



**MARÍLIA BOTELHO BARBOSA LIMA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES *Solanum  
lycopersicum VAR. cerasiforme* SOB INFLUÊNCIA DE  
COMPRIMENTOS DE LUZ**

**LAVRAS – MG**

**2023**

**MARÍLIA BOTELHO BARBOSA LIMA**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Solanum lycopersicum*  
VAR. *cerasiforme* SOB INFLUÊNCIA DE COMPRIMENTOS DE LUZ.**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dra. Heloísa Oliveira dos Santos  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2023**

“A minha única preocupação é ter mil interesses.”

Virginia Woolf

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por guiar meus passos e sempre me dar forças para continuar.

À minha família que incessantemente me apoiou. Ao meu irmão Marco Túlio que sempre me levou a buscar conhecimento, a minha irmã Marina por ter estado junto a mim nessa caminhada, a minha mãe Meire que nunca mediu esforços para conseguirmos um futuro brilhante e aos meus avós Célia e Geraldo, que do céu sempre olham por mim. Amo todos vocês!

À Universidade Federal de Lavras, professores, técnicos administrativos e funcionários terceirizados, por toda a dedicação para que nossa passagem pela universidade fosse proveitosa e que muitos frutos dela sejam colhidos.

À minha orientadora, Prof. Heloisa Oliveira dos Santos, por todo o acolhimento, conhecimento compartilhado e pelos ensinamentos acadêmicos e de vida.

Ao Setor de Sementes da UFLA, pelos anos de companheirismo e aprendizado. Um agradecimento especial ao Wilson, por sempre estar tirando minhas dúvidas e disposto a me auxiliar.

Agradeço aos órgãos de fomento CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo auxílio financeiro e à banca pelas contribuições.

A todos, meu eterno agradecimento!

## RESUMO

A produção, no Brasil, de hortaliças é um mercado em constante desenvolvimento, com destaque para o tomate cereja: uma cultura que emprega alta tecnologia e a terceira espécie de tomate de maior consumo. Práticas inovadoras de cultivo, como as fazendas verticais conseguem elevar a qualidade das sementes e dos frutos, sendo ainda alternativas mais sustentáveis e sem uso de pesticidas. A iluminação artificial LED é considerada uma das melhores fontes luminosas para cultivo fechado de plantas pois combina os comprimentos de onda ideais para o desenvolvimento, além de produzirem menos calor e poluição. O presente estudo tem como objetivo avaliar a germinação e o crescimento de plântulas de sementes *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* sob a incidência contínua de lâmpadas LED em quatro esquema de cores: luz branca, luz vermelha, luz azul e luzes vermelha e azul combinadas. O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) da Universidade Federal de Lavras, utilizou-se sementes de tomate da variedade *cerasiforme*. produtos da safra 2021/2021. Os procedimentos foram realizados com base na RAS, e após, avaliados a porcentagem de germinação com 5 e 14 dias e características das plântulas por meio do sistema de captura de imagem GroundEye®, como comprimento da raiz, comprimento da parte aérea, comprimento total e número de ramificações. Foi testada a normalidade dos resultados pelo Teste de Shapiro Wilk e os dados submetidos à análise de variância, com os valores médios comparados pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos corroboram a literatura e confirmam a relevância da combinação de luzes vermelha e azul com relação ao vigor das sementes, maior porcentagem de germinação, maior parte aérea e maior comprimento de raiz. Para produções em espaços controlados, pode aumentar a produtividade.

**Palavras-chave:** Tomate cereja. Luz LED. Fazenda Vertical.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura de tomate cereja.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Fazendas verticais.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3</b>	<b>A aplicação de Luz de LED coloridas na agricultura.....</b>	<b>12</b>
<b>2.4</b>	<b>A influência da luz na germinação e crescimento de plântula .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>26</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>27</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das hortaliças mais produzidas no mundo e, devido à sua adaptação às condições climáticas do Brasil, pode ser cultivado em praticamente todos os estados (FILGUEIRA, 2013). Segundo dados recentes, o tomate para consumo in natura é a segunda principal hortaliça produzida no mundo (FAO, 2021). Em praticamente todas as regiões do Brasil, este fruto é cultivado sob diferentes sistemas de manejo e em diferentes épocas do ano, e sua produção em 2022 atingiu 3,8 milhões de toneladas (IBGE, 2022).

Em consequência do grande volume de tomate produzido, as sementes apresentam alto valor comercial (PANOBIANCO et al., 2001). Como a forma predominante de propagação do tomate cereja é a reprodução sexuada, utilizando-se, inclusive, sementes híbridas de alta qualidade, tais processos determinam a elevação dos custos de implementação da cultura (NADAI et al., 2015).

A formação da muda é uma das fases mais relevantes para a condução do plantio, mudas com má-formação e com baixo vigor comprometem todo o desenvolvimento da cultura, aumentando assim seu ciclo de crescimento e, em casos finais, acarretando perda na produção. Como fator de extrema relevância no processo de germinação e desenvolvimento da planta, a luz influencia em todas essas etapas e pode, em um ambiente controlado, melhorar as características fisiológicas e a qualidade dos frutos (NASCIMENTO, 2016).

Uma das grandes contribuições tecnológicas no crescimento de plantas é a utilização de luzes artificiais do tipo LED (*Light Emitting Diode*) (BIRKBY, 2016). A utilização de luzes LED coloridas são alvo de estudos principalmente na fisiologia das plantas, carecendo ainda de pesquisas sobre a influência das luzes LED coloridas na germinação de sementes e emergência de plântulas.

Os primeiros experimentos com luz vermelha foram testados para o crescimento de alface, batata, espinafre e trigo (BULA et al., 1991). Atualmente, o uso das luzes LED tem se diversificado em vários cenários. Como o controle do florescimento de crisântemos em câmaras, usando-se LEDs, que possibilitou a redução de produtos químicos utilizados para retardar o crescimento da flor (CRAIG; RUNKLE, 2013). Nos Estados Unidos também há um expressivo crescimento do uso de contêineres como fazendas verticais produtivas, orgânicas e livres de pesticidas (BIRKBY, 2016).

O uso de luzes LED tem se mostrado eficiente para ambientes controlados, incluindo-se os projetos mais recentes de Fazendas Verticais, estruturas de cultivo verticais localizadas em centros urbanos com alto grau de desenvolvimento tecnológico, possibilitando o encurtamento do ciclo produtivo das culturas agrícolas e a redução da emissão de dióxido de carbono

através do achatamento das cadeias produtivas. Em Vancouver, Canadá, esta atividade agroindustrial vem otimizando recursos naturais e aumentando a oferta de alimentos, estabelecendo um contínuo abastecimento da produção anual de frutas, legumes e verduras, bem como, perdas zero em suas colheitas, uma vez que, uma produção rigidamente controlada, tornou-se protegida das bruscas mudanças climáticas e das demais intempéries (BIRKBY, 2016).

Muito provavelmente, a relevância das luzes de LED na agricultura só tende a aumentar e popularizar a técnica. Em poucos anos, o LED atuará em muitos nichos da cadeia produtiva de hortaliças no mundo, uma tecnologia com elevadas chances de expansão rápida (MASSA et al., 2008). Não como modelos a substituírem os tradicionais modelos de produção agrícola extensiva e convencional, mas sim, compreendidos como complementares, em relação à questão da segurança alimentar e oferta constante de alimentos (DE LUCENA, 2014). Dessa forma, o presente estudo visa contribuir nesse contexto, aliando tecnologia luminosa à qualidade de sementes de tomate cereja.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura de tomate cereja

O tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) é uma variedade de tomate de grande popularidade em todo o mundo. Embora seja oriundo da zona andina da América do Sul, compreendendo Peru, Norte do Chile e América Central, somente foi introduzido na Europa por volta de 1544 e, a partir das grandes navegações e expansão das rotas comerciais, chegou aos demais continentes, sendo patenteado e tornou-se commodity em Israel, na década de 1980. (WEXLER, 2016)

Países da Ásia, como China, Índia e Turquia estão entre os maiores produtores de tomates do mundo e o Brasil também está expandindo sua produção e subindo no ranking, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais (IBGE, 2022). O que torna a cultura de tomate cereja interessante aos produtores é o maior valor comercial do fruto, o que contribui para a expansão da cultura, apesar da produtividade ser menor que a do tomate comum: enquanto o fruto comum produz de 120 a 180 t/ha quando cultivado em campo aberto, a variedade cereja produz entre 40 e 60 t/ha. Como fator compensador, o valor de mercado do tomate cereja pode chegar a ser 14 vezes mais caro do que o preço comercial final do tomate comum, o que o torna uma cultura de enorme interesse para o produtor (SILVA, 2003).

Outro fator que beneficia a produção, é o ciclo do tomate cereja. Este é relativamente curto, sendo de 90 dias em média, enquanto o ciclo do tomate comum varia de 95 a 125 dias. Mais uma vantagem que impulsiona a produção nos últimos anos deste fruto de sabor adocicado e tamanho reduzido é ser um ingrediente versátil, bem aceito na gastronomia e nutritivo (LENNUCCI et al., 2006). A variedade cereja apresenta importantes propriedades fitoquímicas, sendo a atividade antioxidante uma das mais destacadas (GUILHERME et al., 2008), assim como a grande quantidade de nutrientes e os elevados teores de sólidos solúveis (MEDEIROS et al., 2011).

A classificação manual dos frutos é visada para a manutenção da melhor qualidade, sendo possível obter maior uniformidade entre os frutos em relação ao tamanho destes. O fruto ainda é selecionado em relação às suas imperfeições físicas (SILVA, 2003). Dessa forma, essas imperfeições causam perdas na comercialização dos frutos, podendo ser causadas por insetos, fungos, dano mecânico ou da própria fisiologia (CHITARRA; CHITARRA, 1990; CASTRO; CORTEZ; JORGE, 2001). Assim, dá-se a importância da seleção, condicionamento e tratamentos adequados das sementes e mudas antes do plantio, garantindo a qualidade dos frutos.

Segundo estudos, a semente, enquanto insumo agrícola, irá contribuir para que se leve ao

campo as características genéticas referentes ao desempenho das cultivares (MARCOS FILHO, 2013). Assim, dada a expansão da demanda e necessidade de melhor desempenho produtivo faz-se imprescindível o investimento em tecnologias direcionadas ao sistema de cultivo. Para garantir o bom desempenho produtivo deve-se atentar ao uso de sementes de qualidade, à emergência uniforme de plântulas e às plantas vigorosas (NUNES et al., 2015; MENDONÇA et al., 2008).

## 2.2 A influência da luz na germinação e no crescimento de plântula

A luz, a água e a temperatura são os três fatores ambientais fundamentais para o controle da germinação (MENDES et al., 2015). A luz solar necessária para a germinação de sementes, as classifica como fotoblásticas positivas. Algumas espécies são fotoblásticas negativas, ou seja, germinam melhor quando há limitação de luz, existindo ainda as neutras, as sementes que não se sensibilizam com a presença ou ausência de luz. A maioria das cultivares germinam tanto na presença como na ausência de luz, ainda que sementes não fotoblásticas possam demandar a presença de luz para germinarem quando mantidas sob condições desfavoráveis. Tal classificação das sementes com referência à sensibilidade luminosa é fundamental ao se conduzir os testes de germinação, assim como demonstrado na Tabela 1 (VILLIERS, 1972; MAYER et al., 1989).

Tabela 1. Poder germinativo sob diferentes condições de iluminação para sementes de alface *Lactuca sativa*.

Condições de iluminação	Poder germinativo (%)
Escuro	20
Luz branca	92
Luz vermelha (660 nm)	98
Luz vermelho-longo (730 nm)	1
Vermelho, vermelho-longo	2
Vermelho, vermelho-longo, vermelho	98
Vermelho, vermelho-longo, vermelho, vermelho-longo	1

Um dos estádios mais importantes do biociclo vegetal é a germinação da semente, com uma série de atividades físicas e metabólicas complexas. Assim sendo, baixas taxas de emergência e germinação podem ter como consequências o baixo vigor e dormência das sementes, causando prejuízos e dificultando o manejo (MENEZES et al., 2004). As variáveis que influenciam no desenvolvimento das sementes são comprimento de onda, sua intensidade e fotoperíodo (COPELAND, 2001). As sementes fotoblásticas negativas germinam na ausência de luz ou com a luz vermelha intensa; as positivas necessitam de luz branca ou vermelha para germinar e as neutras tem a capacidade de germinar sob qualquer condição luminosa do espectro de luz visível (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Ainda que as sementes tenham diferentes preferências por ambientes sem ou com luz, todas as plantas necessitam de luz para a fotossíntese. Os comprimentos de onda na região visível, faixa de luz que corresponde do azul ao vermelho, são responsáveis pela geração de energia para o processo (TAIZ e ZEIGER, 2013).

A energia luminosa pode ser fornecida pelo sol ou com o emprego de lâmpadas. Esta escolha é frequentemente objeto de debate, visto que a exploração do Sol como fonte de luz é vantajosa por ser gratuita e abundante. No entanto, também apresenta certas desvantagens como os ciclos de dia e noite, as alterações nas condições climáticas e estações do ano. Estas flutuações nos níveis de irradiância podem ser evitadas através da aplicação de iluminação artificial (CAMPANARIO, 2014).

Apesar de estarem presentes naturalmente na luz solar, a utilização de luzes monocromáticas vermelha ou azul não são indicadas para o crescimento normal de plantas, visto que plantas expostas à luz monocromática vermelha apresentam anormalidades na morfologia e redução da taxa fotossintética líquida (HOGEWONING et al., 2010). A longa exposição à luz azul isolada também apresentou resultados inferiores de taxa fotossintética em diversas espécies (KIM et al., 2004; WADA; KAGAWA; SATO, 2003).

Como vantagens que devem ser combinadas, a luz azul apresenta relevância no controle do crescimento do hipocótilo de plantas, atuando como inibidora do alongamento em sementes de tomate (NANYA et al., 2012), na estimulação da síntese de carotenóides e na abertura estomática. Sobre a luz vermelha, vários estudos indicam que, quando utilizada nos primeiros dias de semeadura, promove a protrusão radicular em período inferior às sementes submetidas à luz branca. Há estudos que relatam o alongamento da planta e redução da biomassa com a utilização da luz vermelha (HOENECKE; BULA; TIBBITTS, 1992).

A luz verde também foi utilizada em alternância com as luzes vermelhas e azuis, e estudos verificaram o acréscimo no crescimento de plantas de alface em comparação com o

controle na luz branca, revelando melhora na aparência da cor das folhas, estando o tom de verde mais vivo (KIM et al., 2004).

### **2.3 A aplicação da luz de LED colorida na agricultura**

A partir da década de 20, o uso de luzes artificiais na agricultura foi se tornando mais comum. As fontes de radiação mais comuns eram as lâmpadas fluorescentes, iodetos metálicos, vapor de sódio e incandescentes. No entanto, como essas fontes foram desenvolvidas para iluminação em ambientes humanos, não sendo ideais para a agricultura, haviam diversas restrições, principalmente na escala de espectros emitidos, pois a entrega de fótons adequados é importante para a realização da fotossíntese (HOENECKE; BULA; TIBBITTS, 1992).

O primeiro esquema de iluminação artificial com LEDs para o crescimento de plantas foi projetado para ônibus e estações espaciais, dada a percepção de que os seres humanos não podem ir à Lua - ou além - sem dominar a produção controlada ainda na Terra. À medida que o desempenho do LED avança, os sistemas de iluminação progridem de conjuntos de LED apenas vermelhos, utilizando os componentes limitados disponíveis, para LED multicoloridos de alta densidade. A luz LED é considerada a melhor em relação a qualidade de luz para a produção de plantas, pois combina os comprimentos de onda ideais para o desenvolvimento. Dentre as vantagens do uso da luz LED, destaca-se a não emissão de calor pelo feixe luminoso, o controle eficiente do espectro emitido, permitindo variadas combinações de espectros, o menor consumo de energia elétrica, o uso de baixa voltagem, a instalação perto das plantas, a vida-útil longa e a alta taxa de conversão de energia em luz (BOURGET, 2008).

Um dos primeiros estudos a realizarem experimentos com de lâmpadas LEDs coloridas para avaliar o crescimento de plantas verificou que o crescimento de alface sob esquema de luz vermelha suplementada com luz azul se equivalia ao encontrado sob lâmpada fluorescente branca combinada a lâmpadas incandescentes. Testes subsequentes concluíram que, nas mudas de alface, hipocótilos e cotilédones sob luz vermelha tornaram-se alongados, e que esse efeito pode ser evitado pela adição de luz azul (HOENECKE; BULA; TIBBITTS, 1992).

Há vários relatos na literatura indicando que tipos específicos de luz são eficazes na promoção do crescimento das plantas ou em afetar a morfologia das plantas. O vermelho e o azul são reconhecidos como as regiões de luz mais importantes e necessárias para o desenvolvimento e crescimento das plantas (CHEN, 2017), no entanto, outros comprimentos de onda (como os correspondentes às cores amarela ou verde) também podem afetar a qualidade das culturas (OLLE, 2013). A luz vermelha promove o acúmulo de biomassa, o

crescimento e a fotossíntese na alface (GOINS, 2001). A baixa relação vermelho, vermelho-longo influencia o crescimento, a estrutura da planta e a exsudação radicular (LEE et al, 2016). Foi relatado que a luz vermelha longa é eficaz na promoção do acúmulo de biomassa e do comprimento das folhas quando combinada com LED vermelho ou com luz fluorescente branca fria (LI; STUTTE, 2009). A luz LED azul é eficaz na estimulação da fotomorfogênese e de fenômenos adaptativos, como o mecanismo de regulação de abertura/fechamento dos estômatos, bem como o acúmulo de biomassa e a biossíntese de clorofila e antocianina (CHEN, 2017). A luz LED verde, por sua vez, atua na expansão das folhas e no alongamento do caule. Além disso, foi demonstrado que a luz LED verde leva a um maior acúmulo de massa seca e estimula o crescimento (KIM, 2005). Ainda há estudos que citam o uso de espectros de LED controlados como estimulantes da maturação precoce, do florescimento uniforme e da produção de maiores teores de minerais e vitaminas em plantas ornamentais e hortícolas sazonais (MASSA et al., 2008).

Visto as vantagens da combinação de espectros de luz, o potencial de lâmpadas LED para utilização em cultivos de plantas continuou então a ser estudado, experimentando-se combinação de luzes coloridas. Estudos iniciais verificaram a necessidade de complementar a luz vermelha de LED com a luz de LED azul no crescimento de sementes de alface para que se obtenha um crescimento aceitável das plantas (HOENECKE; BULA; TIBBITTS, 1992).

O interesse no uso de luzes LED combinado ao interesse por sistemas de cultivo interno controlado se deve à preocupação com o impacto ambiental, disponibilidade energética e a qualidade dos frutos e hortaliças (BRIAN; WHELEER, 2017). Comumente, pensa-se que sistemas de cultivos fechados não podem competir economicamente com o cultivo tradicional em estufas. No entanto, o cultivo doméstico atende às expectativas dos consumidores que buscam produtos de alta qualidade, auto suficiência alimentar ou simplesmente hobby. A sustentabilidade do sistema produtivo depende do uso eficiente dos recursos naturais, como energia, água e fertilizantes. Em sistemas de cultivo fechados, a eficiência no uso de recursos deve ser maior do que em estufas ou sistemas agrícolas convencionais, principalmente porque um uso mais racional de água, área cultivada e fertilizantes é obtido à custa do consumo adicional de energia (KIKUCHI, 2018).

Além disso, estão a ser feitos esforços científicos para desenvolver novas estratégias para o cultivo de plantas superiores em condições extremas (como na Lua ou em Marte) em sistemas de cultivo fechados, em grande parte baseados na utilização de hidroponia e iluminação LED (YEH, 2009). Por estas razões, a criação e otimização de protocolos específicos para plantas cultivadas com luzes LED é um passo crucial para melhorar a sustentabilidade dos sistemas de cultivo controlados.

## 2.4 Fazendas verticais como alternativa na produção agrícola

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2012), até 2050 a população humana global alcançará o número de 9,5 bilhões. Para alimentar toda população, seria necessária uma área de terra arável equivalente à extensão territorial de toda a América do Sul para produzir 70% mais alimentos do que a atual produção (FAO, 2021). O crescimento populacional geométrico impacta a qualidade ambiental dos espaços habitados, bem como o espaço demandado para o cultivo de alimentos. O constante distanciamento das cidades da área rural, atua como fator determinante no tempo e na energia para manter a logística de abastecimento das grandes cidades, fatores que impactam tanto a qualidade quanto o preço e, assim, o acesso igualitário dos produtos (CAMPANARIO, 2014).

Como medidas de enfrentamento dessa questão e garantia da segurança alimentar, novas alternativas têm associado agricultura, engenharia e tecnologia com o objetivo de criar novas tipologias de agricultura. Além da agricultura convencional em campo aberto, novos métodos agrícolas controlados vêm sendo desenvolvidos nas últimas décadas, indo de encontro à pressão mediante as limitações impostas pelos impactos ambientais e da crescente valorização do desenvolvimento sustentável (STEIN, 2021). A agricultura vertical se popularizou nos últimos anos como uma atuação sustentável para a agricultura (JURGA et al., 2020), permitindo a produção de frutas e vegetais frescos, com uso quase exclusivo de fontes de luz artificial (JIN et al., 2022). Este método de cultivo em ambiente controlado, no qual as plantas são protegidas das condições climáticas adversas por meio de estruturas específicas projetadas a oferecer todas as condições essenciais para o seu desenvolvimento. Essa prática geralmente é adotada em áreas urbanas, visando reduzir a distância entre os centros de consumo e a produção de alimentos. (LUBNA et al., 2022).

Como expansão dos modelos mais domésticos de plantação vertical, fazendas verticais se caracterizam como estruturas produtivas verticais localizadas nos grandes centros urbanos com alto grau de desenvolvimento tecnológico, tanto na gestão administrativa quanto na evolução genética dos alimentos. O conceito foi apresentado à sociedade pelo o professor e microbiologista Dickson Despommier, da Universidade de Columbia na cidade de Nova Iorque e por Hubert de Bom, agrônomo e cientista no CIRAD (Centro de Cooperação Internacional em Pesquisas Agrônômicas para o Desenvolvimento). Entre os principais benefícios, pode-se ressaltar a produção agrícola contínua, a eliminação do uso de herbicidas e pesticidas, proteção de variações climáticas, melhor aproveitamento e reciclagem da água, redução da queima de combustíveis fósseis e emissão de CO<sup>2</sup> e a possibilidade de interação entre pessoas (DESPOMMIER, 2011).

Tal sistema também pode emergir como uma eficiente ferramenta ao poder público e privado em relação à questão da segurança alimentar. Embora a jardinagem vertical residencial (incluindo fazendas de janela) exista há décadas, fazendas verticais em escala comercial têm sido consideradas nos Estados Unidos nos últimos anos. No início de 2015, os Estados Unidos tinham poucas fazendas verticais em operação, mas com o interesse nas novas tecnologias agrícolas crescendo rapidamente, empreendedores estão considerando adotar este sistema agrícola inovador (BIRKBY, 2016). Entretanto, algumas barreiras ainda limitam novos empreendimentos, como os custos de implantação e de energia elétrica, a limitação de espécies para cultivo, e reprodução de sementes e mudas, assim como a polinização (DESPOMMIER, 2011).

Lâmpadas de luz LED altamente eficientes são usadas na maioria das fazendas verticais, inclusive lâmpadas especiais que utilizam apenas a luz vermelha e azul, os espectros mais benéficos para otimizar o crescimento das plantas. A limitação a apenas determinados espectros de luz ajuda a reduzir os custos de energia em até 15%. Mas mesmo com estas reduções nos custos de iluminação, o consumo elétrico total de uma fazenda vertical pode ser substancial. Pesquisa contínua e desenvolvimento de ainda mais LEDs eficientes ajudarão a reduzir os custos, assim como a popularização de outras tecnologias relacionadas (BIRKBY, 2016).

Com base em estudo desenvolvido na Dinamarca, país extremamente avançado na produção e uso de energias renováveis, não foi considerado viável o sistema de Fazendas Verticais para culturas produzidas em largas áreas abertas como o trigo (*Triticum spp.*) e cevada (*Hordeum vulgare*). Embora, considerando-se culturas como o manjeriço, hortelã (*Mentha spicata*), tomate cereja e alface, estas apresentam boas expectativas de produção em Fazendas Verticais em grandes centros urbanos de consumo, reduzindo o uso de transportes, otimizando logística e recursos (AVGOUSTAKI et al., 2021).

Apesar de principiante, o cultivo de tomate cereja em fazendas verticais ainda pode ser considerado promissor, visto sua fácil adaptação e necessidade de qualidade de produção. Países como Canadá e Índia já apresentam estudos fisiológicos para melhorar a produtividade de tomates cereja em sistemas verticais, como Reja (2019).

O Brasil, apesar de grande potencial, ainda carece de estudos de viabilidade e implantação das fazendas verticais. A análise multicriterial por meio do NCIC, concluiu que, além de exibir uma considerável adaptação estética aos centros urbanos, as fazendas verticais se apresentam como uma alternativa sustentável, com baixo impacto ambiental e conveniência quanto à distribuição de hortaliças (CAMPANARIO, 2014).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Foram analisadas sementes de tomate cereja, da variedade Tomate Cereja, avaliados sob quatro combinações de iluminação em ambiente controlado, em câmara BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio).

Foram utilizadas sementes de tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. Cerasiforme*), exclusivas para cultivo doméstico, livre de transgênicos e defensivos, cuja recomendação de semeadura para a região do Sul de Minas é entre os meses de agosto e dezembro. As sementes utilizadas pertencem à safra 2021/2021, com germinação inicial de 90% e 100% pureza.

Os seguintes tratamentos foram definidos para os testes de germinação e desenvolvimento de plântula, ambos realizados seguindo a normativa RAS (Regras de Análise de Sementes). Os quatro tratamentos foram definidos por: luz branca, luz vermelha, luz azul e esquema de luzes coloridas, todos com 4 lâmpadas LED.

O experimento consistiu em manter as amostras determinadas em uma BOD equipada com quatro luzes tubulares LED de acordo com as combinações determinadas previamente. O tratamento com a combinação variada das luzes de LED vermelha e azul foi realizado com base na literatura que corrobora o favorecimento de luz vermelha para a protrusão radicular de sementes fotoblásticas positivas, e que a luz azul, por si, promove alongamento celular (REALE, 2021). Dessa forma, durante os 14 dias do experimento, foi determinado o seguinte esquema de luzes coloridas:

Tabela 2. Esquema de troca das lâmpadas LED em BOD durante o período de 14 dias.

<b>Dia</b>	<b>Luz</b>	<b>Comprimento de onda (nm)</b>
1	Vermelha 100%	625
2	Vermelha 100%	625
3	Vermelha 100%	625
4	Vermelha 100%	625
5	Vermelha 80% + Azul 20%	580

Continua

<b>Dia</b>	<b>Luz</b>	<b>Comprimento de onda (nm)</b>
6	Vermelha 80% + Azul 20%	580
7	Vermelha 50% + Azul 50%	510
8	Vermelha 50% + Azul 50%	510
9	Vermelha 50% + Azul 50%	510
10	Vermelha 50% + Azul 50%	510
11	Vermelha 20% + azul 80%	460
12	Vermelha 20% + azul 80%	460
13	Azul 100%	440
14	Azul 100%	440

Fonte: Autora (2023).

Para o teste de germinação, foram semeadas quatro repetições de 50 sementes de cada tratamento sobre duas folhas de papel mataborrão acomodadas em caixa de acrílico, tipo gerbox. As folhas foram umedecidas com água destilada de volume correspondente a 2,5 vezes o peso seco do papel. Em seguida, os tratamentos foram levados para a câmara BOD, onde permaneceram sob temperatura de 25°C e em luz constante durante o fotoperíodo de 12h determinado pela RAS.

As avaliações foram realizadas aos 5 dias após a semeadura para obtenção da primeira contagem de germinação, e aos 14 dias após a semeadura, para germinação final (BRASIL, 2009).

Para a análise por imagem de plântulas foram utilizadas 40 plântulas por tratamento. As plântulas utilizadas são provenientes do teste de germinação aos 14 dias após a semeadura foram realizadas 40 repetições por tratamento, totalizando 160 plântulas analisadas. A semeadura foi realizada para o teste de germinação e as plântulas utilizadas para a obtenção de imagens foram obtidas 14 dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

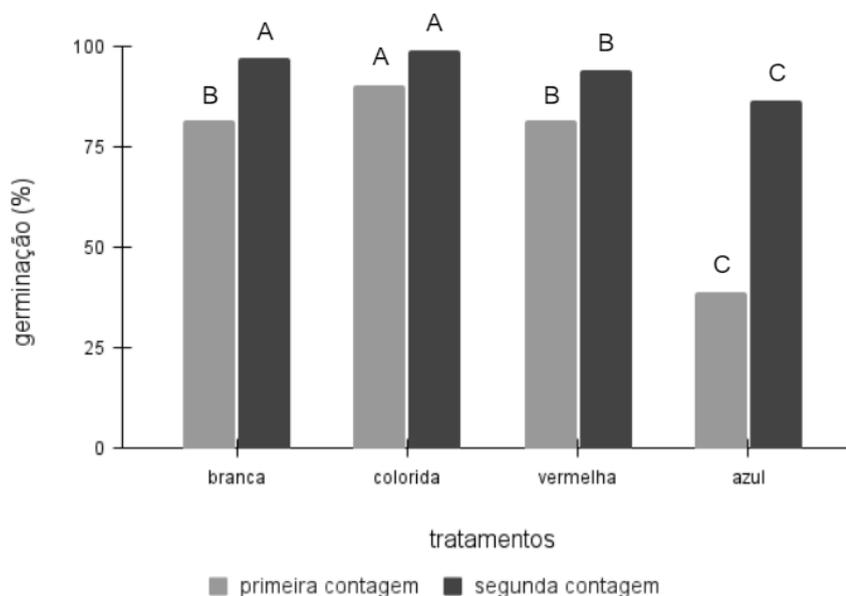
A medição do desenvolvimento das plântulas foi realizada por meio do sistema de captura de imagem GroundEye® (versão S800), composto por um módulo de captação que possui uma câmera de alta resolução, uma bandeja de acrílico e um software integrado para avaliação. Primeiro, realizou-se a configuração da análise pela calibração da cor de fundo, índice de luminosidade, dimensão “a” e dimensão “b”. Após a calibração da cor do fundo foi

feita a análise das imagens. Foram extraídos valores segundo características das plântulas como o comprimento da raiz primária (CRP), comprimento de parte aérea (CPA), comprimento total (CT) e número de ramificações (NR).

Nas análises das sementes de tomate cereja, foi testada a normalidade dos resultados pelo Teste de Shapiro-Wilk e os dados submetidos à análise de variância, com os valores médios comparados pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No teste de germinação, realizou-se a primeira contagem de cada um dos quatro tratamentos após 5 dias da sementeira e a contagem final após 14 dias. A quantificação percentual das sementes de tomate cereja germinadas é demonstrada na Figura 1.



Fonte: Autora (2023).

Figura 1. Porcentagem média de germinação de sementes de tomate cereja germinadas sob luz branca, colorida, vermelha e azul na primeira contagem aos 5 dias e a segunda contagem aos 14 dias.

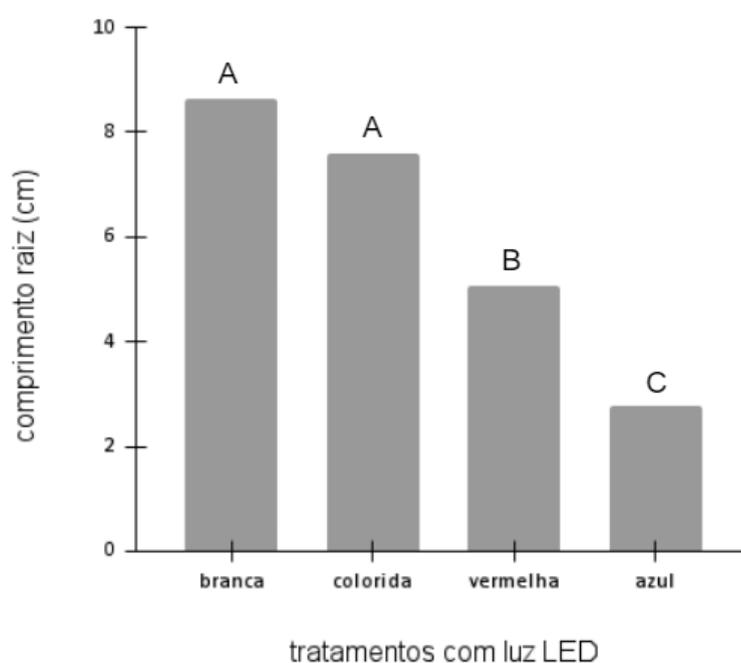
Segundo o gráfico anterior, observou-se resultado satisfatório e semelhante estatisticamente na média de sementes *Solanum lycopersicum var. cerasiforme* germinadas de acordo com o esquema de luzes coloridas e luz branca, que foi utilizada como controle na análise do experimento. O esquema de luzes coloridas resultou em uma melhor germinação na primeira contagem. Na contagem final, o esquema de luzes coloridas foi, juntamente com a luz branca, responsável pelo melhor desempenho na germinação (FIGURA 1).

O esquema de luzes coloridas induziu a germinação mais rápida, ou seja, as sementes apresentaram maior vigor na germinação quando comparado com o tratamento com luz branca. Em contrapartida, a luz azul atuando isolada apresentou a menor taxa de germinação nas duas contagens, tendo porcentagem bem inferior aos outros tratamentos na primeira contagem, com 39%, diferença média de 42,5% dos tratamentos com luz branca e com luz vermelha (FIGURA 1). Presente aos dados, verificou-se que as luzes azul e vermelha atuando

combinadas possuem resultados na germinação superiores ao desempenho de ambas isoladas e também comparadas à luz branca.

Tal conclusão é corroborada pela literatura. Sementes de alface submetidas à luz LED branca apresentaram piores médias de primeira contagem e porcentagem de germinação, quando comparados as luzes vermelha e azul combinadas (PETTRO et al., 2020). Vários estudos indicam que a luz vermelha, utilizada nos primeiros dias de sementeira, promove a protrusão radicular antes das sementes submetidas à luz LED branca, como NUNES et al., 2015 e MENDONÇA et al., 2008.

Para a avaliação seguinte, desenvolvimento de plântulas, foi observado o crescimento após 5 dias da sementeira e a medição após 14 dias. O comprimento médio da raiz por tratamento é demonstrado na Figura 2.



Fonte: Autora (2023).

Figura 2. Comprimento médio da raiz de plântulas de tomate cereja germinadas sob luz branca, colorida, vermelha e azul.

Como visto no gráfico acima, o esquema de luzes coloridas influenciaram o melhor crescimento da raiz. Os tratamentos com luz vermelha e com luz azul, assim como no teste de germinação, obtiveram resultados gerais inferiores aos dos outros tratamentos. A relevância deste comparativo está ligada à importância do crescimento das raízes para a exploração do solo e absorção de nutrientes pela planta.

Sendo assim, o tratamento de luz azul apresentou o pior crescimento da raiz, com apenas 32% do comprimento médio do melhor resultado médio. A luz vermelha isolada, também apresentou resultados inferiores aos da luz branca e do esquema de luzes coloridas. Esses dados confirmam, junto ao teste de germinação, a relevância da utilização do esquema de combinação das luzes azul e vermelha para melhor desenvolvimento das sementes.

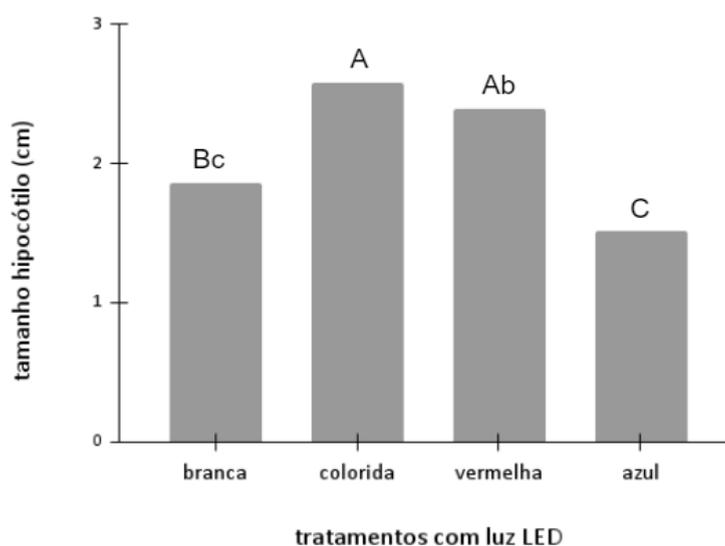
A ramificação das raízes também foi quantificada e analisada. Nesse caso, todos os tratamentos obtiveram resultados semelhantes, não sendo, para o tomate cereja, relevante a escolha de luzes para a indução ao crescimento de ramificações nas raízes. Os resultados médios por tratamento de luz estão na Tabela 3. Os valores médios com a mesma letra subsequente não se diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tratamento	Número médio de ramificações por raiz (cm)
Luz branca	3,93 A
Luz vermelha	4,47 A
Luz azul	3,99 A
Esquema de luzes coloridas	4,65 A

Fonte: Autora (2023).

Tabela 3. Comprimento médio das ramificações de plântulas de tomate cereja germinadas sob luz branca, colorida, vermelha e azul.

Os hipocótilos das amostras de cada tratamento apresentam relevância analítica quando relacionados ao crescimento de folhas da planta. Quanto melhor o desenvolvimento, maior a taxa de fotossíntese e produtividade inicial do plantio. A medição da parte aérea por tratamento está demonstrada na Figura 4.



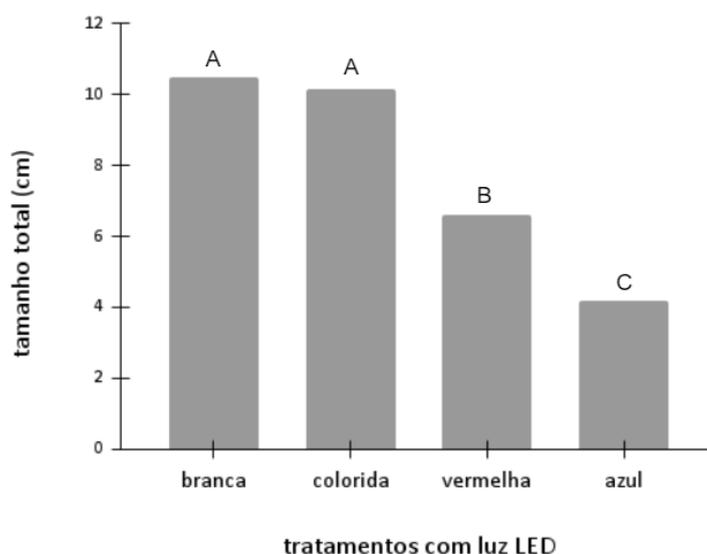
Fonte: Autora (2023).

Figura 4. Comprimento médio do hipocótilo de plântulas de tomate cereja germinadas sob luz branca, colorida, vermelha e azul.

O gráfico acima demonstra melhores resultados para o esquema de luzes coloridas e para a luz vermelha. Logo, o resultado confirma as análises anteriores e afirma o esquema de luzes coloridas como o mais indicado para induzir vigor e crescimento do hipocótilo para as sementes de tomate cereja. Visto o resultado superior da utilização da luz vermelha nesse aspecto, há estudos que relacionam o alongamento da planta e redução da biomassa com a utilização da luz vermelha (HOENECKE; BULA; TIBBITTS, 1992).

Os tratamentos com luz branca e com luz azul, apresentaram comprimentos médios inferiores, com 72% e 59% respectivamente, do maior comprimento médio obtido.

O crescimento total, combinando os comprimentos das raízes e hipocótilos obtidos, foi analisado e os resultados médios por tratamento estão apresentados na Figura 5.



Fonte: Autora (2023).

Figura 5. Comprimento total de plântulas de tomate cereja germinadas sob luz branca, colorida, vermelha e azul.

As influências da luz branca e do esquema de luzes coloridas apresentaram os maiores comprimentos totais médios. Já os tratamentos de luz vermelha e de luz azul apresentaram resultados inferiores, assim como verificados nas análises do crescimento da raiz e da parte aérea. A produtividade está ligada ao potencial de desenvolvimento da muda no campo, sendo a quantidade de crescimento das plântulas fundamental para aumentar a produção da cultura.

As médias superiores obtidas com o esquema de luzes coloridas em tamanho total de plântula corroboram com os resultados apresentados por Paniagua-Pardo et al. (2015). Os autores indicam que a luz vermelha e a luz azul combinadas influenciam no comprimento do hipocótilo de plântulas de alface e brócolis. Bem como a exposição intermitente à luz LED nas cores vermelha e azul pode promover intencionalmente o crescimento de plântulas de alface (CHEN; YANG, 2018). O maior crescimento dos brotos sob LEDs azuis e vermelhos luz comparada à luz fluorescente branca foi relatado para diferentes espécies vegetais, inclusive o tomate (BRAZAITYTE et al., 2010).

Há relatos na literatura indicando que o uso apenas do vermelho e azul, apesar de apresentarem bons resultados, não é o melhor cenário para produção de plantas sob ambiente de luz controlada. embora as luzes azul e vermelha serem os espectros fundamentais para a fotossíntese e, conseqüentemente, para o crescimento das plantas, a combinação de luzes vermelha e azul com suplementação de luz verde aumentaram a massa de raiz e promoveu uma melhor atividade do sistema antioxidante de plantas de alface, expostas à luz contínua por 48 horas (BIAN et al., 2018). Visto aos estudos, experimentos futuros podem ser realizados para análise da influência da luz verde no desenvolvimento de sementes de tomate cereja.

## **5 CONCLUSÕES**

A luz vermelha combinada à luz azul foi eficiente em aumentar o vigor das sementes, a porcentagem de plântulas normais na contagem final, o comprimento do hipocótilo e da raiz.

Para produções em espaços controlados, como fazendas verticais, a implementação do esquema de luzes vermelhas e azuis na germinação pode aumentar a produtividade e a qualidade do fruto.

## REFERÊNCIAS

- AVGOUSTAKI, Dafni D. et al. Energy Cost Reduction by Shifting Electricity Demand in Indoor Vertical Farms with Artificial Lighting. *Biosystems Engineering*, vol. 211, 2021, pp. 219–229., <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.09.006>.
- BIAN, Z. et al. Effect of green light on nitrate reduction and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) under short-term continuous light from red and blue lightemitting diodes. *Environmental and Experimental Botany*, v. 153, p. 63-71, 2018.
- BIAN, Z.; JIAN, N.; GRUNDY, S.; LU, C. Uncovering LED light effects on plant growth: New angles and perspectives-LED light for improving plant growth, nutrition and energy-use efficiency. *Acta Hortic.* 2017, 1227, 491–498.
- BIRKBY, Jeff. Vertical farming. *ATTRA sustainable agriculture*, v. 2, p. 1-12, 2016.
- BOURGET, C. M. An introduction to light-emitting diodes. *HortScience*, v. 43(7) p.1944–1946, 2008.
- BRASIL, Ministério da Saúde 2009. Portal da Saúde: Programa Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Disponível em: Acesso em: 10 de outubro de 2023.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ ACS.
- BRAZAITYTE, A.; DUCHOVSKIS, P.; URBONAVICIUTE, A.; SAMUOLIENE, G.; JANKAUSKIENE, J.; SAKALAUŠKAITE, J.; SABAJEVIENE, G.; SIRTAUTAS, R.; NOVICKOVAS, A. The effect of light-emitting diodes lighting on the growth of tomato transplants. *Zemdirbyste-Agriculture*, v.97, n.2, p.89-98, 2010.
- BULA, R. J. et al. Light-emitting diodes as a radiation source for plants. *HortScience*, Virginia, v.26, n.2, p.203-205, 1991.
- CAMPANARIO, Milton; AVALIAÇÃO MULTICRITERIAL DAS FAZENDAS VERTICAIS CANADENSES COMO MODELOS SUSTENTAVEIS DE AGRICULTURA URBANA. *Revista de Administração e Inovação*, São Paulo, v. 11, n.1, p.181-202, jan./mar. 2014.
- CASTRO, L.R.; CORTEZ, L.A.B.; JORGE, J.T. Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates. *Food Sci. Technol.*, v.21, n.1, p.26-33, 2001.
- CHEN, X. L.; YANG, Q. C. Effects of intermittent light exposure with red and blue light emitting diodes on growth and carbohydrate accumulation of lettuce. *Scientia Horticulturae*, v. 234, p. 220-226, 2018.
- CHEN, X.L.; YANG, Q.C.; SONG, W.P.; WANG, L.C.; GUO, W.Z.; XUE, X.Z. Growth and nutritional properties of lettuce affected by different alternating intervals of red and blue LED irradiation. *Sci. Hortic.* 2017, 223, 44–52.
- CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. Principles of seed science and technology, Kluwer Massachusetts: Academic Publishers, 4.ed. p.165-192, 2001.

CRAIG, D.S.; RUNKLE, E.S. A Moderate to High Red to Far-red Light Ratio from Light-emitting Diodes Controls Flowering of Short-day Plants. *Journal American Society Horticultural Science*. v.138, n.3, p.167–172, 2013.

DE LUCENA, Leandro Pessoa et al. Avaliação multicriterial das fazendas verticais canadenses como modelos sustentáveis de agricultura urbana. **RAI Revista de Administração e Inovação**, v. 11, n. 1, p. 181-202, 2014.

DESPOMMIER, Dickson. 2011. *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*. Picador Publishing, New York, NY. [www.verticalfarm.com](http://www.verticalfarm.com).

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAOSTAT. Disponível em: . Acesso em 10 de novembro de 2023.

FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2013. 421 p.

GOINS, G.D.; RUFFE, L.M.; CRANSTON, N.A.; YORIO, N.C.; WHEELER, R.M.; SAGER, J.C. Salad crop production under different wavelengths of red light-emitting diodes (LEDs). In *Proceedings of the 31st International Conference on Environmental Systems*, Orlando, FA.

GUILHERME, D.O. Produção e qualidade de frutos de tomateiro cereja cultivados em diferentes espaçamentos em sistema orgânico. Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

HOENECKE, M.E.; BULA, R.J.; TIBBITTS, T.W. Importance of “Blue” photon levels for lettuce seedlings grown under red lightemitting diodes. *HortScience*, v.25, n.5, p.427-430, 1992.

HOGWONING, S.W.; TROUWBORST, G.; MALJAARS, H.; POORTER, H.; VAN-IEPEREN, W.; HARBIN-SON, J. Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany*, v.61, n.11, p.3107-3117, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola. 2022. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_20222.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_20222.pdf)>

JIN, W.; FORMIGA, D.; HEUVELINK, E.; MARCELIS, L.F. Light use efficiency of lettuce cultivation in vertical farms compared with greenhouse and field. *Food Energy Secur.* 2022, e391.

JURGA, A.; PACAK, A.; PANDELIDIS, D.; KAZMIERCZAK, B. A long-term analysis of the possibility of water recovery for hydroponic lettuce irrigation in an indoor vertical farm. Part 2: Rainwater harvesting. *Appl. Sci.* 2021, 11, 310.

KIKUCHI, Y.; KANEMATSU, Y.; YOSHIKAWA, N.; OKUBO, T.; TAKAGAKI, M. Environmental and resource use analysis of plant factories with energy technology options: A case study in Japan. *J Clean. Prod.* 2018, 186, 703–717.

- KIM, H.H. et al. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes. *HortScience*, v.39, n.7, p.1617-1622, 2004.
- KIM, H.H.; GOINS, G.D.; WHEELER, R.M.; SAGER, J.C. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and bluelight-emitting diodes. *HortScience*, v.39, n.7, p.1617-1622, 2004.
- KIM, H.H.; WHEELER, R.M.; SAGER, J.; NORIKANE, J. Photosynthesis of lettuce exposed to different short-term light qualities. *Environ. Control Biol.* 2005, 43, 113–119.
- LEE, M.J.; SON, K.H.; OH, M.M. Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light. *Hortic. Environ. Biotechnol.* 2016, 57, 139–147.
- LENUCCI, M. et al. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, v. 54, n. 7, p. 2606-2613, 2006.
- LI, Q.; KUBOTA, C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environ. Exp. Bot.* 2009, 67, 59–64.
- LUBNA, Farzana A. et al. What you may not realize about vertical farming. *Horticulturae*, v. 8, n. 4, p. 322, 2022.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq. 495p. v. 12. 2013.
- MASSA, G.D.; KIM, H.H.; WHEELER, R.M.; MITCHELL, C.A. Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience*, v.43, n.7, p.1951-1956, 2008.
- MAYER, A.C.; POLJAKOFF MAYBER, A. The germination of seeds. 4th ed. Oxford: Pergamon Press, 1989, 270p.
- MEDEIROS, R.F.; CAVALCANTE, L.F.; MESQUITA, F.O.; RODRIGUES, R.M.; SOUSA, G.G.; DINIZ, A.A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p. 505-511, 2011.
- MENDES, A.K.V.; CARVALHO, J.S.B. de. Germinação de sementes de manjerição em diferentes condições ambientais. *Revista Ciência, tecnologia & ambiente*.v.1, n.1, p.21-27, 2015.
- MENDONÇA, E. A. F. D. et al. Testes de vigor em sementes de algodoeiro herbáceo. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, p. 1-9, 2008.
- MENEZES, Luiz; LEANDRO, Wilson. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, vol. 34, núm. 3, 2004, pp. 173-180.
- NADAI, F.B.; MENEZES, J.B.C.; CATÃO, H.C.R.M.; ADVÍNCULA, T.; COSTA, C.A.A. Produção de mudas de tomateiro em função de diferentes formas de propagação e substratos. *Revista Agro@ambiente, Boa Vista*, v.9, n.3, p. 261-267, 2015.
- NANYA, K. et al. Effects of blue and red light on stem elongation and flowering of tomato seedlings. In: VII International Symposium on Light in Horticultural Systems 956. 2012. p. 261-266.

NASCIMENTO, W.; PEREIRA, R. Produção de mudas e hortaliças. Embrapa Hortaliças, Brasília, 1ª edição, p. 58-59, 2016.

NUNES, R. T. C. et al. Desempenho fisiológico de sementes de algodão cultivadas em Luís Eduardo Magalhães, Bahia. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 10, n. 4, p. 69-74, 2015.

OLLE, M.; VIRSILE, A. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agric. Food Sci.* 2013, 22, 223–234.

PANIAGUA-PARDO, G. et al. Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócolis (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica*, n. 40, p. 199-212, 2015.

PANOBIANCO, M.; MARCOS FILHO, J. Envelhecimento acelerado e deterioração controlada em sementes de tomate. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 525- 531, 2001.

REJA, Md Hasim; GHOSH, Ananya; NALIA, Arpita; NATH, Rajib. Vertical Farming: A New Prospect of Landless Farming. *Indian Farmer* 6(2): 108-112; February-2019 *Indian Farmer* 6(2): 108-112; February-2019.

SILVA, E.T. et al. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. *Ciência. Agrárias Amb.*, v.1, p.51-54. 2003.

STEIN, Eric W. The transformative environmental effects large-scale indoor farming may have on air, water, and soil. *Air, Soil and Water Research*, v. 14, p. 1178622121995819, 2021.

STUTTE, G.W.; EDNEY, S.; SKERRITT, T. Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with light-emitting diodes. *HortScience* 2009, 44, 79–82.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. 5th ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2010. 781p. USA, 9–12 July 2001; pp. 1–9.

VILLIERS, T.A. Seed dormancy. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.). *Seed biology* New York: Academic Press, 1972, p.219-281.

WADA, M.; KAGAWA, T.; SATO, Y. Chloroplast movement. *Annual Review of Plant Biology*, v.54, n.1, p.455-468, 2003.

WEXLER, Anna; Seeding Controversy: Did Israel Invent the Cherry Tomato?. *Gastronomica*. 1 May 2016; 16 (2): 1–11. doi: <https://doi.org/10.1525/gfc.2016.16.2.1>.

WHELLER, R.M. Agriculture for space: People and places paving the way. *Open Agric.* 2017, 2, 14–32.

YEH, N.; CHUNG, J.P. High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renew. Sustain. Energy* 2009, 13, 2175–2180.