

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THALYA RAMOS MARQUES

ESTRATÉGIAS DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS
PARA A PRODUÇÃO DE ALFACE EM HIDROPONIA

CURITIBA

2023

THALYA RAMOS MARQUES

ESTRATÉGIAS DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS
PARA A PRODUÇÃO DE ALFACE EM HIDROPONIA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti

CURITIBA

2023

TERMO DE APROVAÇÃO

THALYA RAMOS MARQUES

ESTRATÉGIAS DE REPOSIÇÃO DE NUTRIENTES EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS PARA A PRODUÇÃO DE ALFACE EM HIDROPONIA

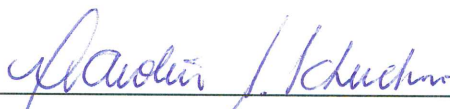
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro(a) Agrônomo(a) no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Orientador Professor Dr. Volnei Pauletti

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola

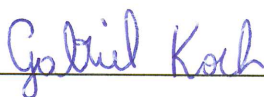
Setor de Ciências Agrárias



Professora Dra. Carolina Smanhotto Schuchovski

Departamento de Solos e Engenharia Agrícola

Setor de Ciências Agrárias



Me. Gabriel Koch

Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade

Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 06 de julho de 2023

Aos meus pais Valdimiro e Natalia, por toda dedicação, empenho e apoio durante toda minha vida.

Aos meus irmãos Sidney, Mirian e Lilian, por todo incentivo, paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida, e por ter permitido que eu tivesse determinação para enfrentar todos os desafios durante a realização deste trabalho.

A toda minha família, em especial aos meus pais Valdimiro e Natalia, aos meus irmãos Sidney, Mirian e Lilian, que sempre me apoiaram e incentivaram a não desistir dos meus sonhos, e aos meus sobrinhos Nátalie, Lívia e Emanuel que através de sua alegria, me encorajavam a sempre ter esperança.

Ao professor Dr. Volnei Pauletti, pela orientação, dedicação e confiança, além de todo conhecimento compartilhado.

Aos meus amigos do curso de Agronomia que sempre me acompanharam durante toda a trajetória acadêmica, compartilhando todos os momentos de alegria e desafios.

Ao Matheus Dias que sempre esteve ao meu lado me apoiando.

Àqueles que me auxiliaram de alguma forma durante a realização do experimento, Lucas B., Sara C., Julia A., Amanda S.

À equipe do laboratório de Nutrição de Plantas do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Paraná, Fabiana e Guilherme P., que auxiliaram na realização das análises laboratoriais.

“Deus não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos. Fazer ou não
fazer algo só depende de nossa vontade e perseverança. ”

Albert Einstein

RESUMO

As soluções nutritivas são essenciais para o fornecimento de água e nutrientes para o crescimento e desenvolvimento das plantas em sistemas de cultivo hidropônico, principalmente àqueles que utilizam a técnica do fluxo laminar de nutrientes. Um dos problemas atuais é o descarte incorreto das soluções nutritivas, que pode ocasionar perdas econômicas ao produtor e problemas ambientais. Da mesma forma, nem sempre a maior produtividade é alcançada quando se tem altas doses de nutrientes disponíveis, sendo suficiente apenas atender sua necessidade nutricional. A fim de minimizar esses problemas e ainda manter elevada produtividade, objetivou-se neste trabalho determinar estratégias adequadas de reposição dos nutrientes da solução nutritiva durante o ciclo de cultivo de alface hidropônica. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos corresponderam em, sem reposição de sais durante todo o cultivo (T1), com reposição proporcional de todos os sais quando a condutividade for abaixo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (T2), com reposição conforme análise semanal da solução, acrescentando somente aqueles nutrientes de forma individual, que na solução apresentaram baixa quantidade, com concentração de sais em 100% na solução (T3), com reposição conforme análise semanal da solução, acrescentando somente aqueles nutrientes de forma individual, que na solução apresentaram baixa quantidade, no entanto, até 15 dias após o transplântio (d.a.t.) a concentração de nutrientes era de 50% da concentração inicial da solução e de 100% após 15 d.a.t. (T4) e chá de vermicomposto (T5). Para a quantificação dos nutrientes, utilizaram-se os métodos de redução de zinco no UV/Vis e também Kjeldahl, além da técnica de espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado. Foram avaliadas as massas frescas e secas, da parte aérea e radicular das plantas aos 21 e 41 dias após o transplântio para as calhas de hidroponia. Os tratamentos com reposição individual dos nutrientes de acordo com a diminuição da concentração na solução nutritiva proporcionaram resultados de massa de plantas semelhantes ao tratamento com reposição proporcional de todos os nutrientes de acordo com a redução de condutividade elétrica na solução. Sendo assim, utilizar a reposição de nutrientes de forma individual, permite alcançar níveis de produtividade iguais aos alcançados atualmente, com reposição proporcional de todos os sais minerais na solução nutritiva.

Palavras-chave: Cultivo hidropônico. Nutrição mineral. *Lactuca sativa* L.. Adubação orgânica. Descarte de soluções.

ABSTRACT

Nutrient solutions are essential for providing water and nutrients for the growth and development of plants in hydroponic cultivation systems, especially those using the laminar nutrient flow technique. One of the current problems is the incorrect disposal of nutrient solutions, which can cause economic losses to the producer and environmental problems. In the same way, the highest productivity is not always achieved when high doses of nutrients are available, and it is enough just to meet their nutritional needs. In order to minimize these problems and still maintain high productivity, the objective of this work was to determine adequate strategies for replacing nutrients in the nutrient solution during the hydroponic lettuce cultivation cycle. The experiment was conducted in a randomized block design with four replications. The treatments corresponded to, without replacement of salts throughout the cultivation (T1), with proportional replacement of all salts when the conductivity is below 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (T2), with replacement according to the weekly analysis of the solution, adding only those nutrients individually, which in the solution had a low amount, with a salt concentration of 100% in the solution (T3), with replacement according to the weekly analysis of the solution, adding only those nutrients individually, which in the solution had a low amount, however, up to 15 days after transplanting (d.a.t.) the nutrient concentration was 50% of the initial concentration of the solution and 100% after 15 d.a.t. (T4) and vermicompost tea (T5). For the quantification of nutrients, the methods of zinc reduction in UV/Vis and also Kjeldahl were used, in addition to the optical emission spectrometry technique with inductively coupled plasma. The fresh and dry mass of the aerial and root parts of the plants were evaluated at 21 and 41 days after transplanting to the hydroponic troughs. Treatments with individual replacement of nutrients according to the decrease in concentration in the nutrient solution provided similar plant mass results to the treatment with proportional replacement of all nutrients according to the reduction of electrical conductivity in the solution. Therefore, using nutrient replacement individually allows achieving levels of productivity equal to those currently achieved, with proportional replacement of all mineral salts in the nutrient solution.

Keywords: Hydroponic cultivation. Mineral nutrition. *Lactuca sativa* L. Organic fertilization. Discard solutions.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – CASA DE VEGETAÇÃO UTILIZADA PARA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	22
FIGURA 2 – SISTEMA HIDROPÔNICO DO TIPO NFT	23
FIGURA 3 – TEMPORIZADOR ANALÓGICO (À ESQUERDA) E HIGRÔMETRO DIGITAL (À DIREITA)	24
FIGURA 4 - MUDA DE ALFACE VALENTINA DA SAKATA®.....	25
FIGURA 5 – CRONOGRAMA COM AS PRINCIPAIS DATAS E PROCEDIMENTOS DURANTE O EXPERIMENTO DURANTE O ANO DE 2022	27
FIGURA 6 – MEDIDOR DE pH (À ESQUERDA) E MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (À DIREITA) UTILIZADOS PARA AFERIÇÃO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO	28
FIGURA 7 – SOLUÇÕES NUTRITIVAS APÓS A FILTRAGEM COM PAPEL FILTRO FAIXA AZUL.....	29
FIGURA 8 – DIFERENÇA DAS PLANTAS DE ALFACE DE CADA TRATAMENTO	34

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – MÉDIAS SEMANAIS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS E TEMPERATURAS MÍNIMAS.....	24
GRÁFICO 2 – VALORES OBTIDOS DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH).....	30
GRÁFICO 3 – VALORES OBTIDOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE).....	31
GRÁFICO 4 – MÉDIAS DE MASSA FRESCA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA ⁻¹) DE ALFACE AOS 21 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO	32
GRÁFICO 5 – MÉDIAS DE MASSA SECA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA ⁻¹) DE ALFACE AOS 21 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO	33
GRÁFICO 6 – MÉDIAS DE MASSA FRESCA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA ⁻¹) DE ALFACE AOS 41 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO	34
GRÁFICO 7 – MÉDIAS DE MASSA SECA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA ⁻¹) DE ALFACE AOS 41 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO	35

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PROCEDIMENTOS REALIZADOS PARA CADA TRATAMENTO26

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CONCENTRAÇÕES INICIAIS ESPERADAS DOS NUTRIENTES DISPONÍVEIS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA A 100% DA CONCENTRAÇÃO (ADAPTADA DE FURLANI, 1999)	25
TABELA 2 – QUANTIDADE DE SAIS PARA 90 LITROS DE ÁGUA, UTILIZADOS PARA COMPOR AS SOLUÇÕES NUTRITIVAS.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 ALFACE	16
2.2 CULTIVO HIDROPÔNICO	16
2.3 SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	19
2.4 SOLUÇÃO DE VERMICOMPOSTO.....	19
2.5 DESCARTE INCORRETO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
5 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

Dentre as hortaliças folhosas, a alface (*Lactuca sativa* L.) é a mais produzida e consumida no Brasil, sendo a do tipo crespa a mais representativa desse mercado, tendo grande importância econômica (VILELA; LUENGO, 2022). A alface representa ainda grande importância nutricional devido principalmente aos baixos teores de caloria (SILVA, 2016). Devido à grande procura e exigências de mercado, o cultivo dessa hortaliça em sistemas hidropônicos vem aumentando nos últimos anos, pelas diversas vantagens que esse sistema de cultivo apresenta (REZENDE et al., 2007).

O cultivo hidropônico é uma técnica para produção de plantas em meio hídrico, onde a partir de uma solução nutritiva, haverá o fornecimento de nutrientes para desenvolvimento das plantas, não utilizando o solo nesse cultivo (LANA; GUEDES, 2021). Esse cultivo confere diversas vantagens, como a produção o ano todo, devido ao cultivo ser em ambiente protegido, garantia de um maior controle de qualidade e sanidade, assim como maior produtividade, eficiência no uso de água e de fertilizantes, menor tempo até a colheita. Todos estes fatores estão atrelados a exigência do mercado quanto a qualidade do produto final (COMETTI, 2003; NASCIMENTO, 2022).

Entre as técnicas utilizadas para cultivo hidropônico, a que se destaca é a técnica do fluxo laminar de nutrientes (Nutrient Film Technique - NFT), que consiste na passagem de uma lâmina/filme de solução nutritiva, pelas raízes das plantas que estão dispostas nas canaletas do sistema hidropônico (COMETTI, 2003).

Um dos aspectos mais importantes para o cultivo em hidroponia, é a solução nutritiva que é composta por nutrientes, disponibilizados por meio de fertilizantes minerais ou sintéticos, e é a partir dela que a planta conseguirá absorver os nutrientes, se desenvolver e atingir sua máxima produtividade. Para isso, há no mercado diferentes soluções nutritivas disponíveis, onde para a sua escolha, faz-se necessário realizar uma análise das necessidades nutricionais da cultura escolhida para o cultivo (REZENDE et al., 2007).

Outra opção além da solução nutritiva comercial, é a solução de vermicomposto, que é uma solução orgânica que pode ter em sua composição, compostos orgânicos e/ou esterco, assim sendo fonte de nutrientes (DIONÍSIO, 2021). Essa solução, apresenta vantagens em relação as soluções comerciais com fertilizantes, entre elas possui um baixo custo, além de permitir o produtor produzir

em sua própria propriedade (MULLER, 2006). Na solução de vermicomposto, podem ser acrescentados compostos orgânicos que aumentem os teores de nutrientes na solução, um exemplo, é o uso de excremento de *Tenebrio molitor*, que apresenta altos teores de proteínas, podendo aumentar teores de nitrogênio na solução (GHALY; ALKOAİK, 2009; SOUSA, 2021). No entanto, a solução de vermicomposto deve ser bem filtrada para evitar a presença de partículas suspensas maiores que possam danificar as bombas de condução da solução nutritiva.

Ao final do cultivo, a solução nutritiva é descartada, gerando desperdício de fertilizantes utilizados na solução, o que pode gerar problemas econômicos e também ambientais. Isso porque nutrientes como, fósforo, nitrogênio, cálcio, enxofre e zinco que estão presentes na solução e que não foram absorvidos em sua totalidade pelas plantas, quando descartados através da solução nutritiva em locais e de forma incorreta, acabam gerando riscos ao meio ambiente. Um dos problemas que podem ocorrer é a eutrofização das águas, pelo excesso de nutrientes como fósforo e nitrogênio e até mesmo a salinização dos solos devido ao alto teor de sais presente nas soluções nutritivas (FELIPE, *et al.*, 2021; SOUZA; TORSIAN; SILVA, 2022).

O desenvolvimento da planta se dá quando suas necessidades nutricionais são supridas, sendo assim, não necessariamente a planta irá ter maior produtividade alcançada quando se tem altas doses de nutrientes disponíveis para a mesma. Partindo deste ponto, uma das alternativas para minimizar os problemas que ocorrem a partir do descarte incorreto das soluções nutritivas, e de aumentar a eficiência dos fertilizantes utilizados é realizar a reposição de nutrientes a partir da absorção das plantas no decorrer do ciclo de cultivo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Comparar diferentes métodos de reposição de nutrientes em solução nutritiva durante o cultivo de alface hidropônica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar a eficiência da reposição de nutrientes da solução nutritiva a partir da diminuição do teor individual durante o ciclo de cultivo.
- Determinar a eficiência do uso de chá de vermicomposto para fornecimento de nutrientes para o cultivo de alface hidropônica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ALFACE

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa que se destaca como sendo a mais produzida e consumida no Brasil, representando grande importância econômica. O cultivo desta hortaliça é responsável por grande geração de emprego devido aos cuidados que devem ser submetidas durante todo o ciclo de cultivo, além de possuir ciclo de cultivo curto, o que confere vários ciclos durante o ano. Entre as variedades produzidas desta folhosa a que expressa maior importância no mercado é a do tipo crespa. A alface pode ser produzida em todo território nacional, mas concentra a maior produção nas regiões sudeste e sul, sendo consumida principalmente de forma *in natura* (VILELA; LUENGO, 2022).

Esta hortaliça folhosa apresenta grande importância nutricional estando presente na dieta da população, por possuir baixo valor energético, com altos teores de vitaminas A e C, e minerais como fósforo e ferro. Além da importância nutricional, o consumidor consegue ter acesso a alface de forma fácil, favorecendo ainda mais seu consumo (SILVA, 2016).

Uma das preocupações e exigências de mercado é quanto à qualidade da alface, isso devido principalmente por seu consumo ser *in natura*. No cultivo a céu aberto, as plantas estão expostas a diversas intempéries como vento, granizo e chuva que acabam prejudicando muitas vezes o cultivo, visto que a alface é sensível a diferentes condições climáticas, devido a fragilidade de suas. Diante disso, a alface vem ganhando destaque no cultivo em sistema hidropônico, devido a esse sistema permitir que a planta seja cultivada em ambiente protegido dessas intempéries climáticas citadas, ser um ambiente livre de patógenos de solo e ainda não possui partículas de solo e outras impurezas que deixam a planta com aspecto de qualidade inferior (REZENDE et al., 2007).

2.2 CULTIVO HIDROPÔNICO

O cultivo hidropônico é um método de cultivo de plantas que não utiliza solo, mas sim uma solução nutritiva para fornecer os nutrientes necessários às plantas.

Normalmente esse tipo de cultivo é feito em ambientes protegidos (LANA; GUEDES, 2021).

Existem várias vantagens no cultivo de alface hidropônica. Uma delas é que ela pode ser cultivada em áreas urbanas ou em locais com restrições de espaço, pois ocupa menos espaço do que o cultivo tradicional em solo, não necessitando de grandes áreas agricultáveis. Esse método também permite uso mais eficiente da água, pois é possível que ocorra a recirculação e reutilização no sistema hidropônico (COMETTI, 2003).

A solução nutritiva é cuidadosamente formulada para fornecer todos os nutrientes essenciais necessários para o crescimento das plantas. Os nutrientes mais comuns incluem nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, boro, manganês, cobre, zinco e molibdênio. A solução é fornecida diretamente às raízes das plantas, permitindo que elas absorvam os nutrientes de forma eficiente. Permitindo assim, uma melhor eficiência no uso dos fertilizantes (COMETTI, 2003).

Outras vantagens da utilização de sistemas hidropônicos é que nesse sistema de cultivo, o ambiente pode ser cuidadosamente controlado, permitindo ajustes de temperatura, umidade, pH e níveis de nutrientes, com análise de condutividade elétrica. Oferecendo assim, condições ideais para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Para a análise de pH e condutividade elétrica, pode-se fazer de forma manual, utilizando medidores portáteis chamados de peagâmetro e condutivímetro, respectivamente (NASCIMENTO, 2022).

Como o cultivo hidropônico não envolve solo, facilita o controle de pragas e doenças. No entanto, ainda é importante monitorar e adotar medidas preventivas para evitar problemas fitossanitários, mas de modo geral, o uso de produtos fitossanitários é menor, quando comparado ao cultivo a céu aberto. Outro ponto favorável ao cultivo hidropônico, é o bem-estar do produtor com relação à execução dos tratos culturais e manejo do cultivo. Isso porque as plantas ficam em uma altura confortável para o agricultor realizar os manejos, permitindo um trabalho ergonomicamente melhor (COMETTI, 2003; NASCIMENTO, 2022).

Além disso, o sistema é escalável, podendo ser ampliado conforme a necessidade, e no caso da alface, esta geralmente cresce mais rapidamente do que a cultivada no solo. Por ser colhida em menos tempo devido ao menor ciclo de cultivo, favorece a demanda pela quantidade do produto, entregando ainda produtos

mais limpos já que não possui contato direto com o solo (COMETTI, 2003; NASCIMENTO, 2022).

A busca por alimentos mais saudáveis e o crescimento da população, ocasionou o aumento da demanda de produção de hortaliças, fazendo com que os consumidores se tornem mais exigentes com o alimento. Com isso, a produção precisa acompanhar a necessidade do mercado, buscando suprir tanto em quantidade como em qualidade, sendo necessário ter o cultivo dessas hortaliças o ano todo. Com todos esses aspectos, vem aumentando anualmente o cultivo em ambientes protegidos e em sistemas hidropônicos (OHSE et al., 2001).

Dentre as principais técnicas para o cultivo hidropônico, tem-se a técnica NFT, sigla proveniente do inglês *Nutrient Film Technique*. Essa técnica foi criada por Allen Cooper, um pesquisador inglês, na década de 60 e hoje é bastante difundida em todo o mundo. No Brasil, essa técnica começou a ser inserida na região do cinturão verde em São Paulo na década de 80 (GUEDES, 2019).

Essa técnica é um método de cultivo hidropônico que utiliza um sistema de filme de nutrientes para fornecer água e nutrientes às plantas. Nesse sistema, as plantas são suspensas em canais inclinados, com suas raízes em contato direto com um fino filme de solução nutritiva que flui pela canaleta. A solução nutritiva contém todos os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento da planta durante todo seu ciclo (COMETTI, 2003).

O sistema de hidroponia NFT é composto basicamente por uma bancada, a qual deve estar suspensa do solo em aproximadamente um metro e possuir inclinação de cerca de 2% podendo variar até 8%, permitindo o escoamento da solução nutritiva por gravidade pelos canais, onde as plantas serão dispostas para o cultivo, para o reservatório da solução nutritiva e uma bomba fará o recalque da solução nutritiva para a parte mais alta da bancada (COMETTI, 2003).

No sistema de hidroponia é necessária a oxigenação e para isso é necessário que no retorno, a solução passe por um sistema com base no princípio de Venturi. Para melhor oxigenação das raízes, é necessário programar previamente com o auxílio de um temporizador a frequência e turnos para a irrigação, podendo ser 15 minutos ligados e o mesmo tempo desligado (COMETTI, 2003; NASCIMENTO, 2022).

2.3 SOLUÇÃO NUTRITIVA

A solução nutritiva é um dos aspectos mais importantes em se tratando do cultivo hidropônico quando não se utiliza substrato. Isso porque o crescimento e desenvolvimento da planta dependerá quase que totalmente da solução nutritiva, sendo esta que fornecerá os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta. Tais fatos, nos mostram a importância de saber a necessidade nutricional, bem como o manejo de cada cultura para o sistema hidropônico e as condições locais onde será realizado o cultivo, para que assim, possa escolher a melhor solução nutritiva para determinada espécie a ser cultivada (REZENDE et al., 2007).

Há muitas soluções nutritivas disponíveis para utilizar na hidroponia, no entanto autores como Schmidt et al. (2001), Fagundes et al. (2006), Rezende et al. (2007) e Santos et al. (2011) utilizaram em suas pesquisas com o cultivo da alface, a solução nutritiva proposta por Furlani (1999).

A vazão da solução nutritiva no sistema hidropônico, é importante para que não ocorra carência nutricional e de oxigênio, o que afeta diretamente no desenvolvimento das plantas. Por isso, a velocidade de circulação da solução nutritiva deve ser ajustada de acordo com cada cultivo, levando em consideração as condições climáticas do local. Vazões próximas a $1,5 \text{ L min}^{-1}$, são indicadas para cultivo de alface por apresentar resultados favoráveis com o aumento da biomassa da planta (FURTADO, 2008; SANTOS et al., 2011).

Todos os canais que estão sendo utilizados no cultivo, devem receber o mesmo volume de solução nutritiva, isso permitirá que as plantas cresçam uniformemente, garantindo qualidade padrão para todas as plantas. Dessa forma, o dimensionamento do sistema, bem como o cuidado com a vazão da solução nutritiva, são pontos extremamente importantes no cultivo hidropônico (NASCIMENTO, 2022).

2.4 SOLUÇÃO DE VERMICOMPOSTO

A solução de vermicomposto ou chá de vermicomposto, é utilizada há bastante tempo na agricultura, com objetivo de ser um meio de fertilizar os cultivos e ainda controlar pragas e doenças, sendo composto por esterco ou compostos orgânicos. Um exemplo de solução de vermicomposto é aquele que possui em sua

composição o húmus de minhoca. Esse tipo de solução, apresenta coloração escura, devido a quantidade de coloides de matéria orgânica presente na solução (DIONÍSIO, 2021).

Essas soluções possuem algumas vantagens quando comparadas à solução nutritiva comercial com fertilizantes industriais, como o baixo custo e ainda permite ao próprio produtor, a produção de húmus de minhoca em sua propriedade, diminuindo ainda mais os custos para a produção e preparo da solução. Ou seja, tornando mais sustentável o cultivo, além de ser fonte de nutrientes para as plantas, o que torna possível sua utilização na hidroponia (MULLER, 2006).

Para utilização em cultivo hidropônico, a solução de vermicomposto precisa atender alguns parâmetros importantes, como pH, sendo indicado estar entre 5,2 e 6,5 e a condutividade elétrica que pode variar entre 1,5 dS m⁻¹ a 3,5 dS m⁻¹ dependendo do cultivo escolhido para produção (DIONÍSIO, 2021).

O uso de solução de vermicomposto, proporciona resultados positivos na produção de espécies em sistema de cultivo hidropônico, mostrando que pode ser utilizada como uma opção além da solução nutritiva comercial com fertilizantes industriais (MULLER, 2006; BIONE, 2013).

Outro exemplo de composto orgânico que pode ser utilizado na solução de vermicomposto é o excremento de *Tenebrio molitor*, conhecido popularmente por larva da farinha, pertence à família *Tenebrionidae*, ordem Coleóptera. Esta larva é muito encontrada em armazéns principalmente de grãos e farinhas, sendo assim considerada praga de grãos armazenados e farinhas. Se reproduz com facilidade e é conhecida por possuir alto teor nutricional, destacando para o teor de proteínas do mesmo (GHALY; ALKOAİK, 2009).

Diversos trabalhos apresentam a grande quantidade de proteínas que o *Tenebrio molitor* possui em sua composição, Ghaly e Alkoai (2009) obtiveram valores variando de 24,3 - 27,6% de proteína, enquanto que Sousa (2021) encontrou 85,95% de proteína bruta.

O fertilizante com excremento de *Tenebrio molitor* é produzido por meio do resíduo do substrato da alimentação do criadouro das larvas. Nesse substrato há a presença do excremento das larvas, podendo conter partes do exoesqueleto do *Tenebrio*. Essa composição, permite a concentração de macronutrientes e induz a plantas mais resistentes. Ao comparar este fertilizante orgânico a base de

excremento de *Tenebrio molitor* com o esterco de aves, há um aumento de 157% de fósforo, 33,5% de potássio e 23,7% de nitrogênio (REIS, 2022).

2.5 DESCARTE INCORRETO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Quando se encerra o ciclo de cultivo na hidroponia, as soluções nutritivas são descartadas, no entanto, tal ato ocasiona perdas econômicas e pode levar a problemas ambientais, visto que na solução nutritiva ainda há nutrientes que não foram absorvidos pelas plantas. Esses nutrientes normalmente possuem um custo relativamente alto para o produtor e além disso, quando descartados de forma incorreta, podem ocasionar problemas como a eutrofização, que é o excesso de nutrientes como fósforo e nitrogênio em corpos de água (FELIPE et al., 2021).

Estes nutrientes são necessários e importantes para o crescimento e desenvolvimento de plantas, no entanto, no caso da hidroponia, com o encerramento do ciclo de cultivo, precisa ser descartada corretamente (SOUZA; TORSIAN; SILVA, 2022).

Caso isso não ocorra, podem ocorrer problemas de eutrofização de ambientes aquáticos e salinização do ambiente, devido à alta quantidade de sais na concentração das soluções nutritivas (SOUZA; TORSIAN; SILVA, 2022).

O que motiva o produtor a realizar o descarte da solução nutritiva de forma total, é por falta de acesso a técnicas que forneçam a quantidade exata de nutrientes que ainda estão disponíveis na solução nutritiva, isso porque métodos capazes de identificar a quantidade de nutrientes são caros, se tornando inviáveis ao agricultor. Diante disso, como o produtor não consegue equilibrar novamente a quantidade de nutrientes ideais para cultivo, e afim de evitar problemas nutricionais nos cultivos subsequentes, opta pelo descarte da solução nutritiva, para evitar perdas no próximo cultivo (MACEDO, 2021).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em ambiente protegido, em casa de vegetação (FIGURA 1), que pertence ao Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), localizado no Campus Agrárias da Universidade Federal do Paraná (UFPR), situado na cidade de Curitiba – PR, nas coordenadas geográficas 49° 16' 19" de longitude oeste e 25° 25' 47" de latitude sul, com altitude de 935 m. O clima é classificado como subtropical úmido (Cfb), de acordo com a classificação de Köppen.

FIGURA 1 – CASA DE VEGETAÇÃO UTILIZADA PARA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO



FONTE: A autora (2022).

O experimento foi realizado com o cultivo de alface no sistema hidropônico (FIGURA 2), com a técnica do fluxo laminar de nutriente (NFT). Os canais são de cano de PVC, com orifícios situados na parte superior de cada canal na horizontal, com espaçamentos de 25 cm entre cada orifício para posterior colocação das mudas e 25 cm entre cada canal. O sistema de hidroponia era composto por quatro bancadas contendo cinco canaletas cada, com capacidade para 12 plantas por canaleta, com declividade de 8% e vazão do sistema de 1,6 L min⁻¹.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos. Cada repetição constou de uma canaleta localizada em cada uma das quatro bancadas. Cada tratamento foi conduzido em sistema independente de hidroponia, composto por caixa d'água, bomba de recalque, tubulação para

condução da solução nutritiva, canaletas e tubulação de retorno da solução nutritiva para a mesma caixa d'água (FIGURA 2).

FIGURA 2 – SISTEMA HIDROPÔNICO DO TIPO NFT



FONTE: A autora (2022).

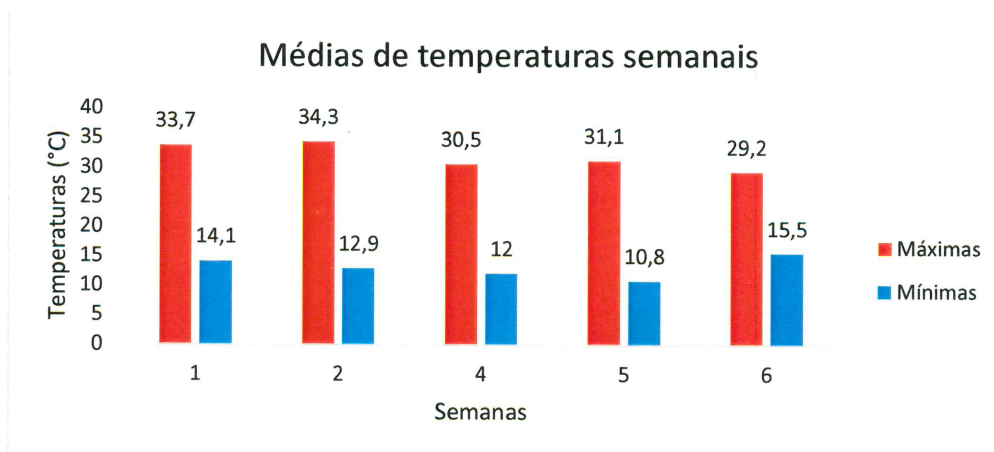
Com o uso de temporizadores analógicos (FIGURA 3), foi programado o turno de irrigação para o sistema de hidroponia. Os turnos de irrigação iniciavam-se às 06:00 horas com intervalos de 15 minutos ligado e 15 minutos desligado até às 18:00 horas, e mais uma irrigação de 15 minutos de duração às 22:00 horas. Para a medição de temperatura interna da estufa, utilizou-se um termo higrômetro digital (FIGURA 3). A temperatura interna da casa de vegetação foi registrada diariamente, alcançando a temperatura máxima de 35,5°C no dia 28/10/2022 e a temperatura mínima de 8,7°C no dia 17/11/2022. No GRÁFICO 1, é possível verificar os valores médios semanais das temperaturas máximas e mínimas durante a condução do experimento, na semana 3 não há dados devido a problemas com o termo higrômetro utilizado para as medições de temperatura.

FIGURA 3 – TEMPORIZADOR ANALÓGICO (À ESQUERDA) E HIGRÔMETRO DIGITAL (À DIREITA)



FONTE: A autora (2022).

GRÁFICO 1 – MÉDIAS SEMANAIS DE TEMPERATURAS MÁXIMAS E TEMPERATURAS MÍNIMAS



FONTE: A autora (2022).

Para o experimento foi utilizada a cultivar de alface Valentina da Sakata® sementes (FIGURA 4), do tipo crespa. A solução nutritiva utilizada, foi preparada de acordo com as concentrações iniciais de nutrientes representadas na TABELA 1, com a quantidade de sais necessárias para 90 litros de água de acordo com a TABELA 2.

FIGURA 4 - MUDA DE ALFACE VALENTINA DA SAKATA®



FONTE: A autora (2022).

TABELA 1 – CONCENTRAÇÕES INICIAIS ESPERADAS DOS NUTRIENTES DISPONÍVEIS NA SOLUÇÃO NUTRITIVA A 100% DA CONCENTRAÇÃO (ADAPTADA DE FURLANI, 1999)

Nutriente	mg L ⁻¹	Nutriente	mg L ⁻¹
N-NO ₃	190,00	B	0,35
N-NH ₄	33,50	Fe	3,00
P	30,60	Cu	0,13
K	190,00	Mn	0,65
Ca	144,40	Mo	0,04
Mg	42,30	Zn	0,45
S	52,40	Cl	25,00

FONTE: A autora (2022).

TABELA 2 – QUANTIDADE DE SAIS PARA 90 LITROS DE ÁGUA, UTILIZADOS PARA COMPOR AS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

Produto	Concentração da solução	
	100%	50%
	g 90 L ⁻¹ de água	
Nitrato de cálcio	68,4	34,2
MKP Haifa	40,5	20,25
KCl	4,5	2,25
Multimag	42,3	21,15
MAP	9,0	4,5
Nitrato de amônio	9,0	4,5
Ácido Bórico	0,18	0,09
Sulfato de Cobre	0,045	0,023
FeEDDHA (6%Fe)	4,5	2,25
Sulfato de Manganês	0,18	0,09
Molibdato de sódio	0,009	0,005
Sulfato de Zinco	0,18	0,09

FONTE: A autora (2022).

A reposição dos nutrientes foi semanal, caso houvesse redução da condutividade elétrica (CE) abaixo de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ou redução da quantidade de sais, adotando os procedimentos descritos no QUADRO 1.

QUADRO 1 – PROCEDIMENTOS REALIZADOS PARA CADA TRATAMENTO

Tratamento	Procedimentos*
1	Sem reposição de sais, durante todo o ciclo de cultivo
2	Com reposição proporcional de todos os sais conforme procedimento realizado por produtores, quando a CE foi inferior a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
3	Com reposição conforme análise semanal da solução, acrescentando somente aqueles nutrientes de forma individual, que na solução apresentaram baixa quantidade, com concentração de sais em 100% na solução
4	Com reposição conforme análise semanal da solução, acrescentando somente aqueles nutrientes de forma individual, que na solução apresentaram baixa quantidade, no entanto, até 15 dias após o transplântio (d.a.t.) a concentração de nutrientes era de 50% da concentração inicial da solução e de 100% após 15 d.a.t.
5	Chá de vermicomposto

FONTE: A autora (2022).

O preparo da primeira solução nutritiva, foi realizado no dia 15/10/2022, com a dosagem igual de nutrientes para os tratamentos 1, 2, 3 e 4. Para a pesagem dos fertilizantes (TABELA 2), foi utilizada uma balança analítica (precisão de 0,1 mg),

uma semi analítica (precisão de 1 mg) e uma digital (precisão de 1g), pesando de acordo com os valores indicados para a concentração de cada solução.

Para a dissolução, foi adicionado em um balde água e os fertilizantes já pesados, agitando-os até verificar a total dissolução, em seguida o conteúdo do balde foi adicionado na caixa de água respectiva a cada tratamento, completando o volume da mesma com água até atingir 90 litros. A dissolução e adição de nitrato de cálcio na solução nutritiva foi feita separada dos demais fertilizantes.

A solução de chá de vermicomposto foi preparada inicialmente, utilizando somente húmus de minhoca vermelha (*Eisenia andre*) até a terceira semana após o transplântio das mudas de alface. Essa solução foi realizada na proporção de 1 litro de húmus de minhoca para 4 litros de água deionizada, totalizando assim, 16 litros de chá de húmus.

Devido a deficiência nutricional de nitrogênio observada neste período, através dos resultados obtidos da leitura semanal, iniciou-se a mistura de húmus de minhoca com excremento *Tenebrio*. Para essa mistura, foi utilizado 3 litros de húmus de minhoca e mais 1 litro de excremento de tenébrio para a mesma proporção de água, ou seja, 16 litros. Essa alteração foi mantida até o final do experimento. Na FIGURA 5, é possível verificar as principais datas e procedimentos durante todo o experimento, sendo que data de início do experimento foi dia 15/10/2022 com o preparo das soluções nutritivas e no dia 18/10/2022, foi realizado o transplântio das mudas para os canais da hidroponia.

FIGURA 5 – CRONOGRAMA COM AS PRINCIPAIS DATAS E PROCEDIMENTOS DURANTE O EXPERIMENTO DURANTE O ANO DE 2022



FONTE: A autora (2022).

Semanalmente, foi realizada com equipamento manual a medição de pH com o auxílio de um peagâmetro e também o valor da condutividade elétrica (CE) com um condutivímetro, em cada uma das soluções de cada tratamento (FIGURA 6). A reposição da solução foi realizada de acordo com o procedimento de cada tratamento (QUADRO 1).

FIGURA 6 – MEDIDOR DE pH (À ESQUERDA) E MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (À DIREITA) UTILIZADOS PARA AFERIÇÃO DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS DURANTE O DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO



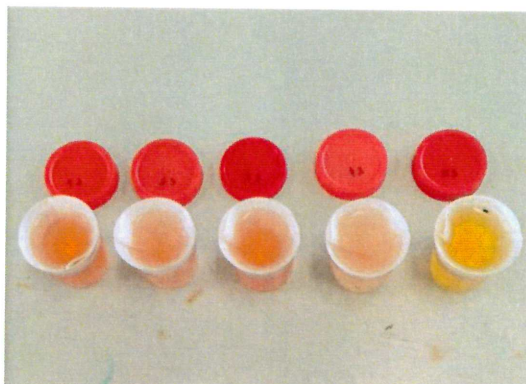
FONTE: A autora (2022).

A solução nutritiva presente em cada tratamento foi coletada a cada sete dias após o início do experimento, com o objetivo de realizar as análises e quantificações de nutrientes em laboratório. Antes da coleta, o volume da caixa de água de cada tratamento era completado com água até atingir 90 litros.

A quantificação de nutrientes presentes nas soluções nutritivas (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn, B, Mo, Cl, Ni), foi realizada no laboratório de nutrição mineral de plantas, também localizado no DSEA. As soluções nutritivas coletadas em cada caixa de água, eram filtradas (FIGURA 7) com papel filtro quantitativo faixa azul e encaminhadas para as análises e quantificações de nutrientes. A determinação do nitrogênio foi realizada utilizando dois métodos, um deles para determinar o nitrogênio na forma de nitrato a partir da redução de zinco no UV/Vis, e o outro foi através do método Kjeldahl, que determina o nitrogênio total, com o objetivo de determinar o nitrogênio na forma de amônio, para isso, foi subtraído do valor de nitrogênio total a quantidade de nitrogênio na forma de nitrato obtido pelo UV/Vis. Já os demais nutrientes foram quantificados pela técnica de espectrometria de emissão

ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) após a filtragem da solução em papel filtro faixa azul.

FIGURA 7 – SOLUÇÕES NUTRITIVAS APÓS A FILTRAGEM COM PAPEL FILTRO FAIXA AZUL



FONTE: A autora (2022).

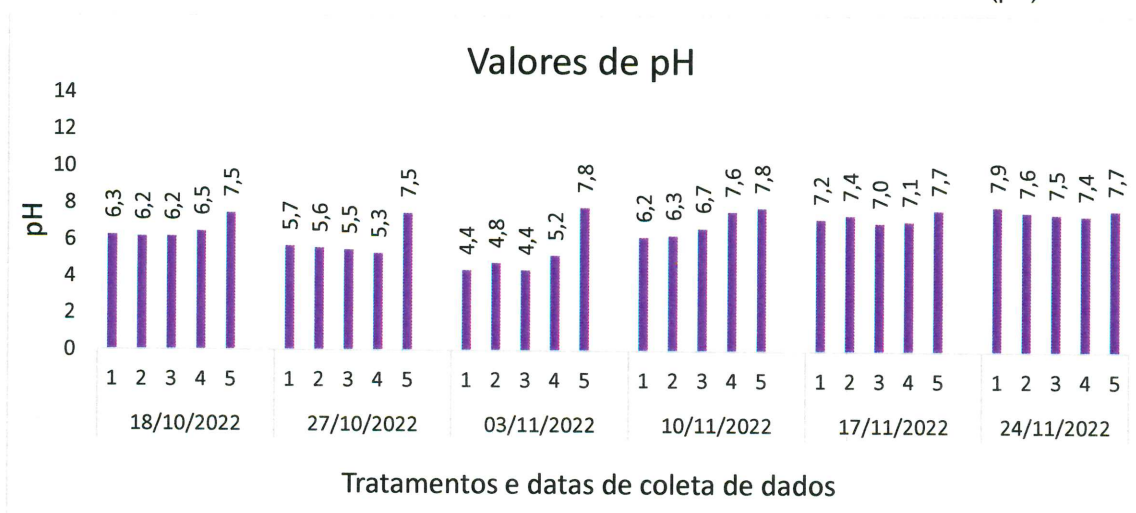
As variáveis avaliadas nas plantas foram a massa fresca e seca da parte aérea e radicular. Foram realizadas duas coletas de plantas durante o experimento, a primeira sendo dia 08/11/2022, aos 21 dias após o transplântio (DAT) e a segunda no final do ciclo dia 28/11/2022, aos 41 DAT. Para a avaliação, foram coletadas duas plantas em cada repetição, evitando a coleta das plantas de bordadura. A pesagem foi realizada com uma balança digital, logo após a coleta das plantas, determinando assim a massa fresca da parte aérea e também da radicular. A determinação da massa seca foi realizada após as plantas serem submetidas a secagem em estufa a 60°C, pesando-as novamente após a manutenção da massa constante. A primeira pesagem de massa seca foi realizada no dia 18/11/2022 e a segunda foi feita dia 09/12/2022.

Os dados obtidos dessas avaliações, foram submetidos à análise de variância (ANOVA $p \leq 0,05$), e as médias comparadas com o uso do Teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software AgroEstat.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os valores obtidos (GRÁFICO 2) foi verificada a necessidade de correção de pH, sendo que a faixa de pH adequada é de 5,5 a 6,5. No dia 03/11/2022, verificou-se que os valores estavam fora da faixa de pH adequada, no entanto, o pH voltou ao normal, estando dentro da faixa indicada, após a reposição dos sais/nutrientes, não sendo necessário a correção de pH.

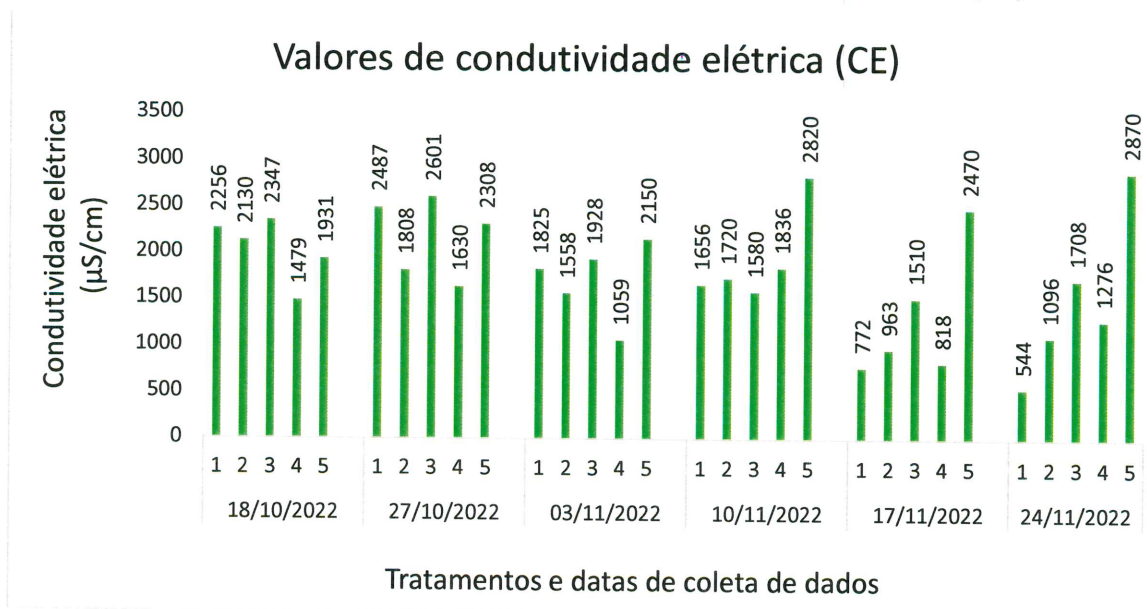
GRÁFICO 2 – VALORES OBTIDOS DE POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)



FONTE: A autora (2022).

Em relação a medição de condutividade elétrica (CE), o valor adequado é de 1500 $\mu\text{S/cm}$, deste modo, a manutenção de sais na solução nutritiva deve ser de acordo com tal valor. Onde, se a medição de CE for inferior a este valor, é necessário realizar a reposição de nutrientes na solução nutritiva.

GRÁFICO 3 – VALORES OBTIDOS DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (CE)

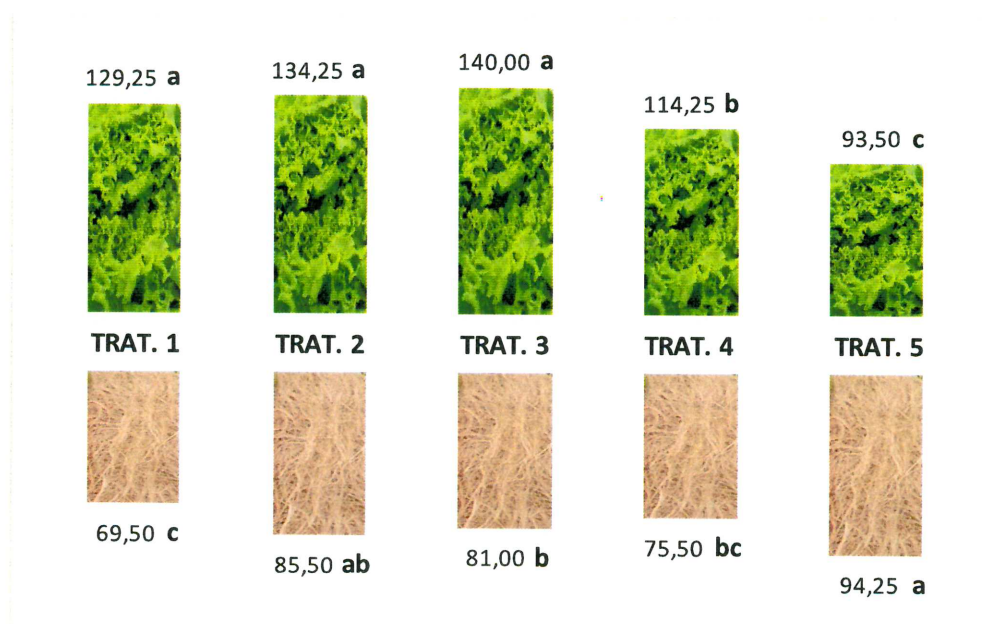


FONTE: A autora (2022).

De acordo com os dados apresentados no GRÁFICO 4, é possível verificar que os tratamentos 1, 2 e 3, obtiveram a mesma média em relação a massa fresca de parte aérea. Esses resultados se devem possivelmente ao fato de que esses três tratamentos possuíam em sua composição quantidade suficiente de nutrientes para o desenvolvimento das plantas. No entanto, ocorre diferença entre estes tratamentos e o tratamento 4, onde até 15 DAT, a reposição foi de 50% da concentração de sais na solução, o que pode ter sido o motivo que resultou em uma massa fresca menor em relação aos três tratamentos anteriores. A menor média, foi no tratamento 5, com a solução de vermicomposto, havendo possibilidade de ser devido à baixa concentração de nutrientes nessa solução, especialmente nitrogênio.

Analisando os resultados das médias de massa fresca de parte radicular da coleta realizada aos 21 dias após o transplante das mudas para o cultivo hidropônico (GRÁFICO 4), a maior média foi a do tratamento 5. No entanto, todos os tratamentos se diferiram entre si nessa avaliação.

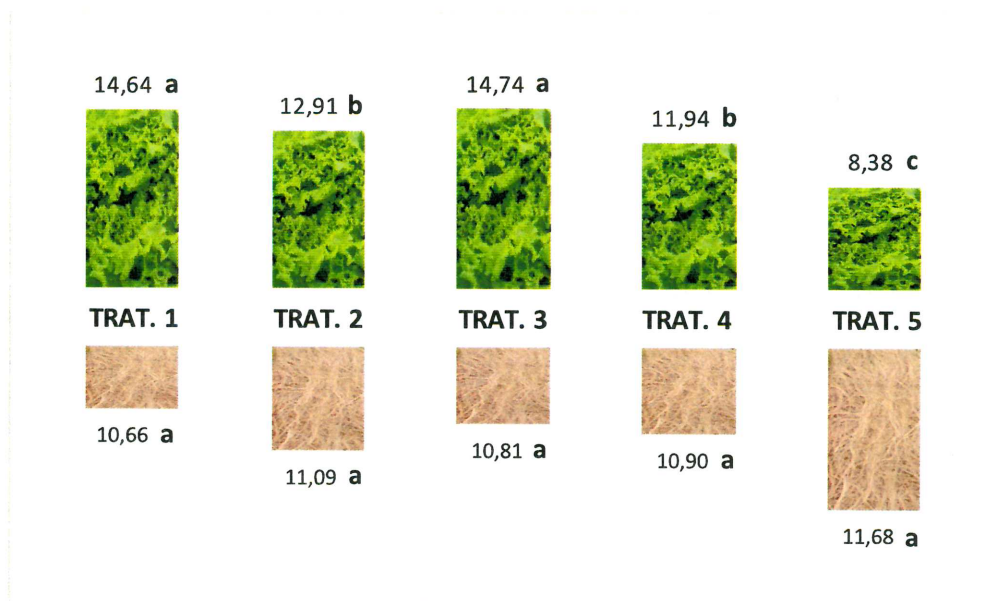
GRÁFICO 4 – MÉDIAS DE MASSA FRESCA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA⁻¹) DE ALFACE AOS 21 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO



FONTE: A autora (2023).

Como observado nos resultados da parte aérea, a maior massa seca da parte aérea (GRÁFICO 5) foi observada nos tratamentos 1 e 3, já os tratamentos 2 e 4 atingiram os valores intermediários entre as médias dessa avaliação, o tratamento 5, foi o tratamento de menor média de massa seca da parte aérea. Em relação às médias de massa seca de raízes, os tratamentos não diferiram entre si.

GRÁFICO 5 – MÉDIAS DE MASSA SECA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA⁻¹) DE ALFACE AOS 21 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO



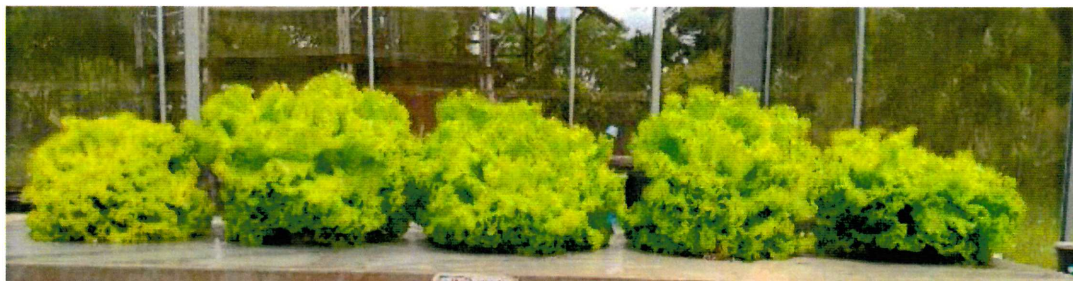
FONTE: A autora (2023).

Na segunda coleta aos 41 DAT (FIGURA 8) a massa fresca da parte aérea da alface nos tratamentos 2, 3 e 4 foi maior que nos tratamentos 1 e 5. O tratamento 1, justifica-se sua média baixa, por se tratar do tratamento onde não houve reposição de nutrientes na solução nutritiva, deste modo, com o desenvolvimento e crescimento da planta no decorrer do seu ciclo, houve deficiência na absorção de nutrientes, afetando diretamente a massa fresca da parte aérea. Já o tratamento 5, sua média baixa pode estar relacionada diretamente a solução de vermicomposto, que apesar de possuir nutrientes para permitir o crescimento da planta, não chega ser suficiente quando comparada as soluções comerciais compostas fertilizantes industriais. Este efeito no tratamento 5 pode ser consequência da falta de nutrientes na solução nutritiva em quantidades suficientes para o pleno desenvolvimento das plantas. A diferença entre este tratamento e a maior produção de massa fresca aérea aos 21 DAT (GRÁFICO 4) foi semelhante à diferença observada aos 41 DAT (GRÁFICO 6), indicando que a adição de excremento de *Tenebrio* não foi suficiente para recuperar o pleno crescimento das plantas.

Observando os resultados obtidos de massa fresca de raízes (GRÁFICO 6), verifica-se que com exceção do tratamento 5, que apresentou novamente a maior média, possivelmente devido a mesma justificativa já apresentada, os outros quatro

tratamentos, não diferiram entre si, mesmo com a diferença de reposição de nutrientes entre esses.

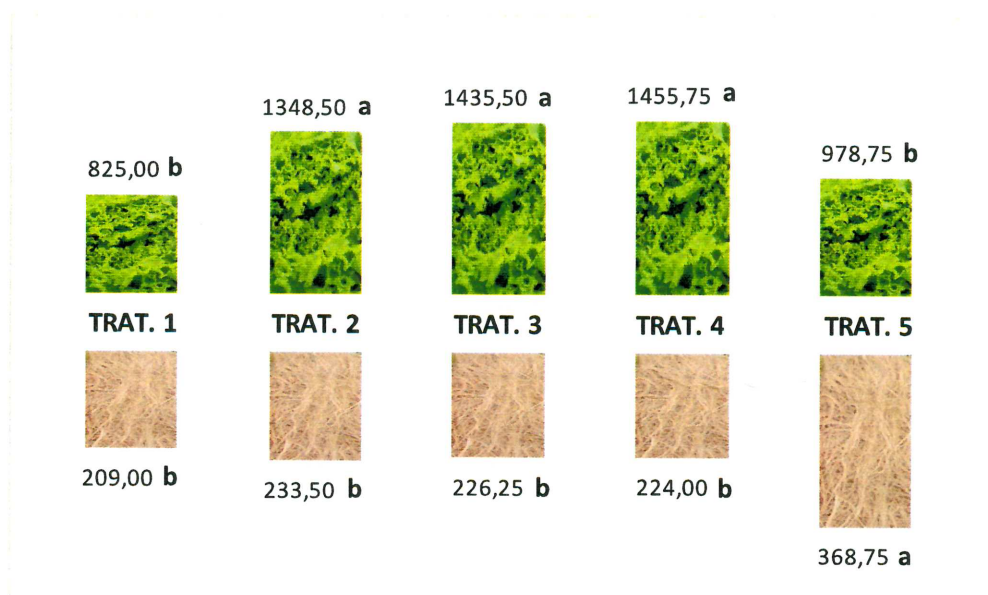
FIGURA 8 – DIFERENÇA DAS PLANTAS DE ALFACE DE CADA TRATAMENTO



FONTE: A autora (2022).

LEGENDA: Da esquerda para a direita: tratamento 1, tratamento 2, tratamento 3, tratamento 4 e tratamento 5.

GRÁFICO 6 – MÉDIAS DE MASSA FRESCA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA⁻¹) DE ALFACE AOS 41 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO

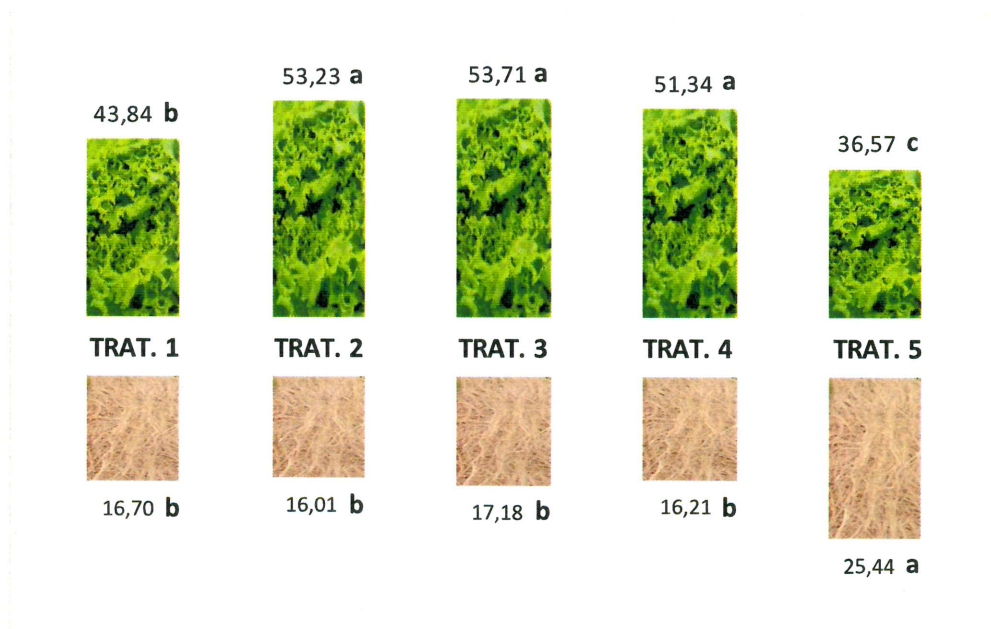


FONTE: A autora (2023).

Com as médias de massa seca de parte aérea obtidos na segunda coleta (GRÁFICO 7), os tratamentos 2, 3 e 4 não diferem entre si. O tratamento 1 apresentou a média intermediária nessa avaliação e o tratamento 5 resultou na menor média.

Os resultados apresentados referentes a massa seca de raízes na segunda coleta (GRÁFICO 7), assemelhou-se àqueles apresentados na massa fresca (GRÁFICO 6).

GRÁFICO 7 – MÉDIAS DE MASSA SECA DE PARTE AÉREA E RADICULAR (g PLANTA⁻¹) DE ALFACE AOS 41 DIAS APÓS O TRANSPLANTIO PARA A CANALETA DE CULTIVO HIDROPÔNICO



FONTE: A autora (2023).

De acordo com Cometti (2003), a baixa disponibilidade de nutrientes, pode ocasionar em aumento no tamanho de raízes, isso porque essas acabam se desenvolvendo mais, em busca de nutrientes para realizar a absorção. Essa afirmação, pode ser uma das justificativas, da massa de raízes do tratamento 5 ser superior as demais. Ademais, o tratamento 5, proporcionou menor produção das plantas em relação aos tratamentos com solução nutritiva comercial, onde houve alguma manutenção de nutrientes na solução nutritiva provenientes de fertilizantes industriais.

O maior crescimento e massa radicular apresentada nas avaliações do tratamento 5, podem ainda ser pelo fato, da solução de vermicomposto, possuir em sua composição grande quantidade de matéria orgânica coloidal (DIONÍSIO, 2021).

Para a solução de vermicomposto, verifica-se a necessidade de novas pesquisas em relação a composição da solução utilizada neste experimento, sendo o húmus de minhoca e o excremento de *Tenebrio*.

5 CONCLUSÕES

A reposição de nutrientes de forma individual nas soluções nutritivas, mostrou-se eficiente em relação ao método de substituição uniforme.

A solução de vermicomposto proporcionou crescimento das plantas, mas de maneira inferior às com adição de fertilizantes minerais e sintéticos.

REFERÊNCIAS

- BIONE, M. A. M. **Produção hidropônica de manjeriço com solução nutritiva convencional em águas salobras e solução nutritiva orgânica**. 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2013.
- COMETTI, N. N. **Nutrição Mineral da Alface (*Lactuca sativa* L.) em Cultura Hidropônica – Sistema NFT**. Tese (Doutorado em Agronomia), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Seropédica, 2003. Disponível em: <https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/3846>. Acesso em: 12 mai. 2023.
- DIONÍSIO, J. A. **Vermicompostagem: produtos derivados e aplicações**. Curitiba: do Autor, 2021.
- FAGUNDES, N. S. et al. Produção hidropônica de alface (*Lactuca sativa*), do tipo Mimosa, em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Congresso brasileiro de olericultura**. Goiânia: Associação Brasileira de Horticultura, 2006.
- FELIPE, M. V.; et al. **O estudo do descarte da solução nutritiva do alface Hidropônico para evitar a eutrofização nos rios**. 86 f. Trabalho de conclusão de Curso (Técnico em Química) – ETEC Trajano Camargo, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Limeira, 2021.
- FURLANI, P. R.; et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. Boletim técnico, 180.
- FURTADO, L. de F. **Vazões de aplicação de solução nutritiva, teor de nitrato em alface sob cultivo hidropônico e aceitabilidade sensorial**. 2008. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel (PR), 2008. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/2750>. Acesso em: 27 mai. 2023.
- GHALY, A. E., & ALKOAİK, F. N. The yellow mealworm as a novel source of protein. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 4, n. 4, p. 319-331, 2009.
- GUEDES, I. M. R. Hidroponia: de metodologia de pesquisa a sistema de produção. **Hortaliças em Revista**, Brasília, DF, v. 1, n. 29, p. 10-11, 2019.
- LANA, M. M.; GUEDES, I. M. R. Hortaliças Hidropônicas. **Hortaliça não é só salada – Embrapa**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/hortalicas-hidroponicas>. Acesso em: 26 mai. 2023.
- MACEDO, P. H. da S. **Ciclagem de macronutrientes no cultivo de alface hidropônica**. 2021. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras (SP), 2021. Disponível em:

https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/15724/Ciclagem%20de%20macronutrientes%20no%20cultivo%20de%20alface%20hidrop%C3%B4nica_repositorio.pdf?sequence=1. Acesso em: 27 mai. 2023.

MULLER, Liziany et al. Efeito de soluções nutritivas na produção e qualidade nutricional da forragem hidropônica de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Zootecnia Trop**, Maracay, v. 24, n. 2, p. 137-152, jun. 2006. Disponível em: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692006000200004. Acesso em: 21 mai. 2023.

NASCIMENTO, R. L. do. Sistema hidropônico para hortaliças. 55 f. Trabalho de conclusão de Curso (Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022.

OHSE, S. et al. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 181–185, jan. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/cLm34PS9cXPfkkDYyyKsn3f/?lang=pt#>. Acesso em: 25 mai. 2023.

REIS, G. Adubo produzido por alunos da UFU está entre 10 projetos que mais impactam positivamente o ambiente. Portal de notícias Universidade Federal de Uberlândia, mai. 2022. Disponível em: <https://comunica.ufu.br/noticia/2022/05/adubo-produzido-por-alunos-da-ufu-esta-entre-10-projetos-que-mais-impactam>. Acesso em: 29 jun. 2023.

REZENDE, R. et al. Diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da cultura da alface. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 354-363, jul. – set. 2007. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3312/2083>. Acesso em: 21 mai. 2023. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2007v012n3p354-363>.

SANTOS, R. F. et al. Relação entre as vazões de aplicação de solução nutritiva em cultivo de alface hidropônica. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 4, n. 4, p. 204-216, 2011. Disponível em: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/415>. Acesso em: 27 mai. 2023.

SCHMIDT, D. et al. Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 122–126, jul. 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/7T5cnhbSCcHJP6PcngGNQjj/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 27 mai. 2023. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362001000200005>.

SILVA, J. M. S. **Adubação nitrogenada e boratada sobre a produtividade da alface crespa (cv. Grand rapids)**. 31 f. Trabalho de conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal do Maranhão, Chapadinha, 2016. Disponível em: <https://rosario.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/981/1/JesseMartinsSilva.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2023.

SOUSA, N. C. de. Farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). 2021. 38 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável) – Setor Palotina, Universidade Federal do Paraná, Palotina (PR), 2021. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/75364/R%20-%20D%20-%20NATHA%20COSTA%20DE%20SOUSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 27 mai. 2023.

SOUZA, L. M. de; TORSIAN, W. S.; SILVA, A. O. da. Descarte da solução nutritiva. **Campo & Negócios**. 2022. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/descarte-da-solucao-nutritiva/#:~:text=Na%20pr%C3%A1tica%2C%20a%20solu%C3%A7%C3%A3o%20nutritiva,alguns%20problemas%20ao%20meio%20ambiente>. Acesso em: 27 mai. 2023.

VILELA, N. J.; LUENGO, R. F. A. Produção de hortaliças folhosas no Brasil. **Campo & Negócios**. 2022. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-de-hortalicas-folhosas-no-brasil/>. Acesso em: 12 mai. 2023.