

**Suplementação de radiação fotossinteticamente ativa na formação de mudas de
manjeriço**

Photosynthetically active radiation supplementation in formation of basil

**Suplementación de radiación fotosintéticamente activa en la formación de plántulas de
albahaca**

Recebido: 13/07/2020 | Revisado: 17/07/2020 | Aceito: 07/08/2020 | Publicado: 14/08/2020

Bruna Finotti Fonseca Reis de Mello

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6987-0475>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, Brasil

E-mail: bff.mello@hotmail.com

Thiago Barbosa Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6764-9600>

Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, Brasil

E-mail: batistatb@hotmail.com

Flávio Ferreira da Silva Binotti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2248-8954>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, Brasil

E-mail: binotti@uems.br

Edilson Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7146-9226>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, Brasil

E-mail: mestrine@umes.br

Loryelle de Jesus Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8569-7761>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, Brasil

E-mail: loryellemoreira1@gmail.com

Allan Paterlini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1066-819X>

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, Brasil

E-mail: allanpaterlini14@gmail.com

Eliana Duarte Cardoso Binotti

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7146-9226>

Resumo

A luz é fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas em consequência de sua influência na fotossíntese e fotomorfogênese, e assim o uso de diodo emissor de luz com emissão de radiação fotossinteticamente ativa é uma alternativa para melhoria no crescimento de mudas em ambiente climatizado. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de suplementação de radiação fotossinteticamente ativa na produção de mudas de duas variedades de manjeriço. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, com 4 repetições, constituído por suplementação de radiação fotossinteticamente ativa (ausência e presença) e duas variedades de manjeriço *Ocimum basilicum* (sweet basil e purple basil). A suplementação de radiação fotossinteticamente ativa foi realizada por meio de lâmpadas *ledgrow* 360W das 7:00 às 11:00h. As variáveis analisadas foram diâmetro do colo, relação altura diâmetro, massa seca da parte aérea, massa seca do sistema radicular, massa seca total, relação altura de planta e massa seca da parte aérea, índice de qualidade de Dickson, área foliar, relação massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular e altura de plantas. Na ausência da suplementação de radiação fotossinteticamente ativa o crescimento das variedades de manjeriço foi semelhante, todavia na presença de suplementação, a variedade sweet basil se destacou em maior crescimento e qualidade de mudas.

Palavras-chave: Diodo emissor de luz; Crescimento; Luz; *Ocimum basilicum*.

Abstract

Light is essential in the growth and development of plants due to its influence on photosynthesis and photomorphogenesis, so the use of light emitting diodes with emission of photosynthetically active radiation is an alternative to improve seedling growth in an air-conditioned environment. The objective of the work was to evaluate the effect of supplementation of photosynthetically active radiation in the production of seedlings of two varieties of basil. The experimental design used was completely randomized (DIC), in a 2 x 2 factorial scheme, with 4 repetitions, with 20 plants per plot, consisting of supplementation of photosynthetically active radiation (absence and presence) and two varieties of basil (sweet basil and purple basil). The supplementation of photosynthetically active radiation was carried out using a 360W *ledgrow* lamp from 7:00 am to 11:00 am. The variables analyzed were neck

diameter, height-to-diameter ratio, shoot dry mass, root dry mass, total dry mass, plant height and shoot dry mass, Dickson quality index, leaf area, mass ratio aerial part dryness and dry mass of the root system and plant height. In the absence of supplemental RFA, the growth of the varieties of basil was similar, however in the presence of supplementation, the sweet basil variety stood out in greater growth and quality of seedlings.

Keywords: Light emitting diode; Growth; Light; *Ocimum basilicum*.

Resumen

La luz es fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas como resultado de su influencia en la fotosíntesis y la fotomorfogénesis, por lo que el uso de diodos emisores de luz con emisión de radiación fotosintéticamente activa es una alternativa para mejorar el crecimiento de las plántulas en un ambiente con aire acondicionado. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación de radiación fotosintéticamente activa en la producción de plántulas de dos variedades de albahaca. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, en un esquema factorial 2 x 2, con 4 repeticiones, que consistía en la suplementación de radiación fotosintéticamente activa (ausencia y presencia) y dos variedades de albahaca *Ocimum basilicum* (albahaca dulce y albahaca púrpura). La suplementación de la radiación fotosintéticamente activa se llevó a cabo por medio de lámparas LED de 360 W de 7:00 a.m. a 11:00 a.m. Las variables analizadas fueron diámetro del cuello, relación altura-diámetro, masa seca del brote, masa seca del sistema radicular, masa seca total, altura de la planta y relación de la masa seca del brote, índice de calidad de Dickson, área foliar, relación de masa sequedad de la parte aérea y masa seca del sistema radicular y altura de la planta. En ausencia de suplementación con radiación fotosintéticamente activa, el crecimiento de las variedades de albahaca fue similar, sin embargo, en presencia de suplementación, la variedad de albahaca dulce se destacó en un mayor crecimiento y calidad de las plántulas.

Palabras clave: Diodo emisor de luz; Crecimiento; Luz; *Ocimum basilicum*.

1. Introdução

O manjeriçõ basilicã (*Ocimum basilicum* L.) é pertencente à família Lamiaceae que possui diversos nomes comuns como alfavaca, manjeriçõ doce, basílico e outros (Palaretti et al., 2015). Esta espécie apresenta folhas finas, formato ovalado e tamanho médio; suas flores geralmente são brancas, possui aroma típico e intenso devido ao óleo essencial presente (Fernandes, 2014), com duas cultivares mais utilizadas de folha roxa e verde.

O valor econômico do manjeriço se dá, principalmente, pela exportação do óleo essencial, que possui preços relevantes no mercado internacional e nacional (Soares et al., 2007). Este produto apresenta alto teor de linalol e grande importância econômica na produção de remédios, perfumes e cosméticos, além dos alimentos e bebidas (May et al., 2008). A espécie é influenciada durante seu crescimento e desenvolvimento principalmente pelo fotoperíodo, temperatura, irrigação, luminosidade e nutrição (Carvalho et al., 2012).

A produção vegetal em ambiente protegido tem o objetivo a melhoria na qualidade dos produtos finais e maiores produtividades, visando amenizar as variações micrometeorológicas durante a produção, diminuindo os efeitos adversos, principalmente precipitação e radiação solar (Reis et al., 2012). Segundo Maggioni et al. (2014), um dos processos mais importantes para o cultivo de plantas medicinais é a formação das mudas que influencia de maneira direta o desempenho final das plantas.

A luz apresenta influência no desenvolvimento de plantas em sua fisiologia, desenvolvimento e diferenciação celular nos tecidos, por meio do processo fotossintético e fotomorfogênico (Deng et al., 2017). Atualmente, utiliza-se luzes artificiais para simular a luz solar e promover a fotossíntese nas plantas com espectro eletromagnético apropriado, gerando maiores produtividades e qualidade de plantas, sendo importante, além da seleção da fonte de luz, a otimização do sistema (Guimarães, 2017). O diodo emissor de luz (LED) possui maior capacidade de emissão de qualidade espectral que é de suma importância para o crescimento e desenvolvimento vegetal, pois a resposta das plantas cultivadas não depende apenas da presença mas também da qualidade espectral da luz (Pawłowska et al., 2018). Os LEDs se diferenciam de outras fontes luminosas devido a sua menor emissão de calor, seleção de comprimentos de onda e alta eficiência da conversão energética (Massa et al., 2008).

A radiação fotossinteticamente ativa (RFA), é uma fração da radiação global localizada na faixa de comprimento de onda de 400 e 700 nm, similar ao espectro visível, a qual possui ligação direta com atividades fotoquímicas nas plantas (Monteiro Neto et al., 2016). Segundo Taiz et al. (2017), as plantas reagem aos estímulos de luz por meio de fotorreceptores, como os criptocromos e os fitocromos. Os fitocromos são influenciados pelo comprimento de luz vermelha, estão ligados ao fotoperiodismo, regulam o florescimento, além do alongamento do entrenó; enquanto que o criptocromos são influenciados pelo comprimento de luz azul, atuam no alongamento do hipocótilo e dos pecíolos, na produção de antocianinas e a na expansão do cotilédone (Taiz et al., 2017).

Para Bantis et al. (2018), a qualidade da luz possui impacto na produção de plantas ornamentais e olerícolas, devido a sua relação com o crescimento e o desenvolvimento das

plantas, assim como pela indução ao metabolismo secundário como a formação de pigmentos, o valor nutricional e a capacidade antioxidante das espécies. Técnicas de produção que garantam a qualidade do produto originado devem ser aperfeiçoado nos ambientes de cultivos necessário a produção de mudas.

O uso de lâmpadas de LED com emissão de radiação fotossinteticamente ativa em ambiente climatizado com baixa irradiância é uma alternativa para melhoria do crescimento e, conseqüentemente, na produção de mudas (Agarwal et al., 2016). Assim, o objetivo do trabalho foi investigar o efeito de suplementação de radiação fotossinteticamente ativa na produção de mudas de duas variedades de manjeriço cultivadas em casa de vegetação.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação climatizada no setor experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (Cassilândia – MS), nos meses de junho e julho de 2019. A estrutura da casa de vegetação possui dimensão de 14,64 x 6,40 x 3,5 m, ante câmara de 3,66 x 3,20 m, fechada na cobertura e lateral por filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 150 microns, difusor de luz, camada dupla, com tela termorrefletora aluminizada de 35% de sombreamento (Aluminet[®]) sob o filme da cobertura e sistema de climatização do tipo pad/fan Humil Cool (CELDEX[®]).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 2 x 2, com 4 repetições de 20 plantas cada. Os fatores foram constituídos por duas condições de suplementação de radiação fotossinteticamente ativa (ausência e presença) e duas variedades de manjeriço (*Ocimum basilicum*), denominadas de *sweet basil* [folha verde] e *purple basil* [folha roxa].

A suplementação de radiação fotossinteticamente ativa ($100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foi realizada entre 7:00 e 11:00 h como uso de lâmpada *ledgrow* 360W (32.000 lúmens), constituída por um total de 36 leds de 10W por lâmpada (24 leds vermelhos com comprimento de 620-630 nm, 5 leds azuis com comprimento de 440-445 nm, 2 leds infravermelho com comprimento de 730 nm, 1 led ultravioleta com comprimento de 380-410 nm e 4 leds brancos sendo 2 leds de 5500-6500k e 2 leds de 2500-3300k). A lâmpada foi fixada por um suporte regulável a 40 cm acima da bandeja de produção de mudas.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, preenchidas com substrato comercial Carolina Soil[®], composto de turfa de sphagnum, vermiculita expandida, calcário, gesso e fertilizante contendo nitrogênio, fósforo e potássio. A

análise do substrato apresentou pH de 6,15; relação entre carbono e nitrogênio de 18,8; capacidade de troca de cátions de 850,0 mmol kg⁻¹; matéria orgânica, N; P₂O₅; K₂O; Ca; Mg; S; Cu; Fe; Mn; Zn e B de 250,0; 14,0; 3,6; 11,0; 9,1; 42,0; 3,0; 0,06; 17,5; 2,4; 0,36 e 0,08 g kg⁻¹, respectivamente.

A irrigação foi realizada de acordo com a necessidade, de forma manual, mantendo o substrato úmido, evitando-se a saturação. A adubação nas mudas foi realizada aos 15 dias após a semeadura (DAS), utilizando adubo composto de 15% N, 5% P, 10% K, 1% Ca, 1% Mg, 13% S, 4% SO₄, 0,06 % B, 0,05% Cu, 0,2% Fe, 0,1% Mn, 0,005% Mo e 0,2% Zn, na dose de 10g do produto comercial para 1 litro de água.

O ambiente de cultivo foi programado para 25 °C ± 2, durante toda a condução do experimento. A emergência das plântulas iniciou-se aos cinco dias após semeadura (DAS) e sua estabilização ocorreu aos 11 DAS.

Aos 30 DAS foram mensurados o diâmetro do colo (DC, mm) com um paquímetro digital, a altura de planta (AP, cm) com régua milimetrada; e após secagem em estufa de circulação de ar forçada à 65°C por 72 horas a massa seca da parte aérea (MSPA, g) e do sistema radicular (MSSR, g) em balança de precisão, assim como calculado a massa seca total (MST, g) pela soma da MSPA e MSSR. A área foliar (AF) foi mensurada por meio de fotocópias comparando a massa de uma área conhecida de papel com a massa dos recortes do perímetro das folhas. Para essas mensurações foram utilizadas 20 mudas.

Em complemento, foram determinadas as relações entre a altura de planta e o diâmetro do colo ($RAD = AP / DC$), a massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular ($RRFA = MSPA/MSSR$) a altura de planta e a massa seca da parte aérea ($RALPA = AP/MSPA$) e o índice de qualidade de Dickson ($IQD = MST / (AP/DC + MSPA/MSSR)$), de forma similar a Dickson et al. (1960).

Para procedimento estatístico as variáveis foram submetidas à análise de variância pelo teste F à 5% de probabilidade, decorrente aos fatores analisados só apresentaram dois níveis não necessitando um teste de média.

3. Resultados e Discussão

Verificou-se que houve interação significativa para, o diâmetro do colo (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação altura e diâmetro (RAD), relação massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular (RRFA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) (Tabela 1).

Tabela 1. Efeito de variedades e suplementação com radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no diâmetro do colo (DC), relação altura e diâmetro (RAD), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea e massa seca do sistema radicular (RRFA) e índice de qualidade de Dickson (IQD) em mudas de manjeriço. UEMS - Cassilândia (MS), 2020.

Variedade	RFA suplementar	
	Presença	Ausência
	DC (mm)	
<i>purple basil</i>	*0,55 aB	0,49 aA
<i>sweet basil</i>	1,01 aA	0,42 bA
C.V (%)	14,6	
	RAD	
<i>purple basil</i>	5,89aA	4,98 aA
<i>sweet basil</i>	3,37bB	4,81 aA
C.V (%)	16,0	
	MSPA (g muda ⁻¹)	
<i>purple basil</i>	0,0467 aB	0,0332 bA
<i>sweet basil</i>	0,0755 aA	0,0377 bA
C.V (%)	10,6	
	MSR (g muda ⁻¹)	
<i>purple basil</i>	0,0160 aB	0,0190 aA
<i>sweet basil</i>	0,0852 aA	0,0250 bA
C.V (%)	11,6	
	MST (g muda ⁻¹)	
<i>purple basil</i>	0,0627 aB	0,0522 aA
<i>sweet basil</i>	0,1607 aA	0,0627 bA
C.V (%)	9,5	
	RRFA	
<i>purple basil</i>	2,92 aA	1,75 bA
<i>sweet basil</i>	0,89 bB	1,51 aA
C.V (%)	15,5	
	IQD	
<i>purple basil</i>	0,0073 aB	0,0080 aA
<i>sweet basil</i>	0,0380 aA	0,0101 bA
C.V (%)	13,1	

*Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas nas colunas, diferem significativamente entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

A variedade *purple basil* apresentou maior MSPA e RRFA com a aplicação de RFA suplementar, e em contraparte a *sweet basil* para o DC, MSPA, MSSR, MST e IQD. Sem a aplicação suplementar de RFA, a RAD e MSPA indicaram que o crescimento das variedades foi semelhante, estas não apresentando diferenças significativas (Tabela 1).

Com a aplicação de RFA suplementar se verificou melhor RRFA, isto é menor índice de relação, para variedade *sweet basil* em comparação com a *purple basil* (Tabela 1). Esta diferença, mediante aplicação de RFA suplementar é decorrente da eficiência da taxa

fotossintética de cada variedade. Plantas de coloração roxa apresentam menor eficiência de resposta a radiação RFA suplementar quando comparadas às variedades de coloração verde devido a alta concentração de antocianina e flavonoides, que prejudicam a absorção da radiação pelos cloroplastos e conseqüentemente a dominuição de energia fotoquímica que é transferida para os centros de reação, reduzindo a fotossíntese líquida nestas plantas (Sun et al., 1998); o que no presente estudo culminou em menor crescimento, com reflexo nas relações de fitomassa seca de parte aérea e raiz.

Dou et al. (2019) demonstraram que a variedade *sweet basil* tem melhor resposta a aplicação de RFA suplementar em relação a variedade *purple basil*; o que pode ser validado pelo incremento no DC, MSPA, MSR, MST e IQD verificados no presente trabalho quando a variedade *sweet basil* recebe a RFA (Tabela 1). Em função do DC ser um indicador de qualidade de mudas, pois a robustez caulinar reduz o tombamento após transplântio (Medeiros et al., 2018), e aliado ao IQD que considera o equilíbrio na distribuição de fitomassa total nas plantas com suas partes aéreas e radiculares, além da relação entre a altura e diâmetro do colo (Fonseca et al., 2002) é possível afirmar que as mudas da variedade *sweet basil* produzidas nas condições de suplementação de RFA apresentaram elevada qualidade.

A aplicação suplementar de RFA para a variedade *sweet basil* propiciou menor relação entre altura da muda e o diâmetro do colo (RAD), o que favorece o processo de transplântio devido a maior tolerância a menor injúrias mecânicas, uma vez que segundo Rodrigues et al. (2010) essa menor relação torna a muda mais tolerante ao tombamento.

A RFA suplementar favoreceu o acúmulo de MSPA, MSR e MST para a variedade *sweet basil* e MSPA para a variedade *purple basil* (Tabela 1). Para Alvarenga et al. (2003), o regime de incidência da luz nas plantas influencia o acúmulo de fitomassa que tem relação direta com a radiação absorvida e sua eficiência de conversão pela fotossíntese; o que suportado pelos resultados do presente estudo indica a potencialidade do uso da radiação suplementar na produção de mudas de manjeriço.

Para RRFA verificou-se menores valores para as mudas de *sweet basil* com uso de RFA suplementar, obtendo nessas mudas maior acúmulo de fitomassa seca no sistema radicular. Esse resultado é particularmente interessante para produção de mudas pois de acordo com Binotti et al. (2019) a melhor distribuição entre as massas e acúmulo de raízes favorece a sobrevivência da muda no campo, onde podem ser expostas a estresse abiótico.

Maior AF e menor RALPA foram verificadas isoladamente para a variedade *sweet basil*. Quando aplicado a suplementação de RFA houve maior AF, menor RALPA e AP

independe da variedade (Tabela 2), o que demonstra o potencial para utilização de suplementação de RFA na produção de mudas de manjeriço em casa de vegetação.

Tabela 2. Área foliar (AF), relação altura de muda e massa seca da parte aérea (RALPA) e altura de mudas (AP) em função de variedades e suplementação de RFA em mudas de manjeriço. UEMS - Cassilândia (MS), 2020.

VARIETADE	AF (cm ²)	RALPA	AP (cm)
<i>purple basil</i>	*11,14 b	69,41 a	2,75 a
<i>sweet basil</i>	13,65 a	49,66 b	2,72 a
SUPLEMENTAÇÃO			
Com suplementação	14,64 a	56,11b	3,26 a
Sem suplementação	10,15 b	62,96 a	2,20 b
C.V (%)	9,8	10,3	9,5

*Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas colunas, diferem estatisticamente entre si pelo teste de F a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Finalmente, os resultados aqui expostos demonstraram que a suplementação foi benéfica para as variedades de manjeriço, com mudas de melhor qualidade para a variedade *sweet basil* (Tabela 1). Assim, mediante o potencial encontrado para suplementação de RFA na produção de mudas de manjeriço principalmente verde (*purple basil*), novos estudos devem ser realizados para incrementar a utilização desta tecnologia na busca pela obtenção de mudas de elevada qualidade.

4. Considerações Finais

A tecnologia de suplementação da RFA apresenta potencial para incrementar a qualidade de mudas de manjeriço em função de expansão da área foliar e redução da relação altura/matéria seca.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado do Mato Grosso do Sul (Fundect), pelo apoio financeiro (FUNDECT/CNPq/PRONEM – MS, Processo 59/300.116/2015 – N° FUNDECT 080/2015). Ao Programa Institucional de Bolsas aos Alunos de Pós Graduação (PIBAP) da Universidade

Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS).

Referências

Alvarenga, A. A., Castro, E. M., Lima Junior, E. C. & Magalhães, M. M. (2003) Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton Urucurana* Baill. in southeastern Brazil. *Revista Árvore*, 27 (1), 53-57.

Agarwal, A., & Dutta Gupta, S. D. (2016). Impact of Light – Emitting Diodes (LEDs) and its potential on plant growth and development in controlled environment plant production system. *Current Biotechnology*, 1 (1), 28 – 43.

Bantis, F., Smirnakou, S., Ouzounis, T., Koukounaras, A., Ntagkas, N., & Kalliopi, R. K. (2018). Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light – emitting- diodes (LEDs). *Scientia Horticulture*, 235, 437–451.

Binotti, E. D. C., Binotti, F. F. S., Lucheti, B. Z., Costa, E. & Pinto, A. H. (2019). Shading levels and plant growth regulator for formation of *Schizolobium amazonicum* compact seedlings. *Engenharia Agrícola*, 39, 586-591.

Carvalho, A. C. P. P., Rodrigues, A. A. J., & Santos, E. O. (2012). *Qualidade em plantas medicinais*. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 42p.

Deng, M., Qian, H., Chen, L., Sun, B., Chang, J. Miao, H., Cai, C. & Wang, Q. (2017). Influence of pre harvest red light irradiation on main phytochemicals and antioxidant activity of Chinese kale sprouts. *Food Chemistry*, 222, 1-5.

Dickson, A., Leaf, A. L. & Hosner, J. F. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest Chronicle*, 36, 10-13.

Dou, H., Niu, G., & Gu, M. (2019). Pre-Harvest UV-B radiation and photosynthetic photon flux density interactively affect plant photosynthesis, growth, and secondary metabolites accumulation in Basil (*Ocimum basilicum*) plants. *Agronomy*, 9 (434), 1-19.

Fernandes, A. R. (2014). Crescimento de cultivares de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) cultivadas em vasos. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 49p. Tese Doutorado.

Fonseca, E. P., Valeri, S. V., Miglioranza, E., Fonseca, N. A. N., & Couto, L. (2002). Padrão de qualidade de mudas de *Trema micranta* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. *Revista Árvore*, 26 (4), 515 – 523.

Guimarães, I. A. B. (2017). Análise e Dimensionamento de Sistema de Iluminação Artificial com LEDs para Suplementação Luminosa no Cultivo de *Humulus lupulus*. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora. 100 p. Trabalho de conclusão de curso.

Maggioni, M. S., Rosa, C. B. C. J., Rosa Junior, E. J., Silva, E. F., Rosa, Y. B. C. J., Scalon, S. P. Q., & Vasconcelos, A. A. (2014). Desenvolvimento de mudas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) em função do recipiente e do tipo e densidade de substratos. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 16, 10-17.

Massa, G. D., Kim, H. H., Wheeler, R. M., & Mitchell, C. A. (2008). Plant Productivity in Response to LED Lighting. *Hortscience*, 43 (7), 1951- 1956.

May, A., Bovi, O. A., Maia, N. B., Barata, L. E. S., Souza, R. C. Z., Sousa, E. M. R., Moraes, A. R. A., & Pinheiro, M. Q. (2008). Basil plantas growth and essential oil yield in a production system with successive cuts. *Bragantia*, 67 (2) 385-389.

Medeiros, M. B. C. L., Jesus, H. I., Santos, N. F. A., Melo, M. R. S., Borges, L. S., Guerreiro, A. C., & Freitas, L. S. (2018). Índice de qualidade de dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. *Agroecossistemas*, 10 (1) 159 – 173.

Monteiro Neto, J. L. L., Araújo, W. F., Vilarinho, L. B. O., Silva, E. D., Araújo, W. B. L., & Sakazaki, R. T. (2016). Produção de mudas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em diferentes ambientes e substratos. *Agrária*, 11 (4), 289-297.

Palaretti, L. F., Dalri, A. B., Dantas, G. F., Faria, R. T., Santos, W. F., & Santos, M. G. (2015). Produtividade do manjericão (*Ocimum basilicum* L.) fertirrigado utilizando vinhaça concentrada. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 9, 326-334.

Pawłowska, B., Żupnik, M., Szewczyk-Taranek, B., & Cioć, M. (2018). Impact of LED light sources on morphogenesis and levels of photosynthetic pigments in *Gerbera jamesonii* grown in vitro. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59 (1), 115-123.

Reis, L. S., Souza, J. L., Azevedo, C. A. V., Lyra, G. B., Ferreira Junior, R. A., & Lima, V. L. A. (2012). Componentes da radiação solar em cultivo de tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 16 (7), 739-744.

Rodrigues, E. T., Leal, P. A. M., Costa, E., Paula, T. S., & Gomes, V. A. (2010). Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 28 (?), 483-488.

Soares, T. M., Duarte, S. N., Silva, E. F. F., & Jorge, C. (2010). Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14, 705-714.

Sun, J., Nishio, J. N., & Vogelmann, T. C. (1998). Green light drives CO₂ fixation deep within leaves. *Plant and cell physiology*, 39 (10), 1020–1026.

Taiz, L., & Zeiger, E. (2017). *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed. 918p.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Bruna Finotti Fonseca Reis de Mello – 30%

Thiago Barbosa Batista – 10%

Flávio Ferreira da Silva Binotti – 20%

Edilson Costa – 10%

Loryelli de Jesus Moreira – 10%

Allan Paterlini – 10%

Eliana Duarte Cardoso Binotti – 10%