; MEDEIROS, J. E.; JÚNIOR, J. E. C. Substrato e concentração de nutrientes na solução nutritiva na produção de couve manteiga. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 7, n. 4, p. 51-58, 2012.

LIRA, R. M.; FRANÇA E SILVA, E. F.; SILVA, A. L.; MEDEIROS, P. R. F.; SILVA, G. F.; RAMALHO E SOARES, H. Watercress and Chinese Cabbage in a hidroponic system using groundwater. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 1038, 2019.

LUZ, G. L. **Frequência de irrigação do cultivo hidropônico da alface**. 2008. 60f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

LUZ, J. M. Q.; OLIVEIRA, R. C.; AGUILAR, A. S.; SANTOS, T. N. Cultivo de Artemisia absinthium L. sob concentrações de solução nutritiva em hidroponia. **Revista Agroambiental**, Pouso Alegre, v. 10, n. 1, p.117-127, 2018.

LUZ, J. M. Q.; COSTA, C. C.; GUERRA, G. M. P.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L. Efeito da variação da solução nutritiva no cultivo hidropônico de rúcula. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.6, n.3, p.76-82, 2011.

LUZ, J. M. Q.; ANDRADE, L. V.; DIAS, F. F.; SILVA, M. A. D.; HABER, L. L.; OLIVEIRA, R.C. Produção hidropônica de coentro e salsa crespa sob concentrações de solução nutritiva e posições das plantas nos perfis hidropônicos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 589-597, 2012.

LUZ, Q. M. J.; SILVA, M. A. D. ; HABER, A. C. I. ;DORO, L. F. A. Cultivo hidropônico de chicórias lisa e crespa e almeirão em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 610-616, 2009

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: Editora UFV, 2009. 328 p

MARTINEZ, H. E. P; BRACCINI, M. C. L. LUCCAE BRACINI, A. Cultivo Hidropônico do Tomateiro (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). **Revista UNIMAR**, Maringá, v.19, n.3, p.721-740, 1997.

MARTINEZ, H. P.; CLEMENTE, J. M. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: Editora UFV, 2011, 76 p.

MATTOS, K.M.C; ANGELOCCI, L. R.; FURLANI, P.R.; NOGUEIRA, M.C.S. Temperatura do ar no Interior do Canal de Cultivo e Crescimento da Alface em Função do Material de Cobertura da Mesa de Cultivo Hidropônico-NFT. **Bragantia**, Campinas, v.60, n.3, p.253-260, 2001.

MEDEIROS, M. C. L.; MEDEIROS, D. C.; LIBERALINO FILHO, J. Adubação foliar na cultura da rúcula em diferentes substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 2, n.2, p. 158-161, 2007.

MENEGAES, J. F.; FILIPETTO, J. E.; RODRIGUES, A. M.; SANTOS, O. S. Produção Sustentável de Alimentos em Cultivo Hidropônico. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v.14, n.3, p.112- 116, 2015.

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura da rúcula. Piracicaba**: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998. 19p.

MONTENEGRO, A.A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H R. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2012. Cap.1, p. 2 -27.

MOTA, S. Água: Controle do desperdício e Reuso. In: HOFMEISTER, W. **Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido**. Fortaleza: KAS, 2002. Cap. 4, p. 53 –68.

MUNIZ, D. H. F. **Proposição de um índice de Qualidade de água para irrigação com base no monitoramento e caracterização de águas superficiais em ambientes rurais do Cerrado**. 2014. 67f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural) – Faculdade UNB de Planaltina, Universidade de Brasília, Planaltina – DF, 2014.

NOBOA, C. S.; RAVAGNANI, C. A.; SANTOS, C. P.; OLIVEIRA, B. C.; FERNANDES, N. VERRUMA-BERNADI, M. R.; CESAR, F. Produção hidropônica e análise sensorial de couve-de-folhas na forma de maço de plantas jovens. **Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente**, São Carlos, v. 9, n., p.1-9, 2019.

OLIVEIRA, F. A.; SOUZA NETA, M. L. ; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. T.; MARTINS, D. C.; COSTA, J. P. B. M. Production of coriander in substrate fertigated with increasing nutrient concentrations. **Revista ciências Agrárias**, Manaus, v. 59, n. 3, p. 275-279, 2016.

OLIVEIRA, F. A.; SOUZA NETA, ML; SILVA, RT; SOUZA, AAT; OLIVEIRA, MKT; MEDEIROS, JF. Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades. **Revista Agro Ambiental**, Barreras, v. 7, p 170-178.2013

OLIVEIRA, M. da R.; BORSATO, A, V.. Análise Nutricional de Hortaliças Produzidas em Propriedade em Transição Agroecológica no Assentamento 72, Ladário-MS. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados-MS, v. 11, n. 2, p.1-11, 2017.

PILLAU, F. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BIANCHI, C.; CARON, B. O.; BONNECARRÈRE, R. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 237-244, 2002

PORTO, R. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SOUZA, D. S. M.; CORDOVA, N. R. M.; POLYZEL, A. C.; SILVA, T. J. A. Adubação potássica em plantas de rúcula: Produção e eficiência no uso da água. **Revista Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v.7, p.28-35, 2013

PURQUERIO, L. F. V. **Crescimento, produção e qualidade de rúcula (Eruca sativa Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio**. 2005. 138f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005.

PURQUEIRO, L. F. V. DEMANT L. A. R; GOTO R; VILLAS B. O. A. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.25, p. 464-470, 2007.

RESH, H. M. **Cultivos hidroponicos: nuevas tecnicas de produccion**. 4.ed. Madrid : Mundi-Prensa, 1992. 509p.

REYES, R.; MANUEL, S. **Aplicação foliar de zinco na biofortificação de rúcula**. 2017. 40f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2017.

REYES, S. M. R.; FILHO, A. B. C.; AGUILAR, M. A. L.; SILVA, P. H. S. Foliar application of zinc in the agronomic biofortification of arugula. **Food Science and Technology**, Campinas, v.39 n.4, p.1011-1017, 2019.

SALLES, J.S.; STEINER, F.; ABAKER, J.E.P.; FERREIRA, T.S.; MARTINS, G.L.M. Resposta da rúcula à adubação orgânica com diferentes compostos orgânicos. **Journal Neotropical Agriculture**, Cassilândia, v. 4, n.2, p. 35-40, 2017.

SANCHEZ, S. V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

SANTOS, A. N. **Rendimento e avaliação nutricional do cultivo hidropônico de alface (*Lactuca sativa* L.) em sistema NFT no semi-árido brasileiro utilizando águas salobras**. 2009. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; FERNANDES, C. S.; MIRANDA, J. H. Cultivo da rúcula em substrato de fibra de coco sob solução nutritiva salina. **Revista de Ciências Agrônômicas**, Ilha Solteira, v. 27, n. 1, p. 12-21, 2018.

SANTOS, O. S.; SCHMIDT, D.; NOGUEIRAFILHO, H.; LONDERO, F.A. **Cultivos sem solo – Hidroponia**. Santa Maria: UFSM, 2002. 107p.

SANTOS, R. S. S.; DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S. Uso de águas salobras na produção de rúcula cultivada em substrato de fibra de coco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.25, n.1, p.113- 118, 2012.

SCHRÖDER F.G.; LIETH, J.H. Irrigation control in hydroponics. In: SAVVAS, D.; PASSAM H. (Eds). **Hydroponic production of vegetables and ornamentals**. Athens: Embryo Publishing, pp 265–296, 2002.

SEDIYAMA, M. A. N.; SALGADO, L. T.; PINTO, C. L. O. Rúcula (*Erucasativa*). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p.683–686.

SILVA, A.O.; SOARES, T. M.; SILVA, Ê. F. F.; SANTOS, A. N.; KLAR, A. E. Consumo

hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim- PE. **Irriga**, Botucatu, v.17, p.114-125, 2012.

SILVA, F. C. (editor). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2009. 627p.

SILVA, A. O.; GONÇALVES, F. R. F.; SANTOS, J. S. G.; ALBIEIRO, D. **Regulador de frequência de irrigação hidropônico**. Depositante: Universidade Federal do Ceará. Procurador: Alexsandro Oliveira da Silva. BR 102018069129-5 A2. Depósito: 20/09/2018. Concessão: 31 de março de 2020.[s.l.],[s.n.].

SILVA, J. K. M.; OLIVEIRA, F. A.; MARACAJÁ, P. B.; FREITAS, R. S.; MESQUITA, L. X. Efeito da salinidade e adubos orgânicos no desenvolvimento da rúcula. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n.5, p. 30-35, 2008.

SILVA, J.B.C.; MACHADO, C.A.N; MONTEIRO, J. G. Sistema auxiliar de bombeamento de solução nutritiva em cultivos hidropônicos de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, n.3, p.364-369, 2010.

SILVA, M. G. DA; SOARES, T. M.; GHEYI, H. R.; OLIVEIRA, I. DE S.; SILVA FILHO, J. A. DA; CARMO, F. F. DO. Frequency of recirculation of the nutrient solution in the hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.20, n.5, p.447-454, 2016.

SILVA, F. V.; DUARTE, S. N.; LIMA, C. J. G. S.; DIAS, N. S.; SANTOS, R. S. S.; MEDEIROS, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n.3, p. 476-482, 2013.

SILVA, R. M. G.; GUIMARÃES, M. L. C.; PAIVA, K. F.; SEVERO, P. J. S.; SANTOS, E. N.; MARCELINO, R. M. O. S.; DIAS, V. B.; ROCHA, J. L. A. Frações de nitrogênio no solo e na fitomassa foliar de berinjela e rúcula sob doses de nitrogênio associadas à extratos de Nim. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 9, p. 15896-15911, 2019.

SILVA, J. L.; SILVA, E. S. B.; KOLLESKA, L. Respostas produtivas de cultivares de rúcula em sistema hidropônico. **Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, Campo Mourão, v. 11, n. 1, p. 16-24, 2016.

SOARES, I. **Alface: Cultivo hidropônico**. Fortaleza: Editora UFC, 2002. 50p. (Série Didática, 7).

SOARES, T. M.; SILVA, Ê. F. F.; DUARTE, S. N.; MELO, R. F.; JORGE, C. A.; SILVA, E. M. B. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n.2, p. 235-248, 2007.

SOARES, H. R.; FRANÇA E SILVA, E. F.; SILVA, G. F.; LIRA, R. M.; BEZERRA, R. R. Mineral nutrition of crisphead lettuce grown in a hydroponic system with brackish water. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 3, p. 656 – 664, 2016

SOUZA, E. G. F. **Produtividade e rentabilidade de rúcula adubada com espécie espontânea, em duas épocas de cultivo**. 2014. 61f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014.

SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, R. T.; SOUZA, A. A. T.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Efeitos da salinidade sobre o desenvolvimento de rúcula cultivada em diferentes substratos hidropônicos Ronimeire. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 7, n. 2, p. 154-161, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 5.ed. 2013. 918p.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC. 1992. 8p. (Boletim técnico 146).

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, v.22, p.7-16,2008.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil**: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76p.

UMEZU, C. K. **Sistema de controle de um equipamento de formulação de dosagem e aplicação de fertilizantes sólidos a taxas variáveis**. 2003. 171f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

VASCONCELOS, L. S. B. ;NETO, E. B.; NASCIMENTO, C. W. A.;BARRETO, L. P. Desenvolvimento de plantas de coentro em função da força iônica da solução nutritiva. **Pesquisa agropecuária pernambucana**, Recife, v. 19, n. 1, p. 11-19, 2014.

ZANELLA, F.; LIMA, A. L. S.; SILVA JÚNIOR, F. F.; MACIEL, S. P. A. Crescimento de alface hidropônica sob diferentes intervalos de irrigação. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 366-370, 2008.

## ANEXO A – REGULADOR DE FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO HIDROPÔNICO



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102018069129-5 A2



(22) Data do Depósito: 20/09/2018

(43) Data da Publicação Nacional: 31/03/2020

(54) Título: REGULADOR DE FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO HIDROPÔNICO

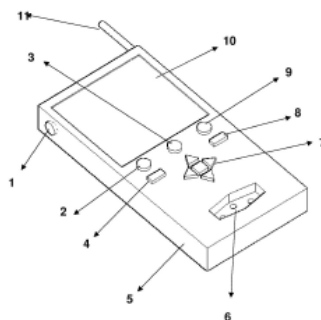
(51) Int. Cl.: A01G 25/16; A01G 31/02.

(52) CPC: A01G 25/16; A01G 31/02.

(71) Depositante(es): UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ.

(72) Inventor(es): ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA; FLAVIO ROBERTO DE FREITAS GONÇALVES; JENYFFER DA SILVA GOMES SANTOS; DANIEL ALBIERO.

(57) Resumo: A hidroponia é uma técnica conhecida por cultivar plantas sem a presença de solo, logo as raízes recebem diretamente uma solução nutritiva balanceada que contém água e os nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento específico de cada cultura, dentre as técnicas hidropônicas a mais utilizada no Brasil é a NFT (Nutrient Film Technique), onde as plantas são cultivadas tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaleta, onde existirá a depender da irrigação um fluxo constante da solução nutritiva. O pedido de patente de invenção apresentado refere-se a um regulador de frequência de irrigação hidropônico. A mesma foi desenvolvida para preencher a necessidade de equipamentos que realizem a alteração de frequência nas irrigações de sistemas hidropônicos, de maneira a fornecer uma maior eficiência do uso da água e reduzir a pegada energética do sistema. Compreende um dispositivo que realiza a modificação da periodicidade da irrigação baseada tanto na temperatura ambiente como na temperatura ideal de cultivo da planta que esteja sendo utilizada. Este medirá a temperatura ambiente e a partir de sua base de dados irá gerir e corrigir automaticamente a frequência com que a solução nutritiva é disposta para as plantas através de uma placa (...).



## **“REGULADOR DE FREQUÊNCIA DE IRRIGAÇÃO HIDROPÔNICO”**

### **CAMPO DA INVENÇÃO**

[001] O pedido de patente de invenção apresentado, refere-se a um regulador de frequência de irrigação hidropônico. A mesma foi desenvolvida para suprir a necessidade de equipamentos que realizem a alteração de frequência nas irrigações de sistemas hidropônicos, de maneira a fornecer uma maior eficiência do uso da água e reduzir a pegada energética do sistema.

[002] A hidroponia é uma técnica conhecida por cultivar plantas sem a presença de solo ou outro substrato como fonte de nutrientes para a planta, logo as raízes recebem diretamente uma solução nutritiva balanceada onde a água é a portadora dos nutrientes, sendo esta uma mistura ideal de macro e micro-elementos essenciais para satisfazer todas as necessidades das plantas, como o crescimento, desenvolvimento e processos fisiológicos específicos de cada cultura. Podendo esta técnica ser utilizada desde pequenos cultivos domésticos até a grandes explorações comerciais. Existem diversos sistemas hidropônicos utilizados em todo o mundo, eles diferem entre si pela maneira em que a solução nutritiva entra em contato com as raízes. Desta maneira, de uma forma prática para se ter um conjunto hidropônico, se faz necessário um reservatório para o armazenamento da solução nutritiva, uma estrutura que sirva de sustentação para a planta e um meio de contato entre a solução nutritiva e as raízes das plantas.

[003] Dentre as técnicas hidropônicas a mais utilizada no Brasil é a NFT (Nutrient Film Technique), onde as plantas são cultivadas tendo o seu sistema radicular dentro de um canal ou canaleta, onde existirá a depender da irrigação um fluxo constante da solução nutritiva. Este sistema possui um reservatório para armazenar a solução nutritiva que será consumida pela planta, a solução nutritiva é bombeada do reservatório para a parte superior da bancada de cultivo passando pelos canais e recolhida, na parte inferior do leito, retornando ao tanque. O armazenamento, recalque e drenagem da solução nutritiva é feito pelo sistema

hidráulico, o qual é composto por um ou mais reservatórios de solução, do conjunto moto-bomba e dos encanamentos e registros.

[004] Dois fatores externos de grande significância no crescimento e desenvolvimento da planta são a temperatura e umidade relativa do ar. Os processos vitais da planta como a transpiração e fotossíntese são dependentes dos níveis de temperatura, umidade e circulação de ar de maneira adequada. A temperatura e umidade ideais de cultivo irão depender da espécie de planta utilizada. Quantidades elevadas desses dois fatores são ainda favoráveis ao aparecimento de pragas. Quando se aumenta a circulação de ar se têm uma redução a condensação prevenindo assim esse problema.

[005] A necessidade de uma correta frequência de irrigação se faz necessária para que além de uma efetiva produção se tenha uma boa aplicação da água utilizada e correto consumo de energia elétrica. O correto intervalo entre irrigações tem a intenção de reduzir no âmbito economicosocial os gastos sem que a produção das culturas seja prejudicada. Cada cultura tem uma temperatura ideal de cultivo e esta influencia diretamente no comportamento das frequências de irrigação.

[006] O objetivo desta patente é desenvolver um equipamento regulador de frequência de irrigação hidropônico, que utiliza a temperatura ambiente comparada com a temperatura ideal de cultivo da cultura para gerar frequências de irrigações específicas, possibilitando ainda a compilação de dados como pelo menos pressão de vapor, umidade relativa do ar e deficit de pressão de vapor gerados pelo equipamento.

## **FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO**

[007] O pilar para o uso racional, sustentável e econômico da água na agricultura, é a utilização de técnicas que consigam que consigam produzir alimentos com qualidade e ofereçam uma eficiência no uso da água. A hidroponia aparece como uma solução viável para a utilização da água de maneira coerente e efetiva.

[008] O cultivo hidropônico consiste em um conjunto de técnicas de



cultivo de plantas sem uso do solo, de forma que os nutrientes minerais essenciais são fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva balanceada para atender as necessidades nutricionais das mesmas. (NETO & BARRETO, 2011). Ela condiz com a realidade de diversas regiões e climas do mundo visto que tem maior e constante disponibilidade de água nos diversos tipos de sistemas hidropônicos para as plantas, devido a tolerância das plantas em muitos aspectos serem maior em cultivos hidropônicos que em sistemas convencionais baseados no solo e à pouca ou inexistente contribuição do potencial mátrico sobre o potencial total da água, devendo isto representar uma maior absorção de água e nutrientes pelas plantas (SOARES et al. (2007); DANTAS, 2012).

[009] O cultivo sem solo, particularmente o sistema NFT, vem contribuir com as expectativas de sustentabilidade dos sistemas de produção por meio da atenuação do consumo de água, eficiência no uso de nutrientes e agrotóxicos (Sanchez, 2007). No sistema NFT (Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes), a solução nutritiva é bombeada aos canais de cultivo e por gravidade escoar, formando desta maneira uma lâmina de solução que irriga as raízes das plantas sustentadas em orifícios presentes nos canais de cultivo (FURLANI et al., 1999).

[010] A circulação da solução nutritiva é comandada por um sistema regulador de tempo, geralmente um programador horário-eletromecânico, sendo que a frequência dos ciclos de irrigação depende da natureza e do estágio de desenvolvimento das plantas, das condições meteorológicas (estufas) – particularmente a densidade de fluxo da radiação solar global incidente, a temperatura do ar, do meio de cultivo e do déficit de pressão de vapor (LUZ, 2008). A frequência dos ciclos necessita ser suficiente para impedir qualquer déficit de água nas plantas entre os ciclos, contudo, esses têm que ser suficientemente espaçados para proporcionar adequada drenagem do meio, de forma que haja apropriada oxigenação das raízes das plantas (RESH, 1997).

[011] Logo é notória a necessidade da criação de inovações para facilitar o processo de irrigação em hidroponia, de forma a tornar o processo de frequência de irrigação mais viável e preciso. As diversas patentes existentes no estado da técnica no presente momento que existem e que podem ser relacionadas aos fundamentos desta invenção são apresentadas a baixo, sendo estas discutidas

em contraposição aos conceitos da invenção proposta neste documento:

[012] A patente US2018199526, de 2018, trata-se de um aparelho para produção de plantas hidropônicas que compreende um espaço de produção de plantas e um sistema de irrigação, onde o espaço de produção da planta é cercado por uma pluralidade de superfícies, as colunas de furos podem ser feitas através de uma ou mais superfícies e tantos os furos de uma coluna com os furos de uma coluna adjacente são dispostos de maneira escalonada. O aparelho pode também incluir uma tampa e uma estrutura de suporte. A tampa e a estrutura de suporte são fixadas com as superfícies através do mecanismo de fixação, o que melhora a estabilidade do aparelho. A presente invenção em nada se assemelha com a proposta aqui apresentada, visto que a mesma se trata de um regulador de frequência de irrigação hidropônico, o qual possui um termômetro acoplado que permite verificar a temperatura ambiente e com base em dados fornecidos para uma placa programadora, permite conhecer e regular automaticamente a frequência de irrigação aplicada a uma determinada cultura em sistema hidropônico, como por exemplo as hortaliças.

[013] A patente de invenção WO2018115557, de 2018, refere-se a um sistema de irrigação para culturas hidropônicas, do tipo usado em tanques de cultivo contendo uma solução nutritiva, e que é formado por uma grade parcialmente submersa na solução nutritiva do tanque de crescimento, a grade sendo formada por canais retos separados uns dos outros por células adjacentes nas quais as plantas ao crescer estão dispostas, estando as referidas células ligadas aos canais e/ou entre si, os canais tendo uma seção transversal na forma de um U invertido. O sistema compreende pelo menos um emissor de irrigação disposto num canal da rede, sendo o emissor configurado para emitir um volume de solução nutritiva que estará contida no tanque ou na superfície do mesmo. Essa patente em nada se assemelha com a patente ora proposta, uma vez que esta, trata-se de um regulador de frequência de irrigação hidropônico, constituído por um temporizador que oferecerá as frequências de irrigação com base na temperatura detectada no ambiente através de um termômetro a ele acoplado em comparação com a temperatura de cultivo de uma determinada cultura, essa frequência será realizada através da placa programadora que receberá os dados referente a cultura utilizada, conforme varia a temperatura a frequência de irrigação pode ou não variar a depender dos comandos inseridos no

equipamento.

[014] A patente US2018035626, de 2018, trata-se de um sistema de irrigação hidropônico que reduz o tempo gasto circulando ativamente uma solução nutritiva através de um ou mais leitos de crescimento para fornecer um ciclo de irrigação de vazante e fluxo. A solução nutritiva é bombeada de um tanque de nutrientes para cada leito de crescimento através de uma unidade de transporte de líquido, com um tubo de líquido conectado a uma bomba localizada no tanque de nutrientes em uma extremidade e com a outra extremidade ancorada no meio de cultivo no leito de crescimento. Um controlador coordena a operação das bombas, operando seletivamente cada bomba para fornecer solução nutritiva até que o leito de cultivo esteja saturado a uma profundidade específica, em seguida a bomba devolve o nutriente ao tanque, seja passivamente por gravidade ou bombeando ativamente, para drenar a solução nutritiva do leito de crescimento de volta ao tanque de nutrientes. As bombas podem ser ativadas sequencialmente, com a sequência iniciada em intervalos de tempo selecionados para atender às plantas que estão sendo cultivadas. Essa patente em nada se assemelha à patente ora proposta, posto que esta, refere-se a um regulador de frequência automático para irrigação em sistema hidropônico, o qual através de uma placa programadora e um temporizador, receberá os dados de temperatura ideal de cultivo de uma determinada cultura e irá variar a frequência de irrigação do sistema, com base num termômetro que indicará a temperatura a ambiente.

[015] A patente AU2016406794, de 2016, refere-se simplesmente a um novo substrato para cultivo hidropônico, consistindo de uma estrutura reticular tridimensional que é elasticamente compressível, com células vazias delimitadas por fios feitos de polímero ou qualquer outro material que seja quimicamente inerte, hidrofóbico ou fracamente hidrofílico. O substrato que consiste numa rede feita de fios em polietileno comprimido num recipiente equipado com um sistema de irrigação e com um suporte onde as plantas são inseridas. O sistema é um ciclo fechado em que a solução armazenada é recirculada. Essa patente em nada se relaciona com a patente ora proposta, posto que esta, refere-se um regulador de frequência de irrigação hidropônico, o qual possui um temporizador digital com pelo menos um termômetro acoplado permitindo a verificação da temperatura ambiente e

relacionando-a com dados fornecidos a uma placa programadora interna, possibilitando analisar e controlar de maneira automática a frequência de irrigação aplicada em sistema hidropônico a uma determinada cultura, como por exemplo as hortaliças. Os dados de temperatura ambiente e das alterações de frequências realizadas pelo equipamento ficarão registradas em pelo menos um cartão de memória que será inserido no equipamento.

[016] A patente PI 0604558-8 A, de 2006, refere-se a um aparelho modular formado por uma pluralidade de recipientes, estruturas, máquinas e canais, agrupados em diversos sistemas de cooperação para o cultivo de plantas usando uma técnica de cultura hidropônica vertical do tipo de irrigação por gotejamento. Cada módulo é caracterizado por agrupar uma pluralidade de colunas de irrigação em torno de uma estrutura central, formando uma torre que suporta a colheita acima do nível do chão e permite que frutos pesados sejam retidos de modo a aliviar o stress das plantas. Cada coluna de irrigação da torre é formada por empilhamento de recipientes que recebem e sustentam os vasos onde as plantas são semeadas, além de orientar a solução nutritiva dentro da coluna, garantindo que todos os vasos sejam irrigados mesmo quando parte do corpo está fora da coluna. Este modelo compartilha o recurso hídrico entre todas as colunas de todas as torres, formando um único sistema de irrigação para toda a cultura, onde o operador pode utilizar técnicas hidropônicas, como a técnica de nutrientes ou descarga no substrato, com alimentação manual e alimentação automatizada. A presente invenção em nada se assemelha com a proposta apresentada, pois esta refere-se a um regulador de frequência de irrigação hidropônico, com a finalidade de analisar e controlar automaticamente a frequência de irrigação em hidroponia, para uma cultura específica, como as hortaliças. Essa regulação será realizada a partir dos dados fornecidos para o equipamento sobre a cultura, dados de temperatura ambiente fornecidos por pelo menos um termômetro acoplado ao equipamento, uma placa programadora a qual dará os comandos para o temporizador. O registro das informações de alteração de frequência e temperatura ambiente serão feitos em um cartão de memória inserido no equipamento.

[017] A patente MU 7401994-5 U, de 1994, refere-se a um dispositivo portátil com irrigação automática, que consiste de uma armação ou expositor, confeccionado em aço ou de qualquer outro material apropriado, tendo por

objetivo formar jardins ou hortas modulares e portáteis, caracterizado pelo fato de conter uma armação de sustentação da caixa d'água, que por gravidade, através de tubulações distribua o volume de água apropriado as culturas, nos caixotes ligados aos mais próximos em nível inferior, com tubos coletores de água, que desembocará a água excedente a um tanque e através de uma bomba d'água, a mesma voltará a caixa d'água de origem. Essa patente em nada se assemelha com a patente ora proposta, uma vez que esta, trata-se de um regulador de frequência de irrigação hidropônico, composto por um temporizador que oferecerá as frequências de irrigação baseadas na temperatura medida no ambiente por meio de um termômetro a ele conectado de frente a temperatura ideal de cultivo de uma determinada cultura, sendo realizada essa frequência por meio de uma placa programadora, esta receberá os dados sobre a cultura utilizada. Os dados registrados pelo equipamento ficarão armazenados em um cartão de memória que será inserido no equipamento, por meio de, pelo menos, uma entrada para o mesmo.

[018] A patente MU 7502907-3 U2, de 1995, refere-se a um mecanismo eletrônico digital programável para irrigação automática de água, caracterizado pelo fato de compreender um relógio eletrônico adaptado, por meio de uma interligação, a uma bomba-d'água dotada de um relé de desligamento automático compreendendo ainda uma válvula eletromagnética de passagem e fechamento de água, acoplada a um timer individual, modelo este o qual visa suprir a necessidade de irrigação em duas etapas num mesmo dia. Particularmente útil para a irrigação de jardins, cultura de hortas, pomares e viveiros para formação de mudas que apresentam várias praças distantes uma das outras. Essa patente em nada se assemelha com a patente ora proposta, em consequência de que a mesma é um regulador de frequência de irrigação hidropônico, o qual contém um temporizador digital com, pelo menos, um termômetro agregado, que permitirá a averiguação da temperatura ambiente e sendo relacionada com dados fornecidos a uma placa programadora interna, que possibilita verificar e monitorar automaticamente a frequência de irrigação aplicada a uma determinada cultura como por exemplo as hortaliças, em sistema hidropônico. Ficarão registradas em, pelo menos, um cartão de memória que será inserido no equipamento os dados de temperatura ambiente e das alterações de frequências realizadas por este.

[019] A patente PI 9702588-7 A, de 1997, trata-se de uma célula de irrigação automática, que pode ser utilizada em diversos ramos do cultivo de plantas em geral, provendo a irrigação automática de solos em áreas abertas, ou mesmo em recipientes com terra para cultivo. Apresenta meios próprios para prover o controle de vazão, do volume necessário de água para um determinado tipo de cultivo. Pelas suas particularidades de projeto, mostra-se de uso simples e prático podendo ser utilizada de forma isolada, ou mesmo compondo sistemas de irrigação mais complexos. Destinada a servir como meio de irrigação de plantas em geral, é formada a partir de um bloco hidrocópio formada pela mistura de uma série de materiais, conta com uma mangueira, que conecta-se a uma meio de fornecimento, tal como tanque de armazenamento. Essa patente em nada se assemelha com a patente ora proposta, em virtude desta, trata-se de um regulador de frequência automático para irrigação em sistema hidropônico, este consiste de uma placa programadora a qual dará os comandos para modificação da frequência, um temporizador que receberá as informações da placa e fará o controle dessa frequência e, pelo menos, um termômetro o qual medirá a temperatura do ambiente.

[020] A patente BR 11 2016 011026 9 A2, de 2016, refere-se a um sistema de irrigação automática para múltiplos recipientes de planta, compreendendo um recipiente primário em uma primeira elevação e uma pluralidade de recipientes secundário em diferentes elevações conectados fluidicamente por meio de uma tubulação. O recipiente primário compreende uma capa externa primária que envolve um vaso de reservatório primário tendo uma porção superior expandida e uma porção inferior tubular, um pavio primário e vaso de cultivo primário. Cada um da pluralidade de recipientes secundários compreende uma capa externa secundária que envolve um vaso de reservatório secundário tendo uma porção superior expandida e uma porção inferior tubular um pavio secundário e um vaso de cultivo secundário. O diâmetro da porção inferior do vaso de reservatório primário e vaso de reservatório secundário é grandemente reduzido em comparação com o diâmetro da porção superior da mesma, daí permitindo um tempo de secagem substancialmente reduzido para uma pluralidade de recipientes de planta fluidicamente conectados em diferentes elevações. A presente invenção em nada se assemelha com a proposta aqui apresenta, visto que a mesma trata-se de um regulador de frequência de irrigação hidropônico, tendo como finalidade análise e controle automático da frequência de

irrigação em hidroponia, para uma determinada cultura, como as hortaliças. Sendo essa regulação feita por meio dos dados fornecidos ao equipamento sobre a cultura, dados de temperatura ambiente captados por pelo menos um termômetro interligado ao equipamento, um temporizador o qual recebe os comandos de uma placa programadora. As informações de alteração de frequência e temperatura ambiente serão realizados em um cartão de memória inserido no equipamento.

[021] A patente PI 0011228-3 A2, de 2000, refere-se a um sistema controlador de irrigação controlado por eletrônica automática. Consta de blocos de sistemas eletrônicos que se associam para efetuarem o correto comando de irrigação. A referida invenção consta de um bloco de comando eletrônico que aciona o quadro de comando eletrônico que é ligado ao quadro de comando e ao acelerador, que acionam o funcionamento do sistema após a abertura da válvula através do dispositivo de abertura de válvula. Ao sistema encontra-se instalado sensores de evaporação, de falta de água no sistema, de temperatura e de luminosidade, opcionalmente pode-se encontrar instalado ao equipamento a caixa de comando opcional e um gerador de energia que enviarão sinais ao quadro de comando. Essa invenção em nada se assemelha com a patente ora proposta, uma vez que a mesma, refere-se a um regulador de frequência de irrigação hidropônico, tendo em sua composição um temporizador que irá oferecer as frequências de irrigação que são baseadas na temperatura medida no ambiente por meio de um termômetro a ele conectado que é comparado a temperatura ideal de cultivo de cada cultura, essa frequência é feita através de uma placa programadora, que receberá anteriormente os dados sobre a cultura utilizada. Os dados registrados pelo equipamento ficarão armazenados em um cartão de memória que será inserido no equipamento.

### **BREVE DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

[022] Trata-se de um regulador de frequência de irrigação hidropônico, realizando a modificação da periodicidade da irrigação baseada tanto na temperatura ambiente como na temperatura ideal de cultivo da planta que esteja sendo utilizada. O regulador captará a temperatura ambiente e a partir dos dados previamente colocados nele, irá gerir e corrigir automaticamente a frequência com que

a solução nutritiva é disposta para as plantas através de uma placa programadora, sendo realizada essa frequência por meio de uma placa programadora, esta receberá os dados sobre a cultura utilizada. Os dados registrados pelo equipamento ficarão armazenados em um cartão de memória que será inserido no equipamento, por meio de, pelo menos, uma entrada para o mesmo.

[023] O sistema de regulação é composto por, pelo menos, um termômetro responsável por realizar o registro da temperatura ambiente, uma placa programadora que terá como função além da compilação de dados oferecidos pelo termômetro realizar o comando para o temporizador da modificação, acionamento ou desligamento da frequência de irrigação. Nesta será permitida programar que tipo de frequência o sistema terá quando estiver na temperatura ideal de cultivo da planta e com qual ficará quando a temperatura estiver acima ou abaixo da ideal, sendo registrada assim a forma mais efetiva de trabalho do sistema. O equipamento contará ainda com, pelo menos, um espaço para cartão SD para registro das informações de entrada e saída do sistema afim de permitir que se tenha uma análise temporal do comportamento do mesmo.

[024] Conhecendo os dados fornecidos termômetro a placa conseguirá oferecer dados como pressão de vapor, umidade relativa do ar, deficit de pressão de vapor, entre outros. Informações estas que virão a auxiliar para o comando das alterações nas frequências de irrigação do sistema, bem como ajudar a fazer uma maior análise do ambiente em que as plantas se encontram. As informações de temperatura e frequência atuais podem ser visualizadas na tela digital na parte dianteira do equipamento. Este deve ser conectado na tomada e já acoplado ao sistema de perfis hidropônicos.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

[025] Os desenhos nas figuras a seguir esquematizam o regulador de frequência de irrigação hidropônico.

[026] Para um melhor entendimento e compreensão do invento apresentado aqui como invenção com potencial contributivo para o âmbito agrícola de



regulação de irrigação em hidroponia, é realizada em seguida uma breve descrição de seus desenhos, realizando-se referências aos trabalhos produzidos no estado da técnica encontrados.

[027] Figura 01: O regulador de frequência de irrigação hidropônico é constituído por, botão de ativação (01), luzes sinalizadoras de abaixo da temperatura ideal (02), acima da temperatura ideal (03) e na temperatura ideal (09), botão de salvamentos de dados (04), botão reset (08), comando de dados (07), interruptor de conexão (06), visor de dados (10), termômetro de temperatura ambiente (11) e caixa armazenadora (05).

[028] Figura 02: Acoplados à caixa armazenadora estão o botão de ativação (01), o termômetro de temperatura ambiente(11) e a tomada de conexão (12).

[029] Figura 03: Para ativação com o sistema hidropônico se têm o interruptor de conexão (06),o termômetro de temperatura ambiente (11), conector para cartão de memória (13) e visor de dados (10).

## **DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO**

[030] De acordo com a presente invenção é proporcionado um regulador de frequência de irrigação hidropônico para realizar através da alteração da temperatura ambiente o ajuste de irrigação em hidroponia.

[032] Figura 01: Representação da vista geral do regulador de frequência de irrigação hidropônico, com seus principais sistemas, onde se têm a caixa armazenadora (05), em que nela estão acoplados o botão de ativação (01) responsável por ligar e desligar o equipamento, luzes sinalizadoras as quais ascenderão a cor azul quando a temperatura ambiente for abaixo da ideal (02), coloração vermelha para acima da temperatura ideal (03) e coloração verde quando a temperatura ambiente atingir a faixa ideal da cultura que estiver sendo utilizada (09), botão de salvamentos de dados (04) o qual é responsável por salvar os dados de um momento específico, botão reset (08) para finalização de salvamento de dados no cartão e reinicialização do sistema para uma próxima análise, comando de dados (07)

que são os botões responsáveis por inserir os dados de informações da cultura a ser utilizada, interruptor de conexão (06) responsável por conectar o sistema elétrico do sistema hidropônico ao equipamento, visor de dados (10) o qual tem como objetivo permitir visualizar todos os dados que serão salvos e registrados no sistema, termômetro de temperatura ambiente (11) o qual é responsável por registrar a temperatura ambiente e enviar os dados para a placa programadora.

[033] Figura 02: Retrata a visão traseira do regulador de frequência de irrigação hidropônico, onde se pode observar que a partir do acionamento do botão de ativação (01), o sistema inicia seu registro de dados de temperatura através do termômetro de temperatura ambiente(11) e a tomada de conexão (12) serve tanto para manter o equipamento ativado direto na rede elétrica como para realizar o carregamento de sua bateria interna.

[034] Figura 03: Representa o interruptor de conexão (06), que é responsável pela conexão do equipamento com o sistema hidropônico, o termômetro de temperatura ambiente (11) o qual irá fazer registros de temperatura enviando dados quando esta sair da ideal da cultura que estiver sendo utilizada, conector para cartão de memória (13) o qual permite a colação do cartão de memória para registro dos dados do sistema e visor de dados (10) o qual irá sinalizar desde a cultura que esta sendo utiliza, como seus dados de limite de temperatura e a atual frequência de irrigação que esteja sendo utilizada.

## REIVINDICAÇÕES

1. O regulador de frequência de irrigação hidropônico permite uma eficiente utilização do sistema elétrico e eficiência do uso da água em hidroponia desta forma fazendo com que se possa realizar uma frequência de irrigação relacionada com a real demanda da cultura baseada em sua temperatura ideal de cultivo é constituído em sua integridade pelas seguintes partes que garantem seu perfeito funcionamento **caracterizado por**
2. Sistema geral constituído pela caixa armazenadora (1) responsável por constituir todas as peças do equipamento termômetro de temperatura ambiente (12) que por sua vez tem a função de captar e enviar os dados de temperaturas que serão visualizados no visor de dados o qual ira expor tanto os dados de armazenamento com os dados registrados no sistema
3. Sistema de Controle de dados constituído pelo comando de dados (08) que são os botões responsáveis por inserir os dados de informações da cultura a ser utilizada luzes sinalizadoras as quais ascenderão a cor azul (02) vermelha (03) e verde (10) quando as temperaturas registradas pelo termômetro estiverem abaixo acima e na temperatura ideal de cultivo respectivamente, além do botão de salvamentos de dados (04) o qual irá salvar os dados de um momento específico e do botão reset (08) para finalização de salvamento de dados no cartão e reinicialização do sistema para uma próxima análise e conector para cartão de memória (13) o qual permite a colação do cartão de memória para registro dos dados do sistema
4. Sistema de Acionamento constituído por botão de ativação (01) o qual inicia o equipamento a tomada de conexão (12) que serve

tanto para manter o equipamento ativado direto na rede elétrica como para realizar o carregamento de sua bateria interna, interruptor de conexão (06) que é responsável pela conexão do equipamento com o sistema hidropônico

5. O regulador de frequência de irrigação hidropônico que irá variar a periodicidade do sistema de irrigação em hidroponia compreende um sistema geral constituído de uma caixa armazenadora (1) que constitui todas as peças do equipamento e o termômetro de temperatura ambiente (12)
6. O regulador de frequência de irrigação hidropônico o qual oferecerá variação na regularidade de irrigação de um sistema hidropônico possui pelo menos um sistema de controle de dados constituído pelo comando de dados (08) que são responsáveis por inserir os dados de informações da cultura a ser utilizada, luzes sinalizadoras as quais ascenderão a cor azul (02) vermelha (03) e verde (10) ainda botão de salvamentos de dados (04) botão reset (08) e pelo menos um conector para cartão de memória (13) o qual permite que os dados sejam armazenados
7. O regulador de frequência de irrigação hidropônico para regulagem de sistema de irrigação compreende um sistema de acionamento que possui botão de ativação (01) responsável por iniciar o equipamento, a tomada de conexão (12) que serve para manter o equipamento ativado direto na rede elétrica e ainda realizar o carregamento de sua bateria interna interruptor de conexão (06) que onde será inserido a tomada de ativação do sistema hidropônico
8. O regulador de frequência de irrigação hidropônico para ajuste da irrigação baseada na alteração da temperatura ambiente é compreende

- a. Meios para realizar a alteração na frequência de irrigação de forma ágil e segura
- b. Meios de realizar a coleta e armazenamento das variações das temperatura ambiente
- c. Meios para armazenamento dos dados de cada cultura a ser trabalhada
- d. Meios de acionamento do sistema com uma diminuição significativa da pegada energética e hídrica do sistema hidropônico
- e. Meios de realização da atividade com o menor impacto possível ao meio ambiente preservando-o

DESENHOS TÉCNICO

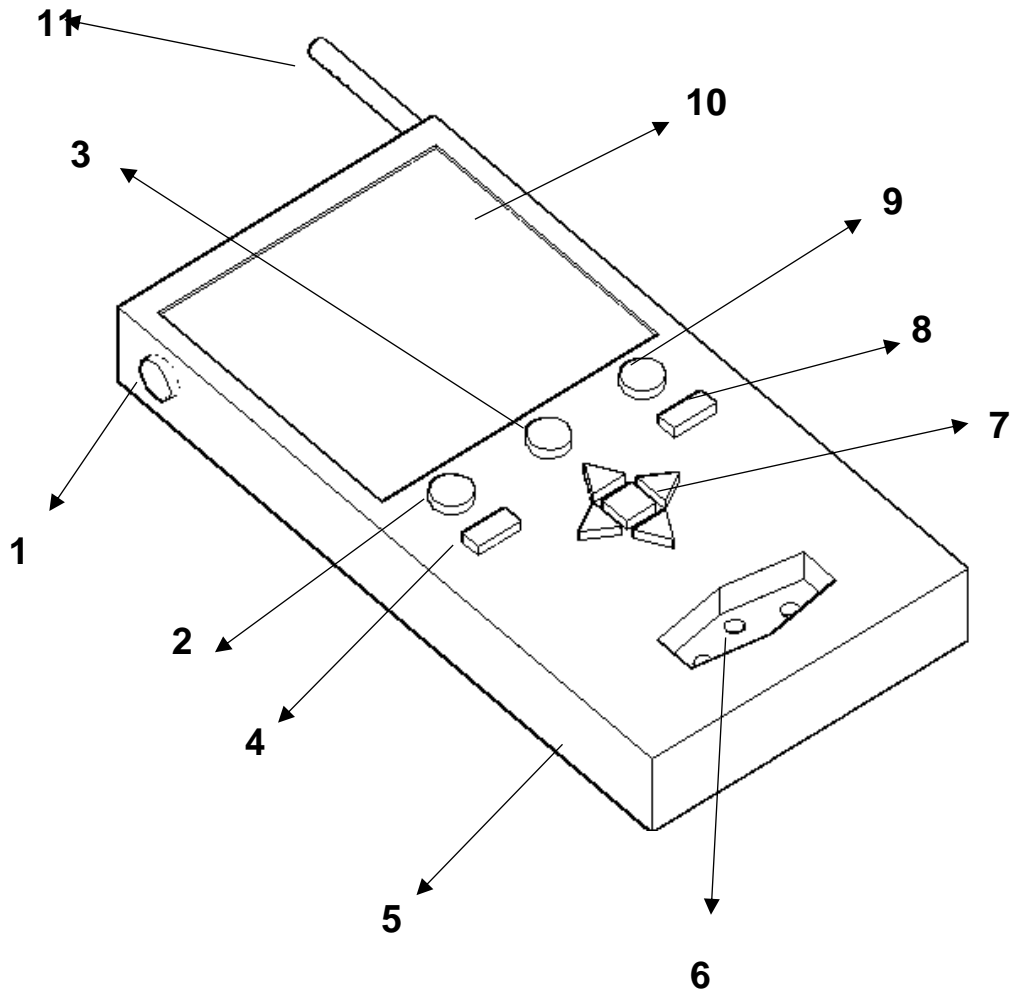


FIGURA 1

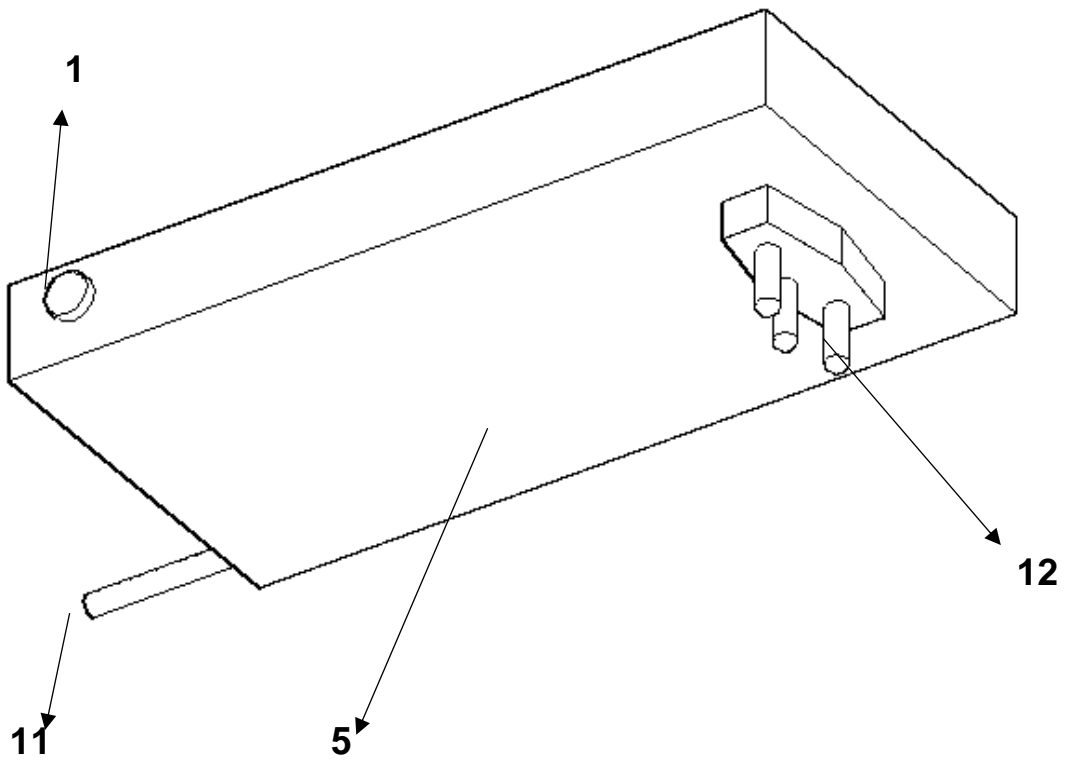


FIGURA 2

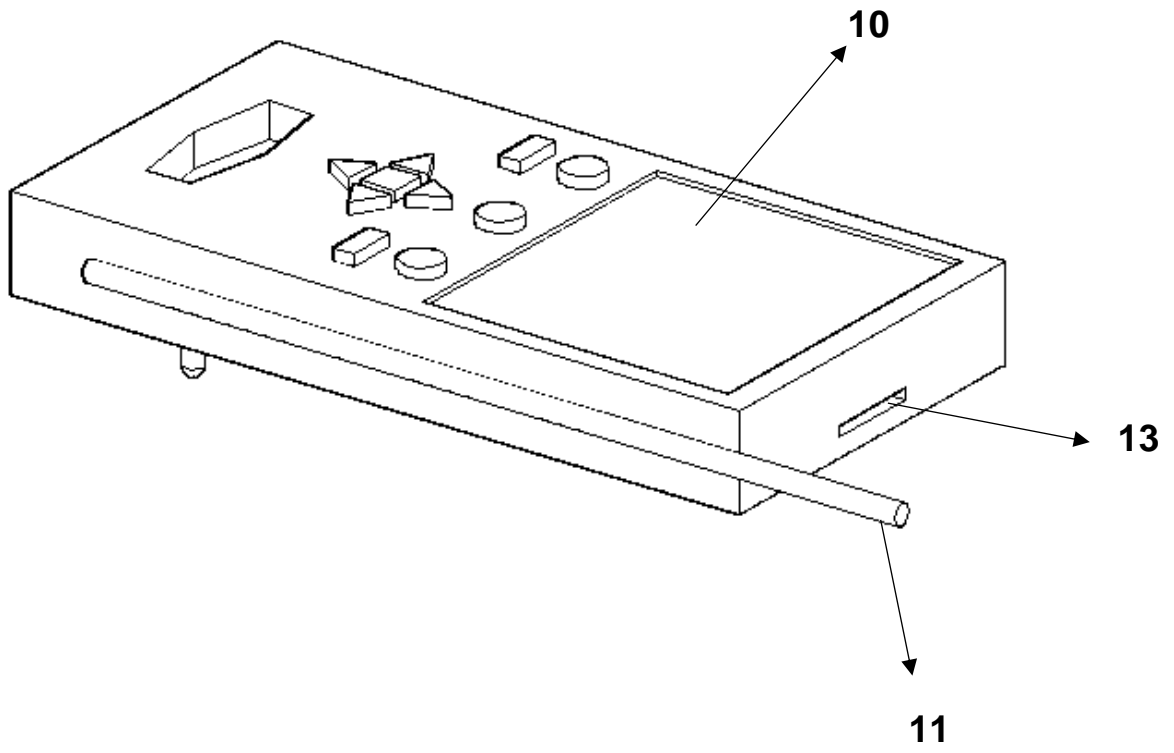


FIGURA 3