

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
BACHARELADO EM AGRONOMIA

Vinícius Oliveira Lourenço

DOSES DE ADUBAÇÃO VIA FERTIRRIGAÇÃO PARA MUDAS DE HORTALIÇAS

BambuÍ
2025

VINÍCIUS OLIVEIRA LOURENÇO

DOSES DE ADUBAÇÃO VIA FERTIRRIGAÇÃO PARA MUDAS DE HORTALIÇAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Donizete Gonçalves

Bambuí
2025

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - Campus Bambuí

L892d Lourenço, Vinicius Oliveira.
Doses de adubação via fertirrigação para mudas de hortaliças. /
Vinicius Oliveira Lourenço. – 2025.
41 f.; il.: color.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Donizete Gonçalves.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí,
MG, Curso Bacharelado em Agronomia, 2025.

1. Produção de mudas. 2. Nutrição. 3. Alface. I. Gonçalves, Luciano
Donizete. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 681.81



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS

Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências Agrárias
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

VINÍCIUS OLIVEIRA LOURENÇO

DOSES DE ADUBAÇÃO VIA FERTIRRIGAÇÃO PARA MUDAS DE HORTALIÇAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia, ofertado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em 22 de julho de 2025, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Luciano Donizete Gonçalves - IFMG *Campus* Bambuí - Orientador
Me. Konrad Passos e Silva - IFMG *Campus* Bambuí
Profa. Me. Maria Carolina Gaspar Botrel - IFMG *Campus* Bambuí

BambuÍ, 22 de julho de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Luciano Donizete Gonçalves, Professor**, em 22/07/2025, às 09:10, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Carolina Gaspar Botrel, Professora**, em 22/07/2025, às 09:11, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Konrad Passos e Silva, Técnico em Agropecuária**, em 22/07/2025, às 09:11, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **2384113** e o código CRC **DB95BD46**.

23209.003813/2024-04

2384113v1

DEDICATÓRIA

Dedico esse presente trabalho à minha querida avó, Maria Abadia Lourenço, que faleceu em meados de 2024. Seu cuidado e zelo foram cruciais para eu me tornar quem eu sou hoje, sua felicidade ao saber que eu estava seguindo o caminho acadêmico me impulsionou a trilhar esses passos. Hoje ela já não está mais entre nós, entretanto, de onde ela estiver, sei que está muito feliz por mim. O amor e o carinho que eu sinto permanecerão intactos, por toda minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus pela minha vida, por me dar saúde e discernimento para chegar até aqui, porque a caminhada não é fácil, e sem a força e o amparo Dele, nada disso seria possível.

Em seguida, gostaria de expressar minha eterna gratidão à minha companheira, Eduarda Barcelos, por estar comigo em todas as etapas desse projeto, me auxiliando e não deixando que eu desanimasse no caminho, sua ajuda e cuidado foram essenciais para a conclusão desse projeto.

À minha família, por me dar resguardo e suporte durante todos os anos de faculdade, por me aconselharem a sempre buscar o melhor caminho, por me ensinarem a ser forte e lutar por todos os meus objetivos.

Aos meus amigos que estiveram comigo até aqui, por todos que me ajudaram durante essa etapa final de curso e por todos que estiveram comigo durante todo o trajeto, a eles, meu eterno carinho.

Por fim, gostaria de expressar todo o meu respeito e admiração pelo meu orientador, Luciano Donizete Gonçalves, sem a sua paciência e diálogo dificilmente estaria concluindo meu trabalho de conclusão de curso. Seus conselhos deixaram evidente a escolha assertiva em ser seu orientado, a você, meu muito obrigado. Sei que não foi fácil me fazer seguir em frente, mas de alguma forma, você conseguiu.

RESUMO

LOURENÇO, Vinicius Oliveira. **Doses de adubação via fertirrigação para mudas de hortaliças**, Bambuí: IFMG *Campus* Bambuí, 2025. 41p.

A produção de mudas de qualidade é uma etapa fundamental para o sucesso do cultivo de hortaliças, especialmente para espécies de alta importância econômica. Nesse contexto, o fornecimento adequado de nutrientes durante a fase inicial do desenvolvimento das plantas é determinante para garantir mudas vigorosas, uniformes e com bom potencial de estabelecimento no campo. Dentre as alternativas de manejo nutricional, destaca-se a fertirrigação, que possibilita o fornecimento eficiente de nutrientes essenciais, como fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg), por meio da água de irrigação. Diante da carência de recomendações técnicas específicas para adubação na fase de viveiro e considerando as exigências nutricionais de cada espécie, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes doses de adubação via fertirrigação na produção de mudas de alface, beterraba e tomate. O experimento foi conduzido em ambiente protegido no Setor de Olericultura do IFMG – *Campus* Bambuí, em bandejas de poliestireno expandido com substrato comercial e vermiculita, utilizando seis tratamentos para cada cultura, dos quais um deles: testemunha (sem adubação) e os demais compostos por doses crescentes de Fosfato Monoamônico (MAP), Sulfato de Magnésio ($MgSO_4$) e Nitrato de Potássio (KNO_3). Foram avaliados parâmetros morfológicos aos 35 dias após o plantio, como altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raiz, matéria verde da parte aérea e matéria verde da raiz. Os resultados indicaram que, para todas as culturas, o tratamento testemunha apresentou desempenho significativamente inferior em todas as variáveis analisadas, evidenciando a necessidade do fornecimento adequado de nutrientes. As doses intermediárias de adubação proporcionaram melhores resultados em termos de crescimento vegetativo e acúmulo de biomassa, com destaque para as doses do tratamento 3 e 4, que promoveram o melhor equilíbrio entre a parte aérea e o sistema radicular, fator determinante para a produção de mudas vigorosas e com maior capacidade de sobrevivência após o transplantio. Os resultados reforçam a importância do manejo nutricional eficiente na fase de viveiro e evidenciam o potencial da fertirrigação como ferramenta estratégica para aperfeiçoar a produção de mudas de qualidade.

Palavras-chaves: Produção de mudas; Nutrição; Alface; Beterraba; Tomate.

ABSTRACT

LOURENÇO, Vinicius Oliveira.. **Fertilization doses via fertigation for vegetable seedlings**
BambuÍ: IFMG Campus Bambuí, 2025. 41p.

The production of quality seedlings is essential for the success of vegetable cultivation, especially for species of high economic importance. In this context, adequate nutrient supply during the initial phase of plant development is crucial to ensure vigorous, uniform seedlings with good field establishment potential. Among the nutritional management alternatives, fertigation stands out, allowing for the efficient delivery of essential nutrients, such as phosphorus (P), potassium (K), and magnesium (Mg), through irrigation water. Given the lack of specific technical recommendations for nursery fertilization and considering the nutritional requirements of each species, this study aimed to evaluate the effect of different fertilization doses through fertigation on the production of lettuce, beet, and tomato seedlings. The experiment was carried out in a protected environment in the Vegetable Sector of the IFMG – Bambuí Campus, in expanded polystyrene trays with commercial substrate and vermiculite, using six treatments for each crop, one of which was a control (without fertilization) and the others composed of increasing doses of Monoammonium Phosphate (MAP), Magnesium Sulfate (MgSO_4), and Potassium Nitrate (KNO_3). Morphological parameters were evaluated 35 days after planting, such as plant height, stem diameter, number of leaves, root length, shoot green matter, and root green matter. The results indicated that, for all crops, the control treatment presented significantly lower yields in all the variables analyzed, demonstrating the need for an adequate supply of nutrients. Intermediate fertilizer doses provided better results in terms of vegetative growth and biomass accumulation, with emphasis on doses of 3 kg of MAP, 1.5 kg of MgSO_4 , 0.75 kg of N.P and 4 kg of MAP, 2 kg of MgSO_4 , 1 kg of KNO_3 , which promoted the best balance between the aerial part and the root system, a determining factor for the production of vigorous seedlings with greater survival capacity after transplanting. The results reinforce the importance of efficient nutritional management in the nursery phase and highlight the potential of fertigation as a strategic tool to optimize the production of quality seedlings.

Keywords: Seedling production; Nutrition; Lettuce; Beetroot; Tomato.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios para as características Altura de Mudanças (ALT), Diâmetro de Caule (DC), Número de Folhas (NF) e Comprimento da Raiz (CR) em mudas de alface sob diferentes doses de fertirrigação.....	20
Tabela 2 – Valores médios para Matéria Verde da Parte Aérea (MVA) e Matéria Verde da Raiz em mudas de alface sob diferentes doses de fertirrigação.....	21
Tabela 3 – Valores médios para as características Altura de Mudanças (ALT), Diâmetro de Caule (DC), Número de Folhas (NF) e Comprimento da Raiz (CR) em mudas de beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.....	25
Tabela 4 – Valores médios para Matéria Verde da Parte Aérea (MVA) e Matéria Verde da Raiz em mudas de beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.....	25
Tabela 5 – Valores médios para as características Altura de Mudanças (ALT), Diâmetro de Caule (DC), Número de Folhas (NF) e Comprimento da Raiz (CR) em mudas de tomate sob diferentes doses de fertirrigação.....	29
Tabela 6 – Valores médios para Matéria Verde da Parte Aérea (MVA) e Matéria Verde da Raiz em mudas de tomate sob diferentes doses de fertirrigação.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Experimento implantado.....	16
Figura 2 – Emergência das mudas	18
Figura 3 – Repicagem das mudas.....	18
Figura 4 – Identificação dos tratamentos.....	19
Figura 5 – Mudanças de alface adubadas com diferentes doses experimentais via fertirrigação...20	
Figura 6 – Avaliação de mudas da cultura de alface sob diferentes doses de fertirrigação.....21	
Figura 7 – Avaliação de mudas da cultura da alface sob diferentes doses de fertirrigação.....24	
Figura 8 – Cultura da beterraba.	24
Figura 9 – Avaliação de mudas da cultura da beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.26	
Figura 10 – Avaliação de mudas da cultura da beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.....	28
Figura 11 – Cultura do tomate.	28
Figura 12 – Avaliação de mudas da cultura do tomate sob diferentes doses de fertirrigação..30	
Figura 13 – Avaliação de mudas da cultura do tomate sob diferentes doses de fertirrigação..32	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivo Específico	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Aspectos gerais das culturas da alface, beterraba e tomate	13
3.2	Importância econômica das culturas	13
3.3	Produção de mudas e fatores determinantes para a qualidade	14
3.4	Manejo nutricional de mudas	15
4	MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1	Localização da área experimental	15
4.2	Implantação do experimento	15
4.3	Condução do experimento	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1	Cultura da Alface	19
5.2	Cultura da Beterraba	24
5.3	Cultura do Tomate	28
6	CONCLUSÃO	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

A produção de mudas de hortaliças de qualidade é uma etapa fundamental para o sucesso da horticultura, especialmente em cultivos de grande importância econômica e nutricional, como a alface (*Lactuca sativa* L.), a beterraba (*Beta vulgaris* L.) e o tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

A alface é a hortaliça folhosa mais cultivada e consumida do país, representando aproximadamente 40% da produção nacional de hortaliças. Seu curto ciclo, facilidade de cultivo e ampla aceitação no mercado tornam essa cultura estratégica para pequenos e médios produtores (OLIVEIRA *et al.*, 2020). A beterraba, por sua vez, destaca-se pelo elevado teor de ferro, fibras e antioxidantes, pois é amplamente consumida em saladas, sucos e diversas preparações. No Brasil, sua produção concentra-se no mercado interno, com destaque para as regiões de clima ameno, como o Sul e o Sudeste (FILGUEIRA, 2013). Já o tomate está entre as principais hortaliças em termos de valor econômico, é cultivado em praticamente todas as regiões do Brasil. Além do consumo *in natura*, destaca-se sua relevância para a indústria alimentícia, principalmente na produção de molhos e conservas. No entanto, por exigir elevados investimentos e cuidados fitossanitários, o cultivo de tomate demanda constante pesquisa e desenvolvimento tecnológico, visando à sustentabilidade da cadeia produtiva (EMBRAPA, 2021).

A produção de mudas vigorosas e bem nutridas impacta diretamente o desempenho destas plantas no campo, influenciando o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e a qualidade final do alimento. Além disso, com o crescimento expressivo do número de viveiros e de pequenos produtores especializados na produção de mudas, torna-se indispensável o desenvolvimento de tecnologias de manejo nutricional que garantam uniformidade, qualidade e viabilidade econômica.

Entre os nutrientes essenciais, o fósforo (P), o potássio (K) e o magnésio (Mg) merecem destaque, pois desempenham papéis cruciais no metabolismo vegetal, especialmente em fases iniciais do crescimento. A fertirrigação, técnica que combina irrigação e fornecimento de nutrientes, surge como uma alternativa eficiente para disponibilizar esses elementos de forma precisa e controlada (MALAVOLTA, 2006).

Apesar da relevância socioeconômica das hortaliças mencionadas, a cadeia produtiva ainda enfrenta diversos entraves relacionados à produção de mudas, como baixa uniformidade, deficiência nutricional, elevado custo de insumos e falta de padronização no manejo. Esses desafios impactam negativamente a eficiência produtiva e a sustentabilidade da atividade,

sobretudo entre pequenos agricultores.

A ausência de recomendações técnicas específicas para a adubação de mudas, principalmente no que se refere ao uso combinado de nutrientes via fertirrigação, dificulta o manejo nutricional adequado. Ressalta-se que muitas recomendações disponíveis atualmente são direcionadas para a fase de campo, sem considerar as exigências nutricionais específicas da fase de formação das mudas (CANTARELLA *et al.*, 2017).

Diante do exposto, a busca por doses ideais de P, K e Mg, aplicadas via fertirrigação em condições controladas, representa um avanço significativo para uma produção mais eficiente e tecnicamente embasada de mudas hortícolas. O crescimento da demanda por mudas de alta qualidade, associado ao aumento da competitividade no setor, reforça a necessidade de inovação e otimização dos insumos utilizados nos viveiros, especialmente frente aos desafios de sustentabilidade, como a redução de custos, o uso racional de recursos naturais e a minimização de impactos ambientais.

Portanto, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de gerar informações técnicas que contribuam para a melhoria da qualidade das mudas de hortaliças, com base em critérios nutricionais precisos. Ao propor a definição de doses ideais de fósforo, potássio e magnésio para a produção de mudas de alface, beterraba e tomate via fertirrigação, este estudo visa colaborar para o aumento da produtividade e da sustentabilidade da horticultura brasileira. Considerando o elevado potencial produtivo e comercial dessas culturas, o trabalho busca contribuir para o enfrentamento dos desafios técnicos da produção de mudas, testando diferentes combinações desses macronutrientes e identificando as doses que promovam o melhor desempenho fisiológico e morfológico das plantas nesta fase inicial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos de diferentes doses de adubação via fertirrigação nas culturas da alface (*Lactuca sativa* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.) e tomate (*Solanum lycopersicum* L.), com o intuito de determinar a dose mais eficiente para o desenvolvimento de cada espécie.

2.2 Objetivo Específico

Analisar o desempenho agronômico de mudas de alface, beterraba e tomate sob diferentes concentrações de adubação via fertirrigação, considerando parâmetros como: altura, número de folhas, diâmetro de caule, comprimento da raiz, matéria verde da parte aérea, matéria verde da raiz.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Aspectos gerais das culturas da alface, beterraba e tomate

A alface (*Lactuca sativa* L.), da família *Asteraceae*, destaca-se como a hortaliça folhosa mais cultivada no Brasil e no mundo, tanto pelo rápido ciclo produtivo (30 a 60 dias) quanto pela ampla diversidade de cultivares, como crespa, americana e romana. Originária do Oriente Médio, a cultura é amplamente difundida devido à sua importância alimentar e ao fácil cultivo, porquanto é essencial na composição de dietas saudáveis (OLIVEIRA *et al.*, 2003).

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) pertence à família *Quenopodiaceae* e apresenta grande importância na horticultura brasileira, principalmente pelo cultivo da raiz tuberosa, com alta aceitação no mercado *in natura* e potencial para a agroindústria. Originária do sul da Europa e norte da África, a cultura se adapta às condições tropicais brasileiras, apresentando ciclo anual e variando de 60 a 90 dias conforme a cultivar e o clima (FILGUEIRA, 2012).

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.), da família *Solanaceae*, é uma das principais hortaliças em termos econômicos, utilizado tanto para o consumo fresco quanto para o processamento industrial. Originário da região andina e domesticado no México, o tomate apresenta grande variabilidade genética, com ciclos que variam de 90 a 130 dias. Sua produção requer elevado nível tecnológico, o que torna fundamental o uso de mudas de alta qualidade para o sucesso do cultivo (FILGUEIRA, 2012).

3.2 Importância econômica das culturas

A horticultura é um dos pilares da agricultura brasileira, destacando-se tanto pela geração de emprego e renda quanto pelo papel estratégico na segurança alimentar e nutricional. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), a produção de hortaliças no país representa importante fonte de renda para pequenos e médios agricultores, além de abastecer o mercado interno de forma contínua e diversificada.

A alface, pela facilidade de cultivo e alta demanda, possui papel estratégico para pequenos produtores, são amplamente cultivadas em áreas periurbanas, cinturões verdes e sistemas hidropônicos (LIMA *et al.*, 2021). A beterraba, apesar de possuir menor expressão em área cultivada em comparação às demais, representa alternativa viável, sobretudo na agricultura familiar, em função de seu baixo custo tecnológico e elevado valor nutritivo. Sua produção pode ser intensificada com o uso de tecnologias de irrigação e manejo nutricional, possibilitando maior produtividade e qualidade (SILVA *et al.*, 2020).

Já o tomate é responsável por movimentar uma ampla cadeia produtiva que inclui sementes, fertilizantes, defensivos e mão de obra, é cultivado em todas as regiões brasileiras, com destaque para Goiás, São Paulo e Minas Gerais (PAULA *et al.*, 2020). O cultivo do tomate movimenta uma significativa cadeia de insumos e serviços, incluindo fertilizantes, defensivos agrícolas, sementes híbridas e mão de obra intensiva, o que o torna estratégico para o setor agrícola (RESENDE *et al.*, 2018).

Além disso, apresenta uma das maiores rentabilidades entre as hortaliças, apesar do elevado custo de produção, o que justifica o interesse de médios e grandes produtores. A produção brasileira é concentrada em estados como Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, com uma expressiva presença de agricultores familiares na produção de tomate para mesa, enquanto o tomate industrial é dominado por grandes produtores e cooperativas (IBGE, 2021). A sazonalidade da produção e a volatilidade dos preços também impactam diretamente na economia local dessas regiões produtoras.

3.3 Produção de mudas e fatores determinantes para a qualidade

O sucesso da produção de hortaliças está diretamente relacionado à obtenção de mudas de qualidade, com características como vigor, sanidade, uniformidade e bom equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular (FINGER; CASALI, 2002).

Pesquisas recentes apontam que os usos de substratos adequados, associado ao manejo eficiente da irrigação e da adubação, são fundamentais para o desenvolvimento de mudas vigorosas e com bom potencial de estabelecimento no campo (COSTA *et al.*, 2016; LIMA *et al.*, 2021).

A literatura científica recomenda a adoção de critérios morfológicos para avaliar a qualidade das mudas, os principais são: altura da planta, diâmetro do coleto, número de folhas, comprimento de raiz, massa verde da parte aérea e das raízes. Tais parâmetros fornecem informações sobre o vigor, a capacidade de adaptação e o potencial produtivo das mudas (GUIMARÃES *et al.*, 2014; FINGER; CASALI, 2002).

Além disso, o equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e do sistema radicular é essencial para que as mudas apresentem bom desempenho após o transplante, garantindo maior absorção de água e nutrientes e favorecendo o estabelecimento no campo (TAIZ *et al.*, 2017).

3.4 Manejo nutricional de mudas

O fornecimento adequado de nutrientes durante a fase de viveiro é determinante para o bom desenvolvimento das mudas. A fertirrigação destaca-se como técnica eficiente, promovendo o fornecimento fracionado de nutrientes via água de irrigação, o que favorece a absorção e reduz perdas (CANTARELLA *et al.*, 2017).

A adubação localizada, como o *drench* ou aplicações diretamente no substrato, também tem sido utilizada com sucesso, principalmente em sistemas protegidos e na produção de mudas de ciclo curto, como alface e beterraba. Essa técnica permite maior controle da quantidade e qualidade dos nutrientes fornecidos às mudas (SILVA *et al.*, 2020).

No entanto, é necessário considerar as exigências nutricionais específicas de cada cultura, o tipo de substrato e o ambiente de cultivo, a fim de evitar deficiências ou excessos nutricionais que possam comprometer o desenvolvimento das mudas (LOPES *et al.*, 2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Localização da área experimental

Este estudo foi realizado no município de Bambuí-MG, em casa de vegetação do Setor de Olericultura e as avaliações realizadas no Laboratório de Melhoramento Genético do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *Campus* Bambuí. A área de estudo está situada, por definição, entre as coordenadas geográficas centrais (20°02'16" de latitude sul, 46°00'31") de longitude oeste e altitude média de 690 m. Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima do local é subtropical úmido (Cwa), com inverno frio e seco e verão quente e úmido (ALVARES *et al.*, 2013).

Foi implantado um experimento para cada hortaliça: alface, beterraba e tomate, visando definir estratégias de manejo da adubação na produção de mudas destas culturas.

4.2 Implantação do experimento

O experimento foi implantado em bandejas de poliestireno expandido de 200 células para a produção de mudas de alface e beterraba e de 128 células para tomate, preenchidas com substrato comercial usado no setor olerícola (substrato Maxfertil) do *Campus* (Figura 1). Foram utilizadas as cultivares comerciais Grande-Lagos (alface), Early Wonder Tall Top (Beterraba) e IPA-6 (tomate). Para o preparo do substrato, utilizou-se a proporção de 3 medidas de substrato para uma medida de vermiculita, com o objetivo de promover uma

maior porosidade do substrato. O plantio foi realizado de forma manual no dia 29 de abril de 2025, usando 2 sementes por célula para as culturas da alface e beterraba e, 3 sementes por célula para a cultura do tomate. No plantio não foi aplicada nenhuma forma de adubação, todas elas foram feitas via fertirrigação após a emergência das plântulas de acordo com os tratamentos determinados.

Figura 1 – Experimento implantado.



Fonte: o autor, 2025.

4.3 Condução do experimento

Os experimentos foram implantados adotando um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos, quatro repetições e 24 mudas por parcela. Os tratamentos foram constituídos por diferentes doses de aplicação de Fosfato Monoamônico (MAP), Sulfato de Magnésio ($MgSO_4$) e Nitrato de Potássio (KNO_3), a testemunha o tratamento se realizou sem adubação, conforme descrito no Quadro 1:

Quadro 1 - Tratamentos experimentais adotados.

Tratamento	Doses aplicadas (kg de adubo em 1000 litros de solução)		
	MAP	MgSO ₄	KNO ₃
1	0	0	0
2	2	1	0,5
3	3	1,5	0,75
4	4	2	1
5	5	2,5	1,25
6	6	3	1,5

Fonte: o autor, 2025.

É importante salientar que, todos os valores apresentados no quadro, são para obter 1000 litros da solução, deste modo, foi necessário converter a dosagem para o volume utilizado para irrigar cada bandeja. Após realizar vários testes, o volume ideal para irrigar uma bandeja até o substrato saturar, foi de 1 litro de solução por bandeja.

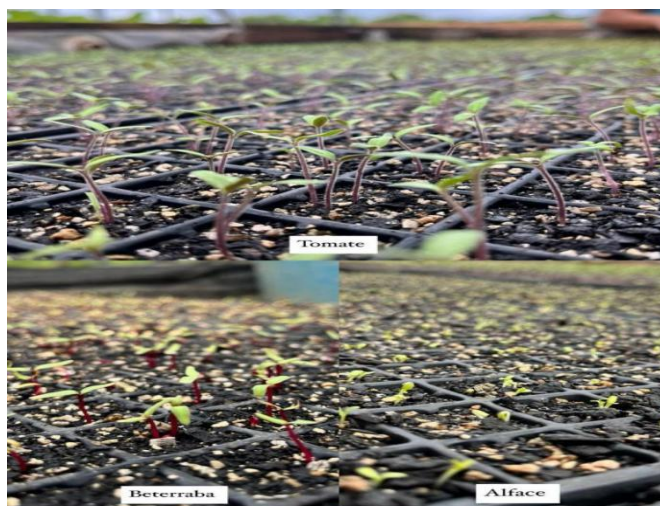
Para realizar a pesagem das doses convertidas para um litro de solução, utilizou-se a balança de precisão do Laboratório de Melhoramento Genético.

Para a definição das doses a serem usadas, foi empregado um tratamento padrão (Tratamento 4) utilizada por um produtor comercial de mudas de hortaliças como referência. As demais doses foram estabelecidas definindo-se duas doses abaixo e duas doses acima desta, respeitando a crescente proporção para todos os adubos utilizados no trabalho.

Durante a condução do experimento, as fertirrigações foram realizadas três vezes por semana. A primeira aplicação foi feita 11 dias após o plantio, no dia 10/05/25, procedendo-se as demais aplicações nos intervalos definidos durante 3 semanas. Na quarta semana de condução foram realizadas apenas 2 adubações, em função do desenvolvimento excessivo das mudas de alguns tratamentos, o que poderia promover estiolamento das mudas. Ressalta-se que os intervalos entre as aplicações também foram definidos a partir da experiência do produtor comercial uma vez que se pretende produzir, ao final do trabalho, uma recomendação técnica adequada para produtores de mudas.

A emergência das plântulas de alface e beterraba ocorreram 3 dias após a semeadura e as plântulas de tomate 4 dias após a semeadura (Figura 2). Aproximadamente uma semana após a emergência começaram foram iniciadas as aplicações das doses definidas.

Figura 2 – Emergência das mudas.



Fonte: o autor, 2025.

Importante pontuar que, sete dias após a semeadura foram realizados os processos de desbaste e repicagem (Figura 3). Estes procedimentos são importantes para selecionar apenas a planta emergida com maior vigor e evitar que não ocorra a disputa por água, nutriente e espaço, resultando em mudas com pouco desenvolvimento, podendo afetar nos resultados obtidos nos tratamentos.

Figura 3 – Repicagem das mudas.



Fonte: o autor, 2025.

Para a realização da fertirrigação, as dosagens de cada tratamento eram devidamente pesadas em laboratório e identificadas em copos identificados com cores distintas, assim como nas bandejas, que eram marcadas com as mesmas cores correspondentes com a cor do

copo, cada cor é correspondente a um tratamento (Figura 4). As doses eram diluídas em 1 litro de água, dispostas em um regador. No momento da aplicação a bandeja era retirada da bancada e a solução era aplicada em cada bandeja, separadamente, para não ocorrer o contato com outro tratamento.

Figura 4 – Identificação dos tratamentos.



Fonte: o autor, 2025.

As análises foram realizadas aos 35, 36 e 37 dias após o plantio para alface, beterraba e tomate, respectivamente. As variáveis analisadas foram altura (cm), número de folhas, diâmetro do caule (mm), comprimento da raiz (cm), matéria verde da parte aérea (g) e matéria verde da raiz (g).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, utilizando o *Software* Sisvar (Ferreira, 2011). Quando observadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Cultura da Alface

Para determinar os efeitos das diferentes doses de adubação sobre a produção de mudas de alface (Figura 5) foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta, diâmetro de caule, número de folhas, comprimento de raiz, matéria verde da parte aérea e matéria verde da raiz. Para todas as variáveis foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos aplicados (Anexos de A ao F). As médias obtidas para estas características estão

apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

Figura 5 – Mudanças de alface adubadas com diferentes doses experimentais via fertirrigação.



Fonte: o autor, 2025.

Tabela 1 – Valores médios para as características Altura de Mudanças (ALT), Diâmetro de Caule (DC), Número de Folhas (NF) e Comprimento da Raiz (CR) em mudanças de alface sob diferentes doses de fertirrigação.

TRATAMENTOS	ALT. (cm)	DC (mm)	NF	CR (cm)
1	2,25 c	1,04 b	2,77 b	7,52 a
2	15,16 b	1,82 a	4,02 a	7,30 a
3	15,63 a	1,29 b	3,75 a	6,73 b
4	18,15 a	1,57 a	4,47 a	6,82 b
5	17,15 a	1,60 a	4,25 a	6,67 b
6	17,31 a	1,36 b	4,50 a	6,03 b

(Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$)).

Fonte: o autor, (2025).

Tabela 2 – Valores médios para Matéria Verde da Parte Aérea (MVA) e Matéria Verde da Raiz em mudas de alface sob diferentes doses de fertirrigação.

TRATAMENTOS	MVA (g)	MVR (mm)
1	0,15 c	0,08 c
2	2,06 b	0,24 a
3	2,16 a	0,25 a
4	3,09 a	0,16 b
5	2,50 a	0,20 b
6	2,50 a	0,19 b

(Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$)).

Fonte: o autor, (2025).

A altura das mudas apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), com coeficiente de variação (CV) de 9,18%, considerado adequado para experimentos com mudas. As maiores alturas foram observadas nos tratamentos 3, 4, 5 e 6 com médias de 15,63 cm; 18,15 cm; 17,15 cm e 17,31 cm, respectivamente. Esses valores encontram-se acima dos intervalos normalmente reportados na literatura para mudas de alface aos 35 dias, que variam entre 10 e 15 cm (FINGER; CASALI, 2002; OLIVEIRA *et al.*, 2020), indicando que as mudas produzidas nesses tratamentos apresentaram bom desenvolvimento e potencial para o transplântio (Figura 6).

Figura 6 – Avaliação de mudas de alface sob diferentes doses de



fertirrigação.

Fonte: o autor, 2025.

Por outro lado, o tratamento 1 (testemunha) apresentou altura média de apenas 2,23 cm, valor muito inferior aos considerados satisfatórios, caracterizando mudas inadequadas para o transplântio, o que também foi observado por Silva *et al.* (2018) em mudas submetidas a restrições nutricionais ou hídricas.

Além da altura, o diâmetro do caule das mudas também apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com CV de 14,79%. O diâmetro do caule é um parâmetro fundamental para a avaliação estrutural das mudas, pois está diretamente relacionado à robustez e à capacidade de sobrevivência após o transplântio. Os tratamentos 2, 4 e 5 apresentaram os maiores diâmetros, são eles: 1,82 mm, 1,57 mm e 1,60 mm, respectivamente. Já o tratamento 1 (testemunha), com diâmetro médio de 1,04 mm, apresentou valores inferiores aos observados anteriormente, o que indica mudas com menor resistência e menor potencial de desenvolvimento, conforme reportado por Lopes *et al.* (2017).

Outro fator importante para o desenvolvimento das mudas é o número de folhas, variável que também apresentou diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos, com CV de 12,62%. Todos os tratamentos, exceto a testemunha, apresentaram número médio de folhas variando entre 3,75 e 4,50, valores superiores aos observados por Lima *et al.* (2021), que relataram número de folhas entre 3 e 4 para mudas de alface, dependendo do substrato e do ambiente de cultivo. Tais resultados demonstram bom desempenho desses tratamentos quanto ao desenvolvimento vegetativo. Já o tratamento 1 (testemunha) apresentou média de apenas 2,78 folhas, indicando mudas com baixo potencial de estabelecimento, resultado semelhante ao encontrado por Silva *et al.* (2018) em condições de manejo inadequado.

Embora os diferentes tipos de tratamento tenham apresentado significância estatística, de acordo com o método de Scott-Knott, apenas o tratamento 1 (testemunha), que não recebeu adubação, apresentou média inferior. Os demais tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, demonstrando que o fornecimento crescente de adubação resultou em efeito semelhante sobre o número de folhas.

O comprimento de raiz também foi significativamente influenciado pelos tratamentos, apresentando CV de 7,30%. Observou-se que os tratamentos 1 (testemunha) e 2, que tiveram os piores desempenhos em relação à parte aérea, apresentaram, paradoxalmente, os maiores comprimentos de raiz, com 7,52 cm e 7,30 cm, respectivamente. Esse comportamento foi descrito por Costa *et al.* (2015) e Taiz *et al.* (2017), que relatam que plantas sob condições adversas para o crescimento da parte aérea tendem a priorizar o crescimento do sistema radicular como mecanismo de busca por recursos no substrato. Contudo, Finger e Casali

(2002) destacam que o comprimento de raiz isoladamente não assegura mudas de qualidade se não for acompanhado de bom desenvolvimento da parte aérea.

Nesse sentido, os tratamentos 4 e 6, que apresentaram raízes de comprimento moderado, variando entre 6,03 cm e 6,82 cm, demonstraram o melhor equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular, essa característica é considerada ideal para mudas vigorosas.

Em relação à matéria verde da parte aérea (MVA), observou-se diferença estatística significativa entre os tratamentos, com CV de 21,15%, valor aceitável para experimentos com mudas. Os maiores acúmulos de biomassa aérea foram observados nos tratamentos 4, 5 e 6, com médias de 3,099 g, 2,50 g e 2,50 g, respectivamente. Os tratamentos 2 e 3 também apresentaram médias satisfatórias, com 2,06 g e 2,16 g, enquanto o tratamento 1 (testemunha) obteve a menor média, com apenas 0,151 g. Segundo Lopes *et al.* (2017) e Finger e Casali (2002), o acúmulo de matéria verde da parte aérea está relacionado ao bom desenvolvimento vegetativo e ao potencial de vigor das mudas, sendo indicativo de maior capacidade de adaptação no campo.

Diante do exposto os tratamentos 4,5 e 6 apresentaram as melhores condições para a produção de mudas vigorosas, enquanto o baixo valor observado no tratamento 1 (testemunha) reforça o fraco desempenho verificado nos demais parâmetros.

A matéria verde da raiz (MVR) também foi significativamente influenciada pelos tratamentos, apresentando CV de 24,19%. Os maiores valores de MVR foram registrados nos tratamentos 2 e 3, com médias de 0,24 g e 0,2595 g, respectivamente. Os tratamentos 4, 5 e 6 apresentaram valores intermediários, 0,16 g, 0,20 g e 0,19 g, respectivamente, enquanto o tratamento 1 (testemunha) obteve o menor valor, com 0,088 g. Embora o maior acúmulo de biomassa radicular seja desejável, Costa *et al.* (2015) e Taiz *et al.* (2017) destacam que o equilíbrio entre o crescimento da parte aérea e do sistema radicular é fundamental para determinar a qualidade das mudas.

Portanto, embora os tratamentos 2, 3 tenham apresentado maior MVR, o desempenho inferior da parte aérea compromete o equilíbrio geral das mudas. Por outro lado, os tratamentos 4, 5 e 6 que apresentaram bom desenvolvimento tanto da parte aérea quanto do sistema radicular, demonstraram melhor equilíbrio morfológico, por conseguinte, os mais adequados para a produção de mudas de alface com potencial de estabelecimento e bom desempenho em campo.

Figura 7 – Avaliação de mudas da cultura da alface sob diferentes doses de fertirrigação.



Fonte: o autor, 2025.

5.2 Cultura da Beterraba

A avaliação das mudas de beterraba (Figura 8) ocorreu aos 36 dias após o plantio e foram determinadas as seguintes variáveis: altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raiz, matéria verde da parte aérea e matéria verde da raiz. A análise de variância empregada detectou diferenças estatísticas para todas elas (Anexos de G ao L) e os valores médios estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Figura 8 – Cultura da beterraba.



Fonte: o autor, 2025.

Tabela 3 – Valores médios para as características Altura de Mudanças (ALT), Diâmetro de Caule (DC), Número de Folhas (NF) e Comprimento da Raiz (CR) em mudas de beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.

TRATAMENTOS	ALT. (cm)	DC (mm)	NF	CR (cm)
1	5,01 b	0,08 b	2,27 b	7,76 a
2	13,25 a	1,47 a	3,37 a	7,92 a
3	14,38 a	1,64 a	3,37 a	7,06 b
4	14,45 a	1,62 a	3,50 a	7,08 b
5	14,58 a	1,80 a	3,37 a	7,82 a
6	15,11 a	1,46 b	3,75 a	6,41 b

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

Fonte: o autor, (2025).

Tabela 4 – Valores médios para Matéria Verde da Parte Aérea (MVA) e Matéria Verde da Raiz em mudas de beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.

TRATAMENTOS	MVA (g)	MVR (mm)
1	0,12 b	0,06 b
2	1,29 a	0,24 a
3	1,34 a	0,23 a
4	1,37 a	0,23 a
5	1,52 a	0,13 b
6	1,42 a	0,08 b

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

Fonte: o autor, (2025).

A altura das mudas apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com coeficiente de variação (CV) de 7,42%. Os tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6 apresentaram altura média entre 13,25 cm e 15,11 cm, resultados satisfatórios e compatíveis com o padrão

mínimo de 12 cm recomendado para mudas de beterraba aos 35 dias, conforme Silva *et al.* (2020).

A testemunha, com 5,01 cm, apresentou mudas inadequadas ao transplântio, indicando provável deficiência nutricional ou condições desfavoráveis de desenvolvimento, como descrito por Lopes *et al.* (2018). Apesar dos resultados significativos quanto aos tratamentos, em relação às análises estatísticas, as médias foram iguais em todos os tratamentos, com exceção da testemunha, destacando que todos os outros tratamentos estavam aptos ao transplântio.

Figura 9 – Avaliação de mudas da cultura da beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.



Fonte: o autor, 2025.

O diâmetro do caule apresentou efeito significativo dos tratamentos, com CV de 17,15%. Os maiores diâmetros foram observados nos tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6, variando de 1,46 mm a 1,80 mm. A testemunha, com 0,08 mm, evidenciou baixo desenvolvimento estrutural e baixa qualidade. Assim como na variável altura, apenas a testemunha não apresentou resultados satisfatórios para mudas vigorosas. O tratamento 2 apresentou resultado inferior ao exigido em mudas de beterraba aos 36 dias, porém esse valor é bem próximo do ideal (1,5 mm). Entretanto, destacam-se os tratamentos 3, 4, 5 e 6, foi preferível optar por esses tratamentos em relação ao tratamento 2.

O número de folhas apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com CV de 14,61%. Os tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6 apresentaram de 3,37 a 3,75 folhas, estando dentro do padrão mínimo de 3 folhas recomendado por Lima *et al.* (2021) para mudas prontas para o

transplântio. Já a testemunha, com 2,27 folhas, apresentou mudas ainda imaturas e sem condições ideais de plantio.

Mais uma vez, os resultados obtidos foram satisfatórios e estatisticamente iguais entre todos os tratamentos, com exceção da testemunha, os quais se encontram fisiologicamente viáveis para o transplântio quanto ao número de folhas. Ressalta-se que as diferentes doses de adubação não apresentaram diferença estatística entre si para essa variável.

Embora o comprimento de raiz tenha apresentado tendência de diferença estatística ($p = 0,0515$), o coeficiente de variação de 9,74% demonstra boa uniformidade experimental. Os tratamentos 2, 5 e a testemunha apresentaram as maiores médias de comprimento radicular, variando entre 7,76 cm e 7,92 cm, valores considerados adequados para mudas de beterraba, conforme Finger e Casali (2002). Contudo, é importante ressaltar que o equilíbrio entre parte aérea e raiz é essencial para a qualidade final da muda, como destacado por Costa *et al.* (2016).

A variável matéria verde da parte aérea (MVA) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com CV de 21,43%. Os tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6 apresentaram valores de MVA iguais ou superiores a 1,29 g, indicando bom acúmulo de biomassa aérea, fator diretamente relacionado ao vigor e à qualidade da muda, conforme Lopes *et al.* (2018). A testemunha, com 0,12 g, apresentou baixo acúmulo de biomassa, refletindo o menor desenvolvimento observado. Assim como nas demais variáveis, apenas a testemunha não apresentou valores satisfatórios, enquanto os outros tratamentos apresentaram médias estatisticamente iguais, não havendo influência diferenciada das doses de adubação sobre essa variável.

A matéria verde da raiz (MVR) também apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com CV de 35,41%. Os maiores valores de MVR foram registrados nos tratamentos 2, 3 e 4, variando de 0,23 g a 0,24 g. Esse desempenho demonstra bom desenvolvimento radicular, essencial para o sucesso do transplântio, conforme Costa *et al.* (2016) e Taiz *et al.* (2017). Os tratamentos 5, 6 e a testemunha apresentaram MVR inferior a 0,13 g, indicando raízes menos desenvolvidas e menor potencial de estabelecimento (Figura 10).

Figura 10 – Avaliação de mudas da cultura da beterraba sob diferentes doses de fertirrigação.



Fonte: o autor, 2025.

5.3 Cultura do Tomate

Os parâmetros morfológicos avaliados nas mudas de tomate aos 37 dias (Figura 11) foram altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, comprimento de raiz, matéria verde da parte aérea e matéria verde da raiz, conforme as tabelas 5 e 6. Os resultados foram analisados estatisticamente e comparados com os critérios de qualidade estabelecidos na literatura, foram observadas diferenças significativas para todas as avaliações (Anexo M ao R).

Figura 11 – Cultura do tomate.



Fonte: o autor, 2025.

Tabela 5 – Valores médios para as características Altura de Mudanças (ALT), Diâmetro de Caule (DC), Número de Folhas (NF) e Comprimento da Raiz (CR) em mudas de tomate sob diferentes doses de fertirrigação.

TRATAMENTOS	ALT. (cm)	DC (mm)	NF	CR (cm)
1	6,63 c	1,17 b	1,92 d	10,23 a
2	22,89 b	3,01 a	4,75 b	7,67 c
3	28,42 a	3,35 a	5,47 a	9,54 b
4	27,67 a	3,14 a	5,15 a	8,11 c
5	22,88 b	2,95 a	4,00 c	7,46 c
6	22,26 b	3,09 a	4,25 c	7,53 c

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

Fonte: o autor, (2025).

Tabela 6 – Valores médios para Matéria Verde da Parte Aérea (MVA) e Matéria Verde da Raiz em mudas de tomate sob diferentes doses de fertirrigação.

TRATAMENTOS	MVA (g)	MVR (mm)
1	0,17 c	0,16 c
2	2,49 b	1,06 b
3	3,61 a	1,41 a
4	3,20 a	1,03 b
5	3,00 b	0,98 b
6	2,81 b	0,74 b

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Scott e Knott ($p < 0,05$).

Fonte: o autor, (2025).

Houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para altura de mudas, com coeficiente de variação (CV) de 10,59%. As maiores alturas foram observadas nos tratamentos 4 e 3, com médias de 27,67 cm e 28,42 cm, respectivamente, seguidos dos

tratamentos 2, 5 e 6 (22,89 cm, 22,88 cm e 22,26 cm). Já a testemunha apresentou o menor desenvolvimento, com 6,63 cm.

Segundo Lopes *et al.* (2018) e Paula *et al.* (2020), o padrão ideal para mudas de tomate aos 35 dias varia entre 15 e 25 cm de altura, o que indica que os tratamentos 3 e 4 proporcionaram mudas mais adequadas e vigorosas. A testemunha resultou em mudas subdesenvolvidas e inadequadas para o transplântio. Os tratamentos 2, 5 e 6 também obtiveram mudas dentro do padrão exigido, porém, estatisticamente inferiores aos tratamentos 3 e 4 (Figura 12).

Figura 12 – Avaliação de mudas da cultura do tomate sob diferentes doses de fertirrigação.



Fonte: o autor, 2025.

O diâmetro do caule também apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com CV de 7,23%, indicando alta precisão experimental. Os tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6 apresentaram diâmetros superiores a 2,9 mm. Já a testemunha, com 1,17 mm, demonstrou baixo desenvolvimento estrutural, o que compromete a qualidade das mudas, corroborando os achados de Silva *et al.* (2020). Embora a variável diâmetro tenha apresentado resultados significativos em resposta às crescentes doses de adubação, vale salientar que, com exceção da testemunha, todos os demais tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si, indicando que as diferentes doses de adubação não alteraram significativamente esse parâmetro.

Para o número de folhas, observou-se diferença estatística significativa, com CV de 7,35%. Os tratamentos 3 e 4 apresentaram as maiores médias, com 5,47 e 5,15 folhas,

respectivamente, seguidos dos tratamentos 2, 5 e 6, 4,75, 4 e 4,25, relativo aos tratamentos citados. A testemunha obteve o menor número de folhas, com média de 1,92 de acordo com Finger e Casali (2002) e Lima *et al.* (2021), mudas de tomate devem apresentar no mínimo quatro folhas verdadeiras para garantir maior sobrevivência e bom desenvolvimento após o transplântio. Dessa forma, apenas os tratamentos que receberam adubação atenderam a esse critério.

O comprimento de raiz também foi significativamente influenciado pelos tratamentos, com CV de 5,34%, indicando elevada uniformidade experimental. A testemunha apresentou o maior comprimento radicular (10,23 cm), seguida do tratamento 3 (9,54 cm) e do tratamento 4 (8,11 cm). No entanto, como destacado por Costa *et al.* (2016) e Taiz *et al.* (2017), o comprimento de raiz isoladamente não é suficiente para determinar a qualidade da muda, no caso foi necessário avaliar o equilíbrio entre parte aérea e raiz. Vale ressaltar que, apesar do maior comprimento de raiz, a testemunha apresentou baixo desempenho em altura, diâmetro e número de folhas, indicando mudas frágeis e desequilibradas. Esse maior comprimento radicular pode ser explicado por algum estresse hídrico ou nutricional, que, nesse caso, certamente se deu pela falta de nutrientes, uma vez que a testemunha não recebeu nenhuma fonte de adubação.

A variável matéria verde da parte aérea (MVA) apresentou diferença significativa entre os tratamentos, com CV de 13,05%. Os maiores valores de matéria verde da parte aérea foram registrados nos tratamentos 3 (3,61 g) e 4 (3,20 g), indicando maior acúmulo de biomassa e, conseqüentemente, maior vigor das mudas. A testemunha, com apenas 0,17 g de MVA, reforça o baixo desempenho já verificado nas demais variáveis.

Para a matéria verde da raiz, também houve diferença significativa entre os tratamentos, com CV de 26,61%. O maior valor foi observado no tratamento 3 (1,41 g), seguido dos tratamentos 2 (1,06 g), 4 (1,03 g), 5 (0,98 g) e 6 (0,74 g). Segundo Costa *et al.* (2016), um bom desenvolvimento radicular é essencial para o sucesso das mudas após o transplântio, foi necessário o equilíbrio entre raiz e parte aérea, o que foi mais evidente nos tratamentos 3 e 4. A testemunha, além de apresentar baixo valor de MVA, também teve o menor valor de MVR (0,17 g), reforçando a inferioridade dessas mudas em comparação às demais (Figura 13).

Figura 13 – Avaliação de mudas da cultura do tomate sob diferentes doses de fertirrigação.



Fonte: o autor, 2025.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, verifica-se que a adubação via fertirrigação, utilizando diferentes doses de fósforo, potássio e magnésio, influenciou significativamente o desenvolvimento das mudas de alface, beterraba e tomate. De forma geral, os tratamentos intermediários e elevados apresentaram melhor desempenho agrônômico em comparação à testemunha, evidenciando a importância do manejo nutricional adequado na fase de viveiro.

Para a cultura da alface, os tratamentos 4, 5 e 6 proporcionaram mudas mais vigorosas, com melhores resultados em altura, diâmetro do caule, número de folhas e acúmulo de biomassa, além de adequado equilíbrio entre parte aérea e sistema radicular, pois são os mais indicados para a produção de mudas aptas ao transplântio.

Na produção de mudas de beterraba, o tratamento 4 destacou-se por apresentar o melhor equilíbrio entre parte aérea e raiz em todas as variáveis analisadas. Embora os tratamentos 5 e 6 tenham apresentado resultados satisfatórios em alguns parâmetros, todavia a deficiência no desenvolvimento do sistema radicular compromete a segurança do estabelecimento das mudas no campo.

Para o tomate, os tratamentos 3 e 4 se mostraram os mais eficientes, promovendo maior crescimento em altura, diâmetro do caule, número de folhas, acúmulo de biomassa e adequado equilíbrio entre parte aérea e raízes, atendendo de forma completa aos requisitos para mudas de qualidade e com bom potencial de sobrevivência após o transplântio.

Embora as doses de adubação tenham interferido positivamente para todas as culturas, como se trata de uma área com poucas recomendações técnicas, torna-se indispensável aprofundar mais sobre os estudos, como por exemplo, a implantação das mudas que se destacaram no campo, avaliando seu estabelecimento e seu vigor pós transplântio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. D. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil**, *Meteorol, Z.*, 22, 711–728, 2013.

CANTARELLA, H.; MONTEIRO, A. V. C.; RAIJ, B. van; CAMARGO, C. E. O. Adubação e nutrição de hortaliças. In: RAIJ, B. van *et al.* (org.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 2017. p. 285-293.

COSTA, L. C. *et al.* **Crescimento e alocação de biomassa em alface submetida a diferentes níveis de estresse hídrico**. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, p. 205-211, 2015.

COSTA, L. C. *et al.* **Crescimento e qualidade de mudas de beterraba sob diferentes condições de cultivo**. *Horticultura Brasileira*, v. 34, n. 2, p. 210-216, 2016.

COSTA, L. C. *et al.* **Crescimento e qualidade de mudas de tomate em diferentes condições de cultivo**. *Horticultura Brasileira*, v. 34, n. 2, p. 210-216, 2016

EMBRAPA. **Tomate: cultivo, manejo e principais doenças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/hortalicas>>. Acesso em: 19 maio 2025.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um sistema computacional de análise estatística. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2013.

FINGER, F. L.; CASALI, V. W. D. **Qualidade de mudas de hortaliças: conceitos e importância**. *Informe Agropecuário*, v. 23, n. 215, p. 58-64, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2025.

LIMA, J. S. S. *et al.* **Qualidade de mudas de alface em função do tipo de substrato e ambiente de cultivo**. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 8, n. 4, p. 69-75, 2021.

LIMA, J. S. S. *et al.* **Qualidade de mudas de beterraba em função do tipo de substrato.** Revista de Agricultura Neotropical, v. 8, n. 4, p. 69-75, 2021.

LIMA, J. S. S. *et al.* **Qualidade de mudas de tomate em função do tipo de substrato.** Revista de Agricultura Neotropical, v. 8, n. 4, p. 69-75, 2021.

LOPES, A. C. A. *et al.* **Produção e qualidade de mudas de beterraba em diferentes substratos.** Cadernos de Agroecologia, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.

LOPES, A. C. A. *et al.* **Produção e qualidade de mudas de tomate em diferentes substratos.** Cadernos de Agroecologia, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas.** São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

OLIVEIRA, F. A. *et al.* **Produção de mudas de alface em diferentes substratos e ambientes protegidos.** Horticultura Brasileira, v. 21, n. 3, p. 380-385, 2003.

OLIVEIRA, R. P.; SILVA, J. S. H.; COSTA, E. T. **Produção de alface no Brasil: panorama, desafios e perspectivas.** Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 14, n. 3, p. 345-356, 2020.

PAULA, F. A. *et al.* **Produção e avaliação de mudas de tomate em diferentes condições de ambiente protegido.** Horticultura Brasileira, v. 38, n. 3, p. 289-295, 2020.

RESENDE, G. M. *et al.* **Tomate: produção integrada e sustentável.** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2018.

SILVA, P. C. *et al.* **Produção e desenvolvimento de mudas de beterraba em substratos comerciais.** Horticultura Brasileira, v. 38, n. 1, p. 45-51, 2020.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

ANEXOS

ANEXO A – Análise de variância para altura de mudas de alface.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	722,4345	144,4869	84,193	0,0000
Erro	18	30,8906	1,7161		
Total corrigido	23	753,3251			

CV (%) = 9,18 – Média geral: 14,2775 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO B – Análise de variância para diâmetro de caule de mudas de alface.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	1,5223	0,3045	6,600	0,0012
Erro	18	0,8304	0,0461		
Total corrigido	23	2,3527			

CV (%) = 14,79 – Média geral: 1,4518 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO C – Análise de variância para número de folhas de mudas de alface.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	8,3738	1,6748	6,695	0,0011
Erro	18	4,5025	0,2501		
Total corrigido	23	12,8763			

CV (%) = 12,62 – Média geral: 3,9625 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO D – Análise de variância para comprimento de raiz de mudas de alface.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	5,4682	1,0936	4,370	0,0088
Erro	18	4,5050	0,2503		
Total corrigido	23	9,9732			

CV (%) = 7,30 – Média geral: 6,8492 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO E – Análise de variância matéria verde parte aérea de mudas de alface.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	20,5088	4,1018	21,164	0,0000
Erro	18	3,4885	0,1938		
Total corrigido	23	23,9973			

CV (%) = 21,15 – Média geral: 2,0818 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO F – Análise de variância matéria verde raiz de mudas de alface.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	0,0744	0,0149	6,954	0,0009
Erro	18	0,0385	0,0021		
Total corrigido	23	0,1130			

CV (%) = 24,19 – Média geral: 0,1913 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO G – Análise de variância altura de mudas de beterraba.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	298,5325	59,7065	66,147	0,0000
Erro	18	16,2475	0,9026		
Total corrigido	23	314,7800			

CV (%) = 7,42 – Média geral: 12,8000 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO H – Análise de variância diâmetro de caule de mudas de beterraba.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	8,0180	1,6036	29,948	0,0000
Erro	18	0,9638	0,0535		
Total corrigido	23	8,9819			

CV (%) = 17,15 – Média geral: 1,3494 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO I – Análise de variância para número de folhas de mudas de beterraba.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	5,2250	1,0450	4,566	0,0073
Erro	18	4,1200	0,2289		
Total corrigido	23	9,3450			

CV (%) = 14,61 – Média geral: 3,2750 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

Anexo J – Análise de variância para comprimento de raiz de mudas de beterraba.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	7,0354	1,4071	2,747	0,0515
Erro	18	9,2193	0,5122		
Total corrigido	23	16,2548			

CV (%) = 9,74 – Média geral: 7,3463 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO K – Análise de variância matéria verde parte aérea de mudas de beterraba.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	5,4830	1,0966	17,155	0,0000
Erro	18	1,1506	0,0639		
Total corrigido	23	6,6336			

CV (%) = 21,43 – Média geral: 1,1798 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO L – Análise de variância matéria verde raiz de mudas de beterraba.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	0,1343	0,0269	7,908	0,0004
Erro	18	0,0611	0,0034		
Total corrigido	23	0,1954			

CV (%) = 35,41 – Média geral: 0,1646 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO M – Análise de variância para altura de mudas de tomate.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	1244,2875	248,8575	46,732	0,0000
Erro	18	95,8544	5,3252		
Total corrigido	23	1340,1418			

CV (%) = 10,59 – Média geral: 21,7950 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

Anexo N – Análise de variância para diâmetro de caule de mudas de tomate.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	12,8801	2,5760	63,449	0,0000
Erro	18	0,7308	0,0406		
Total corrigido	23	13,6109			

CV (%) = 7,23 – Média geral: 2,7882 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO O – Análise de variância.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	32,1133	6,4227	65,500	0,0000
Erro	18	1,7650	0,0981		
Total corrigido	23	33,8783			

CV (%) = 7,35 – Média geral: 4,2583 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO P – Análise de variância para comprimento de raiz de mudas de tomate.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	27,6389	5,5278	27,332	0,0000
Erro	18	3,6404	0,2022		
Total corrigido	23	31,2793			

CV (%) = 5,34 – Média geral: 8,4275 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO Q – Análise de variância matéria verde da parte aérea de mudas de tomate.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	30,0282	6,0056	54,206	0,0000
Erro	18	1,9943	0,1108		
Total corrigido	23	32,0225			

CV (%) = 13,05 – Média geral: 2,5514 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

ANEXO R – Análise de variância matéria verde da raiz de mudas de tomate.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Tratamento	5	3,5152	0,7030	12,183	0,0000
Erro	18	1,0387	0,0577		
Total corrigido	23	4,5540			

CV (%) = 26,61 – Média geral: 0,9029 – N° de observações: 24

Fonte: Dados da pesquisa.

