

## **EFEITO DA ILUMINAÇÃO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ SOB PIGMENTOS FOTOSSÍNTETICOS DE ALFACE**

SABRINA CORDEIRO DE LIMA<sup>1\*</sup>; BRUNO GAUDÊNCIO DE ALMEIDA<sup>2</sup>; RAFAELA FÉLIX BÁSILIO GUIMARÃES<sup>3</sup>; TAINARA TÂMARA SANTIAGO SILVA<sup>4</sup>; JUAREZ PAZ PEDROZA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Doutoranda em Engenharia Agrícola UFCG, Campina Grande-PB, [sabrina.lcordeiro@gmail.com](mailto:sabrina.lcordeiro@gmail.com);

<sup>2</sup>Mestrando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, [brunogaudenciocg@hotmail.com](mailto:brunogaudenciocg@hotmail.com);

<sup>3</sup>Doutoranda em Engenharia Agrícola UFCG, Campina Grande-PB, [rafaellafelix\\_@hotmail.com](mailto:rafaellafelix_@hotmail.com);

<sup>4</sup>Doutoranda em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, [tainara.eng.agri@gmail.com](mailto:tainara.eng.agri@gmail.com);

<sup>5</sup>Dr. Prof., UFCG, Campina Grande-PB, [juarez@deag.ufcg.edu.br](mailto:juarez@deag.ufcg.edu.br)

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** A luz é fundamental para a realização de fotossíntese nas plantas, e a iluminação artificial de estufas hortícolas utilizando luzes de LED tem-se mostrado uma técnica eficiente na produção agrícola. Deste modo, objetivou-se com este estudo investigar os teores de clorofila *a*, clorofila *b*, e carotenoides da alface (*Lactuca sativa* L.) submetida à iluminação LED, e qualificar as fontes de luz em termos de eficiência fotossintética. Os tratamentos de luz aplicados foram diferentes combinações de luzes de LED em vermelho e azul (R/B) na faixa espectral de 445 – 660 nm (LED 5:1, LED 3:1, LED R:B e LED 6:3), e duas cultivares de alface (Crespa e Lisa) resultando em um fatorial 4x2, em delineamento inteiramente casualizado, com 6 repetições. As cultivares foram avaliadas quanto ao conteúdo de pigmentos fotossintéticos determinados em laboratório. Os pigmentos clorofila *a*, *b* e carotenoides da combinação de LED R:B apresentaram valores mais expressivos quando comparado com os demais tratamentos de luz, e apenas para a cultivar de alface crespa. Já a combinação de LED 6:3 não possibilitou para as plantas energia luminosa suficiente para realização da fotossíntese, ocasionando a morte de todas as plantas deste tratamento. Pode-se dizer, portanto, que as combinações de azul e vermelho afetam o conteúdo de pigmentos nas folhas da alface.

**PALAVRAS-CHAVE:** LED, *Lactuca Sativa* L., Clorofila, Carotenoides.

### **EFFECT OF ILLUMINATION OF LIGHT-EMITTING DIODES UNDER PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF LETTUCE**

**ABSTRACT:** Light is fundamental for photosynthesis in plants, and artificial lighting of horticultural greenhouses using LED lights has proven to be an efficient technique in agricultural production. The objective of this study was to investigate the levels of chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids of lettuce (*Lactuca sativa* L.) subjected to LED lighting, and to qualify light sources in terms of photosynthetic efficiency. The applied light treatments were different combinations of red and blue (R / B) LED lights in the spectral range of 445-660 nm (5: 1 LED, 3: 1 LED, R: B LED and 6: 3 LED) , and two lettuce (Curly and Smooth) cultivars resulting in a 4x2 factorial, in a completely randomized design with 6 replicates. The cultivars were evaluated for the content of photosynthetic pigments determined in the laboratory. The chlorophyll a, b and carotenoid pigments of the R: B LED combination presented more expressive values when compared to the other light treatments, and only for the cultivar of crisp lettuce. However, the 6: 3 LED combination did not allow plants sufficient light energy to perform photosynthesis, causing the death of all plants of this treatment. It can be said, therefore, that the combinations of blue and red affect the content of pigments in lettuce leaves.

**KEYWORDS:** LED, *Lactuca sativa* L., Chlorophyll, Carotenoids.

## INTRODUÇÃO

As pesquisas em horticultura já estabeleceram que as radiações em bandas espectrais estreitas podem otimizar a absorção de clorofila nas plantas e influenciam no processo do fotossíntese (Massa, 2008). E muito do que sabemos sobre a fotossíntese conduzida por diodos emissores de luz (LED) vem de estudos que determinaram o conteúdo de pigmentos fotossintéticos (Amoozgar et al., 2016).

A tecnologia de LED pode ser compatível com a fotossíntese e as necessidades de receptores de luz das plantas, devido a uma ampla gama de comprimentos de onda de pico de emissão (250 -1 000 nm) e a capacidade de controlar a intensidade da luz (Olle & Viršilė, 2013).

A combinação de luz vermelha e azul é a mais utilizada em pesquisas, porque estes são os espectros mais eficazes para o processo fotossintético, sendo que a ausência de uma dessas duas bandas resulta em ineficiências fotossintéticas (Hogewoning et al., 2010). Os comprimentos de onda dos LEDs vermelhos se encaixam com picos de absorção de clorofilas e fitocromo, enquanto os fotorreceptores de luz azul controlam a abertura dos estômatos, proporcionando assim mais CO<sub>2</sub> para a fotossíntese (Darko et al., 2014). Além disso, muitas vias metabólicas secundárias em plantas foram observadas como sendo dependentes da relação de luz LED azul - vermelha (Son & Oh, 2013).

A Alface desempenha um papel importante na dieta humana. Sua produtividade e qualidade dependem de vários fatores ambientais, com a luz desempenhando um dos papéis principais (Mou, 2012). Os estudos de utilização de LEDs como fonte de luz para alface (Ouzounis et al., 2015) foram apresentados em câmaras e estufas de ambiente controlado e a eficiência da combinação de LEDs vermelho e azul, e uma maior atividade fotossintética foi determinada, o que demonstra a viabilidade desta tecnologia.

Neste estudo, determinamos os efeitos de luzes de LED em diferentes proporções no espectro de luminescência na fisiologia de duas cultivares de Alface, com o intuito de determinar qual fonte de luz produz um melhor desempenho entre os teores de clorofila *a*, *b*, e carotenóides.

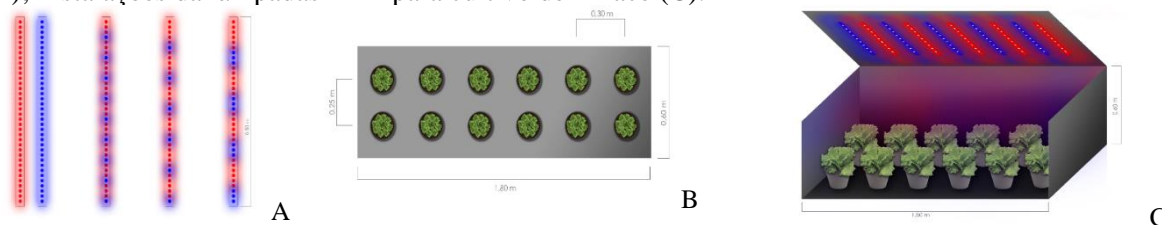
## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Utilizou-se estrutura vertical composta por quatro prateleiras de alvenaria em ambiente livre de influências externas.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com seis repetições sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial (4x2). Os fatores estudados foram 4 variações de Luz com função RGB para iluminação hortícola em diferentes combinações de Vermelho e Azul (R:B) comercialmente disponíveis. Sendo tipos de variações das barras de LED em vermelho e azul (R:B), 6:3, 5:1, 3:1 e LED 100% Vermelha e 100% azul alternadas (LED R:B) (Figura 1 A), e 2 cultivares de alface (Lisa e Crespa), totalizando 48 unidades experimentais. A unidade experimental foi constituída de uma planta por vaso espaçadas em 30x25 cm (Figura 1 B). As barras de LED foram instaladas na parte superior das prateleiras, 30 cm acima das plantas, espaçadas em 15 cm, totalizando 10 barras por prateleira (Figura 1 C).

Figura 1. Combinações de luz R/B (vermelho/azul) (A); Disposição dos vasos nas bancadas de cultivo (B); Instalações da lâmpadas LED para cultivo de Alface (C).



Os LEDs RGB obtinham saídas de pico nas regiões do vermelho e azul com uma energia espectral a 445 nm da região do azul (B) e 660 nm na região do vermelho (R). Cada barra de LED tinha 50cm, composta por 36 lâmpadas com uma potência de saída de 10 W. As barras foram conectadas a uma fonte de 12v e 5A (em cada prateleira).

Para regular o fotoperíodo do sistema, foi usado um timer digital programável, proporcionando às plantas um fotoperíodo de 12 horas. A atmosfera de estufa não foi enriquecida em CO<sub>2</sub> durante esta experiência.

As mudas de cultivares de Alface “Crespa” (Veneranda) e “Lisa” (Regina) foram fornecidas por produtor do município de Lagoa Seca-PB. Estas foram semeadas em espuma fenólica e coletadas para transplante com 30 dias após semeadura (DAS), tendo em média 8 folhas definitivas. Sendo transplantadas para vasos de 4,8l, composto por uma camada de brita e tela abaixo da camada de solo para facilitar a drenagem. Os vasos foram completados com cerca de 5 kg de solo de textura Franco Arenosa.

Utilizou-se adubação química (NPK) seguindo metodologia proposta por Novais et al. (1991) para adubação básica de solo, onde a fonte de nitrogênio foi o nitrato de cálcio (15,5% de Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), a fonte de fósforo foi o ortofosfato simples (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e de potássio, o cloreto de potássio (60% de K). O solo foi adubado antes de ser transferido para os vasos.

Para confecção da curva retenção de água no solo utilizou-se o Software SWRC Fit tomando como parâmetro a equação de Van Genuchten (1980). Para manejo da irrigação foram instalados as 15 cm de profundidade 4 tensiômetros de punção um em cada prateleira de tratamento de Luz. Com tensiômetro digital foram aferidas diariamente a tensão de retenção de água no solo. A umidade crítica tomada como parâmetro foi 15 kpa (Marouelli, 2008). O solo para recebimento das plantas de alface foi colocado em seu estado de capacidade de campo, aplicando uma lâmina de água de 23mm, por ocasião de transplante, e realizada a reposição quando acusada a tensão crítica estabelecida.

Para o procedimento de determinações dos teores de clorofila em laboratório ao fim do experimento (21 dias após transplante), foram retirados discos foliares com diâmetro de 0,771mm da lâmina foliar por meio de um furador, entre a borda e a nervura central da folha. Os teores de clorofilas a e b, e os carotenoides foram quantificados por meio da extração dos pigmentos das amostras retiradas das folhas frescas que, após pesadas, foram trituradas em placas de petri em ambiente com mínima luminosidade, e colocadas em recipientes contendo 6 mL de acetona 80%, mantendo-as no escuro e sob refrigeração durante 72 horas; em seguida, coletou-se os sobrenadantes contendo os pigmentos extraídos e se procedeu as leituras de absorbâncias.

Para a leitura foi utilizado o equipamento espectrofotômetro da marca Spectrum SP-2000UV, nos comprimentos de onda a 470, 647 e 663 nm, utilizando acetona 80% como branco. As determinações dos níveis das clorofilas e carotenoides foram realizadas pelo método descrito por Lichtenthaler (1987).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F utilizando o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2014). Os efeitos das diferentes variações nas combinações da iluminação e das cultivares foram comparados pelo teste de Tukey ao nível de 1 e 5% de probabilidade ( $p < 0,01$ ;  $p < 0,05$ ). Na ocorrência de interação entre os fatores desdobraram-se os efeitos dos tratamentos de luz em função das cultivares.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As respostas dos pigmentos fotossintéticos encontrados nas folhas das cultivares de alface produzidas sob iluminação LED, analisadas pelo teste de F, mostram que o fator iluminação (L) foi representativo para todas as variáveis estudadas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F. Com relação ao fator cultivar (C), este foi significativo a 5% de probabilidade para a concentração de Clorofila a, não apresenta significância para a Clorofila b, e para o teor de carotenoides apresentou efeito significativo a 1%. A interação entre os fatores LxC foi significativa a 1% para todas as variáveis estudadas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as variáveis clorofila a, b e carotenóides de alface cultivada sob Diodos Emissores de Luz (LED) aos 21 DAT.

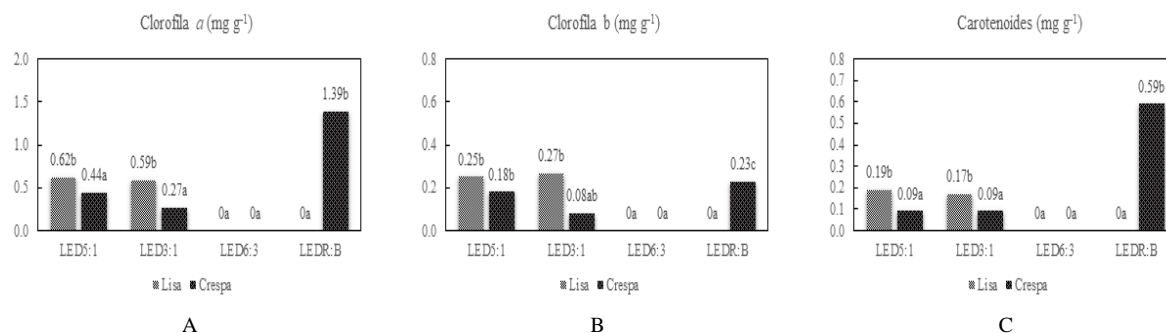
	GL	Clorofila a	Clorofila b	Carotenóides
		QM		
<b>Iluminação</b>	<b>3</b>	0,936072**	0,091102**	0,1622**
<b>Cultivar</b>	<b>1</b>	0,710533*	0,000208 <sup>ns</sup>	0,153002**
<b>IxC</b>	<b>3</b>	1,838168**	0,0944298**	0,319062**
<b>erro</b>	<b>40</b>	0,105973	0,005655	0,009116
<b>CV (%)</b>		13,22	5,69	6,07

GL: Graus de Liberdade; QM: Quadrados médios; CV: Coeficiente de Variação (transformação  $(X+0,5)^{1/2}$ ); \*\* Significativo a 1% e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F de Tukey.

O tratamento de luz com combinação 6:3 não favorece o desenvolvimento das plantas da alface, e por sua vez, ocasionando na perda de todas as unidades experimentais.

Os resultados deste estudo mostram que, a fonte de luz R:B da cultivar crespa propicia um teor de *clorofila a* elevado quando comparado com os demais tratamentos, o que pode resultar em uma maior capacidade da planta em realizar fotossíntese sob tal condição de iluminação. Por outro lado, na cultivar lisa foi afetada negativamente causando a perda das plantas, que não resistiram até o final do experimento. Em contrapartida, para os demais tratamentos (LED5:1 e LED 3:1), a cultivar lisa apresenta-se com teores de clorofila a mais elevados (Figura 2A).

Figura 2. Teor de clorofila a (A) e clorofila b (B) e carotenóides © de cultivares de alface em função das combinações R/B de lâmpadas de LED.



Tratando-se do teor de clorofila b e carotenóides, os resultados foram análogos à clorofila a. (Figura 2B e C).

Segundo Hogewoning et al. (2010) a capacidade fotossintética das folhas das plantas é diretamente proporcional a combinação vermelha e azul (R/B) de luzes de LED.

Esses resultados sugerem que, quando se utiliza fontes de iluminação com diferentes relações R/B, uma maior quantidade de azul aumentaria o teor de clorofila da cultivar crespa, que é o caso do tratamento R:B. O que poderia melhorar a capacidade de captura original de luz e melhorar a saúde das alfaces. Contudo, a razão R/B ideal requer estudo adicional, bem como a duração da iluminação, cultivares adaptáveis e as condições ambientais.

Uma maior acumulação desses pigmentos (*Clorofila a*, *b* e carotenóides) pode levar à maior absorção de luz, eliminação de reações induzidas pela luz espécies de oxigênio e, conseqüentemente, melhoraram o crescimento do broto (Johkan et al., 2010).

Há também um número considerável de estudos que indicam que a síntese e o conteúdo de Clorofila (*a* e *b*) e carotenóides são maiores em alface e outras plantas tratadas com LEDs azuis em comparação com as outras luzes (Markou, 2014).

Durante toda a condução do experimento, a tensão de retenção de água no solo não chegou ao seu estado crítico, ou seja, durante os 21 dias que sucederam as amostragens não foi necessário a realização de irrigação, tendo em vista que, no ambiente de cultivo as perdas de água foram mínimas.

## CONCLUSÃO

As combinações de LED azul e vermelho afetaram o conteúdo de pigmentos nas folhas da alface. Porém, ainda serão necessários mais estudos que descrevam os efeitos de diferentes combinações de qualidades de luz em condições de estufa.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa ao primeiro autor.

## REFERÊNCIAS

- Amoozgar, A.; Mohammadi, A.; Sabzalian, M. R. Impact of light-emitting diode irradiation on photosynthesis, phytochemical composition and mineral element content of lettuce cv. grizzly. *Photosynthetica*, v.55, n.1, p.85-95, 2017.
- Darko, E.; Heydarizadeh, P.; Schoefs, B.; Sabzalian, M. R. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. *Phil. Trans. R. Soc. B*, v.369:20130243, n.1640, 15p, 2014.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.
- Hogewoning, S. W.; Trouwborst, G.; Maljaars, H.; Poorter, H.; Van Leperen, W.; Harbinson, 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.
- Johkan, M.; Shoji, K.; Goto, F.; Hashida, S. N.; Yoshihara, T. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *Hortscience*, v.45, n.12, p.1809-1814, 2010.
- Lichenthaler, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic apparatus biomembranes. *Methods in Enzymology*, v.148, p.349-382, 1987.
- Markou, G. Effect of various colors of light-emitting diodes (leds) on the biomass composition of *arthrospira platensis* cultivated in semi-continuous mode. *applied biochemistry and biotechnology*, v.172, n.5, p.2758-2768, 2014.
- Marouelli, W. A. Tensiômetro para o controle de irrigação em hortaliças. Embrapa Hortaliças. Circular técnica, 2008. 15p.
- 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.
- Mou, B. Nutritional quality of lettuce. *Current nutrition & Food science*, v.8, n.3, p.177-187, 2012.
- Olle, M.; Viršile, A. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. *Agricultural and food science*, v.22, n.2, p.223-234, 2013.
- Ouzounis, T.; Razi Parjikelaei, B.; Fretté, X.; Rosenqvist, E.; Ottosen, C. O. 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*, v.6, p.19, 2015.
- Son, K.; Oh, M. Leaf shape, growth, and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes. *Hortscience*, v.48, n.8, p.988-995, 2013.