

Questões projetuais no emprego de leds para produção de alimentos mais nutritivos

Design issues in the use of led's for more nutritive food production

DOI:10.34117/bjdv7n1-491

Recebimento dos originais: 01/01/2021

Aceitação para publicação: 19/01/2021

Sheila Regina Sarra

Graduação em Medicina, Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário Belas Artes de São Paulo de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

Mestrado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Departamento de Tecnologia, Rua do Lago 876, Cidade Universitária, 05508-080, São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: sheila_sarra@hotmail.com

Lúcia Fernanda de Souza Pirró

Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Mestrado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

E-mail: lucia.pirro@belasartes.br

Marcelo de Andrade Roméro

Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Braz Cubas.

Mestrado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Doutorado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

Livre Docência: Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

E-mail: marcelo_romero@icloud.com

RESUMO

Este trabalho discute como realizar projetos de iluminação artificial com luminárias de LEDs com o objetivo de aumentar a qualidade nutricional de verduras e frutas, especialmente em relação ao teor de antioxidantes e vitaminas. Essas substâncias podem ajudar na prevenção de doenças, constituindo uma alternativa interessante na promoção de saúde. Sabe-se que os efeitos da luz sobre as plantas dependem de muitos fatores, a saber, da duração, da intensidade e do comprimento de onda. Cada planta tem requisitos próprios, necessitando de estudos específicos. Este trabalho propõe uma metodologia que dê suporte para a execução de projetos com luminárias de LEDs em horticultura, propiciando maior precisão no PPFD (*Photosynthetic Photon Flux Density*). São

apresentados os resultados da aplicação desta metodologia para uma luminária de LEDs, mostrando a distribuição da luz e os efeitos do distanciamento da luminária em relação ao plano de medição.

Palavras-chave: Iluminação artificial, horticultura, alimentos nutritivos.

ABSTRACT

The proposal is to discuss how to do lighting design with LEDs fixtures in order to improve nutritional quality of vegetables and fruits, especially in relation to the antioxidants and vitamins contents. These substances can help to prevent illness, representing an interesting alternative in health promotion. It is well known that lighting effects on plants depends on a wide variety of factors, namely the duration, intensity and wavelength. Each variety of plant has its own light requirements, requiring specific studies. This research work presents a methodology to support projects with LEDs fixtures in horticulture, providing more precision with regard to PPF (Photosynthetic Photon Flux Density). The results of the application of this methodology to a LEDs fixture are presented, showing the light distribution for different distances from the fixture to the measuring plane.

Keywords: Artificial lighting, Horticulture, Nutritious food.

1 INTRODUÇÃO

Além de suprir os nutrientes necessários para o desempenho das diversas funções do organismo, os alimentos podem suprir substâncias capazes de reduzir os riscos do aparecimento de várias doenças. Estudos de Yang (2018) apontam o valor dos alimentos funcionais na prevenção de diversas doenças, salientando a presença de substâncias com propriedades antioxidantes, antiinflamatórias e anticancerígenas. Prior (2015) ressalta o papel protetor de vários compostos antioxidantes presentes na dieta contra os danos causados pelo acúmulo de radicais livres, destacando as ações da vitamina C, da vitamina E e do betacaroteno. Para Weisburger (2002), o consumo de antioxidantes presentes em vegetais e frutas tem efeito preventivo para diversas patologias, inclusive doenças cardíacas e vários tipos de câncer.

Desmarchelier e Borel (2017) destacam o papel dos pigmentos carotenóides consumidos na dieta. Salientam que sua ingestão se associa a uma redução do risco de diversas doenças crônicas como Diabetes Mellitus tipo 2, doenças cardiovasculares e vários tipos de câncer. Mares-Perlman et al. (2002) também destacam o papel da luteína e da zeaxantina na prevenção de doenças oculares relacionadas com o envelhecimento. Li et al. (2015) citam os benefícios do consumo de dietas ricas em antocianinas, pigmentos de cor arroxeada que estão presentes em inúmeras frutas e vegetais.

Estudos epidemiológicos realizados por Michaud et al. (2000) nos Estados Unidos da América, mostraram associação entre ingestão de dietas ricas em carotenóides e licopeno e menor risco de câncer de pulmão. Estudos de Holick et al. (2002) também

apontam associação de alto consumo de frutos e vegetais ricos em carotenóides e licopeno com baixa incidência de câncer de pulmão. Eisenhauer et al. (2017) citam o papel da luteína e da zeaxantina na prevenção da degeneração de mácula. Estudos de Mahoney e Loprinzi (2014) destacam os efeitos da ingestão de flavanóides na prevenção de complicações degenerativas do Diabetes Mellitus, particularmente a retinopatia diabética. Stanveer et al. (2017) apontam os efeitos antidiabéticos dos flavanóides presentes em frutas.

O emprego de iluminação artificial com LEDs trouxe a possibilidade de melhorar a qualidade nutricional de frutas e vegetais, além de viabilizar a produção nas horticulturas praticadas em locais fechados ou com pouca iluminação natural. Segundo Darko et al. (2014), a suplementação de luz artificial tem um grande potencial de uso na horticultura, porém, deve atender às necessidades específicas de cada planta, em relação à intensidade e ao comprimento de onda. Li et al. (2014), entretanto, salientam que pode ocorrer inibição da fotossíntese tanto pelo emprego do comprimento de onda inadequado, como pelo excesso ou pela falta de luz, com danos para a fisiologia e a morfologia.

Segundo Bantis et al. (2018), a evolução das tecnologias de iluminação com LEDs trouxe viabilidade econômica para o seu uso em estufas abertas sob várias condições climáticas, assim como nas estufas agrícolas climatizadas e nas fazendas verticais.

A suplementação de luz artificial em horticultura se faz na faixa de luz aproveitável para a fotossíntese, que se situa principalmente nas faixas do azul (B) e do vermelho (R). A resposta das plantas à iluminação depende da intensidade da luz, da qualidade da luz (comprimento de onda), do tempo de exposição e da direção de propagação dos raios de luz. A intensidade de luz é expressa pela *Photosynthetic Photon Flux Density* (PPFD) em $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A proporção ideal de R/B varia conforme a espécie, o período de crescimento e o resultado desejado.

O uso de lâmpadas de LEDs para suplementação de luz na faixa fotossintetizante tem a vantagem de sua alta eficiência, baixa emissão de calor e facilidade de obtenção de faixas específicas de comprimentos de onda. Segundo Ciesla et al. (2019), é possível utilizar placas voltaicas para microgeração de energia para reduzir ainda mais o consumo de energia das instalações que empregam lâmpadas de LEDs. Vários estudos, presentes na literatura científica, apontam aos resultados de diversas formas de iluminação complementar com LEDs para cada fruta ou vegetal (

Tabela 1).

Tabela 1 – Pesquisas de iluminação suplementar em horticultura

Frutas e vegetais	Autor (ano)	Intensidade de luz ($\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$) cor: r (verm.), b (azul) e g (verde)	Resultados
Tomate	Fan et al. (2013)	300 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R/B = 1/1	Aumento do conteúdo de licopeno
Tomate	Verkeke et al. (2015)	140 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ durante 20 horas por dia ou 200 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ durante 14 horas por dia com R/B = 5/2	Aumento de ácido ascórbico e antioxidantes
Cogumelos	Huang et al. (2017)	40 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com B	Aumento do peso seco e do conteúdo de antioxidantes
Gergelim	Hata et al. (2013)	80 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com B	Aumento do conteúdo de sesamina
Alface	Ouzounis et al. (2015)	45 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com B	Aumento de antioxidantes
Alface	Li & Kubota (2009)	130 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R, B, G	Aumento de antocianina e carotenóides
Alface	Chen et al. (2017)	300 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R/B = 2/1	Aumento de ácido ascórbico
Alface	Samuolienė et al. (2013)	175 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com G	Aumento de antocianina; Redução de ácido ascórbico
Alface, Rabanete, Espinafre	Yorio et al. (2001)	300 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R/B = 9/1	Aumento do ganho de biomassa e clorofila
Manjeriçao	Piovene et al. (2015)	200 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R/B = 0,7	Aumento de antioxidantes
Manjeriçao	Shiga et al. (2009)	100 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R ou White	Aumento de ácido rosmarínico
Repolho roxo	Mizuno et al. (2011)	50 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R	Aumento de antocianina
Couve	Lefsrud et al. (2008)	225 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R	Aumento da concentração de luteína
Espinafre, Mostarda	Bliznikas et al. (2012)	130 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R	Aumento de ácido ascórbico
Morango	Piovene et al. (2015)	200 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R/B = 1,5	Aumento de antioxidantes
Morango	Choi et al. (2015)	75 a 200 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com B/R = 3/7	Aumento de carotenóides e antioxidantes
Morango	Naznin et al. (2016)	120 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R/B 19/1	Aumento da biomassa
Pepino	Hernández & Kubota, (2014).	54 $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ com R	Aumento do crescimento e da morfologia

Fonte: elaborado pelo autor

Esses estudos são específicos para cada espécie e demonstram que, além da quantidade de fluxo luminoso, para sua reprodução, é necessário que as luminárias existentes no mercado tenham opções de regulação do fluxo, se possível com dimerização separada para cada comprimento de onda.

Como se pode perceber, as intensidades de luz e as proporções para cada faixa de comprimento de onda são bastante variáveis. Para a utilização desses resultados, é fundamental ter dados técnicos precisos sobre as luminárias e mecanismos de controle de cada faixa de luz que é emitida. Porém, a maioria das luminárias existentes no mercado ainda não oferece as informações e os recursos necessários para sua aplicação em horticultura. São poucas as luminárias que fornecem os dados completos para os cálculos luminotécnicos e a dimerização, que quando presente, geralmente não ocorre separadamente para cada faixa de luz. Há, portanto, diversos pontos de dificuldade para a implementação de projetos de iluminação na horticultura, incluindo a falta de programas de simulação que ofereçam as curvas de distribuição do PPFd no nível das plantas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um experimento com a Luminária LED GROW UP UTILUZ (Figura 1) com o objetivo de desenvolver e difundir uma metodologia que viabilize o emprego das luminárias na horticultura, facilitando o desenvolvimento de projetos conforme as necessidades do produto a ser cultivado e do espaço existente. Deseja-se estudar como a distribuição da intensidade de luz expressa em *Photosynthetic Photon Flux Density* (PPFD) ocorre no plano em que a luz é aplicada e quais os efeitos do distanciamento e da aproximação da luminária.

Esta luminária produz 34% de luz na faixa do azul (450 nm) e 66% na faixa do vermelho (650 nm). Embora tenha condições de dimerização, não é possível realizar a dimerização separada por comprimento de onda.

Figura 1 - Luminária LED GROW UP UTILUZ



Fonte: <https://utiluz.com/categoria-produto/led-grow-up/>

A luminária foi instalada em uma sala com dimensões de 2,35m x 4,20m e pé-direito de 3m, sem outra fonte de luz. As avaliações do PPFd foram realizadas em várias distâncias tomadas a partir do ponto central da fonte luminosa, de forma a construir as curvas de distribuição das intensidades de luz no plano horizontal para cada situação. Os

valores de PPFD foram calculados a partir das medições realizadas com o Espectrofotômetro marca Everfine SPIC-200.

A partir dos valores fornecidos pelo aparelho em Lux, foram construídas as curvas de distribuição horizontal dos valores de PPFD em $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ para as distâncias de 1.75m, 1.00 m e 0.60m da fonte.

Para a conversão de LUX para $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

$$\text{RED (650 nm)} \rightarrow \mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1} = \text{Lux} \times 0,768$$

$$\text{BLUE (450 nm)} \rightarrow \mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1} = \text{Lux} \times 0,116$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para melhor compreensão e visualização dos resultados, foi construída uma malha ortogonal, onde os pontos estão distanciados de 20 cm. Os resultados foram colocados em cada ponto da malha ortogonal e, por interpolação, foram construídas isolinhas que limitam faixas de intensidade de luz. Esta forma de apresentação dos resultados permite ver as curvas de distribuição de intensidade por faixa de $\mu\text{mol m}^2.\text{s}^{-1}$ e comparar de forma prática os efeitos da aproximação da luminária em relação ao plano iluminado.

3.1 RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM $\mu\text{MOL/M}^2\text{S}$ PARA A DISTÂNCIA DE 1,75 M

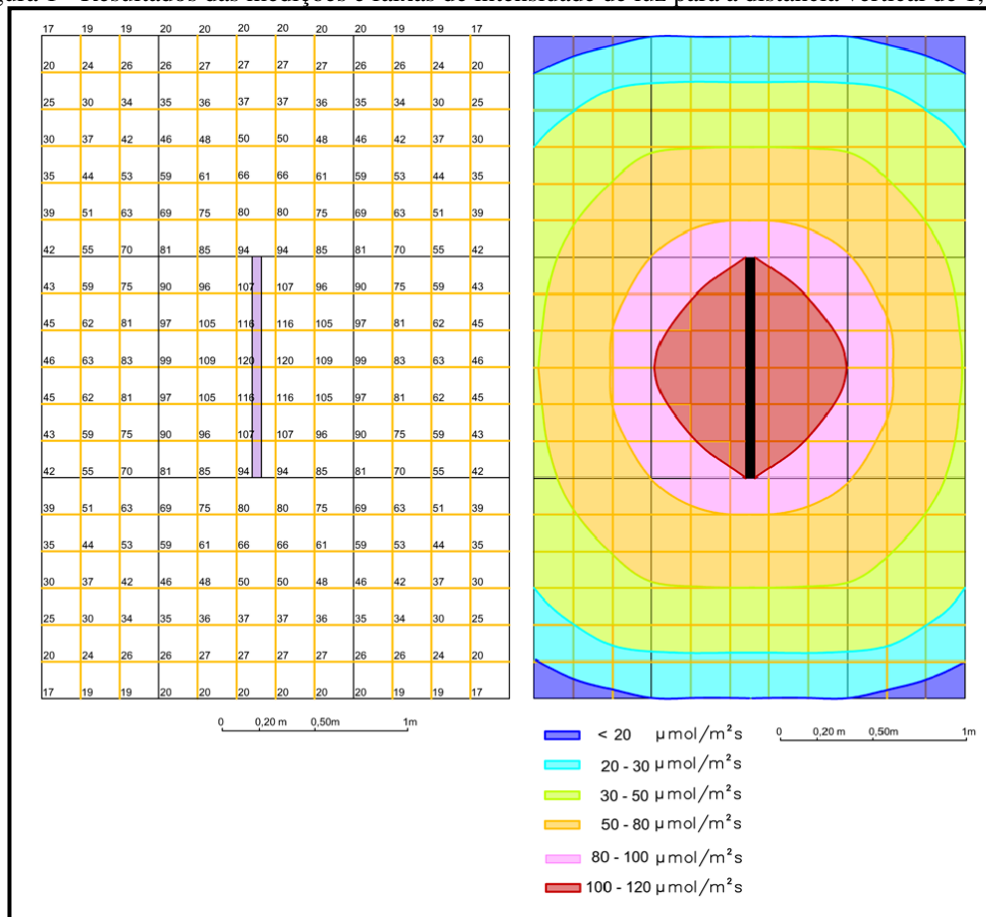
A Figura 1 mostra os resultados para cada ponto da malha ortogonal e as curvas de distribuição por faixas de luz em $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$. Na representação das curvas foram utilizadas seis faixas progressivas de intensidade de luz, sendo a primeira correspondente a valores inferiores a $20\ \mu\text{mol/m}^2\text{s}$ e a última, a valores entre 100 e $120\ \mu\text{mol/m}^2\text{s}$.

Verifica-se que as faixas são relativamente largas e a transição entre as intensidades luminosas se faz de forma gradual da região mais central, localizada logo abaixo da luminária, para a região mais periférica. Os valores diminuem de $120\ \mu\text{mol/m}^2\text{s}$ até $20\ \mu\text{mol/m}^2\text{s}$.

Quando a luminária está mais distante, a distribuição é mais homogênea e ocorrem menos contrastes entre as faixas. Como as faixas intermediárias são relativamente largas, há maior facilidade de compor o ambiente por meio da utilização de várias

luminárias colocadas em paralelo, de forma que as regiões periféricas se sobreponham e a intensidade de luz atinja os valores desejados, de acordo com a cultura realizada no local.

Figura 1 - Resultados das medições e faixas de intensidade de luz para a distância vertical de 1,75 m



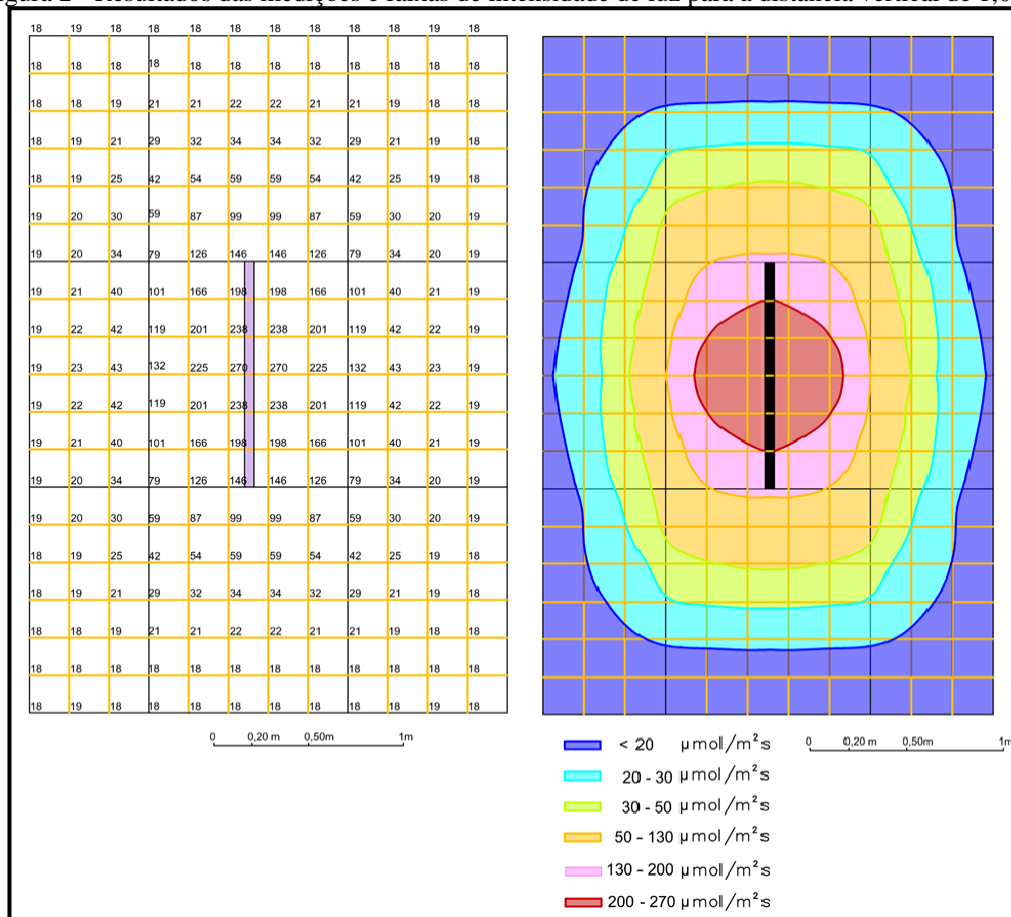
Fonte: elaborado pelo autor

3.2 RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM μ MOL/M² S PARA A DISTÂNCIA DE 1,00 M

A Figura 2 mostra os resultados para cada ponto da malha ortogonal e as curvas de distribuição por faixas de luz em μ mol/m² s. Na representação das curvas foram utilizadas seis faixas progressivas de intensidade de luz, sendo a primeira correspondente a valores inferiores a 20 μ mol/m² s e a última, a valores entre 200 e 270 μ mol/m² s.

Ao aproximar a luminária, ocorre um aumento da área com intensidades de luz abaixo de 20 μ mol/m² s. Nota-se, também, aumento do contraste da área mais central (intensidade de luz chega a 270 μ mol/m² s) para a área mais periférica (intensidade de luz inferior a 20 μ mol/m² s). As faixas intermediárias ficam mais estreitas e a área de intensidade aproveitável para uso em horticultura fica menor. Para algumas espécies, a área central, pintada em vermelho, pode ocasionar inibição da fotossíntese pelo excesso de luz, provocando danos sobre o metabolismo da planta e prejuízos para o crescimento.

Figura 2 - Resultados das medições e faixas de intensidade de luz para a distância vertical de 1,00 m



Fonte: elaborado pelo autor

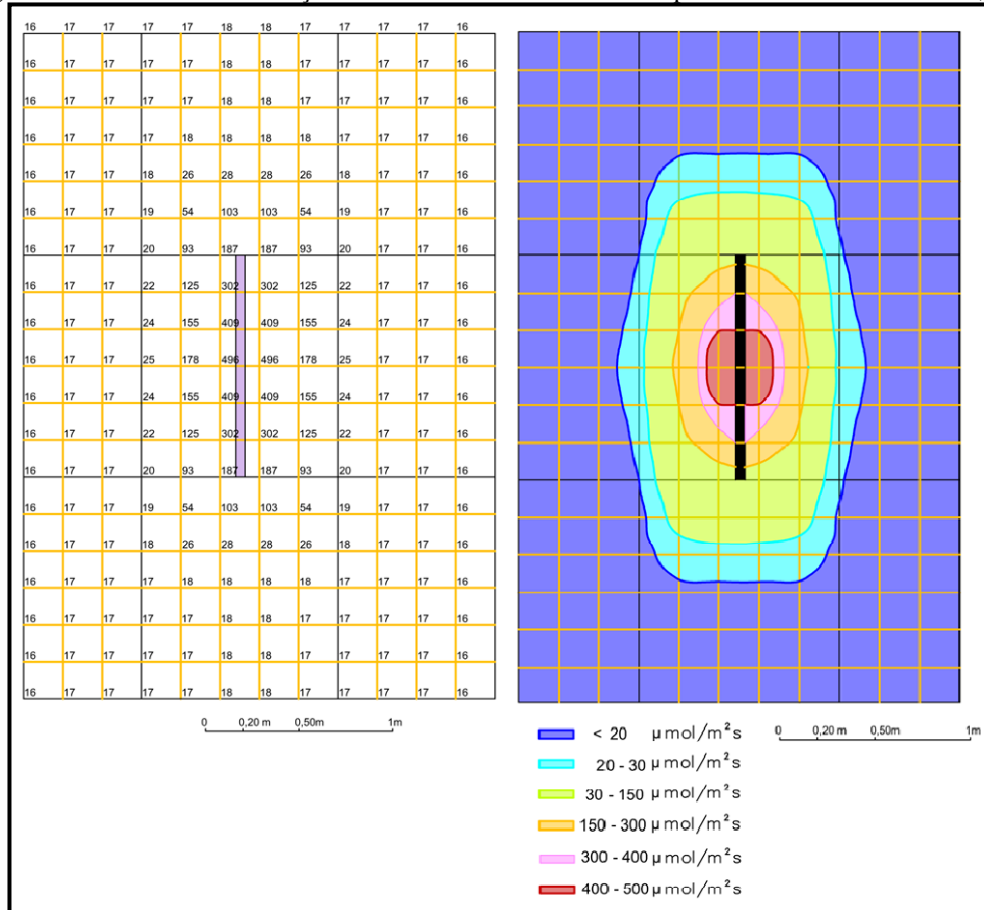
3.3 RESULTADOS DAS MEDIÇÕES EM $\mu\text{MOL}/\text{M}^2\text{S}$ PARA A DISTÂNCIA DE 0,60 M

A Figura 3 mostra os resultados para cada ponto da malha ortogonal e as curvas de distribuição por faixas de luz em $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Na representação das curvas foram utilizadas seis faixas progressivas de intensidade de luz, sendo a primeira correspondente a valores inferiores a $20\ \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ e a última, a valores entre 400 e $500\ \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$.

Com a aproximação da luminária em relação ao plano de medição, ocorre mais alargamento da área com intensidade luminosa abaixo de $20\ \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Por outro lado, a área central (área pintada em vermelho) apresenta intensidades luminosas muito elevadas (próximo de $500\ \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$), capazes de danificar a planta. A transição da área de maior intensidade luminosa para a área com intensidade luminosa insuficiente é muito brusca e dificulta o aproveitamento das áreas intermediárias, muito estreitas. Essa disposição

requer muito cuidado para não posicionar a planta em faixas de luz que possam provocar estresse e queimaduras.

Figura 3 - Resultados das medições e faixas de intensidade de luz para a distância vertical de 0,60 m



Fonte: elaborado pelo autor

4 CONCLUSÕES

O estudo mostra a importância da análise pormenorizada da curva de distribuição da luz e da posição das isolinhas para a realização de um projeto de iluminação para horticultura. A mudança da distância da luminária traz efeitos substanciais sobre a intensidade e a forma de distribuição da luz. Neste sentido, são bastante diferentes os efeitos da aproximação da luminária em relação aos efeitos da dimerização, pois, no primeiro caso, altera-se acentuadamente o padrão de distribuição e a largura das isolinhas, criando maiores contrastes. Esses efeitos têm grande importância nos projetos de iluminação, porque podem provocar contrastes acentuados, com faixas de intensidades de luz muito elevadas nas áreas situadas logo abaixo da luminária e alargamento das faixas com intensidades insuficientes de luz.

Apesar das poucas informações prestadas pelos fabricantes de luminárias é preciso investir no detalhamento destas informações para conseguir o retorno desejado nos projetos de iluminação em horticultura.

Outro aspecto importante, é a necessidade de dimerização separada dos diversos comprimentos de onda fornecidos pela luminária. Como as proporções dos diversos comprimentos de onda necessários para o melhor crescimento e acúmulo de nutrientes variam muito de uma espécie para outra (vide tabela 1), é fundamental que a luminária tenha condições de ajuste de forma individualizada para a luz vermelha e a luz azul. A luminária objeto deste estudo, por exemplo, não permite este ajuste, o que limita sua utilização em certas culturas.

Conclui-se que o projeto de iluminação em horticultura é complexo e exige uma análise detalhada das curvas de distribuição da intensidade da luz para os resultados pretendidos quanto ao conteúdo nutricional dos alimentos. Para isto, é fundamental construir as curvas de distribuição de intensidade de luz em $\mu \text{ mol/m}^2 \text{ s}$ para cada luminária, para embasar com dados técnicos o processo projetual. O oferecimento desses dados pelos fabricantes poderia facilitar o emprego das luminárias. Outro aspecto importante na escolha das luminárias, é que o sistema de dimerização precisa ser individualizado por comprimento de onda, de forma a permitir ajustes de acordo com as necessidades de cada planta.

REFERÊNCIAS

BANTIS, F.; SMIRNAKOU, S.; OUZOUNIS, T.; KOUKOUNARAS, A.; NTAGKAS, N.; RADOGLU, K. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs). *Scientia Horticulturae*, 2018, 235, 437–451. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.058>

BLIZNIKAS, Z.; ŽUKAUSKAS, A.; SAMUOLIENĖ, G.; VIRŠILĖ, A.; BRAZAITYTĖ, A.; JANKAUSKIENĖ, J.; DUCHOVSKIS, P.; NOVIČKOVAS, A. Effect of Supplementary Pre-Harvest LED Lighting on the Antioxidant and Nutritional Properties of Green Vegetables. *Acta Hort.*, 2012, 939, 85-92.

CHEN, X.; YANG, Q.; SONG, W.; WANG, L.; GUO, W.; XUE, X. Growth and nutritional properties of lettuce affected by different alternating intervals of red and blue LED irradiation. *Scientia Horticulturae*, 2017, 223, 44–52. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.037>

CHOI, H. G.; MOON, B. Y.; KANG, N. J. Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic greenhouse and in a growth chamber. *Scientia Horticulturae* 189, 2015, 22–31. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.03.022>.

CIESLA, J. S.; AMARAL, M. A.; AKKARI, A. C. S.; GUIMARÃES, D. H. P. G.; ROSA, M. T. M. G. Photovoltaic panels and led lamps: technical analysis of implementation viability. *Brazilian Journal of Development*, V. 5, N° 10, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n10-113>.

DESMARCHELIER, C.; BOREL, P. Overview of carotenoid bioavailability determinants: From dietary factors to host genetic variations. *Trends in Food Science & Technology*, 2017, 69, 270–280. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.002>.

EISENHAUER, B.; NATOLI, S.; LIEW, G.; FLOOD, V. (2017). Lutein and Zeaxanthin—Food Sources, Bioavailability and Dietary Variety in Age-Related Macular Degeneration Protection. *Nutrients*, 2017, 9(2), 120. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/nu9020120>.

FAN XIAO-XUE; XU, ZHI-GANG, LIU, XIAO-YING; TANG, CAN-MING; WANG LI-WEN; HAN, XUE-LIN. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae*, 2013, 153, 50–55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.017>.

HATA, N.; HAYASHI, Y.; ONO, E.; SATAKE, H.; KOBAYASHI, A.; MURANAKA, T.; OKAZAWA, A. Differences in plant growth and leaf sesamin content of the lignan-rich sesame variety ‘Gomazou’ under continuous light of different wavelengths. *Plant Biotechnology*, 2013, 30, 1–8. DOI: <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.12.1021a>.

HERNÁNDEZ, R.; KUBOTA, C. Growth and morphological response of cucumber seedlings to supplemental red and blue photon flux ratios under varied solar daily light integrals. *Scientia Horticulturae* 173, 2014, 92–99. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.035>.

HOLICK, C. N.; MICHAUD, D. S.; STOLZENBERG-SOLOMON, R.; MAYNE, S. T.; PIETINEN, P.; TAYLOR, P. R.; VIRTAMO, J.; ALBANES, D. Dietary Carotenoids, Serum β -Carotene, and Retinol and Risk of Lung Cancer in the Alpha-Tocopherol, Beta-Carotene Cohort Study. *American Journal of Epidemiology*, 2002, 156(6), 536–547. DOI: <https://doi.org/10.1093/aje/kwf072>.

HUANG, M.-Y.; LIN, K.-H.; LU, C.-C.; CHEN, L.-R.; HSIUNG, T.-C.; CHANG, W.-T. The intensity of blue light-emitting diodes influences the antioxidant properties and sugar content of oyster mushrooms (*Lentinus sajor-caju*). *Scientia Horticulturae*, 2017, 218, 8–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.014>

LEFSRUD, M. G.; KOPSELL, D. A.; SAMS, C. E. Irradiance from Distinct Wavelength Light-emitting Diodes Affect Secondary Metabolites in Kale. *HortScience*, 2008, 43(7):2243–2244.

LI, Q., DENG, M.; XIONG, Y.; COOMBES, A.; ZHAO, W. Morphological and Photosynthetic Response to High and Low Irradiance of *Aeschynanthus longicaulis*. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–8. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/347461>.

LI, Q.; KUBOTA, C. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*, 2009, 67, 59–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.06.011>.

MAHONEY, S. E.; LOPRINZI, P. D. Influence of flavonoid-rich fruit and vegetable intake on diabetic retinopathy and diabetes-related biomarkers. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 2014, 28(6), 767–771. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2014.06.011>.

MARES-PERLMAN, J. A.; MILLEN, A. E.; FICEK, T. L.; HANKINSON, S. E. The Body of Evidence to Support a Protective Role for Lutein and Zeaxanthin in Delaying Chronic Disease. *J Nutr.* 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/132.3.518S>.

MICHAUD, S. D.; FESKANICH, D.; RIMM, E. B.; COLDITZ, G. A.; SPEIZER, F. E.; WILLETT, W. C.; GIOVANNUCCI, E. Intake of specific carotenoids and risk of lung cancer in 2 prospective US cohorts. *American Journal of Clinical Nutrition* 2000; 72: 990–997. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/72.4.990>.

MIZUNO, T.; AMAKI, W.; WATANABE, H. Effects of Monochromatic Light Irradiation by LED on the Growth and Anthocyanin Contents in Leaves of Cabbage Seedlings. *Acta Hort.*, 2011, 907, 179-184. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.907.25>.

NAZNIN, M. T; LEFSRUD, M.; GRAVEL, V.; HAO, X. Using different ratios of red and blue LEDs to improve the growth of strawberry plants. *Acta Hort.*, 2016, 1134, 125-130. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1134.17>.

OUZOUNIS, T.; RAZI PARJIKOLAEI, B.; FRETTE, X.; ROSENQVIST, E.; OTTOSEN, C.-O. (2015). Predawn and high intensity application of supplemental blue light decreases the quantum yield of PSII and enhances the amount of phenolic acids, flavonoids, and pigments in *Lactuca sativa*. *Frontiers in Plant Science*, 2015, 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00019>.

PIOVENE, C.; ORSINI, F.; BOSI, S.; SANOUBAR, R.; BREGOLA, V.; DINELLI, G.; GIANQUINTO, G. Optimal red:blue ratio in led lighting for nutraceutical indoor horticulture. *Scientia Horticulturae*, 2015, 193, 202–208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.015>.

SAMUOLIEN, G.; BRAZAITYT, A.; SIRTAUTAS, R.; VIRSILE, A.; SAKALAUŠKAIT, J.; SAKALAUŠKIENĖ, S.; DUCHOVSKIS, P. LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. *J Sci Food Agric.*, 2013; 93: 3286–3291. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6173>.

SHIGA, T.; SHOJI, K.; SHIMADA, H.; HASHIDA, S.; GOTO, F.; YOSHIHARA, T. Effect of light quality on rosmarinic acid content and antioxidant activity of sweet basil, *Ocimum basilicum* L. *Plant Biotechnology*, 2009, 26(2), 255–259. DOI: <https://doi.org/10.5511/plantbiotechnology.26.255>.

STANVEER, A.; AKRAM, K.; FAROOQ, U.; HAYAT, Z.; SHAFI, A. (2015). Management of diabetic complications through fruit flavonoids as a natural remedy.

Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2017, 57(7), 1411–1422. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.1000482>.

VERKERKE, W.; LABRIE, C.; DUECK, T. The effect of light intensity and duration on vitamin C concentration in tomato fruits. *Acta Hortic.* 2015, 1106, 49-53. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1106.8>.

WEISBURGER, J. H. Lycopene and Tomato Products in Health Promotion. *Experimental Biology and Medicine*, 2002, 227(10), 924–927.

YORIO, N. C.; GOINS, G. D.; KAGIE, H. R. Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplementation. *Hortscience* 36(2):380–383. 2001.