

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR99006 - DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Adriano Edson Trevizan Delazeri

00035184

Cultivo hidropônico em bancadas individuais com reposição de água contínua.

Porto Alegre, maio de 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA

Cultivo hidropônico em bancadas individuais com reposição de água contínua.

Adriano Edson Trevizan Delazeri

00035184

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para
obtenção do Grau de Engenheiro
Agrônomo, Faculdade de
Agronomia, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Eng.º Qui.º Eduardo Trevizan

Orientador Acadêmico do Estágio: Profa Dra. Tatiana da Silva Duarte

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Alexandre de Mello Kessler Departamento de Zootecnia (Coordenador)

Prof. José Antônio MartinelliDepartamento de Fitossanidade

Prof. Sérgio Luiz Valente Tomasini.....Departamento de Horticultura e Silvicultura

Prof. Clésio GianelloDepartamento de Solos

Profª Renata Pereira da Cruz.....Departamento de Plantas de Lavoura

Profª Lucia Brandão FrankeDepto de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Porto Alegre, maio de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por minha vida, família e amigos, por ter me dado saúde e força para superar a pandemia de COVID e as dificuldades advindas dessa.

Agradeço a meu pai, Fiorindo Delazeri, pelo apoio, mas principalmente a minha mãe, Ires Ana Trevizan Delazeri, que me tirou da inércia, para que eu voltasse a fazer um curso universitário já na vida adulta, pela motivação e apoio constante em ajudar e a gerir meus negócios, durante o período do curso. Aos meus Irmãos Eduardo, Massimino e Massimiliano pela amizade e afeto.

Agradeço a minha filha, Andressa Roberta Rodrigues Delazeri, e ao meu genro, Eduardo Dornelles, a minhas netas, Nathalie e Alice, pelo apoio e compreensão nos momentos que tive de me ausentar para cumprir os compromissos do curso.

A todos os meus professores, das mais diversas áreas, por todo conhecimento transmitido. Ao iniciar o curso, não imaginava a quantidade enorme de conhecimento que iria receber e pelo qual sou imensamente grato.

Em especial, à Professora Dra. Tatiana Duarte, pela orientação neste trabalho de conclusão de curso.

Por fim, um agradecimento especial à Hidroponic, uma instituição comprometida em desenvolver melhorias e evolução da técnica de hidroponia. Em particular, ao meu supervisor, Eduardo Trevizan, e a toda a equipe pelos conhecimentos compartilhados.

RESUMO

Estágio obrigatório de conclusão de curso realizado na empresa Hidroponic Consultoria em Hidroponia Ltda., localizada no município de Cachoeirinha, RS. Uma empresa de pesquisa, assistência técnica e cursos sobre manejos hidropônicos fundada em 2004. Durante as 300 horas de estágio objetivou-se o acompanhamento das atividades diárias da empresa, com as práticas de manejos das unidades produtivas e controles diários utilizados na produção hidropônica. Entre as atividades realizadas cita-se a construção de um ensaio para avaliar a produtividade de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) hidropônica, em sistema desenvolvido na empresa, em bancadas individuais com reposição de água contínua. Todas as atividades realizadas durante o estágio agregaram maior compreensão e entendimento das técnicas de produção em hidroponia e proporcionaram o contato com o ambiente de produção.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação e fontes de nutrientes utilizadas para solução nutritiva Furlani (1998) adaptada.....	14
Tabela 2 - Formulação concentrada de soluções nutritivas estoque propostas pela Hidroponic para o experimento com rúcula (<i>Eruca sativa</i> Mill.) em sistema hidropônico NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>), Cachoeirinha, 2024	23
Tabela 3 - Tabela de variáveis avaliadas do manejo da solução nutritiva proposto no estudo experimental	25

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Bancadas de cultivo em substrato, vasos com plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) (A), de berinjela (*Solanum melongena* (Mill. L.) Dunal) (B) e de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)(C), na Hidroponic, Cachoeirinha, 202410
- Figura 2 - Bancadas hidropônicas NFT com hortaliças de folhas (A) e com tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) (B), na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.....10
- Figura 3 - Sistema HIDROPONIC_NFT proposto pela Hidroponic, conjunto de bancadas em produção (A), detalhe da boia e retorno em um dos reservatórios de solução nutritiva (B). Santa Maria, 202411
- Figura 4 - Reservatórios de solução nutritiva onde se vê a boia ligada à linha de água (A e B). Em (C) bancada hidropônica tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) com reservatório e boia, na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.....18
- Figura 5 - Bancada hidroponia tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) com cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.....19
- Figura 6 - Preparo de solução nutritiva concentrada em quatro recipientes de 5 L (A) para hidroponia. Medição da condutividade elétrica e pH no reservatório com água pura (B). Medida da condutividade e pH em reservatório com solução nutritiva (C), na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.....20
- Figura 7 - Bancadas de produção hidropônica tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) do estudo experimental. Em A e B detalhes das bancadas com os reservatórios ligados à linha de água, em C, vista do reservatório de solução nutritiva com o hidrômetro e a boia limitadora do volume de água, na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.....22
- Figura 8 - Placas de espuma fenólica sendo higienizadas (A), com semeadura de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) (B), com sementes de rúcula germinando na placa de espuma fenólica (C) e com mudas de rúcula prontas para o transplântio para as bancadas de produção (D) hidroponica NFT (*Nutrient Film Technique*), na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.....23
- Figura 9 - Croqui da área experimental com sistema tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) proposta na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.....24

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE CACHOEIRINHA.....	9
2.1 Localização geográfica.....	9
2.2 Caracterização climática.....	9
2.3 Caracterização socioeconômica.....	9
3. CARACTERIZAÇÃO DA HIDROPONIC.....	10
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
4.1 Cultivo hidropônico.....	12
4.2 Sistemas hidropônicos.....	13
4.2.1 NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>).....	14
4.3 Cultura da rúcula (<i>Eruca sativa</i> Mill.)	16
5. ATIVIDADES REALIZADAS.....	17
5.1 Manejo das unidades hidropônicas.....	17
5.2 Preparo da solução nutritiva estoque e ajuste das bancadas.....	19
5.3 Pesquisa com o sistema HIDROPONIC_NFT na produção de rúcula (<i>Eruca sativa</i> Mill.).....	21
6. DISCUSSÃO.....	26
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

1. INTRODUÇÃO

O estágio foi realizado na empresa Hidroponic Consultoria em Hidroponia Ltda., localizada no município de Cachoeirinha, região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, no período de fevereiro a maio de 2024. A instituição é uma empresa de pesquisa, assistência técnica e oferece cursos de cultivo de hortaliças de folhas, morangos, tomate e pimentão em sistemas hidropônicos. A instituição ministra cursos desde 2012 e já recebeu mais de mil produtores, técnicos e agrônomos de todo o Brasil. Em suas instalações encontramos um conjunto variado de unidades hidropônicas de produção, desde sistemas tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) e em substrato com variadas espécies.

Desde 2004 a Hidroponic desenvolve pesquisa adaptando e inovando sistemas hidropônicos e soluções nutritivas, com o objetivo de diminuir o consumo de água e nutrientes e desenvolvendo manejo sem utilização de agrotóxicos. Entre os sistemas desenvolvidos na empresa, temos o sistema de bancadas individuais (HIDROPONIC_NFT) com reposição de água contínua e sistemas fechados de produção em calhas com substrato (HIDROPONIC_SUB). O sistema HIDROPONIC_NFT foi apresentado no ano de 2012 no 7º Encontro Brasileiro de Hidroponia, evento promovido pelo Laboratório de Hidroponia da UFSC (LabHidro) em Florianópolis, Santa Catarina. Trata-se de bancada hidropônica em NFT individual, onde a bancada é uma unidade de produção completa, com perfis, bomba e reservatório. Entre os produtores que usam o sistema HIDROPONIC_NFT acompanhados atualmente pela empresa, são produzidos mais de 5 milhões de unidades mensalmente de alface (*Lactuca sativa*), rúcula (*Eruca sativa* Mill.), almeirão (*Cichorium intybus*) e agrião (*Nasturtium officinale*), segundo a empresa. Essa inovação permite a produção em uma mesma estufa de espécies com variações de nutrição e manejo.

A escolha da instituição para a realização do estágio foi motivada pela possibilidade de acompanhar a produção em sistemas hidropônicos em ambiente comercial e participar de ensaios de pesquisa para o sistema HIDROPONIC_NFT na produção de rúcula (*Eruca sativa* Mill.), com objetivo de comparar o resultado produtivo em sistemas individuais com a substituição da solução nutritiva a cada ciclo ou não.

2. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE CACHOEIRINHA

2.1. Localização geográfica

O município de Cachoeirinha está localizado no Estado do Rio Grande do Sul, sua posição estratégica faz divisa com os municípios de Porto Alegre, Alvorada, Gravataí e Canoas. A cidade encontra-se a 17 metros de altitude e possui as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 29°56'52" S, Longitude: 51°5' 43"O (IBGE, 2022).

2.2. Caracterização climática

O clima do Rio Grande do Sul, de acordo com o sistema de Köppen, é categorizado como temperado do tipo "C", especificamente como temperado úmido, denominado "Cf". Dentro da categoria "Cf", há duas subdivisões: "Cfa" e "Cfb". Seguindo a classificação de Köppen, o clima em Cachoeirinha é do tipo "Cfa". Esse clima é caracterizado como subtropical úmido, com precipitação bem distribuída ao longo de todo o ano. A média anual de precipitação varia de 1.300 mm a 1.700 mm, com padrões de chuvas concentrados nos meses de inverno e verões úmidos (MORENO, 1961). Os invernos apresentam temperaturas amenas, com média do mês mais frio inferior a 18°C. Já os verões são úmidos, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (MOTA, 1951).

2.3. Caracterização socioeconômica

A população da cidade de Cachoeirinha, segundo o último censo, é de 136.258 habitantes (IBGE, 2022). A densidade demográfica, no território do município, é de 3.112,48 habitantes por km² (IBGE, 2022). O PIB per capita é de R\$ 48.874,53 (IBGE, 2022). Em 2010, a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade era de 96%. Na comparação com outros municípios do estado, ficou na posição 447 de 497. Em relação ao Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (INEP, 2021), para os anos iniciais do ensino fundamental na rede pública era 5,7 e para os anos finais, de 4,9. Na comparação com outros municípios do estado, fica nas posições 308 e 273 de 497, respectivamente.

3. CARACTERIZAÇÃO DA HIDROPONIC

A Hidroponic Consultoria em Hidroponia Ltda. é uma empresa fundada em 2004 com o objetivo de desenvolver sistemas de cultivo hidropônico, oferecer cursos para produtores e prestar assistência técnica. A instituição conta com o engenheiro químico Eduardo Trevizan Delazeri, graduado pela UFRGS, o qual é responsável pelas formulações das soluções nutritivas utilizadas e recomendadas pela Hidroponic, além de um quadro de estagiários que auxiliam nos projetos de pesquisas e nos cursos. A instituição conta com duas estufas com sistemas de cultivo sem solo, uma com sistemas em substrato e outra com sistemas em NFT (*Nutrient Film Technique*), sala de aula e laboratório. A primeira estufa tem 12 bancadas de produção em sistemas hidropônicos fechados com substrato, produção de pimentão, berinjela, tomate, pimenta e frutíferas em vaso (Figura 1).

Figura 1 - Bancadas de cultivo em substrato, vasos com plantas de pimentão (*Capsicum annum* L.) (A), de berinjela (*Solanum melongena* (Mill. L.) Dunal) (B) e de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (C), na Hidroponic.



Fonte: Adriano Delazeri, 2024

A segunda estufa conta com 18 bancadas hidropônicas tipo NFT, com produção de hortaliças de folhas (alface e rúcula) e de frutos (tomate e berinjela) (Figura 2).

Figura 2 - Bancadas hidropônicas NFT com hortaliças de folhas (A) e com tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) (B), na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.



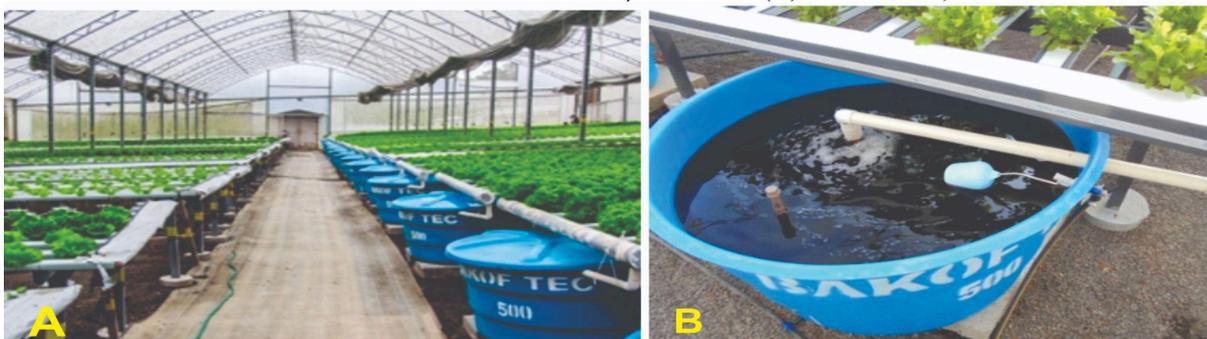
Fonte: Adriano Delazeri, 2024

A unidade conta com sala de aula para até 15 participantes, uma área para preparo de soluções nutritivas, uma área de ferramentas e almoxarifado com grande número de tubos e conexões para montagem de sistemas hidropônicos. Há também um laboratório com condutivímetros, oxímetro, phmetros, refratômetro, *data logger* para aquisição de temperatura e umidade, termômetros, vidrarias, bancada automática de cultivo *indoor*, bancadas com iluminação led para germinação, gerador e um variado estoque de materiais e produtos de empresas que comercializam produtos para hidroponia, com os quais a Hidroponic tem convênio.

De 2004 a 2010 a empresa teve como principal atividade o desenvolvimento de ensaios com foco na padronização e melhoramento de sistemas hidropônicos usados no Brasil, minimizando o uso de água e fertilizantes, com manejo sem agrotóxicos. Em 2010, a Hidroponic iniciou a prestação de assistência técnica para produtores e montou unidades com os seus sistemas desenvolvidos. Em fevereiro de 2012 a empresa lançou seu primeiro curso teórico e prático voltado a produtores, agrônomos, técnicos e interessados. Em setembro de 2012 a Hidroponic participou do 7º Encontro Brasileiro de Hidroponia, em Florianópolis, SC, a convite, para apresentar o sistema de bancadas individuais para folhosas com reposição de água contínua (HIDROPONIC_NFT).

Uma das variações do sistema de produção de hortaliças folhosas em NFT, o sistema de Bancadas Individuais com Reposição Contínua de Água (HIDROPONIC_NFT) tem como diferencial, em resumo, a utilização de um reservatório por bancada (Figura 3), o qual tem um sistema de bombeamento individual que atende a bancada e uma boia para a entrada de água pura. Isso permite manter o nível do reservatório estável durante todo o ciclo, porém é necessário um ajuste diário da concentração da solução nutritiva, a partir de uma solução concentrada.

Figura 3 - Sistema HIDROPONIC_NFT proposto pela Hidroponic, conjunto de bancadas em produção (A), detalhe da boia e retorno em um dos reservatórios de solução nutritiva (B). Santa Maria, 2024.



Fonte: Adriano Delazeri, 2024

O sistema permite usar formulações e concentrações diferentes nas bancadas conforme a espécie ou estágio do cultivo. Segundo a empresa, não há necessidade de ajuste do pH, se a água usada no sistema tem seu pH na faixa de 6,5 até 7,1 e permite que o reservatório tenha apenas 0,25 L de solução por planta na bancada. Ao final de cada ciclo a solução restante no reservatório é encaminhada para uso em plantios no solo, a bancada então é limpa e reiniciada. No Brasil um número cada vez maior de produtores está adotando esse sistema. De acordo com as estatísticas da Hidroponic, entre os produtores atendidos em 2023, mais de 5 milhões de unidades de hortaliças de folhas foram produzidas mensalmente em vários estados do país.

Entre os objetivos do Sistema HIDROPONIC_NFT tem-se gerar um sistema que apresente mais sanidade para as plantas no conjunto da estufa; a possibilidade da variabilidade da concentração e composição das soluções nutritivas, conforme a espécie e estágio de desenvolvimento; e também diminuir a quantidade de adubos e água a ser descartados ao final do ciclo de cultivo; entre outros. O estágio foi realizado na Rua Santa Isabel, 123, Bairro Vila Jardim América, em Cachoeirinha/RS, nas coordenadas geográficas 29° 57' 31.25' 'S e 51° 06' 30.40" O.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Cultivo hidropônico

A técnica de cultivo de folhosas em hidroponia chegou ao Brasil na década de 80, trazida pelos produtores Shigeru Ueda e Takanori Sekine, que apresentaram a técnica a agricultores em São Paulo. Inicialmente a técnica se resumia a produção de hortaliças em NFT (*Nutrient Film Technique*) ou a Técnica do Filme de nutrientes (RODRIGUES, 2018). Entre os primeiros trabalhos que temos sobre hidroponia, no Brasil, estão a publicação do Dr. Pedro Furlani (Boletim técnico, 168) do Instituto Agrônomo de Campinas, em 1998, e se refere à formulação de solução nutritiva para a produção de hortaliças folhosas (FERNANDES et al., 2002).

A produção em hidroponia é uma técnica alternativa de cultivo agrícola, considerando a produção em solo, seja convencional ou orgânica. A hidroponia consiste em cultivo que não utiliza solo, podendo ou não utilizar substrato. Neste método, os nutrientes são entregues às plantas em um sistema de fluxo constante ou intermitente, como em filme estático ou em solução nutritiva aerada (DOUGLAS, 1987). Como essa técnica se desenvolve normalmente

em ambiente protegido e em bancadas suspensas, a planta tem certa proteção sobre as condições ambientais, pragas e doenças (SILVA, 2009). Por conta dessas vantagens e por trazer a ideia de um produto com características superiores, houve uma expansão da ordem de 400% o que representa mais de 40% da produção de hortaliças folhosas no Brasil, com uma área produtiva estimada entre 25 mil e 35 mil hectares, conforme o Anuário Brasil Hidroponia (2018).

A planta produzida em hidroponia, apesar de seguir o mesmo ciclo de produção no solo, pode apresentar características organolépticas diferenciadas (CARRASCO & IZQUIERDO, 1996), por conta do sistema de produção, considerando os controles ambientais que se consegue implementar no ambiente protegido, ou ainda no equilíbrio da nutrição e na disponibilidade de água durante todo o ciclo da cultura. Isso resulta em plantas mais tenras e com uniformidade na aparência e desenvolvimento, pois a planta alcança o tamanho comercial de forma precoce. Também com variações no manejo podemos produzir plantas com características comerciais diferenciadas, como as mini hortaliças (*microgreens*) (WIETH, 2018), ou as hortaliças de folhas jovens (*baby leaf*) que são colhidas antes do tamanho comum de mercado (REISSER JUNIOR, 2013).

Entre as vantagens da produção hidropônica, temos a uniformidade na produção, pois as plantas não enfrentam intempéries do clima quando cultivadas em ambiente protegido. As plantas estão protegidas de doenças do solo e têm disponibilidade de água e nutrição equilibrada durante todo o ciclo da cultura. Não se tem a necessidade de rotação de cultura e nem de prática culturais como controle de plantas competidoras (MORAES, DA SILVA, DE OLIVEIRA GOMES, 2021).

4.2 Sistemas hidroponicos

O termo hidroponia se originou de dois radicais do latim: *hidro*, que significa água, e *ponos*, que se refere ao trabalho, significando trabalhar com água (DUARTE e SANTOS, 2009). Esse nome foi utilizado pela primeira vez, em 1935, pelo Dr. W. F. Gericke da Universidade da Califórnia, que apresentou um sistema de cultivo sem solo quase comercial, onde as plantas eram cultivadas em uma solução nutritiva completa com macros e micronutrientes (GERICKE, 1945). Temos sistemas onde as plantas são cultivadas somente em solução nutritiva, como NFT e sistema hidropônico com substrato (com reaproveitamento da solução nutritiva drenada). Todas as espécies podem ser cultivadas em hidroponia, mas as de porte pequeno e de ciclo curto são mais favorecidas (BEZERRA NETO et al., 2012).

4.2.1 NFT (*Nutrient Film Technique*)

A NFT ou Técnica do Filme de Nutrientes, conforme tradução para a português, foi desenvolvida pelo Dr. W. F. Gericke em 1935, que em um plano inclinado fez circular um filme de água enriquecido com fertilizantes minerais, macros e micronutrientes essenciais (GERICKE, 1945). Atualmente, o sistema de produção de hortaliças folhosas em NFT consiste em bancadas suspensas, formadas por tubos de material plástico (PVC, PP), reservatórios, um sistema de bombeamento com uma inclinação de forma que a solução nutritiva que é bombeada para a bancada volte por gravidade para o reservatório. As plantas são cultivadas com o uso de uma solução nutritiva completa, composta por água e fertilizantes solúveis comerciais, de forma intermitente, tendo formulação e concentração característica apropriada para a cultura e ciclo da espécie em cultivo (GRAVES, 1983).

Entre muitas recomendações de solução nutritiva existentes na literatura uma das utilizadas para a produção de hortaliças de folhas é a formulação Furlani (1998), conforme descrita na tabela 1.

Tabela 1. Formulação de fontes de nutrientes utilizados para o preparo da solução nutritiva Furlani (1998) adaptada.

	Fertilizante	g/10 L
A	Nitrato de cálcio Hydros® Especial	750
B	Nitrato de potássio	500
	Fosfato monoamônio	150
	Sulfato de magnésio	400
C	Sulfato de cobre	0,27
	Sulfato de zinco	0,5
	Sulfato de manganês	1,5
	Ácido bórico	1,5
	Molibdato de sódio	0,15
	Ferrilene® (FeEDDHa-6% Fe)	60

Fonte: (Adaptado de Furlani, 1998)

A formulação é preparada como uma solução estoque concentrada em três recipientes, denominados A, B e C, de 10 L cada. A justificativa para o preparo em separado é decorrente da incompatibilidade de fertilizantes cálcicos com os sulfatados, que quando combinados geram precipitados. A partir da solução estoque, o preparo da solução nas bancadas de cultivo se dá pela adição de porção igual das soluções estoques A, B e C nos reservatórios já com água e a concentração desejada é ajustada utilizando-se um condutivímetro (COMETTI et al., 2006).

O condutivímetro é um instrumento utilizado para medir a condutividade elétrica de uma substância, expressa por *milisemens* por centímetro (mS cm^{-1}). Esta medição permite estimar o teor de sais presentes na solução nutritiva, uma vez que os fertilizantes se dissociam em íons na solução, os quais são capazes de conduzir corrente elétrica. Podemos assim estimar a salinidade da solução nutritiva, pois quanto maior a concentração de íons na solução, maior a condutividade elétrica medida pelo condutivímetro (CIENFUEGOS, DELMO, 2000). Em sistemas de cultivo hidropônico o valor da condutividade é utilizado como parâmetro, no preparo da solução nutritiva e para a tomada de decisão, no momento de se fazer os ajustes. Cada espécie cultivada responde melhor a uma determinada faixa de condutividade, sendo assim o condutivímetro é utilizado para manter o sistema de cultivo dentro da faixa de valores mais apropriada para a espécie em cultivo (FURLANI, 1998).

Para o correto manejo da solução de cultivo é essencial ajustar o pH da solução nutritiva, conforme a faixa recomendada para cada cultura. Para isso, utiliza-se um peâgametro. O ajuste pode ser feito utilizando ácido fosfórico, quando se deseja baixar o pH da solução, ou hidróxido de sódio para elevá-lo. O pH é uma escala numérica que determina o grau de acidez de uma solução aquosa, baseado na concentração de íons de hidrogênio (H^+). Soluções ácidas possuem excesso de íons H^+ e pH menor do que 7. Soluções básicas possuem excesso de íons hidroxila (OH^-) e valores de pH superiores a 7. Quando o pH está abaixo de 5,0, a disponibilidade dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S é baixa. Por outro lado, em valores de pH acima de 6,5, a disponibilidade de micronutrientes como Fe, Cu, Mn e Zn é reduzida, no geral soluções com valores entre 5,5 e 6,5 apresentam os melhores resultados para a produção de hortaliças de folhas (BUGBEE, 1995).

Nos sistemas hidropônicos é necessário que seja feita a correção da condutividade e do pH regularmente, considerando que a absorção de nutrientes pelas plantas é seletiva em função da espécie e do cultivar. A reposição dos nutrientes durante o desenvolvimento das plantas é necessária para que se mantenha a concentração e relação apropriada para seu desenvolvimento (FURLANI, 1998).

No Brasil e no mundo é usual a utilização de um reservatório de solução nutritiva que atenda a todas as bancadas de produção de uma estufa, mesmo com espécies e estágios de desenvolvimento diferentes (CARRIJO et al., 2000). Segundo Silva (2009), nesses reservatórios coletivos, é indicado o emprego de 1,5 a 2,0 L por planta na bancada, enquanto Furlani et al. (2009) indicam limites de 0,5 a 1 L.

4.3 Cultura da rúcula (*Eruca sativa* Mill.)

A rúcula (*Eruca sativa* Mill.) é uma das hortaliças que mais se beneficiou da técnica de hidroponia. Pertence à família *Brassicaceae*, originária da região do mediterrâneo. Foi trazida para o Brasil por imigrantes italianos (DE OLIVEIRA et al., 2013), sendo cultivada em hortas domésticas, mas até o advento da hidroponia, nunca teve um mercado muito consistente.

A rúcula cultivada no solo tem um ciclo de produção de 30 a 45 dias a partir da semeadura (TRANI, FORNSIER, LISBÃO, 1992), que é quando alcança as características de um produto comercial, que são maços de rúcula com raiz, em cultivo no solo, pesando no mínimo 300 g o maço (CEAGESP, 2024). A rúcula é comercializada em maços. Já a rúcula cultivada em hidroponia alcança as características comerciais entre 30 a 35 dias após a semeadura (FILGUEIRA, 2000).

Em termos de acréscimos em produção, Purquerio & Tivelli (2007) destacam que, no período de 1997 a 2006, a rúcula comercializada no estado de São Paulo apresentou um crescimento de mais de 300%. Segundo a ABCSEM (Associação Brasileira de Comércio de Sementes e Mudas, 2018), no período de 2011 a 2015, o mercado de hortaliças folhosas cresceu 11% e a produção de rúcula teve um crescimento de 26%. De acordo com o Censo Agropecuário do IBGE (2017), 40.527 toneladas de rúcula foram produzidas em 20.567 estabelecimentos, desses 16.764 eram da agricultura familiar, demonstrando a sua importância econômica.

Em sistemas NFT se recomenda a utilização de mudas produzidas em substrato de espuma fenólica em detrimento de mudas em substrato organomineral, tradicionais na olericultura em solo, por produzir um maço com raízes mais saudáveis (brancas) e não gerar entupimento nos sistemas de bombeamento da solução nutritiva (FURLANI et al., 2009).

Comercialmente cada furo do canal de produção em NFT deve gerar um maço comercial, sendo assim, na semeadura da rúcula é feito o plantio de mais de uma semente por célula de espuma fenólica. Os plantadores do mercado colocam de 5 a 10 sementes por célula no plantio, mas Barcelos (2012) recomenda até 40 plântulas por maço o que pode ser alcançado com o plantio de até quatro células por furo nos canais de produção, gerando um maço comercial de rúcula hidropônica com mais de 250 g (CEAGESP, 2024).

A rúcula responde diretamente ao espaçamento em que é cultivada e Moura et al. (2009) demonstrou que o aumento da densidade promoveu diminuição da altura, número de

folhas, massa fresca e seca por planta e que o melhor rendimento foi alcançado com espaçamento entre maços de 25 cm e entre canais de cultivo de 10 cm.

5. ATIVIDADES REALIZADAS

Durante o estágio obrigatório na Empresa Hidroponic Consultoria de Hidroponia Ltda. realizou-se atividades que envolveram o manejo de plantas, ambiente e solução nutritiva, em todos os sistemas de cultivo hidropônicos da empresa.

O manejo de plantas envolveu o preparo de mudas em espuma fenólica e bandejas com substrato de alface, rúcula, tomate, berinjela e pimentão; e transplântio para as bancadas de produção. Entre as atividades diárias relaciona-se colheitas e ajustes das soluções nutritivas de todas as bancadas de produção.

Entre as colheitas e novos plantios foi necessário a lavagem e higienização das bancadas de cultivo e reservatórios de solução nutritiva. A organização e manutenção está diretamente relacionada à qualidade das hortaliças produzidas, pois reduz a quantidade de algas e pragas apenas pela limpeza dos sistemas e ambiente.

No decorrer dos processos diários, foi necessário o preparo de todas as formulações de solução nutritiva utilizadas na empresa, que estão descritas no anexo A. Ensaaiou-se a calibração dos equipamentos de laboratório disponíveis na empresa necessários às atividades diárias como: condutivímetros, peagâmetro e oxímetro.

Durante o período do estágio, se acompanhou visitas de assistência técnica a produtores hidropônicos de outros municípios do Rio Grande do Sul. Visitou-se a produção de morango, no município de Caxias do Sul e um produtor de hortaliças de folhas, em Santa Maria.

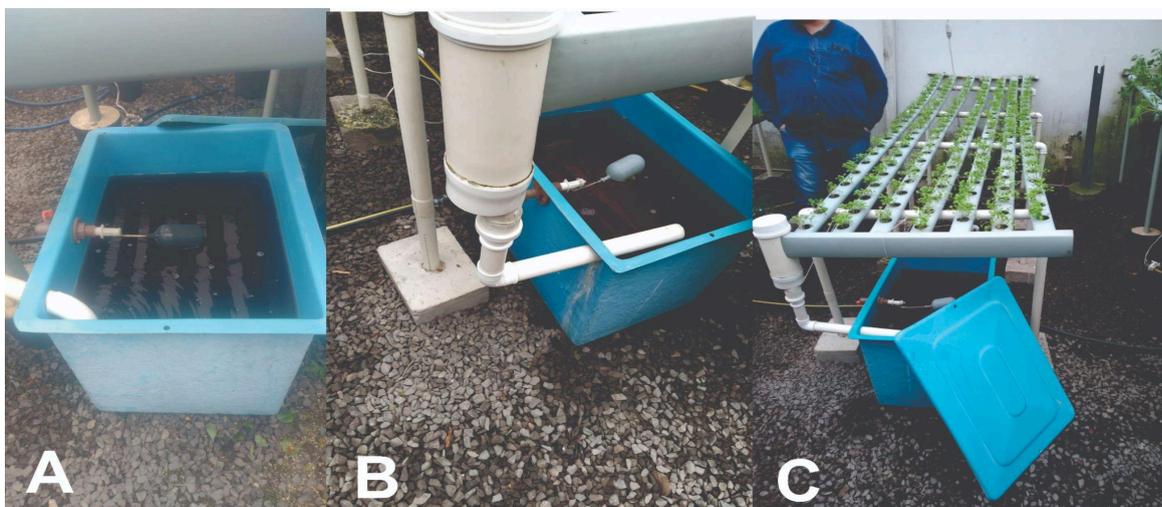
5.1 Manejos das unidades hidropônicas

Nos sistemas de produção hidropônica as plantas recebem solução nutritiva composta por água e sais inorgânicos, com todos os macros e micronutrientes essenciais para seu crescimento e desenvolvimento. No entanto, essa solução nutritiva requer monitoramento contínuo, em todo o ciclo produtivo. Na Hidroponic, os reservatórios que fornecem a solução para as bancadas de produção são ligados a uma linha de água pura e possuem uma boia, a qual regula a entrada de água e mantém o nível de solução em cada reservatório (Figura 4). Conforme a solução circula no sistema, é absorvida ou evapora, e seu nível baixa no reservatório e é repostada por água pura. Os sais da solução nutritiva são absorvidos pelas

plantas e a concentração da solução baixa nos reservatórios. É necessário que se ajuste a concentração em cada reservatório diariamente, o que é feito utilizando um condutivímetro e uma solução estoque.

Cada cultura é cultivada com uma solução nutritiva com condutividade elétrica própria. Na Hidroponic a solução utilizada para alface tem um condutividade de $1,8 \text{ mS cm}^{-1}$, para rúcula e plantas condimentares (salsa, cebolinha, orégano, alecrim e sálvia) $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$, tomates, berinjelas e pimentões $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$, morangos $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ e para as frutíferas em vaso tem $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$. Cada espécie tem uma formulação própria e algumas ainda contam com formulação para a fase inicial e fase produtiva. As formulações estão descritas no anexo A. A diferença entre a fase inicial e a fase produtiva é a relação entre a concentração de nitrogênio e de potássio das fórmulas. As frutíferas em vaso não têm solução própria, sendo assim a Hidroponic usa a solução da fase produtiva do morangueiro, com concentração de $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$.

Figura 4 - Reservatórios de solução nutritiva onde se vê a boia ligada à linha de água (A e B). Em (C) bancada hidropônica tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) com reservatório e boia, na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.



Fonte: Adriano Delazeri, 2024

Realizou-se o ajuste das concentrações da solução nutritiva nos reservatórios de solução nutritiva das bancadas de produção (Figura 5) diariamente através da leitura da condutividade elétrica. Utilizando-se um condutivímetro de bolso, modelo AK51 da empresa Akso, era feita a leitura da concentração da solução nutritiva em cada reservatório e quando o valor estava abaixo do valor que era determinado para cada cultura fazia-se o ajuste da concentração utilizando solução estoque. A estratégia para tornar eficiente o ajuste diário de

tantos reservatórios, adotada pela Hidroponic, foi utilizar uma solução estoque concentrada para cada cultura.

Figura 5 - Bancada hidropônica tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) com cultivo de alface (*Lactuca sativa* L.) na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.



Fonte: Adriano Delazeri, 2024

5.2 Preparo da solução nutritiva estoque e ajuste das bancadas.

A partir de tabelas fornecidas pelo supervisor de estágio, o Sr. Eduardo, foi preparada a solução nutritiva necessária a cada espécie cultivada na Hidroponic. Todas as soluções utilizadas eram completas, contendo todos os nutrientes concentrados e eram dispostas em dois ou quatro recipientes separados, em função da incompatibilidade de fertilizantes cálcicos com os sulfatados, que quando combinados geram precipitados.

Para as bancadas de hortaliças de folhas, por exemplo, foi utilizada uma formulação preparada em quatro recipientes separados, de 5 L cada (Figura 6A), com a finalidade de preparar soluções concentradas, chamadas de estoque. O preparo da solução estoque era realizado colocando no primeiro recipiente 800 g de nitrato de cálcio e posteriormente água até completar o volume de 5 L; no segundo colocava-se 500 g de nitrato de potássio, mais 150 g de monofosfato amônia e 450 g de sulfato de magnésio e então completava-se com água até o volume de 5 L; no terceiro recipiente colocava-se 10 g de uma mistura comercial de micronutrientes (ComMicrosLight) e completava-se com água até 5 L; no quarto recipiente colocava-se 30 g de ferro com concentração de 6% quelatado EDDHA e completava-se com água até 5 L. Dessa forma, cada recipiente da solução estoque tinha ao final o volume de 5 L com os respectivos sais. Com isso, ao pegar volumes iguais de cada uma das soluções estoques, estamos pegando proporcionalmente quantidades equivalentes da fórmula, mantendo a relação entre os adubos.

Figura 6 - Preparo de solução nutritiva concentrada em quatro recipientes de 5 L (A) para hidroponia. Medição da condutividade elétrica e pH no reservatório com água pura (B). Medida da condutividade e pH em reservatório com solução nutritiva (C), na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.



Fonte: Adriano Delazeri, 2024

Essas soluções estoque foram mantidas à sombra e utilizadas nos ajustes das soluções nutritivas das bancadas de produção. Para fazer o ajuste das bancadas a orientação era preparar uma mistura das quatro soluções estoques em igual proporção de água. Em um balde, se adicionava quatro medidas de água e uma medida de cada uma das soluções estoques preparadas, cuidando para que fossem coletadas quantidades iguais. Essa mistura era utilizada para os ajustes da condutividade elétrica da solução nutritiva das bancadas de produção. Em cada bancada se faz a leitura do valor da condutividade no reservatório e se o valor se encontra abaixo do recomendado acrescia-se medidas da mistura de ajuste até o valor desejado. A empresa usa um copo graduado, com um volume determinado para cada tipo de reservatório e solução concentrada, conforme a espécie cultivada. A medida desse copo com a mistura das soluções estoque produz uma variação de condutividade no reservatório que vai ser ajustado, de aproximadamente $0,1 \text{ mS cm}^{-1}$, quando colocada nos reservatórios.

O procedimento de ajuste se resume em medir a concentração da solução que se encontra no reservatório das bancadas. Por exemplo, quando é uma bancada de produção de rúcula a empresa recomenda que se mantenha em $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$, mas se ao medir a condutividade o valor está em $1,2 \text{ mS/cm}^{-1}$, deve-se colocar três medidas da mistura de adubos concentrados e está corrigida a bancada. A homogeneização da solução se dá na circulação da solução que acontece no próximo período de rega. O mesmo procedimento é adotado para todas as bancadas, trocando-se o copo medidor e a solução, conforme a espécie e o volume do reservatório. Ao final, se sobrasse a mistura de ajuste, essa deveria ser descartada, pois se armazenada por mais de algumas horas ocorre a produção de precipitados.

No descarte, era orientado que fosse feita a sua diluição para a condutividade de $2,0 \text{ mS cm}^{-1}$ e utilizado nas frutíferas cultivadas em vaso.

Uma vez por semana se fazia a medida do pH de todos os reservatórios das bancadas de produção. A finalidade da leitura do pH é detectar alterações que possam impactar a produtividade. O procedimento para medir o pH exige calibrar o equipamento (peagâmetro) a cada utilização. Os equipamentos utilizados na empresa têm sistema de calibração automática. O procedimento de calibração consiste em colocar a ponta de leitura do equipamento em um copo becker graduado com a solução de calibração e se ativa o equipamento, a partir daí a calibração é automática. Finalizado o processo, se faz a lavagem da ponta de leitura em água corrente e se realiza a leitura dos valores nos reservatórios das bancadas.

É recomendado que entre uma leitura e outra se faça a lavagem da ponta de leitura com água pura. Os valores das medidas eram anotados e passados ao supervisor de estágio, que fazia a recomendação da necessidade de correção ou não do pH.

O pH da água pura, durante minhas observações, ficou entre 6,9 e 7,5. E o pH das soluções nutritivas nas bancadas de produção ficou com valores entre 5,9 e 6,7 durante todo o período do estágio, não havendo necessidade de correção, segundo a empresa.

A água utilizada na Hidroponic é da rede da CORSAN e como ela tem cloro na sua composição que produz danos ao sistema radicular, a mesma era armazenada em um reservatório, com a finalidade de desclorar por período de uma semana ou mais. Para isso, existem dois reservatórios de água da rede e são alternados, conforme vão ficando desclorados.

5.3 Pesquisa com o sistema HIDROPONIC_NFT na produção de rúcula (*Eruca sativa* Mill.)

O supervisor de estágio propôs um ensaio com o objetivo de avaliar a produtividade da rúcula (*Eruca sativa* Mill.) cultivada no sistema HIDROPONIC_NFT. Foram feitas reuniões para delinear o experimento e uma revisão bibliográfica em busca de parâmetros que influenciam a produtividade da rúcula e podem ser avaliados no sistema proposto pela empresa. Foi decidido avaliar o efeito de dois manejos da solução nutritiva, em três ciclos de produção sucessivos. O primeiro manejo proposto foi o de reaproveitamento da solução nutritiva restante ao final do ciclo de produção, ou seja, sem substituição de uma nova solução e micros ao longo do ciclo de cultivo da rúcula no sistema HIDROPONIC_NFT. Para isso foi feita a anotação diária da quantidade de solução estoque utilizada para ajuste das bancadas e

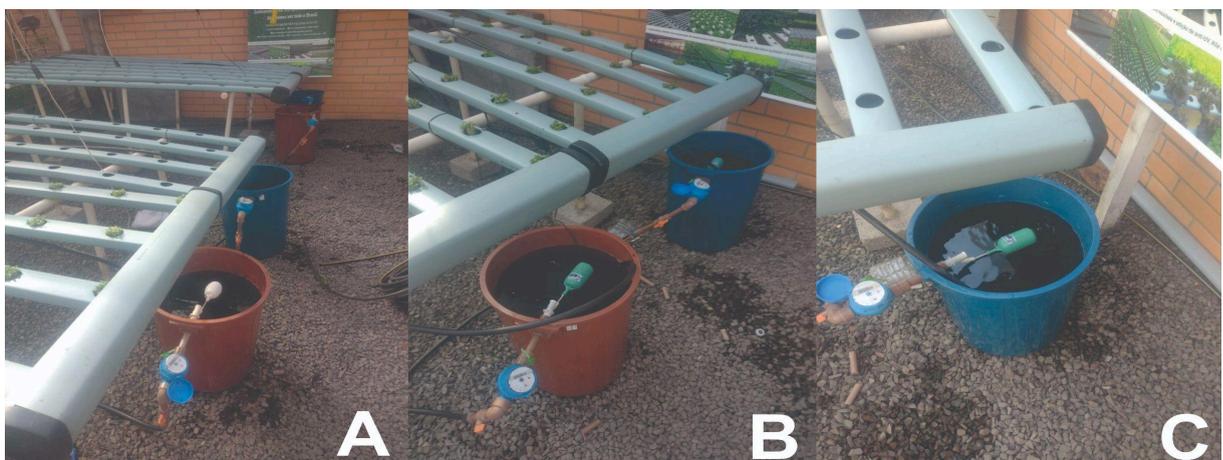
para o próximo ciclo de cultivo. Este tratamento foi chamado de “bancadas com ajuste contínuo entre ciclos”. No outro manejo proposto se realizava a substituição total da solução nutritiva no final do ciclo para o próximo ciclo e este tratamento foi chamado de “bancadas de substituição total da solução nutritiva a cada ciclo”.

Juntamente com o responsável técnico, o químico industrial Sr. Eduardo Trevizan, planejou-se e montou-se as bancadas para a condução do experimento proposto. Com isso, procurou-se atender o rigor científico exigido por um estudo experimental utilizando-se um delineamento estatístico, que foi o de blocos ao acaso. A avaliação experimental das plantas de rúcula foi realizado ao final de cada ciclo da cultura a partir da determinação do crescimento das plantas, através da quantificação de massa fresca e seca, separando-se a parte aérea e radicular. Ao final do experimento os dados de massa seca da parte aérea foram extrapolados por área para obtenção da produtividade no sistema HIDROPONIC_NFT.

Além disso, como objetivos específicos era contabilizar o consumo de solução nutritiva concentrada (macros e micros) as bancadas eram mantidas na concentração de $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$ conforme a orientação da empresa.

Para o experimento foram construídas quatro bancadas totalmente isoladas, cada uma com 1,1 m de largura e quatro tubos hidropônicos de 80 mm com espaçamento entre furos de 25 cm, comprimento de 3,0 m e caimento de 5%. Em cada bancada foi colocado um reservatório de 80 L com boia, o qual foi regulado para manter o volume de 60 L, conforme a Figura 7.

Figura 7 - Bancadas de produção hidropônica tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) do estudo experimental. Em A e B detalhes das bancadas com os reservatórios ligados à linha de água, em C, vista do reservatório de solução nutritiva com o hidrômetro e a boia limitadora do volume de água, na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.



Fonte: Adriano Delazeri, 2024

Em cada bancada foi acrescentado um hidrômetro para acompanhar o consumo de água durante os ciclos. As quatro bancadas foram, inicialmente, ajustadas utilizando a mesma solução nutritiva proposta pela Hidroponic para hortaliças de folhas, conforme tabela 2.

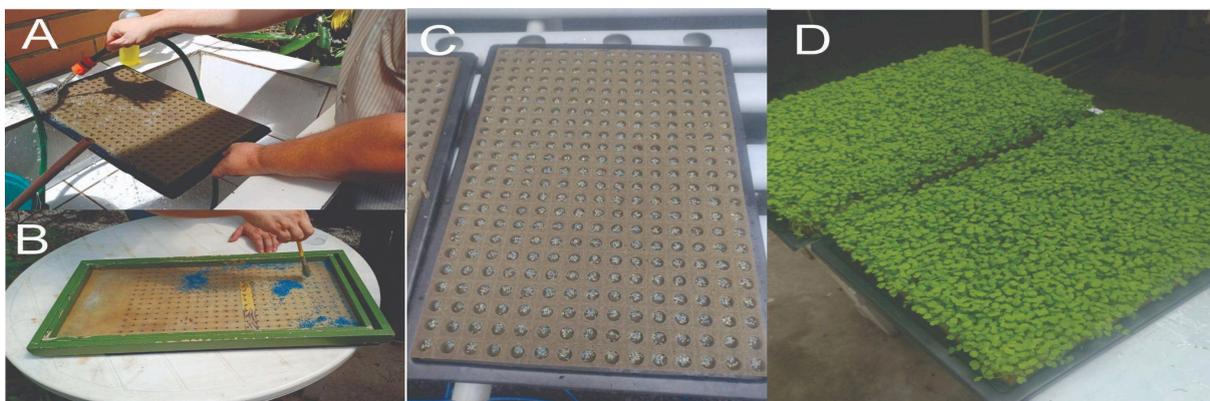
Tabela 2. Formulação concentrada de soluções nutritivas estoque propostas pela Hidroponic para o experimento com rúcula (*Eruca sativa* Mill.) em sistema hidropônico NFT (*Nutrient Film Technique*) .

	Solução A (30 L)	Solução B (30 L)
Yara Tera Calcinit (Nitrato de Cálcio)	4000 g	
Yara Tera Kista K (Nitrato de potássio)		2500 g
Yara Tera Krista MAP (Monofosfato amônia)		750 g
MagnésioUltra (Sulfato de Magnésio)		2250g
Ferro EDDHA 6%	150 g	
ComMicrosLight (mistura de micros nutriente)		50 g

Para o ajuste inicial dos reservatórios foi utilizado 420 mL de solução A e 420 mL de solução B e o valor da condutividade elétrica inicial da solução nutritiva foi de 1,6 mS cm⁻¹.

Foi feita a semeadura de rúcula da variedade Astro, comercializada pela empresa SAKATA, no substrato agrícola para sistemas hidropônicos, ou seja, em placas de espuma fenólica (Figura 8).

Figura 8 - Placas de espuma fenólica sendo higienizadas (A), com semeadura de rúcula (*Eruca sativa* Mill.) (B), com sementes de rúcula germinando na placa de espuma fenólica (C) e com mudas de rúcula prontas para o transplântio para as bancadas de produção (D) hidropônica NFT (*Nutrient Film Technique*), na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024.

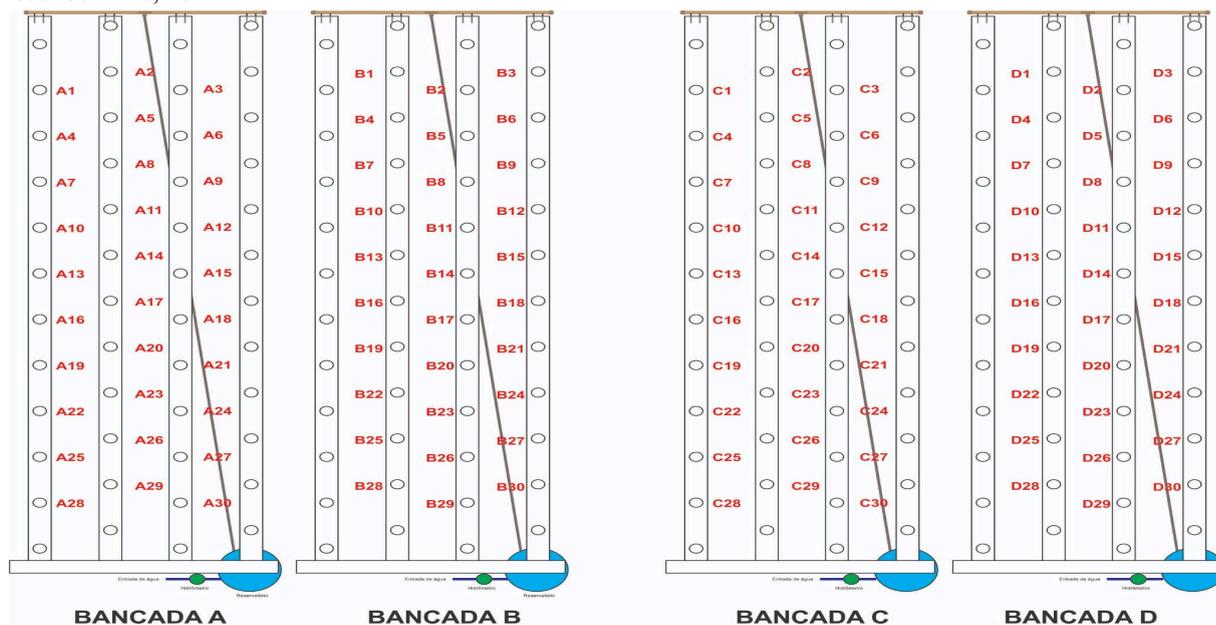


Fonte: Adriano Delazeri, 2024

Cada placa foi semeada utilizando o plantador da marca SEMEART (Figura 8B) que coloca em cada célula da espuma fenólica, de 18 a 20 sementes de rúcula. Após a germinação

e quando as mudas alcançaram 3 cm de altura, que é a profundidade do tubo de cultivo, foram transferidas para as bancadas de produção no sistema HIDROPONIC_NFT. Para padronizar as mudas, foram contados em cada célula o número de plantas germinadas e ajustadas para 15 plantas por célula. Em cada orifício do perfil de cultivo foram colocadas quatro células de espuma fenólica, conforme o croqui de plantio, disposto na Figura 9.

Figura 9 - Croqui da área experimental com sistema tipo NFT (*Nutrient Film Technique*) proposta na Hidroponic, Cachoeirinha, 2024 .



Fonte: Adriano Delazeri, 2024

Nas bancadas A e C, a solução nutritiva deve ser renovada ao final de cada ciclo de cultivo e nas bancadas B e D a solução deve ser ajustada continuamente até o fim do experimento, durante três ciclos consecutivos de produção de rúcula. Desta forma, buscou-se comparar o manejo da solução nutritiva e verificar o efeito sobre a produtividade da rúcula e a eficiência do sistema quanto ao reaproveitamento da solução nutritiva, através do consumo de fertilizantes e de água.

Foram construídas tabelas para o registro dos dados experimentais, tanto para o controle da solução nutritiva, utilizada durante o período experimental, quanto para avaliação de crescimento e produtividade da rúcula ao final de cada ciclo de produção. Na tabela 3 a primeira coluna apresenta a data da coleta do dado, na segunda coluna foi anotado o valor lido no hidrômetro da bancada, a seguir o valor da água consumida, seguido do valor de condutividade elétrica inicial (EC-inicial). Quando o valor da condutividade baixava de 1,5 mS cm⁻¹ foi orientado que se acrescentasse 26 mL de solução concentrada A e B para cada 0,1

6. DISCUSSÃO

Quanto ao uso de um reservatório único ou concentrador, utilizado pela maioria dos produtores hidropônicos no Brasil, verifica-se que este abastece várias bancadas e muitas vezes em diferentes estágios de desenvolvimento das plantas. Além disso, em muitos casos na mesma estrutura são cultivadas espécies diferentes. A taxa de absorção de nutrientes é diferente entre as espécies (HAAG; MINAMI, 1988) e mesmo durante o ciclo de uma cultura, a velocidade de absorção dos nutrientes varia (FAYAD et al., 2002; ALVARENGA; LIMA; FAQUIN, 2004), o que resulta em uma absorção que altera a relação inicial de nutrientes ao longo do ciclo provocando desequilíbrio iônico na solução e conseqüentemente alterações no pH. Segundo Melo et al. (2018), atender a marcha de absorção da planta seguindo a exigência nutricional das culturas é fundamental para a máxima produtividade.

Os reservatórios únicos sempre são de tamanho considerável, já que contêm de 1 a 2 L por planta na estufa, e devem ficar abaixo do nível do solo, o que necessita que se cave espaço para esses reservatórios. A montagem desses sistemas tem grande complexidade, pois os tubos que movimentam a solução nutritiva até as bancas da estrutura e o seu retorno ao reservatório devem ser enterrados. Isso gera um alto custo e uma difícil manutenção. Em regiões onde a temperatura do ar é elevada, como os sistemas são grandes e complexos, a solução nutritiva ao circular nos tubos aquece e o oxigênio que se encontrava dissolvido na solução, desprende-se, pois o nível de oxigênio na solução é dependente da sua temperatura (JESUS FILHO, 2009). Como o oxigênio é fator vital para a respiração do sistema radicular, se a solução apresentar baixos níveis pode ocorrer morte dos meristemas e das pequenas ramificações, gerando baixa absorção de água e nutrientes, retardando o crescimento significativamente (FURLANI et al., 2009).

Devido às diferentes durações dos ciclos de cada espécie, a colheita das bancadas em sistemas com um único reservatório de solução nutritiva não ocorre simultaneamente. Mas para o próximo ciclo de cultivo elas deveriam ser higienizadas assim que são colhidas. Em conversa com o supervisor de estágio e a equipe da Hidroponic, verifica-se que os produtores acabaram por abandonar essa prática, por não verem sentido, pois mesmo com parte da bancada limpa e higienizada, ao circular a solução nos sistema, coloca todas as bancadas da estufa na mesma condição, pois estão interligadas, a partir do reservatório único. O supervisor relata que isso resulta em proliferação de algas na solução e sistema, espalhando-se por todas as bancadas. Assim como também doenças, pois quando há uma contaminação qualquer, ela logo se dissemina para todas as bancadas da estufa.

Em reuniões da equipe, para nivelamento, foi dito que nos sistemas comerciais NFT, que atendem múltiplas bancadas com reservatório único, a concentração da solução nutritiva aumenta lentamente ao longo do dia, decorrente da diminuição do volume no reservatório, seja pela absorção ou evaporação da solução nutritiva. Esse aumento da concentração ocasiona efeitos negativos sobre a produtividade pelo efeito do estresse salino, conforme Dos Santos Esteves & Suzuki (2008). Em algum momento do dia o volume do reservatório é ajustado com água pura e a concentração é ajustada com sais ou solução concentrada e posteriormente é feita a correção do pH no reservatório. Contudo o desequilíbrio na solução inicial se mantém, pois a correção da condutividade é feita na concentração e não individualmente para cada nutriente, sendo assim ao longo do cultivo e por se tratar de reservatórios com grande volume esse descompasso entre os nutrientes vai aumentando. Foi relatado que os produtores, empiricamente, trocam totalmente a solução do reservatório em períodos de 15 a 20 dias de cultivo com o objetivo de reequilibrar a solução e diminuir contaminantes, o que gera grandes volumes de descarte e desperdício de água e adubos.

A Hidroponic propôs a individualização das bancadas como estratégia para permitir a higienização das bancadas de um ciclo para outro da cultura. No primeiro contato, parece se tratar de um sistema mais caro e mais complexo de manejar. Conforme foi apresentado pela empresa, unidades comerciais com reservatório único exigem que se construa um sistema hidráulico, de forma a levar a solução nutritiva do reservatório para as bancadas, bem como um sistema de recolhimento com desnível para que a solução volte das bancadas para o reservatório geral. Todo esse sistema hidráulico tem de ser enterrado e construído antes do início da operação da estufa e não pode ser acessado durante a operação da estrutura a não ser que se pare toda a estrutura para manutenção.

Nos sistemas de bancadas individuais, proposto pela Hidroponic, se usa reservatórios que contém, em média, 250 mL de solução nutritiva por planta, e com isso exige-se reservatórios pequenos, os quais podem ficar alojados debaixo das bancadas de produção, não sendo necessário enterrá-los. Toda a hidráulica de cada bancada atendida pelo reservatório fica alojada sob a bancada, o que torna a montagem e manutenção muito prática. Se tem acesso direto a todos os tubos, bombas e hidráulica do sistema. Pode-se montar apenas uma bancada e pô-la para funcionar, e ainda é possível mudar a sua configuração ao longo do tempo individualmente, sem necessitar parar a produção em uma estufa toda.

No modelo de bancada utilizado pela Hidroponic é recomendada uma inclinação mínima de 5% de caimento dos canais de cultivo da bancada. Observa-se que essa inclinação favorece a drenagem no sistema, quando cessa a circulação de solução, o filme de solução

nutritiva que envolve as raízes, diminui rapidamente, permitindo a troca gasosa entre as raízes e o ar, aumentando a oxigenação no sistema radicular. O supervisor relata que em sistemas de múltiplas bancadas é comum se utilizar inclinações menores por falta de conhecimento técnico, nessa situação ocorre com frequência a morte dos meristemas e doenças no sistema radicular, a orientação é realizar a individualização das bancadas e aumentar sua inclinação, sendo que estas indicações têm sido suficientes para a sua recuperação.

O sistema da empresa traz uma alternativa prática e facilmente reproduzível para os produtores, que relatam ver vantagem e decidem implementar, considerando a simplificação nos manejos.

Outro fato a se observar no sistema de cultivo da HIDROPONIC_NFT é que cada bancada individual contém apenas plantas da mesma espécie e mesmo estágio de desenvolvimento, o que permite que se use uma solução ou concentração própria para cada espécie, permitindo grande variabilidade no manejo das necessidades nutricionais.

No sistema HIDROPONIC_NFT, os reservatórios contém um volume baixo de solução por planta, da ordem de apenas 250 mL/planta. Esses reservatórios estão ligados a uma linha de água pura, isso resulta em uma queda na concentração da solução ao longo do dia. Conforme a solução é consumida ou evaporada, água pura é repostada e uma boia mantém o nível. Isso faz com que a planta nunca experimente estresse salino, pois do valor que foi ajustado inicialmente a concentração sempre tende a baixar ao longo do dia. Como o reservatório é pequeno e continuamente entra água, a maior parte da solução original, no reservatório é consumida, e ao se fazer o ajuste diário, resulta como se uma grande substituição fosse feita em volume por solução nova. A planta, aparentemente, tem ao longo do ciclo de cultivo uma solução mais ajustada.

A estratégia de ajuste da Hidroponic, a partir de solução concentrada, utilizando uma medida padrão que produz uma variação aproximada no reservatório da bancada, acelera bastante o ajuste. Um produtor no município de Santa Maria, com mais de 200 reservatórios individuais, que usa essa estratégia, ajusta a solução de todas as bancadas diariamente, com um trabalhador, em um tempo médio de 90 minutos. Contudo, não se alcança precisão no ajuste, tendo os valores diários nas bancadas variado de 0,1 mS cm⁻¹ para cima ou para baixo do valor da cultura. O mesmo se observa para o pH e, com base nisso, que a Hidroponic não orienta o ajuste diário do pH, já que o valor oscila significativamente, de valores que podem ir de 5 até 7, conforme a fonte de água.

Ao final dos ciclos no sistema da HIDROPONIC_NFT se descarta a solução usada e lava-se a bancada iniciando o processo do zero. Essa ação reduz drasticamente a

contaminação e sujidades na bancada. Higiene é fundamental para o bom desempenho de qualquer cultivar, e a aparência final, nesta forma de cultivo, chama muito a atenção do consumidor.

Em visita técnica, observou-se que produtores que utilizavam sistema de reservatório único relataram que a troca para bancadas individuais ofereceu vantagem para a sua produção, como a diminuição do consumo de água e adubos, raízes mais brancas e o fim da necessidade de uso de agrotóxicos para tratar problemas de raiz. Se reportou também uma diminuição do ciclo de produção e uniformidade maior nas colheitas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema da HIDROPONIC_NFT tem um design inovador e se observa que é facilmente reproduzível, contudo, seria recomendado que fosse feito um estudo comparativo entre bancadas manejadas conforme a orientação da empresa e bancadas com ajuste preciso diário da condutividade e do pH para avaliar o resultado do impacto na produtividade. Conhecer e quantificar esse impacto do sistema HIDROPONIC_NFT na produtividade pode resultar em uma recomendação para melhor uso de recursos e diminuição de resíduos nos sistemas de cultivo.

No atual estágio de desenvolvimento das atividades agrícolas, e considerando seu impacto sobre a disponibilidade de recursos naturais, promover ensaios que resultem em aproveitamento melhor de água e adubos minerais e a redução dos resíduos de sistemas produtivos oferecem para a sociedade uma nova visão e posicionamento propositivo.

O estágio na Hidroponic proporcionou acompanhar o cultivo de muitas espécies oléricas em sistemas de cultivo sem solo, técnica que é pouco explorada no curso de Agronomia e a partir da experiência na empresa imagino que poderia ser uma disciplina completa caso fosse implementada. O estágio também proporcionou contato com o ambiente de assistência técnica aos produtores e interação em ambiente profissional, o que tem grande importância para minha formação de engenheiro agrônomo.

Durante o estágio, evento climático comprometeu experimentos e posteriormente provocou a destruição das estruturas da empresa. Situação que não só a empresa mas a agricultura em geral é suscetível. No pós-enchente as primeiras opções que apareceram para comercialização foram as hortaliças de folhas de origem hidropônica, reforçando a importância e resiliência dessa forma de cultivo.

Pesquisas são importantes por oferecerem segurança ao quantificar e qualificar valores. Mas se observa o custo elevado para execução, pelo número de bancadas para que se tenha um delineamento experimental com repetibilidade no tempo, por exemplo, para confirmação de resultados. Manter toda esta estrutura experimental é algo custoso e oneroso e o risco é alto, sendo que um único evento pode colocar tudo a perder.

A Hidroponic apesar de seus resultados e afirmações não tem pesquisas formais, não tem um delineamento, mas tem anos de experiência, tem repetibilidade do conhecimento dos técnicos da empresa na experiência que eles adquirem na prática diária, do dia a dia ali. Considero que as proposições do Hidroponic desenvolvidas na empresa tem valor e este TCC foi uma oportunidade de relatar essas experiências de alguma forma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCSEM - **Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas** - 2016 - 16 p. Disponível em: <[https://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/Paulo_Koch_-_SeminArio_Folhosas_Numeros_e_Tendencias_\(1\).pdf](https://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/Paulo_Koch_-_SeminArio_Folhosas_Numeros_e_Tendencias_(1).pdf)> Acesso em 02 de março de 2024.
- ALVARENGA, M.A.R.; LIMA, L.A. & FAQUIN, V. **Fertirrigação**. In: ALVARENGA, M.A.R. (Editor) **Tomate: Produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras, Editora UFLA, 2004. cap. 6, p.121-158.
- Anuário Brasil Hidroponia** - 1ª Edição - p. 40-63, 2018. Disponível em : <https://cdn.plataformahidroponia.com/wp-content/uploads/2024/01/Anuario_Brasil_Hidroponia_amostra_gratis.pdf> Acesso em 02 de março de 2024.
- BARCELOS-OLIVEIRA, J.L. 2012. **Cultivo hidropônico de rúcula**. capítulo 15. In: SANTOS, O.S. dos (Organizador). **Cultivo Hidropônico**. Santa Maria: FACOS-UFSM: 209-221.
- BEZERRA NETO, E. B et al. **As técnicas de hidroponia**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica. Recife – PE. vols. 8 e 0, p. 107-137, 2012.
- BUGBEE, B. **Nutrient management in recirculating hydroponic culture**. In: ANNUAL CONFERENCE ON HYDROPONICS, 16., Tucson, 1995. Proceedings. Tucson, Hydroponic Society of America, 1995. p.15-30.
- CARRIJO, Osmar A. et al. **Princípios de hidroponia**. 2000, 27 p. Disponível em : <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107350/1/CNPH-DOCUMENTOS-22-PRINCIPIOS-DE-HIDROPONIA.pdf>> Acesso em 02 de março de 2024.
- CARRASCO, G. & IZQUIERDO, J.A. **A média empresa hidropônica: A técnica da solução nutritiva recirculante (“NFT”)**. Talca, Chile, Universidad de Talca, Escritório Regional da FAO para a América Latina e o Caribe, 1996, 91 p.
- CEAGESP – **Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo - 2024** - Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/rucula>> Acesso em 02 de março 2024.
- CIENFUEGOS, Freddy, DELMO S. Vaitsman. **Análise Instrumental**. Rio de Janeiro: Interciência, 606 p., 2000.

COMETTI, N. N.; FURLANI, P. R.; RUIZ, H. A.; FERNADES FILHO, E. I. **IV-Soluções Nutritivas: Formulação E Aplicações**. p. 90-112, 2006.

DE OLIVEIRA, Francisco de Assis et al. **Desempenho de cultivares de rúcula sob soluções nutritivas com diferentes salinidades**. Revista Agro@ambiente On-line, v. 7, n. 2, p. 170-178, 2013. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/agroambiente/issue/view/113>> Acesso em 4 de março de 2024.

DOS SANTOS ESTEVES, Bruno; SUZUKI, Marina Satika. **Efeito da salinidade sobre as plantas**. Oecologia brasiliensis, v. 12, n. 4, p. 6, 2008.

DOUGLAS, James Sholto. **Hidroponia: cultura sem terra**. NBL Editora, 1987.

DUARTE, T. da S.; SANTOS, O. S. dos. **Hidroponia**. In: SANTOS, Osmar Souza (editor). Hidroponia. Santa Maria: UFSM/Colégio Politécnico, 2009.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L. FERREIRA, F.A. **Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.20, n.1, p.90-94, 2002.

FERNANDES, Adriano Alves et al. **Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes**. Horticultura brasileira, v. 20, p. 195-200, 2002.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2000, 357 p.

FURLANI, P.R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de Hidroponia NFT**. Campinas, Instituto Agrônomo, 1998, 30p. (Boletim técnico, 168).

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo Hidropônico de Plantas**: Parte 2 - Solução Nutritiva. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em 07 de março de 2024

GERICKE, William F. **The meaning of hydroponics**. Science, v. 101, n. 2615, p. 142-143, 1945.

GRAVES, C.J. **The nutrient film technique**. In: JANICK, J., ed. Horticultural Reviews. Westport, Connecticut, USA, The AVI Publishing Company, 1983. v. 5, cap. 1, p.1-44.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral de hortaliças**. Campinas: Fundação Cargil, 538p., 1988.

IBGE - Censo Agropecuário 2017 - Disponível em <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html> Acesso em 02 de março de 2024.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2022. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/cachoeirinha.html>> Acesso em 10 março de 2024.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira Legislação e Documentos. QEud - IDEB 2021 Disponível em: <<https://qedu.org.br/municipio/4303103-cachoeirinha/ideb>> Acesso em 10 março de 2024.

JESUS FILHO, J. D. **Hidroponia - Cultivo sem solo**. Viçosa, MG. Ed. CPT, 98 p., 2009.

MELO, G. G., SILVA, M. D. F., COSTA, D. S., CARVALHO, I. D. E., DE SALES NETO, J. M., BRAZ, L. C. C., CARVALHO FILHO, J. L. S. **Influência de diferentes níveis de adubação nitrogenada sobre a produtividade de cultivares de alface**. Revista Saúde & Ciência Online, v. 7, n. 2, p. 276-285, 2018. - Disponível em <<https://rsc.revistas.ufcg.edu.br/index.php/rsc/issue/view/9>> Acesso 10 de março de 2024

MORAES, F. A.; DA SILVA, L. H.; DE OLIVEIRA GOMES, L. **Análise qualitativa da produção de alface mostrando as vantagens dos sistemas hidropônicos em relação ao sistema convencional**. v. 3 n. 2 - 18 p., 2021: 6º Congresso de Tecnologia-Fatec Mococa.

MOURA, K. K. C. F. et al. **Desempenho agrônômico de rúcula sob diferentes espaçamentos e épocas de plantio**. Revista Ciência Agronômica, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 449-454, 2009.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 41 p.

MOTA, F. S. **Estudo do clima do estado do Rio Grande do Sul segundo o sistema de Köppen**. 37 Revista Brasileira de Geografia, p. 225-284, 1951.

PURQUERIO LFV; TIVELLI SW. **O Mercado da Rúcula** Revista Campo Negócios HF, p. 84-85, 2007 - Disponível em <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Rucula/Rucula.htm>> Acesso 12 de março de 2024

REISSER JUNIOR, C. **Produção de hortaliças gourmets em hidroponia**. Revista Campo & Negócios HF, Uberlândia, p. 32-34, 2013. Disponível em : <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/93589/1/digitalizar0050.pdf>> Acesso 10 de março de 2024

RODRIGUES, L.M. **Producción hidroponica de rucula (*Eruca sativa* Mill.)**. 133p., 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em : <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12664/1/produccionhidroponicaruculasativa.pdf>> Acesso 10 de março de 2024.

SILVA, F. V. da. **Cultivo Hidropônico de Rúcula (*Eruca sativa* Mill.) utilizando águas salinas**. 69f. Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em : <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11143/tde-16032010-151140/pt-br.php>> Acesso 10 de março de 2024.

TRANI, P. E., FORNSIER, J. B., LISBÃO, R.S. - **A cultura da rúcula** - Boletim Técnico IAC 146 - Instituto Agrônomo, Campinas, SP, 1992, 8 p.

WIETH, Albertina Radtke et al. **Produção de microgreens em diferentes substratos e concentrações de solução nutritiva**. XII Encontro brasileiro de hidroponia IV simpósio brasileiro de hidroponia, p. 109, 2018.

ANEXO A - Soluções nutritivas utilizadas na Hidroponic



Compras no Site www.hidroponic.com.br

PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA USO DOMÉSTICO

Preparo do Adubo concentrado			Usando a solução concentrada	De cada litro
Quatro garrafas de 2 litros			INICIAL: TODO TIPO/AGRIÃO Para 1,0mS/litro	4 ml
			CRESCIMENTO: TODO TIPO/RÚCULA Para 1,5mS/litro	6 ml
			ALFACE: ALFACE/FLORES Para 1,8mS/litro	7 ml
			PADRÃO: FRUTAS/TOMATE Para 2,0mS/litro	8 ml
MACRO I	Nitrato de cálcio	200 g	Devemos pegar estes valores de cada recipiente, ou seja para 1mS/litro do concentrado de 2 litros, utilizar: 4ml do macro 1 + 4ml do macro 2 + 4ml de micros + 4 ml de ferro. Enquanto separados em 4 recipientes, o adubo dura 6 meses, depois de misturado deve ser trocado a cada 30 dias.	
	Nitrato de potássio	125 g		
MACRO II	Fosfato monoamônio	37 g		
	Sulfato de magnésio	100 g		
MICROS	ComMicros Light	2,5 g		
FERRO	Ferro FeEDDHMA-6% Fe	7,5 g		
Adubos (Marcas comerciais) que se usa em Hidroponia: Nitrato de Cálcio (Calcinit - Dipsol Calciun) Ferro EDHMA 6% (Oligoferro - Ferriline - Van Iperem) Fosfato Mono Amônia (Map - Kista Map- Dipsol MAP) Nitrato de Potássio (Krista K- Dipsol NKS) Sulfato de Magnésio (Kista Mag - Magnésio Ultra) Micros - (ComMicros Light)			Produtos que se usa na solução como aditivos: Raizal - até 40g por mil litros uma vez por semana Silicato de potássio - até 10 ml por mil litros uma vez por semana - interromper se a folha ficar quebradiça. Ácido Fosfórico - ajuste do Ph (no reservatório de água) Soda Cáustica - ajuste do Ph (no reservatório de água) Direto na solução - NÃO no concentrado	



Compras no Site www.hidroponic.com.br

PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA

Preparo do Adubo concentrado		5 litros	10 litros	50 litros	100 litros	200 litros
MACRO I	Nitrato de cálcio	800g	1600g	8kg	16kg	32kg
	Nitrato de potássio	500g	1000g	5kg	10kg	20kg
MACRO II	Fosfato monoamônio	150g	300g	1,5kg	3kg	6kg
	Sulfato de magnésio	450g	900g	4,5kg	9kg	18kg
MICROS	ComMicros Light	10g	20g	100g	200g	400g
FERRO	Ferro FeEDDHMA-6% Fe	30g	60g	300g	600g	1,2kg
Adubos (Marcas comerciais) que se usa em Hidroponia: Nitrato de Cálcio (Calcinit - Dipsol Calciun) Ferro EDHMA 6% (Oligoferro - Ferriline - Van Iperem) Fosfato Mono Amônia (Map - Kista Map- Dipsol MAP) Nitrato de Potássio (Krista K- Dipsol NKS) Sulfato de Magnésio (Kista Mag - Magnésio Ultra) Micros - (ComMicros Light)		Quando for feito o ajuste sempre pegar a mesma quantidade de cada recipiente de concentrado. O consumo deve ser igual. Sempre misturar os adubos com a mesma quantidade de água na hora de levar para o ajuste. Uma medida de água uma de adubo. Enquanto separados duram 6 meses, na mistura de ajuste 2 horas. Na caixa da bancada deve ser trocado sempre que colher e replantar.				
		Produtos que se usa na solução como aditivos: Raizal - até 40g por mil litros uma vez por semana Silicato de potássio - até 10 ml por mil litros uma vez por semana - interromper se a folha ficar quebradiça. Ácido Fosfórico - Baixa o Ph (no reservatório de água) - Soda Cáustica - Sobe o Ph (no reservatório de água) Direto na solução - NÃO no concentrado				



Compras no Site www.hidroponic.com.br

PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA TOMATE

Preparo do Adubo concentrado Quantidades para Concentrado de 10 litros.		+ Qualidade - Quantidade			
		Mudas 1mS (0~30 dias)	Prod.1 - 2mS (31~ dias)	Prod.1 - 2,5mS (31~ dias)	Prod.1 - 5mS (31~ dias)
MACRO I	Nitrato de cálcio	400 g	1000 g	1380 g	2750 g
MACRO II	Monofosfato Amônia	28 g	61g	80g	152g
	Nitrato de Potássio	80 g	255g	320g	636g
	Monofosfato Potássio	85 g	160g	200g	398g
	Sulfato de Magnésio	225g	450g	560g	1112g
	Cloreto dePotássio	210g	522g	655g	1304g
MICROS	ComMicros Light	10 g	10 g	12 g	18 g
FERRO	Ferro FeEDDHMA-6% Fe	20 g	40 g	40 g	40 g

Quando for feita a mistura pegar quantidades iguais de cada recipiente.

Enquanto separados em 4 recipientes, o adubo dura 6 meses, depois de misturado deve ser trocado a cada 30 dias.



Compras no Site www.hidroponic.com.br

PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA MORANGO

Preparo do Adubo concentrado		Inicial	Produção	Quantidades para Concentrado de 5 litros, para quantidades maiores de concentrado fazer proporcional
MACRO I	Nitrato de cálcio	800 g	900 g	
MACRO II	Monofosfato Potássio	220 g	200 g	
	Sulfato de Potássio	450 g	650 g	
	Sulfato de Magnésio	450 g	450 g	
MICROS	ComMicros Light	10 g	10 g	Quando for feita a mistura pegar quantidades iguais de cada recipiente.
FERRO	Ferro FeEDDHMA-6% Fe	46 g	46 g	
Usando a solução concentrada				Enquanto separados em 4 recipientes, o adubo dura 6 meses, depois de misturado deve ser trocado a cada 30 dias.
INICIAL: do plantio aos 1º frutos		1,5mS		
PRODUÇÃO: todo o tempo		1,5mS		



Compras no Site www.hidroponic.com.br

PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PIMENTÃO

Preparo do Adubo concentrado		Inicial	Produção	Quantidades para Concentrado de 5 litros, para quantidades maiores de concentrado fazer proporcional
MACRO I	Nitrato de cálcio	400 g	850 g	
MACRO II	Monofosfato Potássio	80 g	170 g	
	Sulfato de Potássio	250 g	500 g	
	Sulfato de Magnésio	200 g	430 g	
MICROS	ComMicros Light	10 g	10 g	Quando for feita a mistura pegar quantidades iguais de cada recipiente.
FERRO	Ferro FeEDDHMA-6% Fe	15 g	30 g	
Usando a solução concentrada				Enquanto separados em 4 recipientes, o adubo dura 6 meses, depois de misturado deve ser trocado a cada 30 dias.
INICIAL: do plantio aos 1º frutos		1,5mS		
PRODUÇÃO: todo o tempo		2,0mS		