

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS**

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

MATHEUS ROCHA BITTENCOURT

**MICROVERDES DE RABANETE SOB ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL CULTIVADOS
EM DIFERENTES SUBSTRATOS E SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

PALMAS

2025

MATHEUS ROCHA BITTENCOURT

**MICROVERDES DE RABANETE SOB ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL CULTIVADOS
EM DIFERENTES SUBSTRATOS E SOLUÇÕES NUTRITIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Agronomia do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
(IFTO), *Campus* Palmas, como requisito parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Thomas Vieira Nunes
Coorientadora: Dra. Marise Tanaka Suzuki

PALMAS, TO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

B624m Bittencourt, Matheus Rocha
MICROVERDES DE RABANETE SOB ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL
CULTIVADOS EM DIFERENTES SUBSTRATOS E SOLUÇÕES
NUTRITIVAS / Matheus Rocha Bittencourt. – Palmas, TO, 2025.
32 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Dr. Thomas Vieira
Coorientadora: Dra. Marise Tanaka Suzuki

1. Nutrição.. 2. Sustentabilidade.. 3. Agricultura urbana.. I. Vieira,
Thomas. II. Suzuki, Marise Tanaka. III. Título.

CDD 630

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS - TO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR BACHARELADO EM ENGENHARIA AGRÔNOMICA

MATHEUS ROCHA BITTENCOURT

**MICROVERDES DE RABANETE SOB ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL CULTIVADOS EM
DIFERENTES SUBSTRATOS E SOLUÇÕES NUTRITIVAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso Superior Bacharelado
em Engenharia Agrônômica do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Tocantins - *Campus* Palmas - TO, como
exigência à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrônômica.

Aprovado em: 05 de agosto de 2025

BANCA AVALIADORA

Prof. Dr. Thômas Vieira Nunes
IFTO - Campus Palmas - TO.

Dara Beatriz Vieira De Sousa
IFTO - Campus Palmas - TO.

Prof. Msc. José Eustáquio Canguçu Leal
IFTO - Campus Palmas - TO.

Palmas - TO, 05 de agosto de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **Dára Beatriz Vieira de Sousa, Usuário Externo**, em 05/08/2025, às 09:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jose Eustaquio Cangucu Leal, Servidor**, em 05/08/2025, às 09:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Thomas Vieira Nunes, Servidor**, em 05/08/2025, às 09:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.iftto.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2852977** e o código CRC **F7864307**.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

Campus Palmas 310 Sul, Av. LO 5, s/n, esquina com a Avenida NS 10 - Plano Diretor Sul — CEP 77021-090 Palmas/TO - portal.iftto.edu.br — reitoria@iftto.edu.br

Referência: Processo nº 23236.015855/2025-33

SEI nº 2852977

*Dedico esse trabalho aos amigos em memória
Yasmin Adine e ao David Feitosa pelo apoio,
pelas risadas e por nunca me deixarem desistir
quando presente.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por me encher de força interior, por me ajudar a enfrentar meus medos e estar sempre presente na minha vida.

Agradeço a minha família por todo suporte nessa caminhada acadêmica e por estar constantemente me incentivando. Em especial a minha mãe, Adriana Mendes Rocha e meu irmão, Wayne Ribeiro Bittencourt Júnior por todo suporte oferecido.

Ao professor Dr Thomas Vieira Nunes por cuidar de cada detalhe desse trabalho, me orientando e me incentivando. Sem ele, esse trabalho não ocorreria.

A Maria Rebeca, colega de pesquisa que foi uma forte rede de apoio.

Aos professores e colegas do curso de Engenharia Agrônômica que contribuíram de alguma forma para essa conquista.

“(.)

Quando tiver que escolher entre estar certo e ser gentil, escolha ser gentil.”

R.J. Palacio – Extraordinário, 2012.

RESUMO

O consumo de hortaliças é de suma importância para a saúde da população, uma vez que são ricas em minerais, vitaminas, fibras e compostos bioativos que auxiliam na prevenção de diversas doenças. Com isso, cresce a busca por alternativas que reduzam essas perdas, como o cultivo de microverdes, os quais têm sido apontados como um “mecanismo potencial para diversificar os sistemas alimentares, especialmente urbanos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de microverdes de rabanete (*Raphanus sativus*), cultivados sob iluminação artificial, em diferentes substratos e soluções nutritivas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×2 , com três repetições. Foram avaliadas as variáveis número de folhas, altura de planta, massa fresca, massa seca e teor de clorofila, ao longo de seis coletas. Os resultados demonstraram que o substrato exerce influência significativa sobre todas as variáveis analisadas. A interação entre substrato e solução nutritiva também foi significativa, reforçando a importância da escolha adequada desses fatores para a produção de microverdes. Conclui-se que o uso de substratos porosos e nutritivos favorece o cultivo eficiente de microverdes em ambientes urbanos, configurando-se como alternativa sustentável e viável para a produção de alimentos de alto valor nutricional em espaços reduzidos.

Palavras-chave: Nutrição. Viabilidade. Sustentabilidade. Agricultura urbana.

ABSTRACT

The consumption of vegetables is of utmost importance for the health of the population, as they are rich in minerals, vitamins, fiber and bioactive compounds that help prevent various diseases. This has led to a growing search for alternatives to reduce these losses, such as the cultivation of microgreens, which have been identified as a "potential mechanism for diversifying food systems, especially urban ones." This study aimed to evaluate the development of radish (*Raphanus sativus*) microgreens grown under artificial lighting in different substrates and nutrient solutions. The experiment was conducted in a completely randomized design, with a 3×2 factorial arrangement, with three replicates. The variables leaf number, plant height, fresh mass, dry mass, and chlorophyll content were evaluated over six harvests. The results demonstrated that the substrate significantly influences all the variables analyzed. The interaction between substrate and nutrient solution was also significant, reinforcing the importance of choosing the right factors for microgreen production. We conclude that the use of porous and nutritious substrates favors the efficient cultivation of microgreens in urban environments, representing a sustainable and viable alternative for the production of high-nutritional-value foods. reduced spaces.

Keywords: Nutrition. Viability. Sustainability. Urban agriculture.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Problematização.....	12
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo geral	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 Justificativa	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Revisão histórica	14
2.2 Potencial na alimentação e mercado.....	15
2.3 Produção de microverdes de rabanete.....	15
2.4 Iluminação Artificial na Horticultura	16
2.5 Substratos e solução nutritiva.....	17
2.6 Interação entre Iluminação, Substrato e Nutrição	17
2.7 Importância Econômica e Sustentabilidade.....	18
3. METODOLOGIA.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	20
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS.....	28

1. INTRODUÇÃO

O consumo de hortaliças desempenha papel fundamental na promoção da saúde, pois esses alimentos são fontes ricas de minerais, vitaminas, fibras e compostos bioativos que auxiliam na prevenção de diversas doenças. No Brasil, entretanto, grande parte da produção hortícola está concentrada em regiões distantes dos centros urbanos, o que resulta em perdas significativas de volume e qualidade das cultivares. Nesse contexto, cresce o interesse por alternativas capazes de minimizar tais perdas, como o cultivo de microverdes, apontados como um “mecanismo potencial para diversificar os sistemas alimentares, especialmente urbanos, contribuindo para aumentar a resiliência da sociedade atual às alterações climáticas” (Wieth, 2019).

Os microverdes são colhidos poucos dias após a semeadura, quando atingem entre 5 e 10 cm de altura, apresentando-se como uma opção viável e rentável para horticultores, devido à rapidez no ciclo de produção e colheita. Além de ganharem espaço na alta gastronomia, destacam-se por vantagens como a possibilidade de reaproveitamento de embalagens, o uso de espaços reduzidos e a contribuição para práticas mais sustentáveis e econômicas (Nascimento *et al.*, 2023).

Entre as espécies utilizadas nesse tipo de cultivo, o rabanete (*Raphanus sativus L.*) se sobressai por seu ciclo curto, permitindo colheitas em aproximadamente 30 dias, característica que o torna atrativo para produtores que buscam retorno rápido e eficiente (Araújo, 2023). Do ponto de vista da agricultura urbana e de pequena escala, os microverdes apresentam alto potencial, graças ao porte compacto e à baixa exigência de espaço e insumos. Essas condições os tornam ideais para cultivo em ambientes controlados, como estufas urbanas e até mesmo espaços residenciais (Bonassa, 2024).

Nos últimos anos, o uso de lâmpadas LED tem se destacado como tecnologia capaz de modular a produtividade e a qualidade de diferentes espécies vegetais, atuando diretamente sobre o metabolismo e a fisiologia das plantas. Trata-se de uma alternativa eficiente e precisa para o cultivo indoor (Machado; Luz; Fiel, 2023).

Apesar da crescente adoção de sistemas alternativos para a produção de microverdes, no Brasil ainda são escassos os estudos que definem as melhores técnicas de manejo, o uso adequado de fertilizantes e os substratos mais eficientes para esse cultivo (Wieth, 2019).

Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar o desenvolvimento de microverdes de rabanete (*Raphanus sativus L.*) cultivados sob iluminação artificial, utilizando diferentes substratos e soluções nutritivas, a fim de identificar as combinações mais eficientes em termos

de crescimento e qualidade das plantas.

1.1 Problematização

O cultivo de microverdes em ambientes controlados, com uso de iluminação artificial, tem se consolidado como uma alternativa promissora para a produção de alimentos mais saudáveis e acessíveis, especialmente em áreas urbanas. Contudo, esse sistema de cultivo envolve múltiplas variáveis capazes de influenciar diretamente a qualidade, o rendimento e o valor nutricional das plantas. No caso do rabanete, por exemplo, fatores como o tipo de substrato e a solução nutritiva utilizada podem modificar tanto a produtividade quanto a composição nutricional dos microverdes.

Esses dois elementos, substrato e solução, são fundamentais no cultivo de microverdes. O substrato oferece suporte físico e ajuda a reter água, enquanto a solução nutritiva fornece os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Além disso, são poucas as pesquisas que comparam esses materiais no cultivo de microverdes de rabanete, especialmente quando se usa luz artificial do tipo LED, cada vez mais comum em cultivos controlados.

Compreender como esses fatores interagem pode otimizar a escolha de insumos, aumentar a eficiência produtiva e potencializar o valor nutricional dos microverdes, que se destacam por sua alta concentração de vitaminas, minerais e compostos bioativos (Xiao *et al.*, 2012; Kyriacou *et al.*, 2016). Além disso, sua rápida produção e reduzida necessidade de transporte contribuem para minimizar perdas pós-colheita, tornando-os uma alternativa estratégica para complementar ou substituir hortaliças convencionais em contextos urbanos (Choe *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, emerge a necessidade de investigar como diferentes substratos e soluções nutritivas, em associação à iluminação artificial, influenciam o desempenho produtivo e qualitativo do rabanete na forma de microverdes, de modo a identificar combinações mais eficientes em termos de crescimento, qualidade e viabilidade econômica.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar desenvolvimento de microverdes de rabanete (*Raphanus sativus*) cultivados sob iluminação artificial, com diferentes substratos e soluções nutritivas afim de verificar as combinações mais eficientes em termos de crescimento e qualidade da planta.

1.2.2 Objetivos específicos

- Verificar a influência da espuma fenólica e do papel *germitest* sobre o crescimento e desenvolvimento de microverdes de rabanete cultivados sob iluminação artificial;

- Avaliar o impacto das três soluções (água potável, água de piscicultura e solução hidropônica comercial) quanto a influência no desempenho morfológico e fisiológico das plantas;
- Analisar as variáveis, como altura, número de folhas, teor de clorofila e biomassa fresca e seca dos microverdes de rabanete ao longo do cultivo;
- Identificar a combinação de substrato e solução nutritiva que proporciona melhor desempenho agrônômico para produção de microverde de rabanete.

1.3 Justificativa

O cultivo de hortaliças convencionais exige extensas áreas de terra, elevado investimento em insumos e grande volume de água. Além disso, a logística irregular de transporte frequentemente resulta em perdas de qualidade e oxidação de nutrientes, comprometendo o sabor, a textura e o valor nutricional dos alimentos no momento do consumo.

Diante desses desafios, o cultivo de microverdes apresenta-se como uma alternativa promissora, por possibilitar a produção de alimentos frescos, funcionais e nutricionalmente ricos em ambientes urbanos ou em locais com restrições para o cultivo ao ar livre. A utilização de luz artificial em sistemas controlados amplia a previsibilidade produtiva, reduz a dependência de condições climáticas externas e favorece a oferta constante de alimentos de qualidade.

Estudos recentes reforçam essa perspectiva. Bulgari *et al.* (2021), em revisão sistemática publicada na revista *Horticulturae*, demonstram que a escolha do substrato interfere diretamente no crescimento, rendimento e qualidade dos microverdes, além de impactar a sustentabilidade do processo produtivo. Da mesma forma, Lobiuc *et al.* (2017) evidenciam que o cultivo em ambientes controlados, com uso de iluminação artificial, pode aumentar as concentrações de compostos bioativos, como carotenoides, fenóis e glucosinolatos, reconhecidos por seus benefícios à saúde humana.

Nesse sentido, a presente pesquisa justifica-se pela necessidade de aprimorar técnicas de cultivo de microverdes, com foco na seleção de substratos e soluções nutritivas mais eficientes, de modo a elevar o rendimento, a qualidade e a sustentabilidade da produção. O estudo também se mostra relevante diante da crescente demanda por alimentos saudáveis, seguros e produzidos de forma ambientalmente responsável, além de contribuir para a difusão de tecnologias acessíveis e sustentáveis no setor agroalimentar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Revisão histórica

A chegada dos portugueses ao Brasil desencadeou um intenso intercâmbio de espécies vegetais entre o território recém-colonizado, a Europa e outras regiões sob domínio português, como partes da África e da Ásia, promovendo um dos maiores fluxos de trocas de plantas da história (Madeira; Reifschneider; Giordano, 2008). A introdução de diversas espécies e variedades de hortaliças no Brasil não apenas ampliou as opções alimentares disponíveis aos colonizadores, como também forneceu a base genética necessária para o desenvolvimento de cultivares mais adaptadas às distintas condições de solo e clima do território brasileiro.

Atualmente, a agricultura global enfrenta exigências cada vez mais rigorosas dos mercados consumidores. Além da necessidade de adotar sistemas produtivos mais eficientes, que otimizem o uso de insumos e da força de trabalho, há uma crescente demanda por produtos que atendam a padrões elevados de qualidade. Os consumidores valorizam alimentos com boa aparência, sabor, segurança sanitária, alto valor nutricional e que sejam provenientes de processos produtivos certificados e sustentáveis (Freitas, 2020).

Com isso, é notável que as hortaliças desempenham um papel fundamental na segurança alimentar e nutricional, sendo fontes essenciais de vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos que contribuem para a saúde e a prevenção de doenças. No cenário mundial, o aumento da conscientização sobre a alimentação saudável tem impulsionado o consumo desses alimentos, refletindo em políticas públicas e campanhas educativas (OPAS, 2019). No Brasil, apesar de ainda abaixo das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS), o consumo de hortaliças tem crescido gradualmente, impulsionado pela diversificação da produção, melhorias na cadeia logística e maior acesso por parte da população. Além disso, a olericultura é uma importante atividade econômica, gerando empregos, renda e dinamizando a agricultura familiar em diversas regiões do país.

De acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), mais de 5 milhões de toneladas de hortaliças foram comercializadas nas 62 maiores centrais de abastecimento do Brasil. A atividade da olericultura é responsável por aproximadamente 20% do Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP), gerando uma receita anual em torno de R\$269 bilhões (Senar, 2023).

Dessa forma, uma nova categoria de alimentos especiais tem emergido para atender à crescente demanda do mercado de alimentos funcionais. Os chamados microverdes, que são plantas jovens colhidas em um estágio inicial de desenvolvimento, geralmente entre 7 e 21 dias após a germinação, quando as primeiras folhas verdadeiras começam a emergir (Zampieri, 2023). Diferentemente dos brotos, que são consumidos ainda sem folhas, os microverdes

apresentam uma maior concentração de nutrientes, além de sabores e cores mais intensos. Essa categoria de alimento vem ganhando destaque no cenário mundial por seu elevado valor nutricional e potencial funcional, sendo utilizados tanto na gastronomia quanto na nutrição. O cultivo de microverdes em ambientes controlados permite a obtenção de produtos com qualidade padronizada, independentemente das condições climáticas externas.

2.2 Potencial na alimentação e mercado

A busca crescente por alimentos saudáveis e funcionais tem estimulado o interesse por produtos hortícolas diferenciados, como os microverdes. Estas são plântulas jovens de hortaliças e ervas, colhidas logo após o desenvolvimento dos cotilédones, podendo ou não apresentar as primeiras folhas verdadeiras. Com alto valor nutricional e sensorial, eles representam uma alternativa promissora tanto para o consumo doméstico quanto para a gastronomia de alto padrão (Freitas, 2020).

Diferentemente dos brotos, os microverdes são cultivados com exposição à luz e em substratos específicos, o que favorece o acúmulo de compostos bioativos e minimiza o risco de contaminação microbiológica (Dode *et al*, 2021). Entre os nutrientes comumente encontrados nesses vegetais imaturos estão vitaminas como a C, E, carotenoides, além de minerais como ferro, zinco e cálcio. Além disso, estudos demonstram que certas espécies, como o repolho roxo e o rabanete, possuem concentrações de antioxidantes significativamente superiores às encontradas em sua fase adulta.

O interesse comercial por esse tipo de cultivo surgiu nas últimas décadas, especialmente em países como os Estados Unidos, onde os microverdes se tornaram ingredientes valorizados por chefs e consumidores atentos à alimentação funcional (Zampieri, 2023). O apelo estético, com diversidade de cores, formatos e sabores, aliado ao ciclo de produção curto e a possibilidade de cultivo em espaços reduzidos, tornam esses vegetais viáveis para pequenos produtores e empreendimento urbanos.

2.3 Produção de microverdes de rabanete

A produção de microverdes pode ser realizada em diferentes níveis tecnológicos, desde estruturas simples até sistemas controlados de cultivo, como é o caso das casas de vegetação (estufas agrícolas). Nesses ambientes é possível regular fatores como intensidade luminosa, umidade, temperatura e composição do ar, otimizando a qualidade final das plântulas.

Um dos desafios deste cultivo, é o custo elevado de suas sementes que são utilizadas em alta densidade para garantir uma cobertura significativa do substrato. Técnicas como o tratamento pré-germinativo e sanitização das sementes são recomendadas para melhorar o desempenho do cultivo e reduzir contaminações.

A colheita é realizada entre 7 a 21 dias após a semeadura, dependendo da espécie, sendo ideal que as plantas estejam com os cotilédones bem desenvolvidos e turgescendo (Zampieri, 2023). Os microverdes podem ser comercializados embalados ou ainda enraizados em bandejas, o que permite ao consumidor final realizar a colheita fresca.

O rabanete (*Raphanus sativus* L.), pertencente à família *Brassicaceae*, é uma raiz tuberosa originária da região do Mediterrâneo, conhecida por sua textura crocante e sabor levemente picante. Seu cultivo e consumo remontam às antigas civilizações do Egito, Assíria, Grécia e Roma, onde era amplamente valorizado. No Egito Antigo, por exemplo, relatos históricos indicam que trabalhadores envolvidos na construção das pirâmides consumiam rabanete em grandes quantidades, geralmente acompanhado de cebola e alho, devido às suas propriedades alimentares e energéticas (Embrapa, 2022).

Sendo uma das espécies mais populares para o cultivo de microverdes devido ao seu rápido crescimento, sabor marcante e elevado teor de compostos bioativos, como antioxidantes e glucosinolatos. Estudos indicam que os microverdes de rabanete possuem concentrações significativas de vitaminas, minerais e fitoquímicos que contribuem para a promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas (Dode *et al*, 2021). Além disso, apresentam versatilidade no uso culinário, podendo ser consumidos frescos em saladas, sanduíches e pratos gourmet. O mercado consumidor de microverdes tem se expandido, incentivando pesquisas para otimizar técnicas de cultivo e melhorar a qualidade do produto final.

2.4 Iluminação Artificial na Horticultura

O uso de iluminação LED tem se destacado na horticultura protegida por sua eficiência energética e pela possibilidade de manipulação do espectro luminoso, influenciando diretamente a biossíntese de pigmentos e antioxidantes. A luz azul, por exemplo, está relacionada ao aumento do teor de vitamina C e β -caroteno, enquanto a vermelha pode favorecer o acúmulo de antocianinas e compostos fenólicos (Silva, 2021).

A iluminação artificial é um recurso essencial no cultivo de plantas em ambientes controlados, especialmente em sistemas sem acesso à luz solar natural suficiente. Entre as tecnologias disponíveis, as lâmpadas LED têm se destacado por sua eficiência energética, possibilidade de controle espectral e baixa emissão de calor (Freitas, 2020). A qualidade da luz, que inclui intensidade, espectro e duração do fotoperíodo, influencia diretamente processos fisiológicos como a fotossíntese, morfogênese e biossíntese de compostos secundários. Para os microverdes, a iluminação adequada pode acelerar o crescimento, aumentar a biomassa e melhorar características sensoriais e nutricionais.

2.5 Substratos e solução nutritiva

O substrato é o meio físico que suporta as plantas, influenciando a retenção de água, a aeração das raízes e a disponibilidade de nutrientes. Para o cultivo de microverdes, são utilizados diversos tipos de substratos, como espuma fenólica, fibra de coco, perlita, vermiculita e turfa, que apresentam propriedades físicas e químicas distintas. A escolha do substrato impacta o desenvolvimento radicular, a uniformidade do crescimento e a qualidade do produto final. Substratos orgânicos, como a fibra de coco, são valorizados por sua sustentabilidade e capacidade de reter umidade, enquanto substratos inorgânicos podem oferecer maior controle e durabilidade.

Apesar de existirem diversos estudos que abordam as propriedades físicas, químicas e nutricionais de frutas e hortaliças em geral, ainda são escassas as pesquisas científicas que analisam as características físico-químicas dos microverdes e a influência do substrato utilizado no cultivo (Xiao *et al.*, 2015). Até o momento, não há diretrizes específicas nem investigações conclusivas sobre os tipos de substratos mais adequados e seus impactos na produtividade. Além disso, as técnicas e manejos voltados para o aumento do rendimento das culturas de microverdes são pouco explorados na literatura científica (Wieth, 2019).

A solução nutritiva fornece os elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, principalmente em sistemas hidropônicos ou semi-hidropônicos, onde o substrato por si só não é capaz de suprir todas as necessidades nutricionais. A composição da solução nutritiva deve ser balanceada para garantir o fornecimento adequado de macro e micronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, ferro e zinco. O manejo correto da solução influencia o crescimento, a produtividade e o valor nutricional dos microverdes, além de prevenir deficiências ou toxicidades que comprometam a qualidade do produto (Hidrogood, 2022).

2.6 Interação entre Iluminação, Substrato e Nutrição

A combinação adequada de iluminação, substrato e solução nutritiva é fundamental para maximizar o desempenho do cultivo de microverdes. A intensidade e o espectro da luz podem modular a absorção de nutrientes e a biossíntese de compostos bioativos, enquanto as características do substrato afetam a disponibilidade hídrica e a fixação dos nutrientes na zona radicular. Estudos indicam que a sinergia entre esses fatores resulta em plantas mais vigorosas, com maior teor nutricional e melhor aparência. Assim, compreender e otimizar essa interação é um dos principais desafios para o avanço da produção comercial de microverdes (Bonato *et al.*, 2022).

2.7 Importância Econômica e Sustentabilidade

Os microverdes representam um segmento crescente no mercado de alimentos frescos, devido à demanda por produtos saudáveis, frescos e diferenciados. A produção em ambiente controlado permite colheitas rápidas e múltiplas safras ao longo do ano, proporciona melhor manejo de pragas, o que, naturalmente, aumenta a rentabilidade dos produtores. Além disso, essa modalidade de cultivo apresenta potencial para ser sustentável, por requerer menos água e insumos em comparação com a agricultura tradicional e possibilitar o uso racional de energia, especialmente quando associada a tecnologias eficientes de iluminação artificial (Embrapa, 2023). Ademais, os microverdes contribuem para a diversificação da agricultura familiar e a promoção da agricultura urbana, incentivando sistemas alimentares locais e resilientes.

3. METODOLOGIA

O presente estudo foi conduzido no período de 23 de maio a 20 de junho de 2025 no Laboratório de Biofábricas e Ambientes Protegido do Instituto Federal de Educação e Ciência do Estado do Tocantins (IFTO), o qual oferece um ambiente controlado para o cultivo de plantas em estufas. A escolha deste local visa assegurar condições ideais para o desenvolvimento das plantas.

As sementes utilizadas no experimento serão da cultivar Isla Microverdes Rabanete Indra, pertencente à espécie *Raphanus sativus* L. O cultivo foi conduzido em dois tipos de substrato: espuma fenólica e papel *germitest*. As bandejas plásticas foram higienizadas e preenchidas com os substratos de acordo com os tratamentos. A espuma fenólica foi cortada em blocos de dimensões iguais, e o papel *germitest* foi dobrado em camadas para simular substrato plano. Os substratos foram umedecidos previamente com suas respectivas soluções. Após a semeadura, as bandejas permaneceram por dois dias sem exposição à luz direta, a fim de favorecer o processo de germinação inicial.

Foram testadas três soluções nutritivas distintas:

1. Água potável;
2. Água proveniente de tanque de piscicultura;
3. Solução nutritiva hidropônica, composta por: Dripsol Alfase (2,75 g), Haifa Cal GG (2,00 g), Dripsol Micro (0,125 g), diluídas em 10 litros de água, conforme recomendações técnicas para cultivos hidropônicos.

O experimento foi conduzido sob iluminação artificial constante, com fotoperíodo de 24 horas, fornecida por refletores TR LED de 150W e 100W da marca Taschibra (cor preta), de espectro branco dispostos de forma intercalada a 60 cm de altura, com o objetivo de assegurar luminosidade adequada à fotossíntese e promover o crescimento uniforme das plantas.

Para a aplicação das soluções, foi utilizado um béquer, com 20 mL de cada solução nutritiva sendo aplicada por repetição, tanto no substrato de espuma fenólica quanto no papel germitest, aumentando a quantidade a partir do crescimento das plântulas. As irrigações ocorreram diariamente às 9h30 da manhã, de forma manual

O delineamento experimental adotado será o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em arranjo fatorial 2×3 , sendo:

- 2 tipos de substrato;
- 3 tipos de soluções nutritivas.

Foram formados, assim, 6 tratamentos com 3 repetições cada, totalizando 18 unidades experimentais ($2 \text{ substratos} \times 3 \text{ soluções nutritivas} \times 3 \text{ repetições} = 18$). Cada unidade experimental foi composta por 18 sementes, com densidade fixa de 2 sementes por células, totalizando 9 células. A semeadura será realizada em bandejas plásticas com dimensões de 35 cm de comprimento por 21 cm de largura.

Durante o experimento, foram realizadas medições periódicas para avaliar o crescimento e desenvolvimento das plantas. As variáveis avaliadas foram:

- Porcentagem de germinação: determinada com base no número de sementes germinadas em relação ao total semeado.
- Altura das plantas: medida com uma trena de 1 metro, da base até a folha mais alta. As coletas ocorreram às segundas, quartas e sextas-feiras, até o final do experimento.
- Número de folhas por planta: contagem manual realizada em todas as plantas de cada unidade experimental, também às segundas, quartas e sextas-feiras, iniciando ao final da germinação e seguindo até a colheita.
- Teor de clorofila: mensurado com o uso de um clorofilômetro, após o pleno desenvolvimento das folhas.

A coleta foi feita em uma planta por repetição. Ao final do ciclo de cultivo, foi realizada a colheita das plantas para as seguintes avaliações:

- Peso fresco total: aferido imediatamente após a colheita com o uso de balança digital.
- Peso seco total: obtido após a secagem das plântulas em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 horas.

Essas medições permitiram avaliar a eficiência dos tratamentos com diferentes substratos e soluções nutritivas, possibilitando uma análise completa dos efeitos sobre desempenho dos microverdes de rabanete.

Os dados foram submetidos à análise de variância no software *Jamovi* e *Sisvar* e as médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de *Tukey* a 5% de significância.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, apresentam-se os resultados obtidos a partir das análises do desenvolvimento dos microverdes de rabanete cultivados sob diferentes substratos e soluções nutritivas. As variáveis avaliadas foram: porcentagem de germinação, altura, número de folhas, teor de clorofila e biomassa fresca e seca.

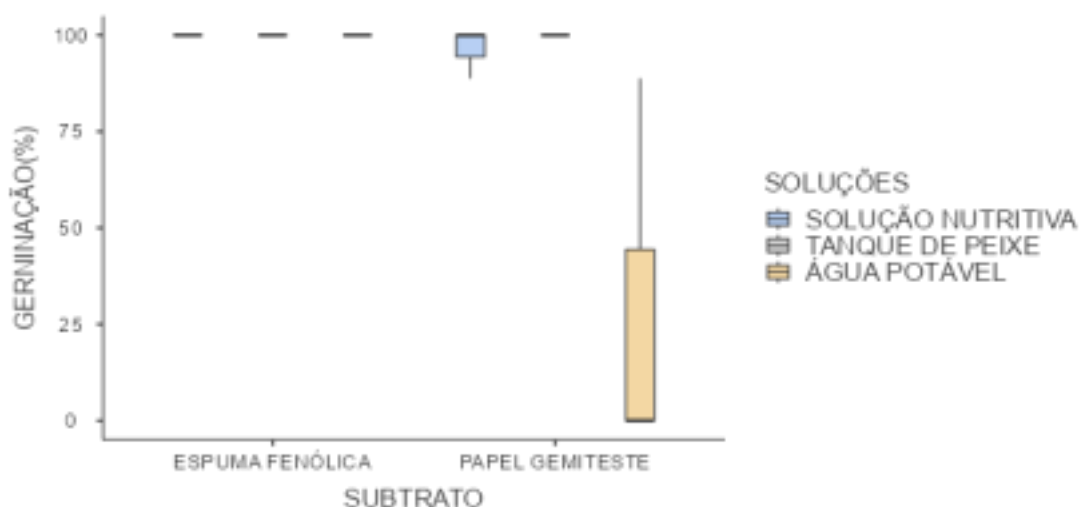
Na avaliação da porcentagem de germinação (Gráfico 1), observou-se que todos os tratamentos utilizando espuma fenólica apresentaram 100% de germinação, independentemente da solução utilizada (solução nutritiva, água de piscicultura ou água potável). Esse resultado indica que esse substrato proporcionou condições ideais de umidade, aeração e fixação para o processo germinativo das sementes de rabanete.

No caso do substrato papel *Germitest*, a germinação variou de acordo com a solução utilizada. A combinação com solução nutritiva apresentou 96,27% de germinação, seguida por 100% com água de piscicultura e apenas 29,60% com água potável — este último valor foi o menor entre todos os tratamentos, evidenciando a limitação do papel *Germitest* quanto à retenção de água e nutrientes.

As propriedades dos substratos que influenciam a germinação das sementes e o crescimento das plântulas podem ser divididas em físicas (capacidade de retenção de água, porosidade, plasticidade, densidade aparente, etc.), químicas (fertilidade, reação, poder tampão, etc.) e biológicas. Para cada espécie e tipo de recipiente, é necessário identificar o substrato ideal, capaz de garantir qualidade adequada ao desenvolvimento das plantas (Brito e Mourão, 2015).

Os resultados obtidos sugerem que a espuma fenólica foi mais eficiente em manter condições físicas, químicas e biológicas adequadas à germinação de microverdes de rabanete. Já a baixa germinação observada no substrato papel *Germitest* associado à água potável pode estar relacionada à deficiência de nutrientes e à limitada capacidade de retenção hídrica desse material.

Gráfico 1- Porcentagem de germinação de microverdes cultivados em diferentes substrato e soluções.



Fonte: Software Jamovi

Na avaliação da altura (Tabela 1) dos microverdes ao longo dos dias, observou-se que o tratamento com espuma fenólica associado à solução nutritiva apresentou, de forma consistente, os maiores valores médios em todos os dias de coleta. A média de altura variou de 2,87 cm no primeiro dia até 3,67 cm no sexto dia. Esse desempenho pode ser atribuído ao equilíbrio nutricional fornecido pela solução, aliado às propriedades físicas do substrato, que favoreceram o enraizamento e a absorção de água. Em contrapartida, os demais tratamentos, incluindo aqueles que utilizaram papel *Germitest* e água potável, apresentaram desempenhos inferiores, com médias nulas em todos os dias no caso específico da combinação papel *Germitest* + água potável.

A análise de variância para medidas repetidas aplicada à variável altura revelou efeitos estatisticamente significativos do tempo ($p < 0,001$), do tipo de substrato ($p < 0,001$) e das soluções nutritivas ($p < 0,001$) sobre o crescimento dos microverdes. Foi identificada interação significativa entre tempo e substrato ($p < 0,001$), indicando que o crescimento ocorreu de forma diferenciada ao longo dos dias, conforme o substrato utilizado. Entretanto, não foram verificadas interações significativas entre tempo e solução nutritiva ($p = 0,284$), nem interação tripla substrato $\times$ solução $\times$ tempo ($p = 0,064$).

O teste post hoc de Tukey demonstrou que o crescimento foi progressivo e estatisticamente significativo a partir do terceiro dia, com diferenças marcantes entre o Dia 1 e o Dia 6 ($p = 0,002$) e entre o Dia 2 e o Dia 6 ($p < 0,001$), evidenciando a eficácia do tempo de cultivo para o aumento da altura dos microverdes.

Nos tratamentos com papel *Germitest*, especialmente quando irrigados apenas com água potável, os resultados foram significativamente inferiores, chegando a apresentar valores nulos em determinados dias. Tal comportamento pode estar relacionado à baixa capacidade de

retenção de água e à ausência de suporte físico adequado ao desenvolvimento radicular. Além disso, verificou-se a ocorrência de fungos nos tratamentos que utilizaram papel Germitest com solução nutritiva, o que comprometeu ainda mais o desempenho das plântulas. Esses fatores contribuíram diretamente para os baixos valores de altura obtidos.

Em contrapartida, a espuma fenólica demonstrou ser um substrato adequado ao cultivo de microverdes de rabanete, proporcionando bom suporte físico, adequada retenção de água e boa aeração. Como resultado, foi possível observar o desenvolvimento de caules mais longos e espessos, características desejáveis tanto em termos de qualidade visual quanto de rendimento comercial.

Apesar do bom desempenho da espuma fenólica, os valores de altura obtidos (2,9–3,7 cm) ficaram abaixo da faixa comumente registrada (5–8 cm) para microverdes cultivados em condições controladas (Zhao *et al.*, 2022). Em consonância, Amitrano *et al.* (2023) observaram maior elongação em microverdes de rabanete ‘Saxa’, reforçando a influência determinante do substrato sobre a altura final das plantas.

Assim, os dados indicam que a escolha do substrato é um fator decisivo para o sucesso do cultivo. A espuma fenólica, quando associada a uma solução nutritiva equilibrada, mostrou-se a alternativa mais eficiente entre os tratamentos avaliados, favorecendo o crescimento das plantas e proporcionando um ambiente estável para o desenvolvimento inicial do rabanete.

Tabela 1 – Altura média dos microverdes ao longo de seis dias para diferentes substratos e soluções, com letras indicativas de diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tratamento	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6
EF + Nutritiva	2.87 a	3.03 a	3.17 a	3.37 a	3.50 a	3.67 a
EF + Água de Piscicultura	1.73 b	1.90 b	2.07 b	2.10 b	2.20 b	2.20 b
EF + Potável	0.87 c	0.97 c	1.10 c	1.17 c	1.20 c	1.27 c
PG + Nutritiva	1.30 b	1.27 c	1.23 c	1.17 c	1.23 c	1.23 c
PG + Água de Piscicultura	1.20 c	1.00 c	1.07 c	1.00 c	1.07 c	1.07 c
PG + Potável	0.00 d	0.00 d	0.00 d	0.00 d	0.00 d	0.00 d

Fonte: Dados do experimento, 2025. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos no mesmo dia, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na avaliação do número médio de folhas (Tabela 2) ao longo dos dias, verificou-se que o tratamento com espuma fenólica associado à solução nutritiva apresentou os maiores valores, iniciando com média de 6,17 folhas no primeiro dia e alcançando o ápice no quarto dia de avaliação, com 7,59 folhas. Em contrapartida, os tratamentos com papel *Germitest* apresentaram

o pior desempenho foliar em todas as soluções testadas, sendo nulo no caso da combinação com água potável.

A análise de variância para medidas repetidas indicou efeitos significativos do tempo ($p < 0,001$), do substrato ($p < 0,001$) e das soluções nutritivas ($p < 0,001$) sobre o número médio de folhas dos microverdes de rabanete. Também foram observadas interações significativas entre substrato e solução nutritiva ($p = 0,016$), substrato e tempo ($p = 0,044$) e soluções nutritivas e tempo ($p = 0,001$), evidenciando que a resposta das plantas variou ao longo do cultivo em função dos tratamentos aplicados.

O teste de comparações múltiplas de Tukey confirmou que a combinação espuma fenólica + solução nutritiva resultou no maior número médio de folhas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Já o papel *Germitest* irrigado apenas com água potável apresentou os menores valores médios.

Os resultados observados neste estudo, com maior número médio de folhas nos tratamentos que utilizaram substrato poroso (espuma fenólica), estão em consonância com os achados de Freitas *et al.* (2013), que relataram incremento no número de folhas em mudas de alface cultivadas em substratos alternativos com boa aeração e porosidade. Nesse sentido, a porosidade do substrato favorece tanto a aeração radicular quanto a absorção de nutrientes essenciais, como o nitrogênio, fundamental para o crescimento foliar (Taiz *et al.*, 2017).

Esses dados indicam que o tipo de substrato e a solução nutritiva aplicada influenciam diretamente o desempenho fisiológico dos microverdes ao longo do tempo. O tratamento com espuma fenólica associado à solução nutritiva hidropônica mostrou-se mais eficiente por fornecer nutrientes essenciais e um suporte físico que garante às raízes acesso constante a umidade e oxigênio. Isso contribuiu para um sistema radicular mais saudável, capaz de absorver nutrientes de forma eficiente e, conseqüentemente, favorecer a formação de novas folhas. Em contrapartida, os tratamentos que utilizaram a mesma espuma fenólica com água de piscicultura ou água potável apresentaram folhas menores e amareladas, devido à insuficiência nutricional dessas soluções para sustentar um adequado desenvolvimento foliar.

Durante o período experimental, também foi registrada a presença de pequenos insetos, principalmente atraídos pela iluminação artificial, os quais foram observados frequentemente sobre as folhas dos rabanetes, sem distinção entre os diferentes tratamentos.

Tabela 2 - Número médio de folhas com letras indicativas de diferença significativa pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

TRATAMENTO	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4	DIA5	DIA6
EF + SN	6,17 a	6,93a	7,04 a	7,59 a	4,74 a	4,74 a
EF+ TP	3,63b	4,70b	5,67 b	5,67b	4,63b	3,15 b
EF+AP	2,43c	3,04c	3,22 c	2,15c	2,00c	1,74 c
PG+SN	1,73d	2,19d	2,07 d	1,56d	0,96d	0,22 d
PG+TP	2,00d	2,44d	3,00 d	2,50d	1,78 d	1,22 d
PG+AP	0,00 e	0,67e	0,00 e	0,00 e	0,00 e	0,00e

Fonte: Dados do experimento, 2025. Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos no mesmo dia, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na análise do teor de clorofila (Tabela 3), observou-se que o substrato espuma fenólica apresentou os maiores índices em todas as soluções testadas, destacando-se a combinação com água potável, que atingiu valor de 26,7. Esse resultado indica que, mesmo na ausência de nutrientes adicionais fornecidos por soluções nutritivas, a estrutura física da espuma fenólica foi capaz de favorecer a absorção de água e a manutenção da atividade fotossintética, refletindo-se em maior acúmulo de clorofila.

Por outro lado, o substrato papel *Germitest* não apresentou valores relevantes de teor de clorofila em nenhum dos tratamentos, o que pode estar associado à sua baixa capacidade de retenção hídrica e à ausência de suporte adequado ao desenvolvimento radicular, limitando a fotossíntese e, conseqüentemente, o acúmulo de pigmentos.

Esses resultados reforçam que o tipo de substrato exerce influência direta sobre a capacidade fotossintética das plantas, sendo a espuma fenólica mais eficiente na manutenção da atividade fisiológica necessária para o crescimento e qualidade dos microverdes de rabanete.

Tabela 3 - Teor de clorofila de microverdes de rabanete cultivada em diferentes substratos e soluções.

SUBTRATO	SOLUÇÕES	CLOROFILA
ESPUMA FENÓLICA	SOLUÇÃO NUTRITIVA	25,8a
	ÁGUA DE PISCICULTURA	23a
	ÁGUA POTÁVEL	26,7a
PAPEL GERMITEST	SOLUÇÃO NUTRITIVA	0,0b
	ÁGUA DE PISCICULTURA	0,0b
	ÁGUA POTÁVEL	0,0b

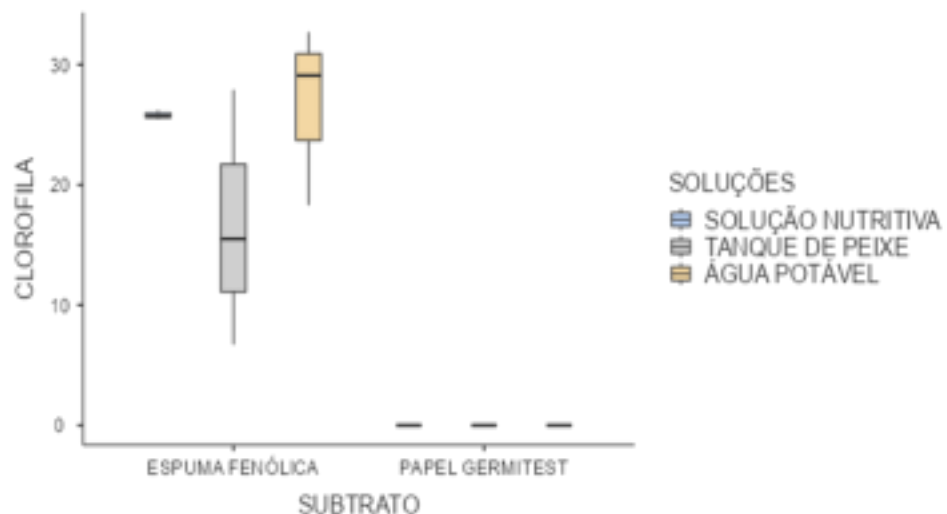
Fonte: Autoria própria. Dados experimentais. 2025. (Letras diferentes indicam diferença significativa entre os tratamentos no mesmo dia, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$)).

A análise de variância (ANOVA) para o teor de clorofila indicou diferença estatisticamente significativa entre os substratos utilizados ($p < 0,001$). Por outro lado, não foram observadas diferenças significativas entre as soluções nutritivas testadas ($p = 0,883$), nem na interação substrato $\times$ solução ($p = 0,883$).

O teste de comparações múltiplas de *Tukey* demonstrou que a espuma fenólica proporcionou teor de clorofila significativamente superior ao papel *Germitest*, com diferença média de 25,2 $\mu\text{g/g}$, reforçando a superioridade desse substrato para a produção de microverdes.

Os testes de pressupostos revelaram violação da homogeneidade das variâncias (teste de Levene, $p < 0,001$) e não normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk, $p < 0,001$). Apesar disso, a ANOVA foi mantida para fins de comparação, com interpretação cuidadosa dos resultados.

Figura 1 – Conteúdo de clorofila (SPAD) em microverdes de rabanete cultivados em dois substratos e três soluções nutritivas



Fonte: Software jamovi

Esse desempenho pode estar associado à porosidade da espuma fenólica e à sua capacidade de retenção das soluções, o que proporcionou melhor fixação das plântulas, maior desenvolvimento radicular e expansão foliar. Como observado por Kyriacou *et al.* (2020), substratos porosos e com boa estrutura de macroporosidade (como turfa e fibras naturais) tendem a favorecer maiores teores de clorofila e melhor crescimento em microverdes, em comparação a substratos sintéticos, corroborando os achados do presente experimento.

Na análise do peso fresco (Tabela 4), o tratamento 1 (espuma fenólica + solução nutritiva) apresentou a maior média (7,18 g), diferindo estatisticamente dos demais. Os tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6 apresentaram médias progressivamente menores, sendo o tratamento 6 o de menor valor (0,093 g). Segundo o teste de *Tukey* ($\alpha = 0,05$), apenas o tratamento 1 foi estatisticamente superior. A análise de variância revelou diferença significativa entre os

tratamentos ($p < 0,01$), com coeficiente de variação de 41,09% e média geral de 1,625 g.

Para o peso seco, também foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,01$), com coeficiente de variação de 57,90% e média geral de 0,189 g. O tratamento 1 obteve o maior valor (0,69 g), *enquanto* os tratamentos 4, 5 e 6 apresentaram os menores valores (0,013 g a 0,040 g). O teste de Tukey indicou que o tratamento 1 se destacou estatisticamente dos demais, evidenciando maior acúmulo de biomassa seca.

Esse desempenho pode estar relacionado à maior eficiência do cultivo em espuma fenólica associada à solução nutritiva, que atendeu de forma mais equilibrada às exigências fisiológicas das plantas. Assim, os microverdes apresentaram caules mais espessos e longos, além de folhas mais numerosas, o que contribuiu para o maior peso fresco e seco.

Os resultados obtidos neste estudo estão em consonância com a literatura. Tilahun *et al.* (2023) reportaram rendimentos de até 2 kg de biomassa fresca por bandeja e matéria seca entre 4,75% e 7,65% após 10 dias de cultivo de microverdes de rabanete. De forma semelhante, Guńka *et al.* (2020) observaram que densidades mais altas de semeadura aumentaram significativamente a massa fresca e seca, especialmente em substratos com alta capacidade de retenção hídrica, como o Promix.

Tabela 4- Peso das plântulas fresco e seco de rabanete

Substratos	Soluções	Peso fresco	Peso seco
Espuma fenólica	Solução nutritiva	7.180 a	0.690 a
Espuma fenólica	Água De Piscicultura	1.723 b	0,290 b
Espuma fenólica	Água potável	0.473 b	0.067 b
Papel germitest	Solução nutritiva	0.107 b	0.013 b
Papel germitest	Água De Piscicultura	0.173 b	0.040 b
Papel germitest	Água potável	0.093 b	0.037 b

Fonte: Autoria do própria, 2025.

De forma geral, os resultados obtidos evidenciam que o desenvolvimento dos microverdes de rabanete foi fortemente influenciado tanto pelas características físicas do substrato quanto pela qualidade da solução utilizada. O tratamento com espuma fenólica associado à solução nutritiva comercial apresentou desempenho superior em todas as variáveis analisadas, destacando-se como a alternativa mais eficiente e recomendada para a produção de microverdes em ambiente controlado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da crescente demanda por alimentos e da escassez de recursos como terra e água, torna-se essencial buscar alternativas de cultivo mais sustentáveis. Os microverdes destacam-se nesse contexto, por serem alimentos nutritivos, de ciclo rápido e passíveis de produção em pequenos espaços urbanos, com uso racional de insumos. Este estudo avaliou o desenvolvimento de microverdes de rabanete (*Raphanus sativus*) cultivados sob iluminação artificial em diferentes substratos e soluções nutritivas, com o objetivo de identificar as combinações mais eficientes para o crescimento e a qualidade das plantas.

Os resultados evidenciaram que o substrato exerce influência significativa sobre variáveis como altura, número de folhas e biomassa. A espuma fenólica apresentou os melhores resultados em altura e massa fresca, enquanto o papel *Germitest* demonstrou desempenho inferior, especialmente em relação ao número de folhas. Quanto às soluções nutritivas, aquelas formuladas com maior equilíbrio de nutrientes favoreceram o desenvolvimento das plântulas, particularmente nos primeiros dias de cultivo.

Dentre as soluções testadas, a água de piscicultura também se mostrou promissora, sobretudo quando combinada com espuma fenólica, indicando seu potencial como alternativa sustentável e de baixo custo em sistemas de produção integrados. A interação entre substrato e solução nutritiva revelou-se relevante, evidenciando que a escolha combinada desses fatores pode otimizar a produção de microverdes. Esses achados reforçam a importância de definir adequadamente os insumos utilizados, mesmo em sistemas simplificados de cultivo.

Observa-se, ainda, a escassez de estudos envolvendo o papel *Germitest* como substrato, com poucas referências disponíveis. Além disso, considerando o pequeno porte das folhas de microverdes, destaca-se a necessidade de instrumentos adequados, como clorofilômetros específicos, para mensurar a clorofila desde a fase inicial, e não apenas próximo à colheita. Também foi registrada a presença de pequenos insetos, mesmo em ambiente laboratorial, os quais podem ter interferido em parâmetros como o número de folhas.

Conclui-se que a combinação de espuma fenólica com solução nutritiva comercial foi a mais eficiente para o desenvolvimento dos microverdes de rabanete nas condições avaliadas. O cultivo de microverdes representa uma alternativa viável para a produção de alimentos frescos em ambientes urbanos, contribuindo para a segurança alimentar e a diversificação da dieta. Estudos futuros podem explorar o desempenho de outras espécies, diferentes formulações nutricionais, condições ambientais variadas (como fotoperíodos distintos), a viabilidade econômica do sistema em maior escala e métodos de irrigação mais adequados para microverdes.

REFERÊNCIAS

- AMITRANO, C.; DE VITA, P.; CIRILLO, C.; ESPOSITO, R.; STARACE, G.; CARILLO, P. **Microgreens production with low potassium content for patients with impaired kidney function**. *Plants*, Basel, v. 12, n. 3, p. 499, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/12/3/499>. Acesso em: 17 jul. 2025.
- ARAÚJO, F. D. **Produtividade de rabanete cultivado com diferentes fontes e percentuais de matéria orgânica**. 2023. Sistemoteca – Sistema de Biblioteca da UFCG. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/29017>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- BONASSA, J. **Microverdes: negócio promissor para os agricultores**. Revista Cultivar, mar. 2024. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/microverdes-negocio-promissor-para-os-agricultores>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- BONATO, A. *et al.* **Substratos e qualidade de luz na produção de microverdes**. Research, Society and Development, v. 11, n. 13, p. e239111335448-e239111335448, 2022.
- BULGARI, R.; NEGRI, M.; SANTORO, P.; FERRANTE, A. **Avaliação da qualidade de microverdes cultivados em ambientes internos em três diferentes substratos**. *Horticulturae*, Basel, v. 7, n. 5, p. 96, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/7/5/96>. Acesso em: 29 maio 2025.
- BRITO, L. M.; MOURÃO, I. **Características dos substratos para Horticultura: propriedades e características dos substratos (Parte I/II)**. Agronegócios.eu, 15 jan. 2015. Disponível em: <https://www.agronegocios.eu/noticias/caracteristicas-dos-substratos-para-horticultura-propriedades-e-caracteristicas-dos-substratos-parte-i-ii/>. Acesso em 12 ago. 2025.
- CHOE, U., Yu, L. L., & WANG, T. T. (2020). **The science behind microgreens as an exciting new food for the 21st century**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(33), 8835-8847.
- DODE, L. B.; *et al.* **Microverdes: cultivo doméstico na promoção da saúde e bem-estar**. Expressa Extensão. ISSN 2358-8195 , v. 26, n. 1, p. 172-181, 2021. Disponível em: <file:///C:/Users/USER/Downloads/19664-Texto%20do%20artigo-70071-2-10-20210113.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2025.
- EMBRAPA. **Artigo - Microverdes: Cultivo fácil e oportunidade de melhoria nutricional na dieta dos consumidores**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/79478103/artigo---microverdes-cultivo-facil-e-oportunidade-de-melhoria-nutricional-na-dieta-dos-consumidores>. Acesso em: 21 de jul. de 2025.
- EMBRAPA. **Rabanete, enriqueça sua salada**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalica-nao-e-so-salada/rabanete>. Acesso: ago. de 2025.
- FREITAS, I. S. de. **Suplementação luminosa com lâmpadas LED no cultivo de microverdes em ambiente protegido**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- FREITAS, R. S. *et al.* **Produção de mudas de alface em substratos alternativos**. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 26, n. 4, p. 80-86, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/N9KDsQZ9XXYWKd3hKzCN6gM/>. Acesso em: 12 ago. 2025.

GUÑKA, A. I.; PIECH, R.; ZAWADZKA, K. **The phytonutrient content and yield of Brassica microgreens grown in soilless media with different seed densities.** *Plants*, Basel, v. 9, n. 11, p. 1218, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/11/1218>. Acesso em: 17 jul. 2025.

HIDROGOOD. **Como preparar a solução nutritiva para hidroponia.** 2022. Disponível em: <https://hidrogood.com.br/artigos/hidroponia/como-preparar-a-solucao-nutritiva/#:~:text=A%20solu%C3%A7%C3%A3o%20nutritiva%20%C3%A9%20um,equilibrada%20de%20fertilizantes%20com%20%C3%A1gua>. Acesso em: 21 de jul. de 2025.

KYRIACOU, M. C. *et al.* **Phenolic constitution, phytochemical and macronutrient content in three species of microgreens as modulated by natural fiber and synthetic substrates.** *Antioxidants*, Basel, v. 9, n. 3, art. 252, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox9030252>. Acesso em: 17 jul. 2025.

KYRIACOU, M. C., *et al.* **Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens.** 2016. *Trends in Food Science & Technology*, 57, 103-115.

LOBIUC, A. *et al.* **Microverdes: Práticas de cultivo, potencial bioativo, benefícios à saúde e oportunidades de uso como alimento com valor agregado.** *Journal of Functional Foods*, [s. l.], 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212429224015633>. Acesso em: 29 maio 2025.

MADEIRA, Nuno R.; REIFSCHNEIDER, Francisco JB; GIORDANO, Leonardo de B. **Contribuição portuguesa à produção e ao consumo de hortaliças no Brasil: uma revisão histórica.** *Horticultura Brasileira*, v. 26, p. 428-432, 2008.

MACHADO, L. C.; LUZ, P. C. V.; FIEL, D. L. P. **Estufa para produção de hortaliças com suplementação luminosa, irrigação automatizada e coleta de dados.** SEPOC 2023 – Manancial: Repositório Digital da UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/30588?locale-attribute=pt_BR. Acesso em: 17 abr. 2025.

NASCIMENTO, W. M. *et al.* **Microverdes: cultivo fácil e oportunidade de melhoria nutricional na dieta dos consumidores.** Embrapa Hortaliças News, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/79478103/artigo---microverdes-cultivo-facil-e-oportunidade-de-melhoria-nutricional-na-dieta-dos-consumidores>. Acesso em: 17 abr. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE, OPAS. **Alimentação saudável.** 2019. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/topicos/alimentacao-saudavel>. Acesso em: 21 de jul. de 2025.

SENAR. **Olericultura: Brasil produz 5 milhões de toneladas de hortaliças.** 2023. Disponível em: <https://www.senar-es.org.br/comunicacao/noticias/olericultura-brasil-produz-5-milhoes-de-toneladas-de-hortali-14003>. Acesso: jul. de 2025.

SILVA, L. de M. **Manejo da iluminação em cultivo indoor de alface (*Lactuca sativa* L.).** 2021. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical E Subtropical). Instituto Agronômico, Campinas, São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.iac.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/repositorio/storage/teses_dissertacoes

[/pb114919.pdf](#). Acesso em: 21 de jul. de 2025.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TILAHUN, S.; LEE, D. C.; RAVN, J. L.; KIM, H. Y. **Radish microgreens produced without substrate in a vertical multi-layered growing unit are rich in nutritional metabolites**. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 14, art. 1236055, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2023.1236055/full>. Acesso em: 17 jul. 2025.

WIETH, A. R. **Produção de microgreens em substratos comerciais e concentrações de solução nutritiva**. Mar. 2019. UFRGS – Lume: Repositório Digital. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/273111?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 17 abr. 2025.

WIETH, A. R.; PINHEIRO, W. D.; DUARTE, T. da S. **Microverdes de repolho roxo cultivados em diferentes substratos e concentrações de solução nutritiva**. Revista Caatinga, Mossoró, v. 32, n. 4, p. 976-985, dez. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/BnDWNWtzcqsRYgYPVSrQQqM/?lang=en>. Acesso em: 16 abr. 2025.

XIAO, Z., LESTER, G. E., PARK, E., SAFTNER, R. A., LUO, Y., & WANG, Q. **Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens**. *Postharvest Biology and Technology*. 110, p. 140-148. 2015.

XIAO, Z., LESTER, G. E., LUO, Y., & Wang, Q. (2012). **Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens**. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(31), 7644-7651.

ZAMPIERI, M. E. **Consumo de “microgreens” cresce e estimula produção em áreas urbanas**. 2023. Globo Rural. Disponível em: <https://globorural.globo.com/agricultura/noticia/2023/07/consumo-de-microgreens-cresce-e-estimula-producao-em-areas-urbanas.ghtml>. Acesso em: 21 de jul. de 2025.

ZHAO, M.; ZHANG, L.; WANG, J.; ZHOU, L.; CHEN, J. **Growth and quality of radish microgreens affected by light quality and nitrate content**. *Horticulturae*, Basel, v. 8, n. 9, p. 804, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/9/804>. Acesso em: 17 jul. 2025.