

## Avaliação morfológica dos microgreens de rúcula sob diferentes intensidades luminosas

Morphological evaluation of arugula microgreens under different light intensities

Evaluación morfológica de microvegetales de rúcula bajo diferentes intensidades de luz

Recebido: 09/11/2025 | Revisado: 16/11/2025 | Aceitado: 17/11/2025 | Publicado: 19/11/2025

**Paulo Sérgio Gomes da Rocha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5275-1621>

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Brasil

E-mail: rocha@uricer.edu.br

**João Victor Matté Poletto**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0057-2438>

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Brasil

E-mail: joaopoletto8@hotmail.com

**Sergio Henrique Mosele**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5878-8097>

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Brasil

E-mail: rm.sergio@uricer.edu.br

**John Edson Chiodi**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7707-7693>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

University of Florence, Italy

E-mail: johnedsonmax@yahoo.com.br

### Resumo

Os microgreens são considerados uma classe de alimentos vegetais em estágio muito jovem de desenvolvimento, caracterizando-se por sua textura delicada e elevado conteúdo de fitoquímicos. O objetivo do trabalho foi avaliar diferentes intensidades luminosas na produção de microgreens de rúcula. As sementes foram semeadas em bandejas contendo substrato Soil Max®. Os tratamentos consistiram em diferentes intensidades luminosas provenientes de lâmpadas de LED'S compostas por 70% de diodos emissores de luz vermelha e 30% de luz azul. As bandejas foram mantidas em câmara de crescimento a  $25 \pm 1$  °C sob fotoperíodo de 16 horas. O delineamento usado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. Aos 20 dias após a germinação foi avaliado a altura das plantas, número de folhas, diâmetro do colo e massa fresca. Os dados do fator intensidade luminosa foram submetidos à análise de regressão. Constatou-se efeito significativo da intensidade luminosa sobre todas as variáveis. A maior altura (8,94 cm) foi estimada na intensidade de  $65,77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Para o número de folhas, observou-se ajuste quadrático, sendo a intensidade de  $76,66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  responsável pela maior média estimada (3,44 folhas por planta). O maior diâmetro do colo (1,11 mm) foi obtido na intensidade luminosa de  $78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Quanto à massa fresca, verificou-se comportamento quadrático, com valor máximo estimado de 36,73 g na intensidade de  $45,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . A intensidade luminosa exerce influência no crescimento e produção de biomassa de microgreens de rúcula, promovendo respostas fotomorfogênicas específicas em função das condições de luz avaliadas.

**Palavras-chave:** LED's; Qualidade da luz; Fotomorfogênese; Nutracêutico; Alimentos funcionais.

### Abstract

Microgreens are considered a class of plant foods at a very young stage of development, characterized by their delicate texture and high phytochemical content. The aim of this study was to evaluate different light intensities in the production of arugula microgreens. The seeds were sown in trays containing Soil Max®. The treatments consisted of different light intensities from LED lamps composed of 70% red light-emitting diodes and 30% blue light. The trays were kept in a growth chamber at  $25 \pm 1$  °C under a 16-hour photoperiod. The experimental design was completely randomized, with five replicates. Twenty days after germination, plant height, number of leaves, stem diameter, and fresh mass were evaluated. The data for the light intensity factor were subjected to regression analysis. A significant effect of light intensity on all variables was observed. The greatest height (8.94 cm) was estimated at an intensity of  $65.77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . For the number of leaves, a quadratic fit was observed, with an intensity of  $76.66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  responsible for the highest estimated average (3.44 leaves per plant). The largest neck diameter (1.11 mm) was obtained at a light intensity of  $78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Regarding fresh mass, a quadratic behavior was observed, with a

maximum estimated value of 36.73 g at an intensity of  $45.56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Light intensity influences the growth and biomass production of arugula microgreens, promoting specific photomorphogenic responses depending on the light conditions evaluated.

**Keywords:** LEDs; Light quality; Photomorphogenesis; Nutraceutical; Functional foods.

### Resumen

Los microgreens se consideran una clase de alimentos vegetales en una etapa muy temprana de desarrollo, caracterizándose por su textura delicada y alto contenido de fitoquímicos. El objetivo del trabajo fue evaluar diferentes intensidades lumínicas en la producción de microgreens de rúcula. Las semillas se sembraron en bandejas que contenían sustrato Soil Max®. Los tratamientos consistieron en diferentes intensidades lumínicas provenientes de lámparas LED compuestas por 70% de diodos emisores de luz roja y 30% de luz azul. Las bandejas se mantuvieron en una cámara de crecimiento a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  bajo un fotoperíodo de 16 horas. El diseño utilizado fue completamente aleatorizado, con cinco repeticiones. A los 20 días después de la germinación se evaluó la altura de las plantas, el número de hojas, el diámetro del cuello y la masa fresca. Los datos del factor intensidad lumínica fueron sometidos al análisis de regresión. Se constató un efecto significativo de la intensidad lumínica sobre todas las variables. La mayor altura (8,94 cm) se estimó en la intensidad de  $65,77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para el número de hojas, se observó un ajuste cuadrático, siendo la intensidad de  $76,66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  responsable del mayor promedio estimado (3,44 hojas por planta). El mayor diámetro del cuello (1,11 mm) se obtuvo a una intensidad lumínica de  $78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . En cuanto a la masa fresca, se observó un comportamiento cuadrático, con un valor máximo estimado de 36,73 g a una intensidad de  $45,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . La intensidad lumínica ejerce influencia en el crecimiento y la producción de biomasa de microgreens de rúcula, promoviendo respuestas fotomorfológicas específicas en función de las condiciones de luz evaluadas.

**Palabras clave:** LED; Calidad de la luz; Fotomorfogénesis; Nutracéutico; Alimentos funcionales.

## 1. Introdução

A luz é um dos estímulos ambientais mais importantes que impactam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. As plantas desenvolveram complexos especializados de pigmento-proteína, usualmente chamados de fotorreceptores, para capturar a energia luminosa e impulsionar os processos fotossintéticos, bem como para responder a mudanças na qualidade e quantidade de luz (Kopsell, et al. 2015). Muitos aspectos do desenvolvimento das plantas são afetados pela luz e elas sentem as diferentes características da luz (intensidade, qualidade, direção e duração), para se adaptarem ao seu ambiente e otimizarem seu crescimento e desenvolvimento (García-Martinez & Gil, 2001).

As plantas sentem essas características da luz por meio de diferentes fotorreceptores, (fitocromos e criptocromos, entre outros), que desencadeiam uma série de reações bioquímicas e regulam a expressão de genes (Sutuliene et al, 2022).

A intensidade da luz pode ser compreendida como a quantidade total de luz que a planta recebe. A intensidade da luz é frequentemente medida pela unidade lux (lx) que se baseia apenas na sensibilidade visual e não fornece informações sobre a energia do conteúdo do fóton. Outra unidade também bastante utilizada para expressar a intensidade luminosa é o  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Esta unidade descreve o número de fótons de luz dentro da banda de onda fotossintética (400–700 nm) que uma área de 1  $\text{m}^2$  recebe por segundo (Velasco & Mattsson, 2019).

A intensidade da luz serve como fonte de energia primária para a fotossíntese e atua como um sinal regulador para a resposta de estresse das plantas, desempenhando um papel indispensável no crescimento e desenvolvimento das plantas (Wang, et al., 2025).

O crescimento, desenvolvimento, morfogênese e metabolismo fisiológico das plantas é afetado pela qualidade da luz, como por exemplo, os diferentes comprimentos de onda do espectro (Xu et al., 2019). O principal impacto da luz nas plantas está na relacionado a fotossíntese, a qual utiliza a radiação fotossinteticamente ativa (PAR), comprimentos de onda de luz entre 400-700 nm. Pois, as plantas não respondem de forma uniforme a todos os comprimentos de onda do PAR. Sabe-se que os comprimentos de onda da região da luz vermelha (600-700 nm) e luz azul (420-460 nm), são os comprimentos mais eficazes

na fotossíntese. Isso ocorre devido à capacidade de absorção dos pigmentos absorventes de luz (clorofilas a e b) (Rihan et al., 2022).

De acordo com a literatura especializada a luz vermelha contribui para a maior síntese de clorofila, produção de biomassa, acúmulo de açúcar solúvel e amido (Li et al., 2012; ). As clorofilas tem um papel importante no processo de captura da energia luminosa e conversão em energia (Yang, et al., 2016). Por outro lado, a luz azul induz a abertura estomática, permitindo melhor fixação de CO<sub>2</sub> e contribui para aumentar a síntese de compostos antioxidantes. Além disso, a luz azul pode atuar como um poderoso sinal ambiental regulando fototropismos, supressão do alongamento do caule, movimentos do cloroplasto, regulação estomática e atividade de transporte da membrana celular (Kopsell et al., 2015).

A iluminação dos ambientes de cultivo protegido pode ser manipulada para controlar e otimizar o crescimento das plantas. A otimização da iluminação desses ambientes poderá ter varias implicações, incluindo seu potencial para fortalecer a cadeia global de abatecimento de alimentos. Pois, o refinamento da qualidade da luz poderá induzir a máxima eficiencia fotossintetica revolucionar a produção de alimentos frescos.

A densidade de fluxo de fôtons fotossintéticos adequadas para cultivo interno em ambientes controlados têm aumentado a produtividade das culturas em áreas densamente povoadas ou em instalações de crescimento de plantas, como estufas (Wu et al., 2024). Contudo, para cada espécie vegetal é necessário definir a qualidade da luz considerada como ótima, pois elas podem responder de maneira diferente. Sendo os LED's considerados uma ótima fonte de luz (Liang et al., 2021).

Quanto ao efeito da intensidade luminosa nas plantas cultivadas, Samuoliené et al. (2013), avaliando diferentes intensidades luminosas no cultivo de microgreens de Brassica, observaram que a concentração de clorofica e carotenoides aumentaram com o aumento da intensidade luminosa.

Nos ultimos anos os microgreens ganharam considerável atenção devido a serem excelentes fontes de vários fitoquímicos, os quais são importantes para a saúde e nutrição do corpo humano. De acordo com a literatura especializada a produção e acumulação de fitoquímicos a partir de microgreens poderia ser significativamente afetada pelas condições de luz (Brazaityte et al., 2015). Além disso, o peso da massa fresca um dos atributos essências do crescimento dos microgreens. Sendo a quantidade de massa fresca produzida influenciada pelo estágio de crescimento, qualidade da luz (intensidade de fluxo de fôtons, comprimento de onda, fotoperíodo) (Dereje, 2023).

Dentre as fontes de luz existente no mercado para o cultivo de microgreens, pode-se destacara os diodos emissores de luz (LED's) que têm sido adotados para otimizar a produção agrícola e a qualidade da luz em ambientes controlados, por eles apresentarem várias vantagens em relação às fontes de iluminação tradicionais.

Microgreens são plantas tenras e comestíveis colhidas de 7 a 21 dias após a germinação, contendo um caule central, cotilédones e folhas verdadeiras. Conhecidos como um alimento funcional fresco e pronto para o consumo, eles são principalmente ricos em vitaminas, antioxidantes, compostos bioativos e minerais, com sabores, cores e texturas distintas (Seth et al., 2025). Adicionalmente, os microgreens são considerados como um super alimento, pois eles podem apresentar quantidades de nutrientes 40 vezes maior do que em vegetais maduros (Dereje et al, 2023).

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes intensidades luminosas na produção de microgreens de rúcula.

## 2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa experimental, laboratorial, de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018). O trabalho foi conduzido no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões- URI, Erechim-RS, no ano de 2025. Para a condução do experimento foram utilizadas bandejas transparentes confeccionadas em

poliestireno com dimensões de 21 x 14 x 6 cm, contendo 820 g de substrato comercial Soil Max®. Em cada bandeja contendo substrato previamente umedecido com água foram semeadas de forma uniforme sobre a superfície 2 g de semente de rúcula variedade Surya. As bandejas contendo as sementes foram mantidas em ambiente escuro no interior da câmara de crescimento com temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Após emergência, as bandejas foram colocadas sobre bancadas a 60 cm da fonte de luz com fotoperíodo de 16 horas. Ao longo do período de cultivo, foram realizadas regas diariamente com um auxílio de uma piceta, de modo a atender a necessidade hídrica das plantas.

Os tratamentos utilizados foram constituídos por diferentes intensidades luminosas [25 (tratamento controle); 50; 75 e 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  fornecidas lâmpadas de LED's Philips® constituídas por 80% de LED's vermelhos e 20% de LED's azuis.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições por tratamento, sendo a unidade experimental constituída uma bandeja.

Após 20 dias da germinação das sementes foi avaliado a altura da planta, o número de folhas por planta, o diâmetro e a quantidade de massa fresca dos microgreens.

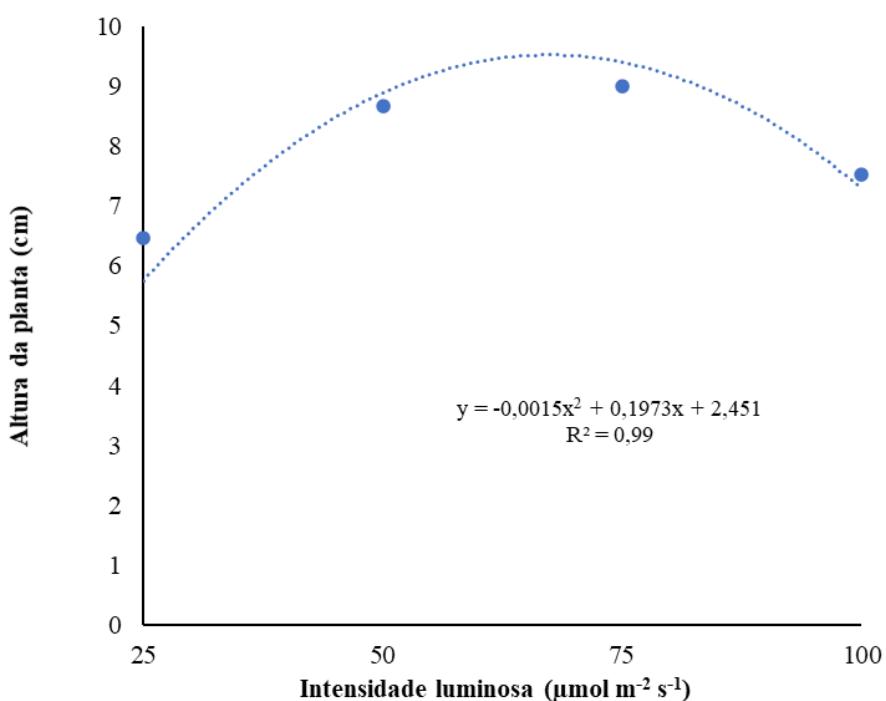
A altura das plantas foi aferida com o auxílio de uma régua graduada. Para a determinação da quantidade de massa fresca dos microgreens realizou-se um corte no caule da planta, com o auxílio de uma tesoura, a aproximadamente 1 cm da superfície do substrato de cultivo da bandeja. O material vegetal coletado dos diferentes tratamentos foi acondicionado em saco de papel previamente identificado e em seguida pesado em balança digital.

Os dados obtidos do fator intensidade luminosa foram submetidos à análise de regressão, por meio do programa estatístico Sanest. Os dados do número de folhas formadas por planta foram transformados em  $(x + 0,5)^{\frac{1}{2}}$ , enquanto os dados da variável altura da brotação, diâmetro do colo e massa fresca não foram transformados. Para as análises estatísticas, foi adotado 5% de probabilidade de erro por meio do programa estatístico Sanest (Zonta & Machado, 1992).

### 3. Resultados e Discussão

Observou-se efeito significativo da intensidade luminosa para todas as variáveis analisadas dos microgreens de rúcula variedade Surya. Em relação à altura da planta, pode-se observar um comportamento quadrático à medida que a intensidade luminosa é aumentada. A maior altura da planta (8,94 cm) foi estimada na intensidade luminosa de 65,77  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 1). De acordo com Mir et al. (2024), a intensidade da luz e o comprimento de onda estão diretamente relacionados com o crescimento da planta. Contudo, a intensidade elevada pode contribuir para a redução do crescimento da planta. Por outro lado, intensidade luminosa abaixo da ideal para a espécie cultiva nos ambientes poderá interferir negativamente na taxa fotossintética.

**Figura 1** - Altura da plantas dos microgreens de rúcula cultivadas sob diferentes intensidades luminosas com LED's.



Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

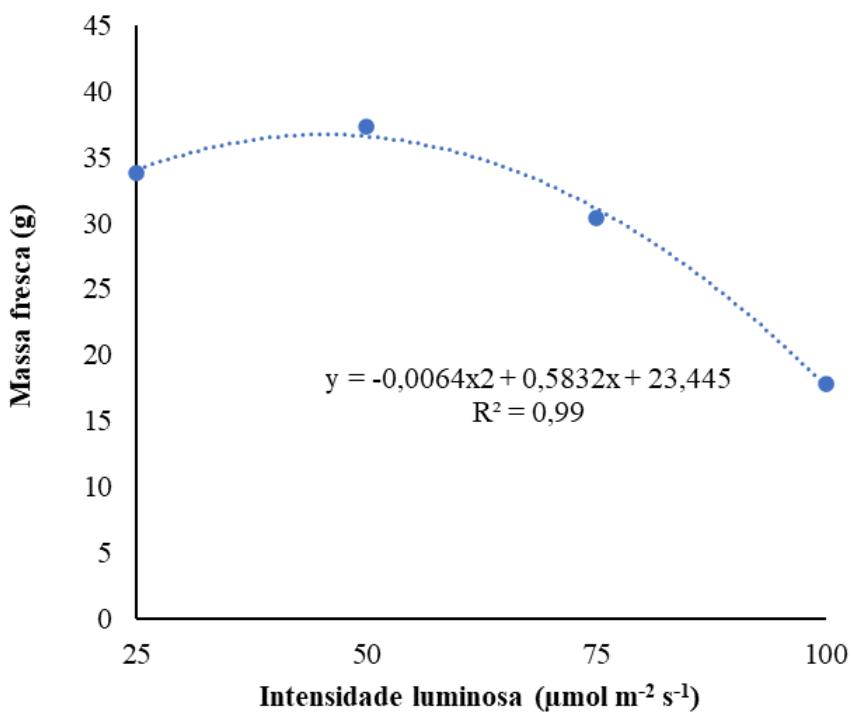
Avaliando a produção de brotos de alfafa, brócolis, trevo e rabanete Kwack et al. (2015), observaram que o aumento da intensidade da luz contribuiu para a diminuição significativa do comprimento do hipocótilo. Resultados semelhantes também foram obtidos por Liu et al. (2015), que avaliando a produção de microgreens de repolho e couve chinesa cultivados sob diferentes intensidades luminosas ( $30, 50, 70$  ou  $90 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), observaram que o aumento da intensidade da luz causou o encurtamento no comprimento hipocótilo dos microgreens.

De acordo com Binenbaum et al. (2018), essa redução na altura das plantas pode estar associado a giberelina, hormônio responsável por regular o alongamento da parte aérea das plantas. Ainda de acordo com os mesmos autores, o aumento da intensidade luminosa no ambiente de cultivo poderá reduzir o conteúdo endógeno de giberelina e com isto inibir o alongamento. Essa relação estabelecida entre o aumento da intensidade luminosa e a redução do crescimento das plantas em decorrência da diminuição da concentração endógena de ácido giberélico foi demonstrado por Potter et al. (1999) ao aplicarem ácido giberélico em plantas cultivadas sob elevada intensidade luminosa e constatarem que o aumento da intensidade luminosa não causou redução do crescimento das plantas *Brasica napus*.

Segundo Baumgardt et al. (2019), o aumento da intensidade luminosa é comumente associado ao crescimento mais compacto, ou seja, as plantas apresentam entrenós mais curto. Segundo os mesmos autores a magnitude dos efeitos negativo do ácido giberélico sobre a redução do crescimento pode ser influenciado pelo genótipo, tamanho da semente, densidade de semeadura, e tempo entre a semeadura e a colheita dos microgreens.

Em relação a quantidade de massa fresca dos microgreens, observou-se um comportamento quadrático para o fator intensidade luminosa. A maior quantidade de massa fresca estimada (36,73 g) foi obtida na intensidade de  $45, 56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Figura 2). Comportamento semelhante foi observado por Gao et al. (2021) que avaliaram diferentes intensidades luminosas na produção de microgreens de brócolis e observaram que o peso da massa fresca diminuiu com o aumento da intensidade luminosa.

**Figura 2** - Massa fresca dos microgreens de rúcula cultivadas sob diferentes intensidades luminosas com LED's.



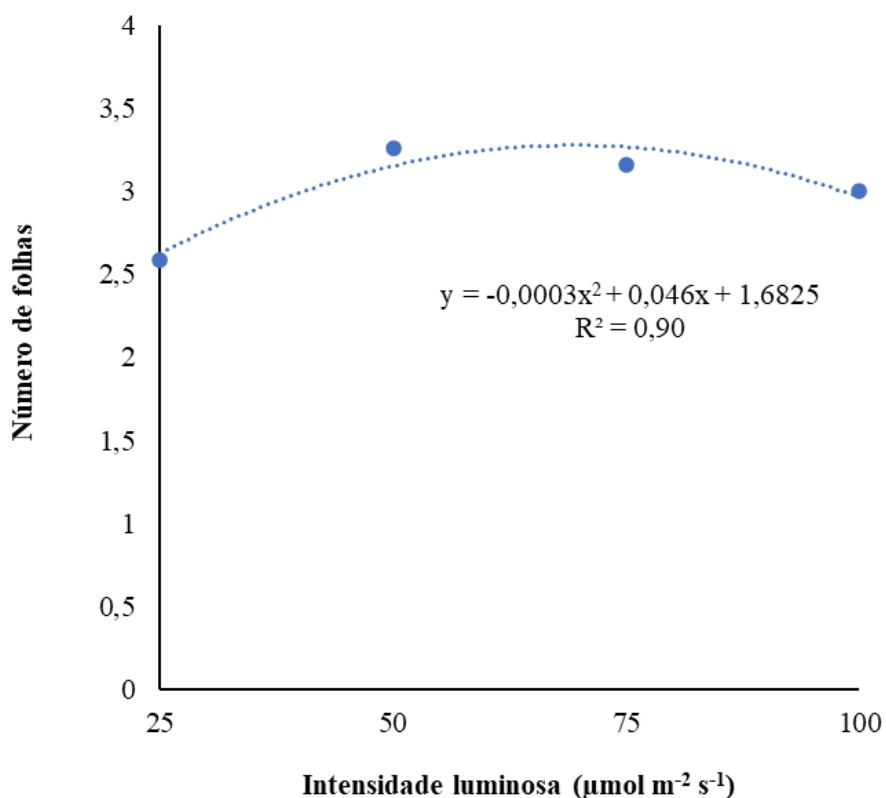
Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

A quantidade de massa fresca pode ser considerada como um dos parâmetros mais importantes na produção dos microgreens, pois a comercialização é feita por meio do peso. No presente trabalho nota-se a intensidade de fluxo de fótons contribui para o aumento da massa fresca, mas a demanda de intensidade luminosidade para alcançar a máxima produtividade pode ser considerada como baixa.

Segundo Zhang et al., 2020, a maior produção de biomassa na planta poderá ser alcançada com a intensidade de luz apropriada, pois a intensidade luminosa e os comprimentos de onda desempenham papéis fundamentais no processo de fotossíntese. Contudo, pesquisas envolvendo a produção de microgreens sob diferentes intensidades luminosas tem evidenciado que o rendimento de massa fresca é impactado negativamente com o aumento da intensidade luminosa acima do nível considerado como ideal. De acordo com Virsile & Sirtautas (2013) e Samuoliene et al. (2013), o uso de valores de intensidades luminosas que excedem o ideal resulta em decréscimo da produtividade, assim como nos teores de antioxidantes dos microgreens.

Quanto ao número de folhas observou-se um ajustamento quadrático, sendo a intensidade luminosa de  $76,66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  a que promoveu a maior média estimada (3,44 folhas por planta). De modo geral, na literatura há uma correlação positiva do aumento da intensidade luminosa com o aumento do número de folhas formadas por planta. Contudo, deve-se evitar intensidades elevadas. Pois, Miao et al. (2023) observaram a queima de folhas nas plantas de alface cultivadas sob alta intensidade (Figura 3). A intensidade luminosa considerada como ótima para a formação do maior número médio de folhas formadas por planta poderá variar de acordo com a espécie cultivada. Budiastutil et al. (2021), avaliando o efeito da intensidade luminosa (25, 50 e 100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em *Indigofera tinctoria* obtiveram o maior número de folhas com a intensidade de  $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

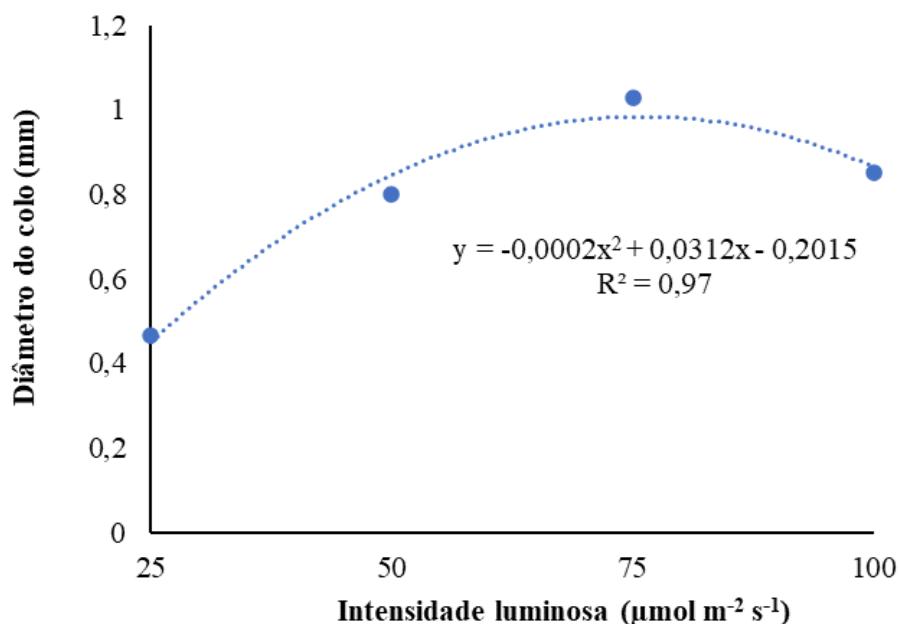
**Figura 3** - Número médio de folhas por plantas dos microgreens de rúcula cultivadas sob diferentes intensidades luminosas com LED's



Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

Para a variável diâmetro do colo da planta, pode-se observar na figura 4, que houve um comportamento quadrático. Sendo o maior diâmetro (1,11 mm) obtido na intensidade luminosa estimada de 78  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Avaliando o efeito de diferentes intensidades luminosas na produção de mudas de tomateiro, Fan et al. (2013) obtiveram aumento no diâmetro da planta à medida que se aumentou a intensidade luminosa no ambiente de cultivo. Isto sugere que, a intensidade luminosa considera como adequada para a produção de microgreens pode variar de acordo com a espécie vegetal. Velasco & Mattsson (2019), avaliaram diferentes intensidades luminosas (50; 100; 220 e 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) em mudas de duas espécies de coníferas (*Pinus sylvestris* e *Abies borissi-regis*), e não obtiveram efeito significativo do tratamento após 35 dias de cultivo.

**Figura 4** - Diâmetro do colo das plantas dos microgreens de rúcula cultivadas sob diferentes intensidades luminosas com LED's



Fonte: Dados da Pesquisa (2025).

#### 4. Conclusão

Para as condições em que o experimento de produção de microgreens de rúcula foi conduzido, pode-se concluir:

A intensidade luminosa exerce influência na morfologia dos microgreens, número de folhas formados, diâmetro do colo e quantidade de massa fresca. Intensidades luminosas maiores que  $65,77 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  inibe o desenvolvimento dos microgreens de rúcula variedade Surya.

A intensidade luminosa estimada de  $76,66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  possibilita alcançar o maior número de folhas formadas (3,44 folhas por planta).

Intensidades luminosas elevadas podem afetar negativamente a produção de biomassa de microgreens de rúcula, sendo a maior quantidade de biomassa obtida na intensidade estimada de  $45,56 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

O refinamento das condições de cultivo é necessário para que se alcance maior produtividade no cultivo de espécies usadas na produção de microgreens.

#### Referências

- Baumgardt, C. J.; Llewellyn, D.; Ying, Q. & Zheeng, Y. (2019). Intensity of sole-source light-emitting diodes affects growth, yield, and quality of Brassicaceae microgreens. *HortScience*, 54(7), 1168-1174.
- Binenbaum J.; Weinstein R.; & Shani E. (2018). Gibberellin localization and transport in plants. *Trends in Plant Science*, 23, 410-421.
- Brazaitytė, A.; Sakalauskienė, S.; Samuolienė, G.; Jankauskienė, J.; Viršilė, A.; Novičkovas, A.; Sirtautas, R.; Miliauskienė, J.; Vaštakaitė, V.; Dabašinskė, L.; & Duchovskis, P. (2015). The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreen. *Food Chemistry*, 73(3), 600-606.
- Budiastuti, M. T. S.; Purnomo, D.; Pujiasmanto, B.; & Setyaningrum, D. (2021). Effect of light intensity on growth, yield and indigo content of *Indigofera tinctoria* L. *Earth and Environmental Science*, 724, 1-7.
- Dereje, B.; Jacquier, J. C.; Elliott-Kingston, C.; Harty, M.; & Harbourne, N. (2023). Brassicaceae Microgreens: phytochemical compositions, influences of growing practices, postharvest technology, health, and food applications, *ACS Food Science & Technology*, 3(6), p.81-98.

- Gao, M.; He, R.; Shi, R.; Zhang, Y.; Song, S.; Su, W.; & Liu, H. (2021). Differential effects of low light intensity on broccoli microgreens growth and phytochemicals. *Agronomy*, 11(30), 1-14.
- Garcia-Martinez, J. L.; & Gil, J. (2001). Light regulation of gibberellin biosynthesis and mode of action. *Journal of Plant Growth Regulation*, 20(4), 354-368.
- Kopsell, D. A.; Sams, C. E.; & Morrow, R. C. (2015). Blue Wavelengths from LED Lighting Increase Nutritionally Important Metabolites in Specialty Crops. *HortScience*, 50(9), 1285-1288.
- Kwack Y.; Kim, K. K.; Hwang, H.; & Chun, C. 2015). Growth and quality of sprouts of six vegetables cultivated under different light intensity and quality. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56, 437-443.
- Liang, D.; Yousef, A.F.X.; Wei, X.; Ali, M.M; Yu, W.; Yang, L.; Oelmuller, R.; & Chen, F. (2021). Increasing the performance of Passion fruit (*Passiflora edulis*) seedlings by LED light regimes. *Scientific Reports*, 11, (20967), 1-13.
- Li, H.; Tang C.; Xu Z.; & Han, X. (2012). Effects of different light sources on the growth of non-heading Chinese cabbage (*Brassica campestris* L.). *Journal of Agricultural of Science*, 4, 262-273.
- Miao, C.; Yang, S.; Xu, J.; Wang, Y.; Zhang, Y.; Cui, J.; Zhang, H.; Jin, H.; Lu, P.; He, L.; Yu, J.; Zhou, Q.; & Ding, X. (2023). Effect of light intensity on growth and quality of lettuce and spinach cultivars in a plant factory. *Plants*, 12(18), 2-18.
- Mir, S.; Krumins, R.; Purmale, L.; Chaudhary, V. P.; & Ghaley, B.B. (2024). Effects of Light Intensity and Spectrum Mix on Biomass, Growth and Resource Use Efficiency in Microgreen Species. *Agronomy*, 14, 1-21.
- Pereira, A. S.; Shitsuka, D. M.; Parreira, F. J.; & Shitsuka, R. (2018). *Medologia da pesquisa científica*. [free ebook]. Santa Maria. Editora da UFSM.
- Potter, T.; Rood, S.B.; & Zanewich, K. P. (1999). Light intensity, gibberellin content and the resolution of shoot growth in *Brassica*. *Planta*, 207, 505- 511.
- Rihan, H. Z.; Aljafer, N.; Jbara, M.; Mccallum, L.; Lengger, S.; & Fuller, M. P. (2022). The impact of LED lighting spectra in a plant factory on the growth, physiological traits and essential oil content of lemon balm (*Melissa officinalis*). *Plants*, 11(342), 1-11.
- Samuoliene, G.; Brazaitytė, A.; Jankauskienė, J.; & Viršilė, A. (2013). LED irradiance level affects growth and nutritional quality of *Brassica* microgreens. *Open Life Sciences*, 8(12), 1241-1249.
- Seth, T.; Mishra, G. T.; Chattopadhyay, A.; Roy, P. D.; Devi, M.; Sahu, A.; Saring, S. K.; Mhatre, C. S.; Lyngdoh, Y. A.; Cahndra, V.; Dikshit, H. K.; & Nair, R. M. (2025). Microgreens: Functional Food for Nutrition and Dietary Diversification. *Plants*, 14(4), 1-29.
- Sutuliene, R.; Lauzike, K.; Pukas, T.; & Samuoliene, G. (2022). Effects of light intensity on the growth and antioxidant activity of sweet basil and lettuce. *Plant*, 11, p.1-14.
- Velasco, M. H.; & Mattsson, A. (2019). Light quality and intensity of light-emitting diodes during pre-cultivation of *Picea abies* (L.) Karst. and *Pinus sylvestris* L. seedlings – impact on growth performance, seedling quality and energy consumption. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 34(3), 159-177.
- Virsile, A., & Sirtautus, R. (2013). Light irradiance level for optimum growth and nutrient contents in borage microgreens. *Rural Development*, 272-275.
- Wang, Q.; Chu, G.; Gao, C.; Tian, T.; Zhang, W.; Chen, W.; & Gao, M. (2025). Effect of light intensity on performance, microbial community and metabolic pathway of algal-bacterial symbiosis in sequencing batch biofilm reactor treating mariculture wastewater. *Bioresource Technology*, 433, 1-10.
- Zhang, X.; Bain, Z.; Yuan, X.; Chen, X.; Luy, C. (2020). A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 293-216, 2020.
- Zonta, E. P.; & Machado, A. A. (1992). Sistema de análise estatística para microcomputadores-SANEST. Pelotas, 109p.