

ALESSANDRA SINAIDI ZANDONADI

LUZ ARTIFICIAL NO CONTROLE DO FLORESCIMENTO DE CRISÂNTEMO DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: José Geraldo Barbosa

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Zandonadi, Alessandra Sinaidi, 1984-
Z27L Luz artificial no controle do florescimento de crisântemo de
2021 corte / Alessandra Sinaidi Zandonadi. – Viçosa, MG, 2021.
1 tese eletrônica (56 f.): il.

Inclui anexos.

Orientador: José Geraldo Barbosa.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2021.

Referências bibliográficas: f. 53-56.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.086>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Crisântemo - Crescimento. 2. Iluminação artificial.
3. Flores - Cultivo. I. Barbosa, José Geraldo, 1955-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
III. Título.

CDD 22. ed. 635.9

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

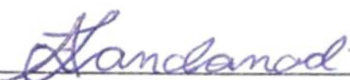
ALESSANDRA SINAIDI ZANDONADI

LUZ ARTIFICIAL NO CONTROLE DO FLORESCIMENTO DE CRISÂNTEMO DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de
Doctor Scientiae.

APROVADA: 02 de dezembro de 2021

Assentimento:



Alessandra Sinaidi Zandonadi
Autora



José Geraldo Barbosa
Orientador

“Em qualquer circunstância, trabalha e espera por Deus, cujo infinito amor não te faltará”. (Emmanuel)

AGRADECIMENTOS

A Deus por me sustentar nos momentos de dificuldade e iluminar meus passos nessa longa caminhada, tornando possível essa conquista.

À Universidade Federal de Viçosa e à cidade de Viçosa por todos esses anos vividos e por toda sabedoria adquirida.

Ao professor José Geraldo Barbosa, pelo enorme incentivo, confiança, desenvolvimento profissional e pessoal, pela orientação, dedicação, atenção e pela amizade durante os 14 anos de convivência. Obrigada por ser meu exemplo de professor, orientador e pai!

Aos professores José Antônio Grossi e Edgard Augusto de Toledo Picoli pelos ensinamentos, conversas, conselhos e coorientação.

Ao Programa de Pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade. Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus pais, Mateus (*in memorian*) e Lourdes por todo amor, carinho, paciência, conselhos, sabedoria e ensinamentos a mim dedicados.

Ao Ciro pelo amor, dedicação, paciência, orientação, conselhos e ajuda durante todo esse processo. À minhas filhas, Sofia e Laura, por serem minha inspiração em buscar realizar meu sonho, me receberem sempre com sorriso no rosto e abraço apertado.

Aos meus queridos amigos do setor de Floricultura, Ricardo, Toshik e Renata por tornarem o caminho mais leve e alegre, pelos conselhos e auxílio. Aos funcionários do setor de Floricultura, especialmente ao Antônio, José Carlos e Ernesto, pelo auxílio e dedicação a esse experimento.

À minha grande amiga Audrey por ter sido meu ombro amigo nos momentos de angústia e felicidade.

Às queridas Tatiana e Lídia, da secretaria da PPG-DFT, por sempre me socorrerem nos momentos de dúvidas, pelas longas e agradáveis conversas que tivemos.

A todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos e gratidão.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

ZANDONADI, Alessandra Sinaidi, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2021. **Luz Artificial no controle do florescimento de crisântemo de corte.** Orientador: José Geraldo Barbosa.

A floricultura é um setor com elevada competitividade a qual emprega tecnologias avançadas, demandando do produtor conhecimento técnico e sistemas de produção, distribuição e comercialização integrados e eficientes. O crisântemo, uma das flores de maior expressão no mercado, sensível ao comprimento do dia para indução ao florescimento, é classificado como Planta de Dia Curto, o que possibilita o controle do florescimento e a programação da produção de flores, de acordo com a demanda do mercado. A suplementação luminosa é necessária, para fornecimento de dias longos, inibindo o florescimento e promovendo o crescimento vegetativo. Lâmpadas incandescentes sempre foram utilizadas, mas em função da baixa eficiência luminosa, reduzida vida útil e suspensão da fabricação, tornou-se importante a procura por outras fontes de iluminação. Os principais tipos de lâmpadas utilizadas na suplementação luminosa são lâmpadas halógenas (substitutas da incandescente), fluorescentes e LED. Desta forma, os objetivos desse trabalho foram avaliar a eficiência de diferentes tipos de lâmpadas e diferentes intensidades na inibição do florescimento, nas características agrônômicas e de produção de crisântemos de corte. Foram realizados 2 experimentos em casa de vegetação do setor de Floricultura, no Departamento de Agronomia da Universidade Federal de Viçosa. O experimento 1 foi instalado em DBC com parcelas subdivididas, onde as parcelas foram constituídas por diferentes fontes de iluminação (lâmpada incandescente 100 W, fluorescente 20 W, LED-vermelha 18 W, LED-branca 8 W, LED-vermelha 6 W e halógena 70 W) e as subparcelas por variedades (Dragon, Calabria, Sheena, White Regan e Orange Repin), com três repetições e cinco plantas/parcela. O experimento 2 foi instalado em esquema fatorial 3x3, com três tipos de lâmpadas (fluorescente 25 W, halógena 42 W e 100 W e LED branca 4,5 W) e três intensidades luminosas para cada lâmpada (35 lux, 75 lux e 115 lux) em DBC, com três repetições e cinco plantas/parcela. Foram utilizadas as variedades Dragon e Calábria. As fontes luminosas e as diferentes intensidades luminosas inibiram o florescimento durante o período de dias longos. Assim, diferentes lâmpadas e intensidades luminosas podem ser utilizadas e a sua escolha pode ser levada em consideração, disponibilidade no mercado, melhor relação

custo/benefício, vida útil, consumo energético, preço de aquisição e de instalação. Todas as variedades produziram hastes com as características de qualidade e padrão exigidos para comercialização. Baseado nos cortes anatômicos dos ápices caulinares foi comprovado que não houve indução ao florescimento durante o período de suplementação luminosa, demonstrando a eficiência das lâmpadas em manter as plantas em estágio vegetativo. As lâmpadas LED-branca 8 W e fluorescente 20 W proporcionaram maior altura de planta, maior número de inflorescências, maior número de folhas e maior massa fresca da haste de 80 cm. Lâmpadas incandescente 100 W e LED-vermelha promoveram desempenho inferior às demais. Intensidade luminosas a partir de 35 lux, independentemente do tipo de lâmpada, inibe o florescimento de crisântemo de corte. As características de produção permaneceram estáveis com a alteração do tipo de lâmpada e intensidades. Lâmpada de LED representa maior economia no consumo de energia.

Palavras-chave: Suplementação luminosa. Intensidade luminosa. Floricultura. Produção.

ABSTRACT

ZANDONADI, Alessandra Sinaidi, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December 2021.
Artificial light in controlling cut chrysanthemum flowering. Adviser: José Geraldo Barbosa.

Floriculture is a very competitive sector that uses advanced technologies, demanding technical knowledge from the producer, good vision of production, distribution and marketing systems. Chrysanthemum is one of the most popular flowers on the market. It is sensitive to length of the day to induce flowering. Classified as a Shorter-Day Plant, which allows the control of flowering and the scheduling of flower production, according to market demand. Therefore, light supplementation is necessary to provide long days, inhibiting flowering and promoting vegetative growth. Incandescent lamps have always been used, but due to their low luminous efficiency, reduced useful life and suspension of manufacture, it became important to look for other sources of lighting. The main types of lamps used in light supplementation are halogen lamps (incandescent replacement), fluorescent and LED. Thus, the objectives of this study were to evaluate the efficiency of different types of lamps and different intensities in inhibiting flowering and whether there is any change in the agronomic and production characteristics of cut chrysanthemums. Two experiments were carried out in a greenhouse in the Floriculture sector, at the *Departamento de Agronomia* at Federal University of Viçosa. Experiment 1 was installed in randomized blocks, split plot scheme, with three replicates and five plants/plot. The plots consisted of different lighting sources (100 W incandescent lamp, 20 W fluorescent, 18 W red-LED, 8 W White-LED, 6 W red-LED and 70 W halogen) and the split-plots the varieties (Dragon, Calabria, Sheena, White Regan and Orange Repin). Experiment 2 was installed in a 3x3 factorial scheme, with three types of lamps (25 W fluorescent, 42 W and 100 W halogen and 4.5 W White-LED) and three light intensities for each lamp (35 lux, 75 lux and 115 lux) in randomized blocks, with three replicates and five plants/plot. Light sources and different light intensities inhibited flowering during the long day period. Thus, different lamps and light intensity can be used and their choice depends on availability in the market, best cost/benefit ratio, useful life, energy consumption, purchase and installation price. All varieties produced stems with the quality and standard characteristics required for commercialization. Based on the anatomical sections of the shoot tips, there was no induction of flowering during the light supplementation period, demonstrating the efficiency of the lamps in maintaining the plants in the vegetative stage. The 8 W white-LED and 20 W fluorescent lamps provided greater plant

height, greater number of inflorescences, greater number of leaves and greater fresh mass of stem. Incandescent 100 W and red-LED lamps promoted lower performance than the others. Luminous intensities from 35 lux, regardless of the type of lamp, inhibit the flowering of cut chrysanthemum. Production characteristics remained stable with changing lamp type and intensities. LED lamp represents greater savings in energy consumption.

Keywords: Luminous supplementation. Light intensity. Floriculture. Production.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	10
REVISÃO DE LITERATURA	11
Mercado de flores e plantas ornamentais	11
A cultura do crisântemo	13
Controle do florescimento	14
CAPÍTULO 1: INIBIÇÃO DO FLORESCIMENTO DE CRISÂNTEMO DE CORTE EM FUNÇÃO DE DIFERENTES FONTES LUMINOSAS	
1.1 Introdução	23
1.2 Material e Métodos	25
1.3 Resultados e Discussão	26
1.4 Conclusões	30
CAPÍTULO 2: CONTROLE DO FLORESCIMENTO DE VARIEDADES DE CRISÂNTEMO DE CORTE CULTIVADAS SOB DIFERENTES INTENSIDADES LUMINOSAS	
2.1 Introdução	31
2.2 Material e Métodos	35
2.3 Resultados e Discussão	40
2.4 Conclusões	47
Anexo I – Tabelas da análise de variância	49
Anexo II – Tabelas da anatomia do ápice caulinar	51
REFERÊNCIAS	53

INTRODUÇÃO GERAL

O crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzelev) é uma das flores de maior expressão no mercado, sendo a segunda espécie mais comercializada no Brasil, como flor de corte. Isto ocorre devida à grande diversidade varietal quanto ao tamanho, cores e formas de inflorescência, resposta ao fotoperíodo, longevidade das hastes florais e facilidade de manejo de sua produção.

O crisântemo é uma espécie sensível ao comprimento do dia para indução ao florescimento, sendo classificado como planta de dia curto, cujo fotoperíodo crítico é de 13 horas. Logo, sob comprimento de dia maior que 13 horas de luz, ocorre o crescimento vegetativo e sob comprimento de dia menor que 13 horas de luz, indução ao florescimento. Em função disto é necessário a suplementação luminosa, para fornecimento de dias longos, inibindo o florescimento e promovendo o crescimento vegetativo.

O controle do florescimento em plantas sensíveis ao comprimento do dia constitui ferramenta para a sincronização da produção de flores, possibilitando o manejo da produção e qualidade conforme o mercado, uma vez que, ao se fornecer luz artificial, é possível controlar o crescimento e desenvolvimento da planta, em função dos padrões de comercialização.

Lâmpadas incandescentes sempre foram utilizadas como fontes de iluminação artificial no fornecimento dos dias longos, mas em função da baixa eficiência luminosa, reduzida vida útil e suspensão da fabricação, tornou-se importante a procura por outras fontes de iluminação para o fornecimento do dia longo.

Recentemente as lâmpadas de LED se tornaram mais populares para uso na agricultura como fonte luminosa. Sua utilização vem para substituir as lâmpadas incandescentes, remanescentes em propriedades rurais e as lâmpadas fluorescentes compactas, mais utilizadas atualmente. Diversos estudos têm comparado os efeitos da lâmpada de LED frente às incandescentes e fluorescentes, constatando-se uma maior eficiência na sua utilização. Em adição, os produtores estão cada vez mais atentos ao uso racional de energia elétrica, buscando fontes alternativas para utilizarem na suplementação luminosa, visando economia, eficiência energética e orientando o programa de uso racional de insumos elétricos.

Desta forma, os objetivos desse trabalho foram avaliar a eficiência de diferentes tipos de lâmpadas e diferentes intensidades na inibição do florescimento, nas características fitotécnicas e de produção de crisântemos de corte.

REVISÃO DE LITERATURA

Mercado de flores e plantas ornamentais

No mercado mundial de flores e plantas ornamentais a dinâmica das exportações vem crescendo consideravelmente. Segundo Neves e Alves Pinto (2015) a comercialização de produtos da floricultura evoluiu de 8,8 bilhões de dólares em 1999 para 21,8 bilhões em 2013, crescimento de 148,2 %. Flores e botões cortados têm maior participação no comércio internacional, com evolução de 3,9 bilhões de dólares em 1999, para 9,5 bilhões em 2013.

No Brasil, o mercado interno é o principal destino das flores e plantas ornamentais produzidas e representa 97 % do volume comercializado. Entretanto, as importações apresentam expansão contínua, cuja movimentação passou de 6,74 milhões de dólares em 2004 para 46,81 milhões em 2014, sendo a Holanda o principal exportador, com 44 % do valor (cerca de 20,4 milhões de dólares). Seguida da Colômbia e Tailândia, ambas com 13 %, Chile com 12 %, Equador com 9 %, e os demais países com 10 %. Em 2014, o segmento flores de corte, botões e arranjos para buquês foi responsável por 58 % das importações brasileiras, enquanto mudas de plantas ornamentais e plantas vivas foi responsável por 22 % e o de folhagens e gramíneas por 20 % (NEVES e ALVES PINTO, 2015).

A floricultura é um setor com elevada competitividade a qual emprega tecnologias avançadas, demandando do produtor conhecimento técnico e sistemas de produção, distribuição e comercialização integrados e eficientes. De acordo com Milanez (2017), a floricultura movimenta três seguimentos da economia brasileira: setor primário (produção de mudas, sementes, flores de vaso e corte e plantas ornamentais), setor secundário (indústrias de insumos agrícolas, como implementos, equipamentos de análises, automação, de adubos e corretivos, de plásticos, de telas, de embalagens, entre outros) e setor terciário (comercialização, assistência técnica, seguros).

A produção de flores e plantas ornamentais apresenta contínuo crescimento no agronegócio devido à melhoria na estrutura de mercado, crescimento do poder aquisitivo dos produtores e da população, diversificação de espécies, difusão de novas tecnologias de

produção e profissionalização dos integrantes da cadeia produtiva brasileira, movimentando em 2013 cerca de 5,22 bilhões de Reais (JUNQUEIRA & PEETZ, 2014). No Brasil, o estado de São Paulo representou a maior parcela da produção em 2014, R\$ 1,98 bilhões (37 %), seguido pelos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais com R\$ 622 milhões (11 %) e R\$ 554 milhões (10 %), respectivamente. Os três estados contribuem com mais da metade da produção de flores e plantas ornamentais no Brasil (NEVES e ALVES PINTO, 2015).

No Brasil, a profissionalização e o dinamismo comercial da floricultura são fenômenos relativamente recentes. Atualmente, existem cerca de 8 mil produtores de flores e plantas, que juntos cultivam mais de 2.500 espécies com aproximadamente 17.500 variedades (IBRAFLOR, 2020). O país está entre os 15 maiores produtores desse setor, estando à frente de países como EUA, países da União Europeia, Japão, entre outros. Esta posição reflete bem o estágio de desenvolvimento do País no setor e o seu nível populacional (JUNQUEIRA e PEETZ, 2018).

O setor está em constante crescimento e, neste sentido, em 2012 teve faturamento de 4,8 bilhões de reais o qual evoluiu para 9,6 bilhões em 2020, registrando crescimento de 7 a 10 % ao ano (IBRAFLOR, 2020). Em 2012, o consumo per capita era em média R\$ 26,68 ao ano na compra de flores e plantas ornamentais do consumidor brasileiro, com consumo concentrado em produtos tradicionais, tais como flor de vaso, buques e plantas ornamentais, em datas específicas e com objetivo de presentear (IBRAFLOR, 2012). Em 2020 esse valor foi de R\$ 45,79, ainda bem abaixo do consumo per capita internacional, de US\$ 70,0 (IBRAFLOR, 2020).

A comercialização de flores de corte está diretamente relacionada com o tamanho e qualidade de folhas, hastes e flores, particularmente comprimento da haste. O sucesso para obtenção de plantas com estas qualidades está ligado ao manejo adequado de fatores exógenos (luz, temperatura, água e nutrientes) e endógenos, tais como, variabilidade genética, hormônios e idade da planta (Zandonadi et al., 2018).

Mesmo com o período de isolamento e as restrições impostas pela pandemia de Covid-19, como o cancelamento de eventos, festas, casamentos e aniversários, os produtores e comerciantes do setor de flores seguem se reinventando para se adaptarem aos novos tempos. Exploração de novas variedades de plantas, comercialização via internet e o trabalho via “*home office*” foram as principais ferramentas para que o ano de 2020 fechasse com crescimento de 10 % em relação ao ano de 2019, alcançando aproximadamente R\$ 9,6 bilhões

em faturamento (IBRAFLO, 2020). O seguimento de flores de corte foi o mais afetado em 2020, com prejuízos de aproximadamente 800 milhões de reais. O setor de flores de vaso teve um crescimento estimado de 10-12 % e ornamentais de 12 % (CONAB, 2021).

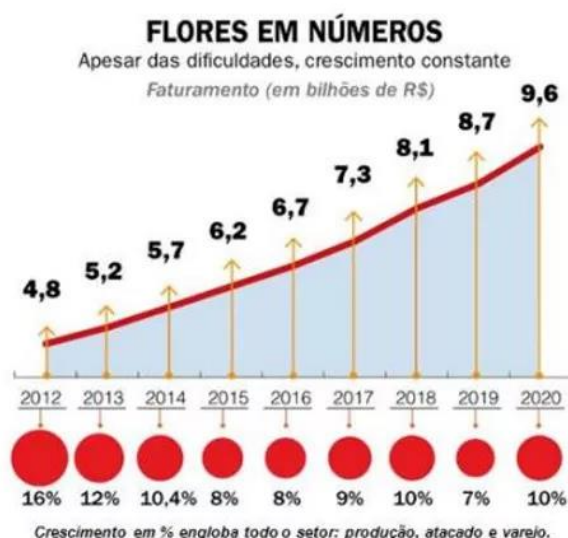


Figura 1: Faturamento do setor de floricultura e plantas ornamentais no Brasil. Fonte: Ibraflor, 2020.

A cultura do crisântemo

O crisântemo é uma planta ornamental originária da China e conhecida há mais de 2000 anos. Pertence ao gênero *Dendranthema*, família *Asteraceae*. Foi introduzido no Japão no ano 386, onde foi adaptado e é considerado símbolo nacional. Em 1789, foi inserido na Europa e, a partir desse ponto, distribuído para as demais localidades do mundo (BARBOSA, 2003).

Crisântemos são plantas vigorosas de caules ramificados e pubescentes com aproximadamente 1 m de altura. Suas folhas são ovais, irregularmente recortadas, possuem inflorescências reunidas em capítulos axilares ou apicais com discos centrais amarelos e lígulas (pétalas) de cores múltiplas, conforme a variedade. Em geral, as formas híbridas têm capítulos dobrados, as lígulas compridas e muitas vezes recurvadas; as cores são baseadas em branco, amarelo púrpura e tons de vermelho. Os diversos híbridos existentes estão classificados em três grandes grupos: crisântemos tubulares, com lígulas em forma de finos tubos; crisântemos

globulares, com lígulas recurvadas para trás, em forma de esfera; crisântemos japoneses, com lígulas compridas dispostas ligeiramente em espiral (FARIAS, 2006).

Essa planta tem inflorescência composta, com flores nascidas em um receptáculo ou capítulo. As formas mais comuns são: Simples ou tipo margarida, Anêmonas, Pom-pom, Decorativo, Spider ou aranha e Bola (BARBOSA, 2003). É cultivado o ano todo, ocorrendo um fluxo de produção constante. Seu cultivo ocorre sob casa de vegetação, mas pode ocorrer a céu aberto, desde que o clima da região seja favorável. Entretanto, o mais comum é o cultivo em casa de vegetação, por possibilitar maior controle dos fatores do ambiente e, consequentemente, maior produção e qualidade das plantas e flores (BARBOSA et al., 2005).

O crisântemo é uma das flores de maior expressão no mercado, isto ocorre devido à grande diversidade varietal quanto ao tamanho, cores e formas de inflorescências, longevidade das inflorescências, produção precoce e precisão quanto à resposta ao fotoperíodo (BARBOSA, 2003; MAINARDI et al., 2004; BRACKMANN et al., 2005). Assim, é a segunda principal espécie de flor de corte produzidas no Brasil, com 15% do mercado, perdendo somente para as rosas, que representam 30%. Outras espécies como lisianthus (12%), lírio (7%) e gérbera (6%) complementam as principais flores de corte comercializadas no mercado nacional. Também ocupa lugar de destaque entre as flores de vaso, onde as principais espécies produzidas são: orquídeas (14%), lírio (7,5%), crisântemo (7%), kalanchoe (6,4%), violeta (6%) e bromélia (4,5%) (JUNQUEIRA & PEETZ, 2018).

Controle do florescimento

Florescimento - A transição para o florescimento envolve uma série de alterações no padrão de morfogênese e diferenciação celular nos meristemas apicais e axilares da planta, ocorrendo produção de órgãos florais – pétalas, sépalas, estames e carpelos. Os eventos que ocorrem no ápice do caule e que induzem o meristema apical a produzir flores são coletivamente denominados evocação floral. Os sinais de desenvolvimento que estimulam a evocação floral incluem fatores endógenos, como os ritmos circadianos, mudança da fase e hormônio, e fatores exógenos, como luz e temperatura (TAIZ e ZEIGER, 2017).

De acordo com Kampf (2005), uma planta de dia curto (PDC) é aquela que necessita de noites longas para florescer e uma planta de dia longo (PDL), por conseguinte, é aquela que responde a noites curtas. Assim, em PDL, o florescimento é promovido por fotoperíodo acima

da duração do fotoperíodo crítico, enquanto em PDC, o florescimento é promovido por fotoperíodo inferior à duração do fotoperíodo crítico (LEYSER, 2003). O crisântemo é classificado como PDC cujo fotoperíodo crítico é de 13 horas. Dessa maneira, sob comprimento do dia maior que 13 horas, ocorrerá crescimento vegetativo da planta e sob comprimento do dia menor que 13 horas haverá indução ao florescimento (BARBOSA, 2003).

A planta responde ao comprimento do dia e à hora em que determinado evento ocorre, ou seja, tem capacidade de percepção fisiológica dos ciclos de luz/escuro (BARBOSA, 2003). Segundo Taiz e Zeiger (2017), os eventos fisiológicos das plantas controlados pelo comprimento do dia são diversos, incluindo a reprodução assexual, formação de órgãos de reserva, indução à dormência e a iniciação do florescimento. Ainda que existam outros aspectos de desenvolvimento das plantas que também são afetados pelo comprimento do dia, a classificação delas ocorre de acordo com sua resposta fotoperiódica, particularmente a indução ou não ao florescimento.

O fotoperíodo é definido como o número de horas de luz dentro de um ciclo de 24 horas que influencia no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo responsável por provocar alterações no seu comportamento, mudando a sequência de formação de nó, entrenó e folhas, para formação de gemas florais. O fator decisivo para a alteração desse comportamento é justamente o período escuro (ZANOTELLI, 2009).

O estímulo fotoperiódico é percebido pelas folhas e transmitido para os ápices, nos quais há regulação da transição para o florescimento. Inibidores de florescimento também são produzidos nas folhas quando as plantas sensíveis ao comprimento do dia estão sob condições de fotoperíodo desfavoráveis. Logo, a floração é controlada pelo balanço entre inibidores e promotores de florescimento (TAIZ e ZEIGER, 2017).

As plantas percebem a qualidade da luz via fotorreceptores categorizados como criptocromo, fitocromo e fototropinas. O fitocromo é um pigmento cromóforo, que absorve a luz na faixa do vermelho (Pv) e vermelho distante (Pvd). O pigmento Pv (vermelho) constitui a forma de proteína que absorve a radiação na faixa 660 nm de comprimento de onda, enquanto Pvd (vermelho distante), que é a forma fisiologicamente ativa, absorve a radiação na faixa de 730 nm (TAIZ e ZEIGER, 2017). Isso faz com que sob dias longos, as PDLs sejam induzidas ao florescimento e as PDCs ao crescimento vegetativo. A irradiação com luz natural ou luz artificial de alta intensidade e de qualidade (V e Vd) faz com que ocorram ciclos de

fotorreversibilidade entre as formas do fitocromo P660 e P730, evento que também ocorre no escuro.

A luz desempenha importante papel no desenvolvimento vegetal, podendo controlar processos associados ao acúmulo de matéria seca, desenvolvimento do caule, altura e área foliar (ALVARENGA et al., 2003). A manutenção de dias longos promove o crescimento vegetativo em PDC, pois o fitocromo permanece em maior quantidade na forma fisiologicamente ativa, Pvd, inibindo a síntese de promotores do florescimento. Quanto maior o número de dias longos, maior será o crescimento vegetativo, ou seja, diferenciação em nós, entrenós e folhas, resultando em maior altura e massa fresca da planta (BARBOSA et al., 2005), contribuindo com a qualidade exigida pelo mercado.

O controle artificial do florescimento é realizado com o uso de fontes luminosas que fornecem luz com picos nos comprimentos de onda de 660 e 730 nm, para promover maior eficiência de conversão do fitocromo. Segundo Kofranek (1992), a suplementação luminosa deve ser administrada de tal forma que o período de escuro não ultrapasse 5 h contínuas, o que pode prover condições favoráveis à indução floral. De acordo com Whitman et al. (1998), é necessária uma intensidade luminosa muito baixa para realizar a quebra de noite, geralmente menor que $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A intensidade luminosa sugerida é de 7 e 10 footcandle, que corresponde em radiação fotossinteticamente ativa (PAR) aproximadamente 77-110 lux ou 0,30-0,43 W m^{-2} . Os produtores utilizam no sistema produtivo intensidade luminosa de 100-300 lux, para maior segurança (BARBOSA et al., 2005). Conforme Barbosa (2003), a suplementação luminosa pode ser fornecida de forma contínua ou intermitente. Na forma contínua, são fornecidas 4 h de luz durante a noite (22 às 2 horas). A suplementação intermitente é fornecida na forma de iluminação cíclica, alternando-se períodos de luz/escuro, que podem ser 6/24, 7.5/22.5 e 10/20 min, das 22 às 24 horas e das 2 às 4 horas, possibilitando maior economia de energia.

É possível observar se a complementação luminosa artificial foi eficiente no controle do florescimento através de cortes do meristema apical caulinar (SAM), por meio das modificações anatômicas e morfológicas (GARDE, 2013). O meristema passa por modificações na sua forma e sua identidade durante a indução floral e o início da reprodução da planta. Estes processos são regulados por sinais ambientais, como fotoperíodo e estágio de desenvolvimento das plantas (KINOSHITA et al., 2020). Devido às alterações no balanço

hormonal causado pela luz, ocorre aumento da divisão celular, modificando o tamanho, largura e número de células do meristema apical (GARDE, 2013).

Fontes de luz - Lâmpadas incandescentes são as mais comuns e de tecnologia mais antiga no Brasil. São constituídas de um filamento de tungstênio dentro de um bulbo de vidro com vácuo no interior ou gases não halogêneos. A iluminação é promovida pelo aquecimento do filamento pela passagem da corrente elétrica. Para que o filamento possa produzir luz deverá ter elevado ponto de fusão e baixa evaporação, por isso o uso do filamento de tungstênio. As lâmpadas incandescentes podem ser convencionais, halógena ou halógena dicróica.

As lâmpadas fluorescentes funcionam pela descarga elétrica em vapores metálicos (mercúrio ou sódio) sob pressão dentro de um invólucro, também chamado de tubo de descarga. As extremidades do tubo possuem eletrodos cuja função é emitir elétrons com o aumento da temperatura. Ao se aplicar uma diferença de potencial externa, o eletrodo negativo (cátodo) emite elétrons que são acelerados em direção ao eletrodo positivo (ânodo) e colidem com os átomos do vapor metálico. A colisão causa a ionização dos átomos, ou seja, perda ou ganho de elétrons, os quais também se movimentam em direção aos eletrodos. A conversão de átomos do vapor metálico em íons libera radiação ultravioleta que incide no revestimento de fósforo na parede interna do tubo e se converte em luz visível. Estas lâmpadas podem ser do tipo tubular e funcionam com reator que tem a finalidade de limitar a corrente e adequar as tensões elétricas. São revestidas internamente por fósforo e são consideradas de baixa pressão. Existem também as lâmpadas fluorescentes compactas (LFC), que são revestidas internamente por tri fósforo e composta de pequeno bulbo fluorescente, possuindo em alguns modelos dispositivo de partida e reatores incorporados, possuindo o formato semelhante ao das lâmpadas incandescentes (GREGGIANIN et al., 2013).

Outra fonte de iluminação é constituída de lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, também chamadas de HPS (High Pressure Sodium – sódio a alta pressão). Possui um bulbo de vidro, no interior vácuo e um tubo de arco, translúcido feito com alumina, havendo no seu interior uma mistura de gases (sódio, mercúrio e xénon) sob alta pressão. Precisam de um ignitor para produzir um pico de tensão e gerar o acendimento, uma vez que somente a corrente não é suficiente para dar a partida. Acesa a lâmpada, o ignitor pára de produzir os pulsos automaticamente e se auto desliga. Além disso, necessitam de reator para limitar a corrente no tubo de arco da lâmpada.

As lâmpadas de LED (Light Emitting Diode) são formadas por um diodo emissor de luz que com a passagem da corrente elétrica emite luz visível através de um processo chamado eletroluminescência, e são as mais recentes no mercado. Necessitam de menor quantidade de potência para gerar o mesmo fluxo luminoso que as lâmpadas incandescentes e fluorescentes e não necessitam de reatores. Possuem formatos diversos e no seu interior se encontra um circuito eletrônico que ajusta a tensão elétrica e os componentes LED.

Kwon et al. (2013) avaliaram o uso de lâmpadas de LED vermelho ($0,80-1,02 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e fluorescente ($1,39-1,59 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) na quebra da noite por 3, 4 e 5 horas nas cultivares de crisântemo de corte Baekma e Jinba, por 53 dias. A cultivar Baekma produziu maior comprimento de haste sob luz fluorescente, enquanto, a cultivar Jinba produziu hastes maiores quando cultivadas com lâmpadas de LED vermelho. O comprimento de haste máximo de Baekma foi de 92,4 cm (com cinco h de quebra de noite e lâmpada fluorescente) e na cultivar Jinba de 100,3 cm (com 5 h de quebra de noite e lâmpada de LED vermelha). A iniciação floral foi mais rápida sob luz vermelha de LED com média de 16,4 dias, contra 19,8 dias sob luz fluorescente. As duas cultivares tiveram o menor tempo de indução floral (14 dias para ambas cultivares) sob luz de LED vermelha por 3 h. Entretanto, o máximo de dias para indução floral foi observado sob quatro h de quebra de noite sob luz fluorescente (21 dias para Baekma e 20,6 dias para Jinba).

Hong et al. (2013) estudaram a intensidade de luz vermelha no controle do florescimento em crisântemo. Quatro diferentes intensidades de luz vermelha, 0,7; 1,4; 2,1 e $2,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (PAR) foram irradiadas em câmara de crescimento para determinar o limiar para inibição floral do crisântemo. Utilizaram lâmpadas de LED com luz vermelha (660 nm) para interrupção da noite e posteriormente o uso de luz vermelho-distante (730 nm). A partir da intensidade de $1,4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de luz vermelha houve inibição do florescimento e esse efeito foi semelhante à luz branca de lâmpadas fluorescentes compactas de 50 lux. O tamanho e a massa da haste fresca, número de folhas e a área foliar de plantas irradiadas com luz de LED vermelha aumentaram 17 %, 36 %, 11 % e 48 %, respectivamente, quando comparada com a lâmpada fluorescente compacta.

De acordo com Jeong et al. (2014) os fotorreceptores estão relacionados com amplo espectro de morfogênese. A extensão do comprimento de haste, por exemplo, está relacionada como parte de resposta fisiológica mediada pelo fitocromo (PATIL et al., 2003). Nos crisântemos, o comprimento da haste é promovido por baixa proporção de condições de luz

vermelha:vermelho-distante (RAJAPAKSE et al., 1993; KHATTAK e PEARSON, 2006) ou irradiação suplementar de luz vermelho-distante (LUND et al., 2007; HISAMATSU et al., 2008).

Jeong et al. (2014) utilizaram uma mistura de luz vermelha com azul e adicionaram uma suplementação de luz azul sob diferentes fotoperíodos. Os autores analisaram o efeito da suplementação com luz Led azul na fotossíntese, formação do botão floral e características de crescimento. A combinação de luz vermelha/azul e suplementação com luz azul proporcionou maior comprimento de hastes, e a luz vermelha/azul sem suplementação promoveu menor comprimento de haste. O melhor desenvolvimento do botão floral foi observado no tratamento com a combinação das luzes vermelha e azul. Em geral, os autores indicam que a luz azul suplementar, pelo menos em parte, pode promover o crescimento do alongamento do caule e do entrenó sem qualquer efeito inibitório sobre a formação de flores e que a formação de botões florais deve estar associada com a duração da luz vermelha/azul em plantas sensíveis ao comprimento do dia.

Hong et al. (2015) estudaram os efeitos da qualidade de luz no crescimento e desenvolvimento de plantas de crisântemo de corte. Para isso as plantas foram cultivadas sob quatro sistemas de iluminação de LED com luz vermelha, azul, vermelha: azul (2:1) e azul: vermelha (2:1). A lâmpada fluorescente foi utilizada como controle. A luz azul promoveu melhor desenvolvimento de hastes e folhas, mas inibiu a fotossíntese. A luz vermelha estimulou o enraizamento, mas inibiu o acúmulo de biomassa. A combinação vermelho-azul aumentou a transpiração. Os autores utilizaram o processo de análise hierárquica e sugeriram que utilizando um grande número de variáveis é possível formular uma decisão na escolha de melhores métodos. Neste sentido, concluíram que os índices de fotossíntese, transpiração e produção de biomassa são os indicadores mais importantes no crescimento e desenvolvimento de crisântemos de corte e que a combinação de luz vermelho-azul foi o melhor sistema de LED.

Greggianin et al. (2013) avaliaram a viabilidade de substituir as lâmpadas incandescentes (40W) por lâmpadas do tipo fluorescente compacta (11W) e led (7W), buscando o mesmo resultado de iluminação, com fluxo luminoso de 165 lm, 459 lm e 650 lm, respectivamente. Observaram que lâmpadas de LED de 7 W não substituem as lâmpadas incandescentes de 40 W conforme o fabricante recomenda, uma vez que o fluxo luminoso é quase três vezes menor, o mesmo ocorrendo para as lâmpadas fluorescentes, que possuem fluxo luminoso muito maior que a lâmpada de LED. As lâmpadas incandescentes de 40 W

podem ser substituídas pela fluorescente compacta em termos de características físicas, havendo inclusive ganhos em termos de fluxo luminoso (1,4 vezes) e custo. Além disso, a lâmpada de LED não é recomendada para ambientes que necessitem acendimentos em intervalos inferiores a 15 min ou mais de 8 acendimentos por dia.

Apesar da fabricação encerrada, as lâmpadas incandescentes ainda estão sendo utilizadas na produção agrícola e seus efeitos ainda estão sendo avaliados, mesmo que em pequenas proporções quando comparadas com LED. Garde et al. (2013) estudando a interação entre a data do desponte apical e intensidades de luz como quebra da noite em crisântemo de vaso, utilizaram lâmpadas incandescentes (100 W) com cinco intensidades luminosas (157, 66, 19, 8 e 4 lux) e quatro datas de desponte (15, 17, 19 e 21 dias) após estaqueamento. Observaram que a altura de planta foi influenciada apenas pelo desponte e que teve decréscimo nesta característica à medida que se aumentou o número de dias para desponte. A intensidade luminosa e a data de desponte alteraram o número de nós, mas a interação entre eles não foi significativa. O número de inflorescências, importante na qualidade da planta, foi influenciado apenas pelo número de dias após desponte. O desponte realizado aos 15 DAE com intensidade de 157 lux resultou em plantas com maior número e massa de inflorescências, maior altura, número de nós e melhor qualidade de vaso. Os autores concluíram que a precocidade do desponte e maior intensidade luminosa resultam em melhor qualidade final das plantas.

As lâmpadas fluorescentes foram as substitutas das lâmpadas incandescentes na produção vegetal, sendo realizados estudos comparando os dois tipos de iluminação. Assim, Runkle et al. (2012) avaliaram o efeito de lâmpada incandescente (INC – 60 W), fluorescente compacta (CFL – 13 W) e a combinação de 50% de cada, na produção de crisântemo de vaso (*Chrysanthemum × grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), petunia (*Petunia × hybrida*), campanula (*Campanula carpatica*), falsa-camomila (*Coreopsis grandiflora*) e margarida-amarela (*Rudbeckia hirta* L.) cultivadas sob três número de dias longos (6 h de extensão do dia ED, interrupção da noite de 4 h-NI e 2 h-NI). O tipo de lâmpada não teve efeito sobre a porcentagem de floração de campanula, falsa-camomila, petúnia e margarida-amarela. Dentro do tipo de lâmpada, o regime de iluminação com extensão do dia (6h) não teve efeito sobre a porcentagem de floração, com exceção do crisântemo 'Bianca', no qual a interrupção da noite de 4h inibiu a floração mais do que 2 h-NI ou 6 h-ED. No entanto, petúnia que recebeu uma NI de 4 h ou 6 h-ED floresceu 2-3 semanas mais tarde do que quando os tratamentos de

iluminação foram fornecidos por lâmpadas incandescentes, mostrando que, a substituição completa de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas pode retardar o florescimento em algumas culturas, como petúnia, enquanto que uma abordagem híbrida (INC + CFL) ou o uso de lâmpadas que emitem luz vermelho-distante pode reduzir este problema potencial.

Mais recentemente as lâmpadas de LED se tornaram mais populares para uso na agricultura como fonte luminosa. Sua utilização vem para substituir as lâmpadas incandescentes, remanescentes em propriedades rurais e as lâmpadas fluorescentes compactas, mais utilizadas atualmente. Diversos estudos têm comparado os efeitos da lâmpada de LED frente às lâmpadas incandescentes e fluorescentes, constatando uma maior eficiência na sua utilização.

Craig e Runkle (2013) estudaram as respostas de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium*), dália (*Dahlia hortensis*) e cravo-de-defunto (*Tagetes erecta*) sob luz de LED (diferentes proporções de vermelho:vermelho-distante; R 600-700 nm : FR 700-800 nm) e incandescente. O florescimento não foi inibido quando a taxa V:VD foi abaixo de 0,28 (1 V:5 VD e 0 V:6 VD), porém, quando a taxa foi maior que 0,66 (demais relações) houve inibição do florescimento. O florescimento em dália foi incompleto sob vermelho-distante e noites interrompidas e sob dia curto, mas o tempo para florescimento foi similar aos demais tratamentos. A espécie menos sensível, cravo-de-defunto, floresceu em todos os tratamentos, mas o florescimento foi mais rápido apenas sob vermelho-distante. Os autores concluem que para essas plantas de dias curtos, lâmpadas de LED com valor moderado para alta relação V:VD (maior que 0,66) são mais eficientes na interrupção da noite longa prevenindo o florescimento prematuro e são viáveis para substituição das lâmpadas incandescentes.

As lâmpadas fluorescentes têm sido comumente utilizadas como fonte de luz na cultura de tecidos *in vitro*. Entretanto, nos últimos anos, as lâmpadas de LED têm se tornado forte alternativa como fonte luminosa na cultura de tecidos. Nam et al. (2016) estudaram o crescimento *in vitro* de crisântemo nos sistemas de iluminação com lâmpada fluorescente, tubo de LED, placa de LED e placa de LED com sistema de energia sem fio. Os sistemas de LED foram compostos de 70 % de luz vermelha e 30 % azul. Os resultados demonstraram que massa fresca, massa seca, altura da planta, área foliar e conteúdo de clorofila de plântulas de crisântemo submetidas ao sistema sem fio de LED foram maiores do que os daquelas submetidas a lâmpada fluorescente e tubo de LED. Resultados similares também foram

registrados em plântulas de morango e sugerem que, usando-se o sistema LED sem fio, tem-se uma economia de espaço e energia consideráveis em comparação ao sistema convencional de iluminação com lâmpadas fluorescentes.

O controle do florescimento em plantas sensíveis ao comprimento do dia constitui ferramenta poderosa para a sincronização da produção de flores, possibilitando o manejo da produção e qualidade conforme o mercado, uma vez que, ao se fornecer luz adicional, é possível controlar o crescimento e desenvolvimento da planta, em função dos padrões de comercialização.

CAPÍTULO 1

Inibição do florescimento de crisântemo de corte em função de diferentes fontes luminosas

1.1 Introdução

A produção de flores e plantas ornamentais apresenta contínuo crescimento no agronegócio brasileiro devido à melhoria na estrutura do mercado, crescimento do poder aquisitivo dos produtores e da população, diversificação de espécies, difusão de novas tecnologias de produção e profissionalização dos integrantes da cadeia produtiva brasileira, movimentando em 2013 cerca de 5,22 bilhões de reais (JUNQUEIRA & PEETZ, 2014).

O crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzelev) é uma planta ornamental originária da China e conhecida há mais de 2000 anos. Pertence ao gênero *Dendranthema*, família Asteraceae. Foi introduzido no Japão no ano 386, onde foi adaptado e é considerado símbolo nacional. Em 1789, foi inserido na Europa e, a partir desse ponto, distribuído para as demais localidades do mundo (BARBOSA, 2003).

Devido à sua grande diversidade varietal quanto ao tamanho, cores e formas de inflorescências, longevidade das inflorescências, produção precoce e precisão quanto à resposta ao fotoperíodo, é uma das plantas de maior expressão no mercado (BARBOSA, 2003; MAINARDI et al., 2004; BRACKMANN et al., 2005). Constitui a segunda principal espécie de flor de corte produzidas no Brasil, com 15 % do mercado, inferior apenas as rosas, que representam 30 %. Ocupando também lugar de destaque entre as flores de vaso, onde as principais espécies produzidas são: orquídeas (14 %), lírio (7,5 %), crisântemo (7 %), kalanchoe (6,4 %), violeta (6 %) e bromélia (4,5 %) (JUNQUEIRA & PEETZ, 2013).

Classificada como planta de dia curto (PDC), com fotoperíodo crítico de 13 horas, o crisântemo expressa vigor vegetativo quando submetido a comprimento do dia maior que 13 horas e sob comprimento do dia menor 13 horas de luz ocorre indução ao florescimento (BARBOSA, 2003). O fotorreceptor responsável por essa resposta fisiológica é o fitocromo, pigmento que absorve luz de comprimento de onda de 660 a 730 nm, presente nas folhas, onde o estímulo fotoperiódico é percebido e transmitido aos ápices da planta.

A manutenção de dias longos promove o crescimento vegetativo em PDC, pois o fitocromo permanece em maior quantidade na forma fisiologicamente ativa, Pvd, inibindo a síntese de promotores do florescimento. Quanto maior o número de dias longos, maior será o crescimento vegetativo, ou seja, diferenciação em nós, entrenós e folhas, resultando em maior altura e massa fresca da planta (BARBOSA et al., 2005), contribuindo com a qualidade exigida pelo mercado. A luz desempenha importante papel no desenvolvimento vegetal, podendo controlar processos associados ao acúmulo de matéria seca, desenvolvimento do caule, altura e área foliar (Alvarenga et al., 2003).

A transição para o florescimento envolve uma série de alterações no padrão de morfogênese e diferenciação celular nos meristemas apicais e axilares da planta, ocorrendo produção de órgãos florais – pétalas, sépalas, estames e carpelos. Os eventos que ocorrem no ápice do caule e que induzem o meristema apical a produzir flores são coletivamente denominados evocação floral. Os sinais de desenvolvimento que estimulam a evocação floral incluem fatores endógenos, como os ritmos circadianos, mudança da fase e hormônio, e fatores exógenos, como luz e temperatura (TAIZ e ZEIGER, 2017).

O controle artificial do florescimento é realizado com o uso de fontes luminosas que fornecem luz com picos nos comprimentos de onda de 660 e 730 nm, para promover maior eficiência de conversão do fitocromo. Lâmpadas incandescentes, que funcionam pelo aquecimento do filamento de tungstênio da corrente elétrica, são as mais antigas empregadas na agricultura. Atualmente, esse tipo de lâmpada já está em desuso e sua fabricação foi interrompida em 2010. Antes de sua completa retirada do mercado, diversos trabalhos compararam sua eficiência com as lâmpadas fluorescentes compactas. Essa última, funciona pela descarga elétrica em vapores metálicos sob pressão dentro de um invólucro. São mais duráveis e com maior taxa de conversão da energia que as incandescentes.

Mais recentemente, surgiram no mercado as lâmpadas de diodo emissores de luz, chamadas de lâmpadas de LED. A sua utilização na agricultura é recente e estudos ainda estão sendo realizados na otimização do seu uso. Alternativa disponível são as lâmpadas halógenas, que possuem o mesmo comprimento de onda da lâmpada incandescente, porém com maior eficiência na conversão da energia elétrica em luz e maior vida útil. A lâmpada incandescente sempre foi utilizada, mas em função da baixa eficiência luminosa, baixa vida útil e suspensão da fabricação, tornou-se importante a procura por outras fontes de luz a serem utilizadas no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Desta forma, o objetivo do experimento foi avaliar e disponibilizar para o sistema produtivo fontes alternativas de iluminação eficientes na inibição do florescimento do crisântemo, analisando o comportamento de diferentes cultivares.

1.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Floricultura, do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG (20°45'S, 42°52'N, altitude 690 m), em casa de vegetação. Foi utilizado o DBC com parcelas subdivididas, onde as parcelas foram constituídas das diferentes fontes luminosas (lâmpada incandescente 100 W, fluorescente 20 W, LED-vermelha 18 W, LED-branca 8 W, LED-vermelha 6 W e halógena 70 W) e as 25 sub-parcelas das variedades Dragon, Calabria, Sheena, White Regan e Orange Repin, com três repetições e cinco plantas por parcela. A caracterização dos comprimentos de onda de cada fonte luminosa pode ser identificada na Figura 2.

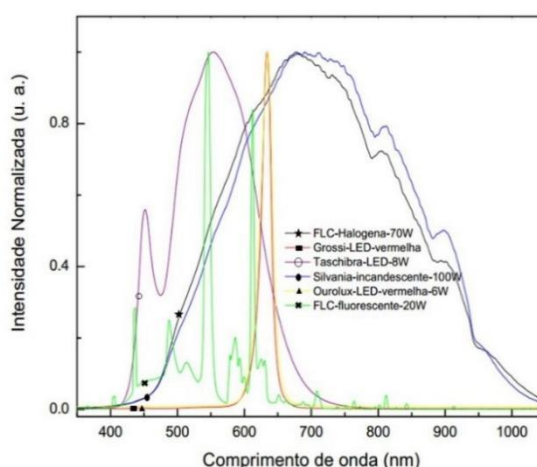


Figura 2 - Caracterização dos comprimentos de onda de cada fonte luminosa.

O plantio das mudas foi realizado em canteiros, sob condição de dia longo, utilizando-se lâmpadas supracitadas, a cada 2 m, acesas das 22:00 - 02:00 horas, por 35 dias. A intensidade luminosa foi mantida entre 70 a 90 lux, medidas por um luxímetro digital, modelo LD – 240 marca Instrutherm. Para manter a intensidade na faixa desejada, a altura das fontes luminosas em relação ao ápice da planta foi ajustada para cada tipo de fonte luminosa.

Após a exposição ao período de dia longo, as plantas foram mantidas sob dia curto, para indução ao florescimento, obtido pela cobertura dos canteiros com lona plástica preta das 17:00 às 7:00 horas, num total de 10 h de luz e 14 h de escuro, por 35 dias. Durante o cultivo, foi realizada fertirrigação com 1 g L^{-1} de adubo solúvel, nitrato de potássio (KNO_3), a cada sete dias.

O dia curto foi interrompido no dia da eliminação do botão apical, realizada quando este apresentava diâmetro maior ou igual a 8 mm para todas as cultivares, com a finalidade da produção de flores em cacho. As plantas foram tutoradas com rede para evitar tombamento das hastes e perda de qualidade das mesmas. Sequencialmente, foram submetidas a dias normais até a colheita.

As hastes foram colhidas quando apresentavam de 50 % a 70 % de inflorescências abertas, ou seja, quando a primeira fila de língulas estava perpendicular à haste floral. Foram avaliados a altura da haste, considerada do coleto da planta até a inflorescência mais alta (AH, cm); massa fresca das hastes florais padronizadas com 80 cm de comprimento (MH, g); ciclo, expresso pelo número de dias do transplantio das mudas à colheita das hastes; número total de inflorescências, considerando inflorescências abertas e botões maiores que 0,5 cm (NI); número total de folhas (NF).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade. Foi utilizado o Programa Genes – Aplicativo computacional em genética e estatística (CRUZ, 2013).

1.3 Resultados e Discussão

As diferentes fontes luminosas não afetaram a altura e massa fresca das hastes, assim como ciclo de florescimento e número de inflorescências (Tabela 1), mas foram eficientes no sentido de inibir o florescimento, como confirmado pelos experimentos realizados por David & Rossi (2010) sobre a eficiência de diferentes sistemas de iluminação. De forma semelhante Assis (2015) observou que a lâmpada de LED vermelha e incandescente são eficientes no controle do fotoperíodo de plantas de tango e hipérico. Resultados similares foram obtidos por Zanotelli (2009), quando avaliou o controle do florescimento em crisântemo var. Yoko Ono utilizando fonte luminosa LED 2, 4, 6 e 8 W e observou que as plantas se desenvolveram de modo semelhante às cultivas sob lâmpada incandescente 100 W. De outra forma, Milanez

(2017) trabalhando com iluminação intermitente de lâmpadas LED no controle de florescimento de crisântemo de corte var. Sunny Reagan, plantas cultivadas sob lâmpadas de Led 18 W observaram crescimento e desenvolvimento superior às cultivadas sob lâmpada incandescente 100 W.

Tabela 1. Resumo da análise de variância de cinco variedades de crisântemo de corte produzidas com seis lâmpadas, avaliadas através das características altura (ALT), número de inflorescências (NI), massa fresca da haste de 80 cm (MFH80), ciclo, número total de folhas (NTF), diâmetro de inflorescência (DI) e número de botões (NB).

FV	GL	ALT	NI	MFH80	CICLO	NTF	DI	NB
BLOCOS	2	2265	2,8	886	10	13,7	206,4	5,7
PARCELA (LÂMP)	5	309 ns	1,7 ns	78ns	0,9ns	4,0ns	9,5ns	1,9ns
RESÍDUO a	10	275	2,5	69	1,8	4,3	16,6	2,2
SUBPARCELA (VAR)	4	4320**	102,6**	3242**	926,9**	79,7**	2398,8**	66,2**
INTERAÇÃO LxV	20	34ns	1,9ns	84ns	1,7ns	4,2ns	13,9ns	2,3ns
RESÍDUO b	48	22	3,9	99	3,0	2,5	19,3	5,9
RESÍDUO (a,b)		66	3,7	94	2,8	2,8	18,8	5,3
Média		103,88	6,48	58,88	97,22	29,59	84,67	3,50
CV (%) - parcela		15,96	24,21	1,60	1,38	6,99	4,81	42,73
CV (%) - subparcela		4,55	30,63	19,85	1,79	5,35	5,19	69,43

Assim, as diferentes fontes luminosas podem ser utilizadas nos sistemas produtivos de diferentes variedades de crisântemos de corte para controle do fotoperíodo. Isso possibilita ao produtor a escolha de fonte luminosa disponível no mercado com melhor relação custo/benefício, levando-se em consideração sua vida útil, consumo energético, preço de aquisição e de instalação.

A variedade Calábria mostrou diferença de 20 cm na altura de planta, quando cultivada sob luz fluorescente 20 W e LED- vermelha 18 W (Tabela 2). A menor variação observada foi na variedade Orange Repin de 9 cm. A variedade Sheena foi a única a produzir haste menores que 80 cm, mostrando seu porte menor em relação às demais. Zandonadi et al (2018), encontrou valores semelhantes quando avaliaram o comportamento de cinco variedades de crisântemo de corte (Dragon, Calábria, Apricot Repin, Rebasco e Sheena), cultivadas em diferentes períodos de dias longos (21, 28, 35, 42 e 49), onde a variedade Sheena só atingiu a altura mínima de 80 cm aos 35 dias longos.

As variedades mantiveram o mesmo padrão na produção de folhas sob as diferentes fontes e somente a White Regan teve variação média numérica de 5,3 folhas entre as lâmpadas fluorescente 20 W e halógena 70 W (Tabela 2). De forma semelhante, Zanotelli

(2009) e Milanez (2017) não encontraram diferença na produção de folhas de plantas de crisântemo sob iluminação de lâmpadas de Led e incandescente.

Tabela 2. Valores médios de características de produção: altura da planta (cm), número de folhas, massa fresca da haste de 80 cm e número de inflorescências de cinco variedades de crisântemo cultivadas em diferentes fontes luminosas.

LÂMPADAS	DRAGON		CALABRIA		SHEENA BRANCA		WHITE REGAN		ORANGE REPIN	
	ALTURA DE PLANTA (cm)									
INC 100	114.43	A	102.25	AB	68.94	B	105.83	AB	111.90	AB
FL 20	118.11	A	117.89	A	81.58	A	115.85	A	114.42	A
LED BRA8	120.03	A	112.51	A	84.71	A	113.46	A	118.14	A
LED VER6	115.21	A	108.26	A	75.26	A	103.02	A	109.10	A
LED VER18	111.29	A	98.10	A	73.44	A	104.89	A	111.97	A
HAL 70	110.41	A	109.29	A	76.84	A	98.81	A	110.59	A
MÉDIA	114.91		108.05		76.79		106.98		112.69	
NÚMERO DE FOLHAS										
INC 100	30.25	AB	31.93	A	25.60	B	29.45	AB	31.93	A
FL 20	30.12	A	32.60	A	27.58	A	30.07	A	29.37	A
LED BRA8	31.31	A	31.73	A	28.48	A	28.77	A	30.43	A
LED VER6	30.15	A	31.93	A	27.72	A	27.70	A	30.93	A
LED VER18	28.83	AB	32.65	A	26.66	B	27.73	AB	29.87	AB
HAL 70	28.80	ABC	33.80	A	26.28	BC	24.77	C	30.27	AB
MÉDIA	29.91		32.44		27.05		28.08		30.47	
MASSA FRESCA H80 (g)										
INC 100	63.81	AB	74.81	A	48.46	B	56.95	AB	53.25	B
FL 20	62.25	B	85.00	A	49.50	BC	61.71	B	37.44	C
LED BRA8	61.36	B	86.33	A	57.26	B	56.03	B	43.78	B
LED VER6	68.97	A	72.77	A	50.51	AB	46.04	B	41.89	B
LED VER18	58.02	B	78.43	A	45.97	B	50.23	AB	42.66	B
HAL 70	53.12	B	75.85	A	45.98	B	57.05	AB	45.41	B
MÉDIA	61.26		78.87		49.61		54.67		44.07	
NÚMERO DE INFLORESCÊNCIAS										
INC 100	7.33	A	8.60	A	3.17	B	7.70	A	5.45	AB
FL 20	6.02	BC	11.53	A	3.33	C	8.53	AB	4.33	C
LED BRA8	7.31	ABC	9.67	A	3.83	C	8.37	AB	5.20	BC
LED VER6	6.12	AB	7.93	A	4.03	B	7.27	AB	5.20	AB
LED VER18	6.68	BC	10.58	A	3.33	C	7.53	AB	5.07	BC
HAL 70	5.53	B	10.00	A	3.33	B	6.48	AB	4.93	B
MÉDIA	6.50		9.72		3.51		7.65		5.03	

Comparação de médias das variedades em cada lâmpada: médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Para a variável massa fresca da haste de 80 cm o comportamento das variedades dentro das fontes luminosas foi bastante diferenciado, e os valores médios para Calábria foram superiores às demais variedades. A Orange Repin apresentou os menores valores de massa fresca da haste de 80 cm, alcançando massa desejável somente nas fontes LED-branca 8 W, incandescente 100 W e halógena 70 W (Tabela 2).

A variedade Calábria produziu 3,6 inflorescências sob luz fluorescente 20 W quando comparada com LED-vermelha 6 W (Tabela 2). Zandonadi et al. (2018), avaliando a influência de dias longos na produção de cultivares de crisântemo de corte, observaram valores semelhantes para número de inflorescências na variedade Calábria quando cultivadas sob 35 dias longos.

Kwon et al. (2013) avaliaram a eficiência da lâmpada de LED vermelha e fluorescente na quebra da noite para inibição do florescimento, nas cultivares Baekma e Jinba e encontraram que a variedade Baekma se desenvolveu melhor sob lâmpada fluorescente, mostrando maior altura de planta e iniciação floral mais tardia.

O ciclo é considerando ponto crucial no sistema produtivo de crisântemos de corte, pois afeta o planejamento da produção e o custo final (BARBOSA et al., 2010). A variedade Sheena apresentou o maior ciclo para todas as fontes luminosas (110 dias) e a Dragon foi a mais precoce (89 dias) (Tabela 3). Valores semelhantes foram encontrados por Zandonadi et al. (2018) para as variedades Dragon, Calábria e Sheena, cultivadas sob 35 dias longos sob lâmpada incandescente.

Tabela 3. Valores médios para característica CICLO para cinco variedades de crisântemo cultivadas em diferentes fontes luminosas.

LÂMPADAS EM DIFERENTES FONTES LÂMPADAS:										
LÂMPADAS	DRAGON		CALABRIA		SHEENA BRANCA		WHITE REGAN		ORANGE REPIN	
	CICLO									
INC 100	89.00	E	92.00	D	110.33	A	97.00	C	100.00	B
FL 20	89.33	E	92.33	D	106.67	A	97.00	C	100.33	B
LED BRA8	89.00	E	92.33	D	106.67	A	97.00	C	100.00	B
LED VER6	89.00	D	92.00	C	106.33	A	97.67	C	100.33	B
LED VER18	89.00	E	92.00	D	108.33	A	97.00	C	100.33	B
HAL 70	89.33	E	92.33	D	106.67	A	97.00	C	100.33	B
MÉDIA	89.11		92.17		107.50		97.11		100.22	

Comparação de médias das variedades em cada lâmpada: médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

1.4 Conclusões

Lâmpadas incandescente 100 W e LED-vermelha promoveram desempenho inferior às demais na produção de hastes de crisântemo de corte com padrão aceitável para comercialização.

As lâmpadas LED-branca 8 W e fluorescente 20 W proporcionaram numericamente maior altura de planta, número de inflorescências, número de folhas e massa fresca da haste de 80 cm, sendo assim as mais indicadas no contexto de melhor qualidade de produção de hastes de crisântemo de corte.

Todas as fontes luminosas inibiram o florescimento das variedades de crisântemo corte durante o período de dias longos. Desta forma, é indicada a utilização da fonte disponível no mercado, levando-se em consideração a vida útil de cada fonte, consumo energético e preço de aquisição.

CAPÍTULO 2

Controle do florescimento de variedades de crisântemo de corte cultivadas sob diferentes intensidades luminosas

2.1 Introdução

A floricultura, um setor com elevada competitividade, emprega tecnologias avançadas, demandando do produtor conhecimento técnico e sistema de produção, distribuição e comercialização integrados e eficientes. De acordo com Milanez (2017), movimenta três seguimentos da economia brasileira: setor primário (produção de mudas, sementes, flores de vaso e corte e plantas ornamentais), setor secundário (indústrias de insumos agrícolas, como implementos, equipamentos de análises, automação, de adubos e corretivos, de plásticos, de telas, de embalagens, entre outros) e setor terciário (comercialização, assistência técnica, seguros).

No Brasil, a profissionalização e o dinamismo comercial da floricultura são fenômenos relativamente recentes. Atualmente, tem cerca de 8 mil produtores de flores e plantas, que juntos cultivam mais de 2.500 espécies com aproximadamente 17.500 variedades (IBRAFLOR, 2020). O país está entre os 15 maiores produtores desse setor, na frente países como EUA, países da E.U., Japão, entre outros), contudo, a sua posição reflete bem o estágio de desenvolvimento do País, bem como a sua idade e o seu nível populacional (JUNQUEIRA & PEETZ, 2018).

O setor está em constante crescimento, em 2012 teve um faturamento de 4,8 bilhões de reais e em 2020 já se encontra com um faturamento de 9,6 bilhões de Reais, registrando um crescimento de 7 a 10 % ao ano (IBRAFLOR, 2020). Em 2012, o consumo per capita era em média R\$ 26,68 ao ano na compra de flores e plantas ornamentais do consumidor brasileiro, com consumo concentrado em produtos tradicionais, datas específicas e com objetivo de presentear (IBRAFLOR, 2012). Em 2020 esse valor foi de R\$ 45,79, ainda bem abaixo do consumo per capita internacional de US\$70,0 (IBRAFLOR, 2020).

O crisântemo é uma das flores de maior expressão no mercado, isto ocorre devido à grande diversidade varietal quanto ao tamanho, cores e formas de inflorescências, longevidade das inflorescências, produção precoce e precisão quanto à resposta ao fotoperíodo (BARBOSA, 2003; MAINARDI et al., 2004; BRACKMANN et al., 2005). Assim, é a

segunda principal espécie de flor de corte produzidas no Brasil, com 15 % do mercado, perdendo somente para as rosas, que representam 30 %. Outras espécies como lisianthus (12 %), lírio (7 %) e gérbera (6 %) complementam as principais flores de corte comercializadas no mercado nacional. Também ocupa lugar de destaque entre as flores de vaso, onde as principais espécies produzidas são: orquídeas (14 %), lírio (7,5 %), crisântemo (7 %), kalanchoe (6,4 %), violeta (6 %) e bromélia (4,5 %) (JUNQUEIRA & PEETZ, 2018).

A planta responde ao comprimento do dia e à hora em que determinado evento ocorre, ou seja, tem capacidade de percepção fisiológica dos ciclos de luz/escuro (BARBOSA, 2003). Segundo Taiz e Zeiger (2017), os eventos fisiológicos das plantas controlados pelo comprimento do dia são diversos, incluindo a reprodução assexuada, formação de órgãos de reserva, indução à dormência e a iniciação do florescimento. Ainda que existam outros aspectos de desenvolvimento das plantas que também são afetados pelo comprimento do dia, a classificação delas ocorre de acordo com sua resposta fotoperiódica, particularmente a indução ou não ao florescimento.

Entende-se como fotoperíodo a capacidade da planta em definir o comprimento do dia e modular suas respostas fisiológicas e/ou morfológicas de acordo com os estímulos recebidos. As plantas são classificadas em de acordo com a influência do fotoperíodo em seu florescimento, sendo elas plantas de dia curto (PDC), plantas de dia longo (PDL) e plantas de dia neutro. O estímulo fotoperiódico é percebido pelas folhas e transmitido para os ápices, nos quais há regulação da transição para o florescimento. Inibidores de florescimento também são produzidos nas folhas quando as plantas sensíveis ao comprimento do dia estão sob condições de fotoperíodo desfavoráveis. Logo, a floração é controlada pelo balanço entre inibidores e promotores de florescimento (TAIZ e ZEIGER, 2017).

O fotorreceptor responsável pela percepção da qualidade da luz é o fitocromo, é um pigmento cromóforo, que absorve a luz na faixa do vermelho (Pv) e vermelho distante (Pvd). Suas respostas fotoquímicas são caracterizadas pelo tempo de exposição e pela quantidade de luz recebida. Uma intensidade luminosa mínima é necessária para produzir respostas fotorreversíveis. O pigmento Pv (vermelho) constitui a forma de proteína que absorve a radiação na faixa 660 nm de comprimento de onda, enquanto Pvd (vermelho distante), que é a forma fisiologicamente ativa, absorve a radiação na faixa de 730 nm (TAIZ e ZEIGER, 2017). Isso faz com que sob dias longos, as PDLs sejam induzidas ao florescimento e as PDCs ao crescimento vegetativo. A irradiação com luz natural ou luz artificial de alta intensidade e de

qualidade (V e Vd) faz com que ocorram ciclos de fotorreversibilidade entre as formas do fitocromo P660 e P730, evento que também ocorre no escuro.

Intensidade luminosa é definida como quantidade de radiação solar recebida por uma superfície de área em uma unidade de tempo, sendo expressa por lux ou $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. O manejo adequado da luz na produção agrícola é fator importante, pois influencia diretamente diversos estádios de crescimento e/ou desenvolvimento, desencadeando respostas fisiológicas dos fotorreceptores (STEFENI, 2018).

Segundo Kofranek (1992), a suplementação luminosa deve ser administrada de tal forma que o período de escuro não ultrapasse 5 h contínuas, o que pode prover condições favoráveis à indução floral. De acordo com Whitman et al. (1998), é necessária uma intensidade luminosa muito baixa para realizar a quebra de noite, geralmente menor $1 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. a intensidade luminosa sugerida é de 7 e 10 footcandle, que corresponde em radiação fotossinteticamente ativa (PAR) aproximadamente 77-110 lux ou 0,30-0,43 W m^{-2} . Os produtores utilizam no sistema produtivo intensidade luminosa de 100-300 lux, para maior segurança (BARBOSA et al., 2005).

O controle do florescimento em plantas sensíveis ao comprimento do dia constitui ferramenta poderosa para a sincronização da produção de flores, possibilitando o manejo da produção e qualidade conforme o mercado, uma vez que, ao se fornecer luz adicional, é possível controlar o crescimento e desenvolvimento da planta, em função dos padrões de comercialização. Conforme Barbosa (2003), a suplementação luminosa pode ser fornecida de forma contínua ou intermitente. Na forma contínua, são fornecidas 4 h de luz durante a noite (22 às 2 horas). A suplementação intermitente é fornecida na forma de iluminação cíclica, alternando-se períodos de luz/escuro, que podem ser 6/24, 7.5/22.5 e 10/20 min, das 22 às 24 horas e das 2 às 4 horas, possibilitando maior economia de energia.

É possível observar se a complementação luminosa artificial foi eficiente no controle do florescimento através de cortes do meristema apical caulinar (SAM), por meio das modificações anatômicas e morfológicas (GARDE, 2013), uma vez que o meristema passa por modificações na forma e sua identidade durante a indução floral e o início da reprodução da planta. Devido a alterações no balanço hormonal causado pela luz, ocorre aumento da divisão celular, modificando o tamanho, largura e número de células do meristema apical (GARDE, 2013). Estes processos são regulados por sinais ambientais, como fotoperíodo e estágio de desenvolvimento das plantas (KINOSHITA et al., 2020).

Os principais tipos de lâmpadas utilizadas na suplementação luminosa são lâmpadas halógenas (substitutas da incandescente), fluorescentes e LED. Lâmpadas incandescentes são as mais comuns e de tecnologia mais antiga no Brasil. São constituídas de um filamento de tungstênio dentro de um bulbo de vidro com vácuo no interior ou gases não halogêneos. A iluminação é promovida pelo aquecimento do filamento pela passagem da corrente elétrica. As lâmpadas incandescentes podem ser convencionais, halógena ou halógena dicróica.

As lâmpadas fluorescentes funcionam pela descarga elétrica em vapores metálicos (mercúrio ou sódio) sob pressão dentro de um invólucro, também chamado de tubo de descarga. As extremidades do tubo possuem eletrodos cuja função é emitir elétrons com o aumento da temperatura. Estas lâmpadas podem ser do tipo tubular e funcionam com reator que tem a finalidade de limitar a corrente e adequar as tensões elétricas. São revestidas internamente por fósforo e são consideradas de baixa pressão. Existem também as lâmpadas fluorescentes compactas (LFC), que são revestidas internamente por tri fósforo e composta de pequeno bulbo fluorescente (GREGGIANIN et al., 2013).

As lâmpadas de LED (Light Emitting Diode - diodo emissor de luz) são as mais recentes no mercado. Necessitam de menor quantidade de potência para gerar o mesmo fluxo luminoso que as lâmpadas incandescentes e fluorescente e não necessitam de reatores. Os LEDs possibilitam a montagem de lâmpadas capazes de produzir luz com específico comprimento de onda e intensidade, possuem alta eficiência, longa durabilidade, redução de consumo de energia e não geram calor (MILANEZ, 2017).

Em uma casa de vegetação, os produtores utilizam uma lâmpada de 100 W para cada 7 m², geralmente, na iluminação artificial do sistema produtivo, originando alto custo de energia elétrica, sendo este um dos fatores que mais oneram o custo de produção de crisântemos. Segundo Zanotelli (2009), é possível realizar o controle do florescimento de crisântemo com lâmpadas de led de 2 W, posicionadas no espaçamento de 2 x 2 m, gerando economia de 96,5 % de energia elétrica em relação ao uso de lâmpadas incandescentes de 100 W.

Os produtores estão cada vez mais atentos ao uso racional de energia elétrica, buscando fontes alternativas para utilizarem na suplementação luminosa, visando economia e eficiência energética e orientando o programa de uso racional de insumos elétricos (ROSSI et al., 2010).

Assim, os objetivos deste trabalho foram (i) avaliar diferentes lâmpadas com diferentes intensidades luminosas na inibição do florescimento e produção de crisântemo de corte e (ii) comparar o consumo de energia elétrica das diferentes lâmpadas durante o fornecimento dos dias longos.

2.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Setor de Floricultura do Departamento de Fitotecnia da UFV em Viçosa-MG (20°45"S, 42°52", altitude 690 m), no período de 12 de novembro de 2018 a 26 de fevereiro de 2019. Foram utilizadas duas cultivares de crisântemo de corte, Calábria e Dragon (Figura 3).

Variedade	Descrição	Cor	Flor
Calábria	Ciclo médio* (até 8 semanas para o florescimento a partir do início dos dias curtos), 96 dias. Inflorescências do tipo decorativo, sendo que o tamanho das lígulas decresce continuamente dos bordos para o centro.	Branca	
Dragon	Ciclo médio* (até 8 semanas para o florescimento a partir do início dos dias curtos), 96 dias. Inflorescências do tipo margarida. Possui uma ou mais camadas de flores liguladas nos bordos e o centro do capítulo (disco) é composto de flores tubulares bem curtas, geralmente de cor diferente das lígulas.	Vermelha	

Figura 3. Descrição das cultivares de crisântemo de corte. Fonte: Zandonadi et al. 2018.

Foi realizado experimento, utilizando esquema fatorial 3x3 com três tipos lâmpadas (fluorescente 25 W, halógena 42 W e 100 W e LED 4,5 W branca) e três intensidades luminosas para cada lâmpada, intensidade de 35 lux (variando de 30 a 40 lux), 75 lux (de 70 a 80 lux) e 115 lux (de 110 a 120 lux), no delineamento em blocos casualizados com três repetições. A parcela foi composta de 5 plantas e foram colhidas as três plantas centrais. Inicialmente as intensidades foram obtidas através da modificação da altura das lâmpadas em relação ao dossel da planta (Figura 4) e foram quantificadas e monitoradas pelo uso de luxímetro digital, modelo LD – 240 marca Instrutherm. Ao longo do crescimento das plantas a altura das lâmpadas foi ajustada para manter a intensidade luminosa na faixa desejada.

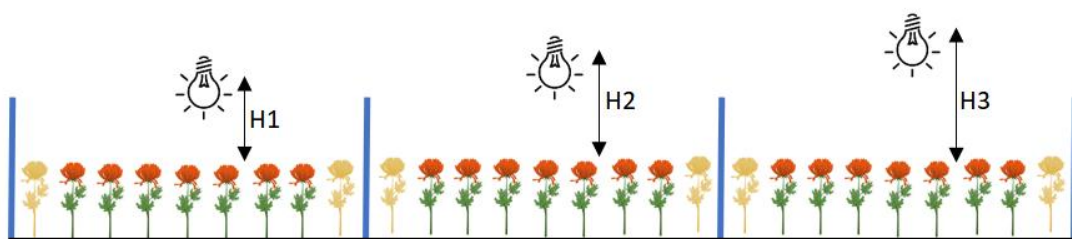


Figura 4. Representação esquemática da avaliação de crisântemo de corte produzidas com uma lâmpada e três intensidades luminosas (115, 75 e 35 lux). H: altura da lâmpada em relação ao dossel da planta.

As estacas foram adquiridas enraizadas e as mudas transplantadas para o canteiro. O substrato utilizado foi constituído da mistura solo, areia e esterco curtido na proporção 3:1:1,5 com base no volume. A adubação foi realizada com super simples e KCl, na proporção de 3:1, adicionando-se 1 grama/litro de substrato. O transplântio foi realizado em condição de dia longo para favorecer o crescimento vegetativo, fornecendo suplementação luminosa, utilizando as lâmpadas supracitadas de acordo com os tratamentos, acesas das 22h-2h, por 35 dias. O fotoperíodo fornecido foi de 14 h de luz. As mudas espaçadas de 12,5 x 12,5 cm, de acordo com a malha de tutoramento.

Após a exposição ao período de dias longos, as plantas foram submetidas a 30 dias curtos, para indução ao florescimento, obtidos pela cobertura dos canteiros com lona plástica preta, das 17:00 às 7:00, num total de 10 h de luz e 14 h de escuro. Os dias curtos foram interrompidos quando os botões florais estavam visivelmente induzidos ao florescimento. Nesse momento foi realizada a eliminação do botão apical, que apresentava diâmetro maior

ou igual a 8 mm, para uniformização de flores em cachos. Sequencialmente, foram submetidas a dias normais até a colheita.

Durante o cultivo, foi realizada fertirrigação manualmente com 1g.L^{-1} de adubo solúvel, 20-20-20, a cada sete dias, fornecendo 5 L de solução por parcela. A irrigação foi feita diariamente, de acordo com a necessidade das plantas. As plantas foram tutoradas com rede para evitar o tombamento e perda da qualidade das hastes florais, as quais foram colhidas quando apresentaram de 50%-70% das inflorescências abertas.

As seguintes características foram avaliadas:

(i) Inibição do florescimento

Avaliação visual do crescimento vegetativo, particularmente, o surgimento de novas folhas e as características morfológicas das mesmas, observando se houve alteração dos primórdios foliares, uma vez que plantas induzidas ao florescimento apresentam modificação das folhas (formato de “lança”) e o ápice fica globular. Em plantas não induzidas ao florescimento os primórdios foliares mantêm a morfologia característica da espécie, ou seja, folhas recortadas e o ápice com região de crescimento de nó, entrenó e folha, no final do período de dias longos. Foi realizada durante o período de dias longos, todos os dias no período da manhã, até observação visual da indução ao florescimento das plantas.

(ii) Características anatômicas e de histometria do ápice caulinar:

Para a caracterização morfológica da transição fisiológica das gemas, do estágio vegetativo para reprodutivo, foi realizada a retirada do ápice de duas plantas, no dia em que encerrou o fornecimento dos dias longos, identificados e fixados em solução de FAA e etanol 70 %, conforme metodologia descrita por Garde (2013). Posteriormente estes ápices foram levados para o laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia Vegetal na Universidade Federal de Viçosa, onde passaram por desidratação em série alcoólica crescente e cada ápice foi incluído em resina de metacrilato (Leica) e submetido a cortes de sete micrometros de espessura e montadas lâminas com cortes do ápice. Posteriormente, essas lâminas foram coradas com azul de Toluidina. Dessas lâminas foram selecionadas três cortes de acordo com sua posição mais próxima ao eixo radial do meristema apical, foram

fotografadas com microscópio ótico Olympus e a análise foi usando o software Image-Pro Plus®.

Foram avaliadas as seguintes características anatômicas e de histometria do meristema (Figura 5):

LAR: largura do ápice caulinar (contendo a região meristemática) (μm), mensurado na altura da axila superior do 2º primórdio foliar;

ALT: altura do ápice caulinar (μm), mensurado da superfície do ápice até o eixo na altura da axila superior do 2º primórdio foliar – dome;

ÂNGULO: ângulo formado entre a seção de reta correspondente à largura ou distância horizontal entre os dois primeiros primórdios foliares observados e a seção de reta da inserção de um destes primórdios e o ponto mais externo da curvatura do domo do meristema apical;

NCL: número de camadas de células na região do meristema apical tomadas no traçado da distância horizontal entre os pontos que definem a intercessão dos dois primeiros primórdios foliares com o domo apical (largura). Número de células contidas na região onde observamos o desenvolvimento da medula e com tecidos vasculares. Nesta região encontramos células com características meristemáticas, com citoplasma denso e com vacúolo ausente, e células em que o citoplasma está menos denso e a vacuolização já é observada;

NCA: número de células na altura do meristema apical que passa pelo plano longitudinal radial do ápice caulinar. Foram contadas o número de camadas de células que passa pelo eixo perpendicular do ponto de curvatura do domo meristemático e a seção de reta formada pelos pontos correspondentes à inserção dos dois primeiros primórdios foliares. Nesta região encontramos as iniciais, derivadas imediatas e o meristema fundamental. As camadas de células desta região apresentam características citológicas como paredes finas e divisão celular frequente, além de apresentarem um gradiente de citoplasma denso, núcleo evidente e ausência de vacúolo (iniciais) até células com citoplasma menos denso e vacuolização já perceptível (meristema fundamental).

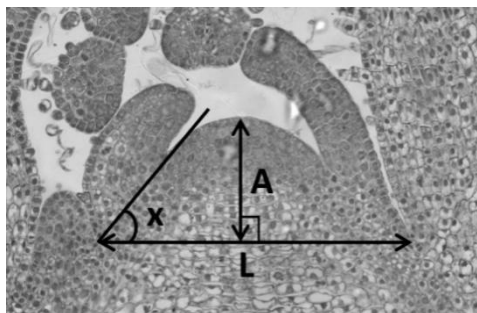


Figura 5. Anatomia e histometria ápice caulinar e meristema apical de crisântemo de corte variedade Calábria. A: altura do ápice caulinar; L: largura do ápice caulinar e X: ângulo formado do ponto de inserção dos primeiros primórdios foliares e a superfície do meristema apical caulinar.

(iii) Características morfológicas de produção:

ALTURA: Altura da haste (cm), considerada do coleto da planta até a inflorescência apical;

DINF: Diâmetro da inflorescência aberta (mm): foi considerada a inflorescência totalmente aberta;

NTI: Número total de inflorescências abertas e botões (com diâmetro maior que cinco mm);

NF: Número de folhas haste, coletada em haste padronizada de 80 cm;

DH: Diâmetro da haste (mm) medido meio da haste padronizado de 80 cm, com paquímetro;

MFF: massa fresca de folhas da haste (g), coletadas em haste padronizada de 80 cm.

(iv) avaliação do consumo de energia:

A avaliação do consumo de energia das lâmpadas foi realizada de acordo com Zanotelli (2009) tendo como referência a área de um hectare iluminada e considerando os seguintes parâmetros: potência da lâmpada (kW); tempo de permanência em uso (em dias); horas ligada por noite (em horas); número de lâmpadas necessária por ha (sendo uma lâmpada de LED ou Halógena 42W a cada 4 m² e uma lâmpada fluorescente ou halógena 100W a cada 7 m²) e preço do kW (R\$ kW⁻¹).

- Consumo (kW ha⁻¹) = Potência (kW) x Número de dias x Número de horas por dia x Lâmpadas ha⁻¹
- Custo (R\$ ha⁻¹) = Consumo (kW ha⁻¹) x Preço (R\$ kW⁻¹)

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5 % de probabilidade. Independentemente da interação de maior grau ser ou não significativo, optou-se pelo desdobramento da mesma devido ao interesse em estudo. Foi utilizado o Programa Genes – Aplicativo computacional em genética e estatística (CRUZ, 2013).

2.3 Resultados e Discussão

As intensidades e fontes luminosas não diferiram entre si em nível de 5% de probabilidade considerando a inibição da indução floral das variedades de crisântemo Calábria e Dragon. O mínimo de intensidade luminosa (35 lux) testada proporcionou condições semelhantes a maior da intensidade empregada (115 lux), todas as combinações de fonte luminosa e intensidade de luz inibindo eficientemente a indução floral em crisântemo de corte.

Os diferentes tipos de lâmpadas também proporcionaram resultados e desenvolvimento semelhantes das variedades de crisântemo para todas as variáveis em nível de 1 % e a 5 % de probabilidade, exceto para diâmetro da haste (DH) na variedade Calábria e número de folhas (NF) na variedade Dragon (Tabela S1 e S2 do Anexo I).

2.3.1 Inibição do Florescimento

O florescimento das variedades Calábria e Dragon foi inibido durante período de dias longos, conforme avaliação visual do crescimento vegetativo e de características morfológicas dos ápices das plantas, independente, do tipo de lâmpada e da intensidade luminosa (Figura 6). O mesmo foi observado por Milanez (2017), trabalhando com crisântemo de corte, variedade 'Sunny Reagan', cultivadas com lâmpada de LED vermelho 18 W, com intensidade luminosa variando de 0,14 a 0,60 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, obtidos através do distanciamento horizontal das plantas em relação à fonte de luz. Hong et al. (2013) trabalhando com luz vermelha com intensidades 0,7; 1,4; 2,1 2,8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, observaram que intensidades luminosas a partir de 1,4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ promoveram inibição do florescimento em crisântemo e que esse efeito foi semelhante ao obtido usando-se luz branca de lâmpadas fluorescentes compactas de 50 lux.

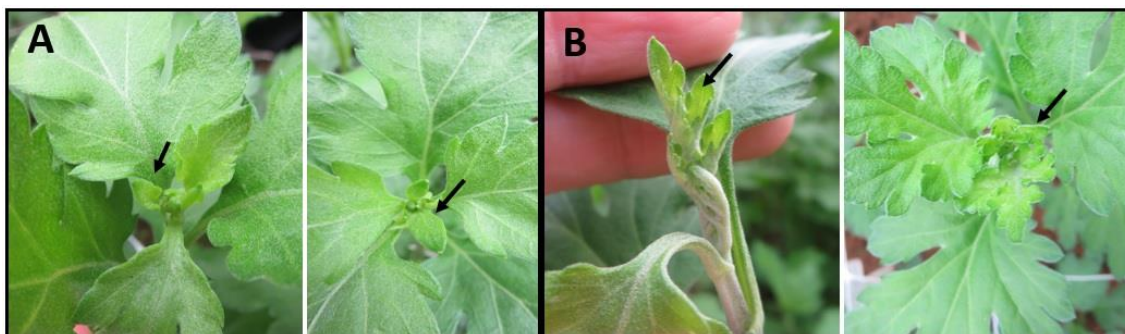


Figura 6. Comparação do ápice do meristema apical de plantas de crisântemo de corte. A: Plantas induzidas ao florescimento apresentando folhas do ápice modificadas e região mais “arredondada”. B: Plantas não induzidas ao florescimento, apresentando folhas normais “recortadas” e região com crescimento de nó, entre nó e folha.

2.3.2 Características Anatômicas

O meristema apical caulinar de crisântemo possui características anatômicas que são peculiares quando as plantas são ao florescimento. O meristema se expande e assume uma nova forma, passando de inicialmente cônico para um formato “capitado”, algo semelhante à figura de uma “couve-flor”. As divisões celulares aumentam na porção distal do meristema e há o aumento do ângulo formado entre o ponto de inserção dos primórdios foliares recém formados e a tangente ao domo do meristema apical (Figura 7). Desenvolvimento semelhante é observado em *Arabidopsis thaliana*, a mudança na forma do meristema apical do caule, chamada cúpula, ocorre no início da transição floral, processo que é induzido por sinais ambientais, onde o meristema deixa de formar primórdios foliares e inicia a formação de primórdios florais (KINOSHITA et al., 2020).

Nas diferentes combinações lâmpadas e intensidades luminosas as variedades Calabria e Dragon mantiveram um padrão ou perfil de ápices caulinares vegetativos, sem sinal de indução ao florescimento (Figura 8). Este perfil e estrutura anatômica nos permite inferir e demonstrar que, até o término do período de suplementação luminosa artificial, houve inibição do florescimento em todos os tratamentos. Esta descrição da estrutura do ápice e padrão de atividade meristemática comprova que a avaliação visual das plantas, realizada de forma manual, foi correta e precisa quanta a ausência da indução floral.

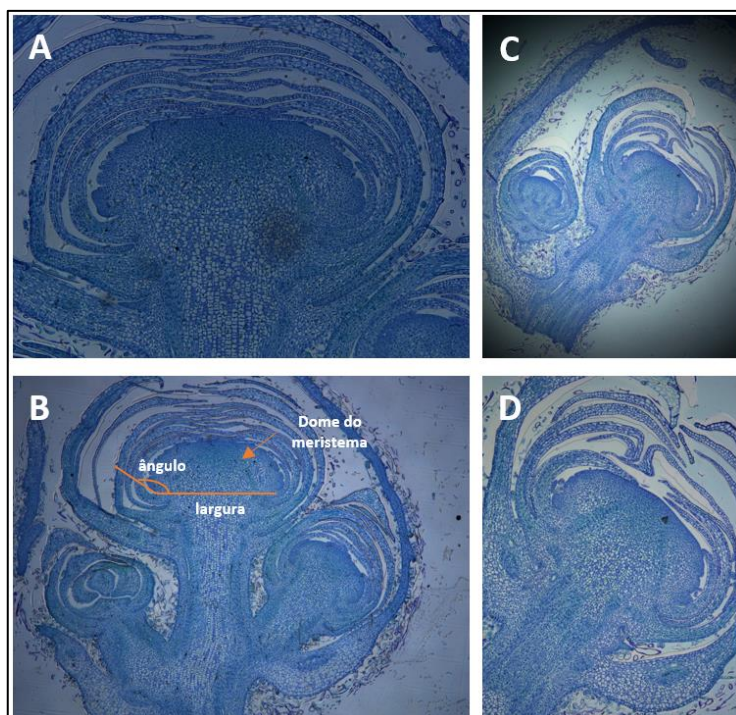


Figura 7. Cortes da anatomia do meristema apical caulinar da variedade Calabria induzida ao florescimento. A, B, C e D: cortes de diferentes plantas de Calabria induzidas ao florescimento. B: representação da região do domo meristemático, ângulo do meristema e largura.

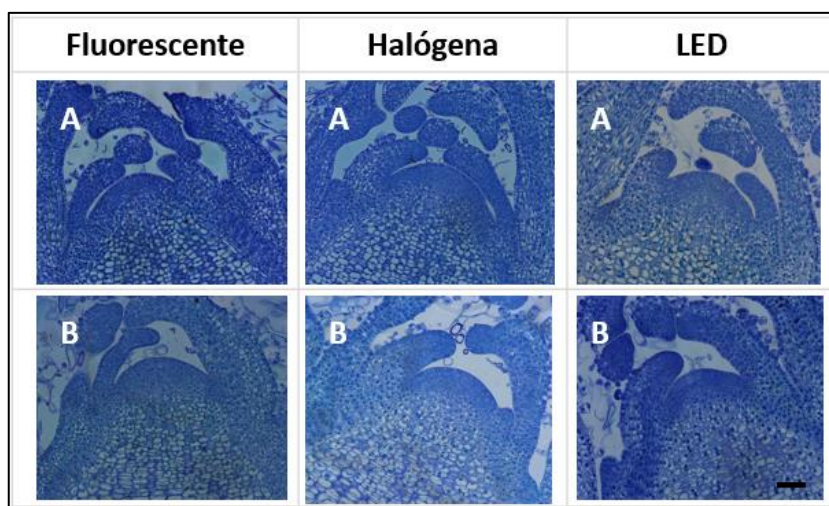


Figura 8. Corte anatômico do meristema apical não induzidas ao florescimento das variedades de crisântemo Calabria (A) e Dragon (B) produzidas em diferentes tipos de lâmpadas. Barra 200µm.

Garde (2013), avaliando inibição do florescimento em crisântemo de vaso, variedade Elliot, não encontrou diferença significativa entre as variáveis comprimento transversal, altura e número de células com citoplasma denso entre os tratamentos iluminados com lâmpadas

de Led e o tratamento não iluminado, com valores médios de 455,39 micrômetros, 286,85 micrômetros e 12,44 células, respectivamente. Os valores médios obtidos neste trabalho são similares aos encontrados no trabalho do referido autor, para as duas variedades (Tabela S5 e S6, do Anexo II).

2.3.3 Características de produção

Altura da haste

A lâmpada Halógena proporcionou, em média, a maior altura da haste (137,9 cm), seguido da LED (133,0 cm) e fluorescente (133,3 cm) na variedade Calabria (Tabela 4). O mesmo comportamento foi observado na variedade Dragon (Tabela 4), observando-se uma altura média de 134,7 cm, dentro dos padrões do mercado.

A lâmpada de LED na intensidade de 35 lux deixou as hastes de Calabria e Dragon com 129 cm, menor valor observado. Entretanto, a lâmpada halógena na intensidade de 75 lux proporcionou a maior altura da haste, sendo 139,1 cm na Calabria e 138,70 cm na Dragon. Resultado diferente do encontrado por Hong et al. (2013), em plantas de crisântemo irradiadas com luz de LED vermelha que observaram altura 17 % maior que as plantas irradiadas com lâmpada fluorescente compacta.

A luz vermelho-distante afeta tanto a transição para florescimento como a altura da haste a qual é instigada por baixa proporção de luz vermelho:vermelho-distante (RAJAPAKSE et al., 1993; KHATTAK e PEARSON, 2006), mostrando que a altura da haste está relacionada com as respostas fisiológicas mediadas pelo fitocromo (PATIL et al., 2003). Portanto, diferentes características, a exemplo da indução do florescimento e crescimento do caule, podem ser influenciadas de forma diferenciada pela combinação de qualidade e intensidade do fator luz.

Diâmetro da haste

A variedade Calabria apresentou diâmetro da haste médio de 6,4 mm, enquanto Dragon de 7,16 mm, provavelmente, devida à diferença genética das variedades (Tabela 4). Resultado semelhante foi obtido por Assis (2015), quando avaliou lâmpada de LED vermelho e lâmpada incandescente no controle do florescimento em tango (*Solidago canadensis* L.) e

observou que as fontes de luz apresentaram resultados semelhantes no crescimento longitudinal do caule.

A variedade Calabria mostrou haste com menor diâmetro sob lâmpada fluorescente-35 lux (6,0 mm) e maior sob lâmpada halógena-75 lux (6,9 mm) (Tabela 4), enquanto a variedade Dragon mostrou menor diâmetro da haste sob lâmpada fluorescente-75 lux (6,8 mm) e maior na LED -115 lux (7,8 mm) (Tabela 4). Zandonadi et al. (2018), avaliando diferentes números de dias longos na produção de crisântemo de corte, obtiveram resultados similares para as variedades Dragon 6,87 mm e Calabria 6,12 mm, quando produzidas com 35 dias longos.

Número e massa fresca das folhas

O número de folhas sofreu pouca interferência dos tipos de lâmpadas e das intensidades luminosas. Neste sentido, para variedade Calábria o número de folhas variou de 17,3 para 20,8 folhas, enquanto para variedade Dragon os valores variaram de 16,6 para 18,3 (Tabela 4). Milanez (2017) e Assis (2015), não observaram diferença na produção de folhas em plantas de crisântemo e tango, respectivamente, produzidos com suplementação luminosa sob lâmpadas de LED e incandescentes.

O valor médio para massa fresca das folhas foi de 26,7 g para Calabria e 35,9 g na Dragon (Tabela 4). A massa fresca das folhas, também está relacionada com a diferença na morfologia das folhas das variedades. A lâmpada halógena-75 lux proporcionou melhor produção de massa fresca de folhas na variedade Calabria (32,1 g). Para variedade Dragon a lâmpada fluorescente-35 lux proporcionou melhor produção de massa fresca (39,3 g). A variedade Dragon possui folhas maiores e mais recortadas, enquanto a variedade Calabria possui folhas menores. Cada espécie e/ou variedade possui fatores específicos de crescimento e desenvolvimento das folhas (TAIZ e ZEIGER, 2017).

Número e diâmetro de inflorescências

A variedade Calabria produziu em média 11,6 inflorescências sob lâmpada de LED-35 lux e 7,9 inflorescências sob lâmpada fluorescente -75 Lux (Tabela 4). A variedade Dragon produziu em média maior número na lâmpada fluorescente-35 lux (11,8) e menor sob lâmpada halógena-75 lux (8,2). Segundo Flórez-Roncancio et al. (1996) é importante que o

crisântemo de corte possua de 5 a 8 inflorescências/haste para atender as exigências do mercado. De forma semelhante, Milanez (2017) constatou que plantas de crisântemo de corte variedade 'Sunny Reagan' cultivada sob lâmpadas de LED vermelho 18 W produziram de 4,8 a 9,0 inflorescências. Já Garde (2013), obteve maior produção de inflorescências para crisântemo de vaso variedade 'Eliot' com lâmpada de LED vermelho com 1 W de potência e ciclo de iluminação contínuo, com média de 97,8 inflorescências por vaso.

Nas duas variedades a intensidade de 75 lux proporcionou menor produção de inflorescências, enquanto melhor produção ocorreu sob intensidade de 35 lux para as duas variedades. Jeong et al. (2014), utilizaram mistura de luz vermelha com azul e suplementação com luz azul em diferentes fotoperíodos, com intensidade luminosa de $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, avaliando a eficiência fotossintética, formação do botão floral e características de crescimento e constataram melhor desenvolvimento do botão floral no tratamento com a combinação de luz vermelha e azul.

O diâmetro médio da inflorescência da variedade Calabria foi 20 mm maior que da variedade Dragon, com valores de 100,6mm e 83,4 mm respectivamente. Isto ocorre em função do comportamento genético diferenciado entre as variedades.

A variedade Calabria cultivada sob lâmpada de LED teve diâmetro médio de inflorescências menor que sob lâmpada halógena ou fluorescente. O maior diâmetro foi observado sob lâmpada halógena com 75 lux (105 mm)

A variedade Dragon apresentou menor diâmetro de inflorescências sob lâmpada de LED-75 lux (78,9 mm) e maior sob lâmpada de LED-115 lux. (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de características de produção: altura da haste, diâmetro da haste, número de folhas, massa fresca da haste, número de inflorescências, diâmetro da inflorescência, para as respectivas combinações de intensidade luminosa e tipo de lâmpada das variedades **CALABRIA** e **DRAGON**.

CARACTERÍSTICA	INTENSIDADE LUMINOSA (LUX)	CALABRIA			DRAGON		
		LÂMPADA			LÂMPADA		
		F	H	LED	F	H	LED
ALTURA DA HASTE (cm)	35	133.9	136.7	129.7	134.4	138	129.2
	75	132.3	139.1	134	134	138.7	134.4
	115	133.6	137.8	135.4	133.8	133.1	136.7
	Média	133.3	137.9	133.0	134.1	136.6	133.4
	CV(%)=2,82						
DIÂMETRO DA HASTE (mm)	35	6.0 A	6.6 A	6.4 A	7.2	7.3	7.0
	75	6.1 B	6.9 A	6.3 AB	6.8	7.1	7.1
	115	6.2 A	6.5 A	6.5 A	6.9	7.1	7.8
	Média	6.1	6.7	6.4	7.0	7.2	7.3
	CV(%)=5,82						
NÚMERO DE FOLHAS	35	17.6	19.3	17.3	18.5	16.9	18.1
	75	19.8	19	19.6	17.6	16.6	17.9
	115	20.8	20.2	19.8	18.3	17.1	18.0
	Média	19.4	19.5	18.9	18.1	16.9	18.0
	CV(%)=5,81						
MASSA FRESCA DE FOLHAS (g)	35	23.2	27.1	23.2	39.3	32.1	38.2
	75	25.7	32.1	26.6	33.2	32	35.5
	115	27.6	27	27.9	36.8	37.3	39.2
	Média	25.5	28.7	25.9	36.4	33.8	37.6
	CV(%)=9,80						
NÚMERO DE INFLORESCÊNCIAS	35	9.5	8.2	11.6	11.8	8.9	10.1
	75	7.9	9.7	8.1	8.8	8.2	8.9
	115	8.7	10	8.6	10.7	10	9.9
	Média	8.7	9.3	9.4	10.4	9.0	9.6
	CV(%)=28,56						
DIÂMETRO INFLORESCÊNCIA (mm)	35	97.6	100.4	98.4	85.8	79.6	82.9
	75	99.9	105	98.8	81.5	81.7	78.9
	115	103.8	102.7	98.9	82.1	87.7	90.6
	Média	100.4	102.7	98.7	83.1	83.0	84.1
	CV(%)=4,06						

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Lâmpadas: F: Fluorescente; H: Halógena; LED. Intensidade luminosa: 35, 75 e 115 lux.

2.3.4 Avaliação do consumo de energia

Houve uma grande diferença no consumo de energia entre as lâmpadas, o que seria esperado, uma vez que há diferença entre as potências. Vale ressaltar que a inibição do florescimento foi eficiente independentemente da lâmpada utilizada, como já foi demonstrado acima. Considerando uma área de um hectare iluminada por quatro horas por noite e durante 35 dias, a lâmpada de LED teve o menor consumo de energia (1575 kW), entretanto a lâmpada Halógena de 100 W teve o maior consumo (20.000 kW). O uso da lâmpada de LED em detrimento da lâmpada Halógena de 100w representa uma economia de R\$ 5.159,00 (Tabela 5).

O resultado obtido foi semelhante ao descrito por Zanotelli (2009), onde lâmpadas de LED inibiram o florescimento de crisântemos de vaso, com suplementação luminosa de quatro horas por 30 dias, utilizando somente 3,5 % (600 kWh) do consumo de energia usado pelas lâmpadas incandescentes de 100 W (17.148 kWh).

Tabela 5. Análise do consumo de energia elétrica das lâmpadas halógena 100 W, halógena 42 W, fluorescente 25 W e LED 4,5 W.

LÂMPADA	Potência (kW)	Consumo (kWh)	Lâmpadas ha ⁻¹	Consumo (kW ha ⁻¹)	Preço R\$ Kwh ⁻¹	Custo ha ⁻¹ (R\$)
Halógena 100	0,1	14,00	1429	20000	0,28	5.600,00
Halógena 42	0,042	5,88	2500	14700	0,28	4.116,00
Fluorescente	0,025	3,50	1429	5000	0,28	1.400,00
LED	0,0045	0,63	2500	1575	0,28	441,00

2.4 Conclusões

Há uma resposta diferenciada das variedades Calabria e Dragon com relação ao tipo de lâmpada e intensidade luminosa.

As lâmpadas utilizadas inibem de forma satisfatória a indução do florescimento;

Baseado nos cortes anatômicos dos meristemas apicais foi comprovado que não houve indução ao florescimento durante o período de suplementação luminosa, demonstrando a eficiência das lâmpadas em manter as plantas em estágio vegetativo;

A intensidade luminosa a partir de 35 lux, independentemente do tipo de lâmpada, inibe o florescimento de crisântemo de corte.

As características de produção do crisântemo, de forma geral, permanecem estáveis com a alteração do tipo de lâmpada (fluorescente, halógena e LED) e da intensidade luminosa entre 35 e 115 lux.

A lâmpada de LED representa uma maior economia no consumo de energia e proporciona boa qualidade na inibição do florescimento.

ANEXO I

TABELAS DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

TABELA S1. Análise de variância modelo fatorial com dois fatores (intensidade luminosa e tipo de lâmpada) na variedade **CALABRIA** para características de **anatomia e histometria do ápice caulinar de crisântemo**.

FV	GL	QM				
		LAR	ALT	ÂNGULO	NCL	NCA
BLOCOS	2	10664,93	3557,67	18,39	1,59	6,04
INTENSIDADE	2	20490,53 ^{ns}	2364,94 ^{ns}	536,22 ^{ns}	25,93 ^{ns}	17,37 ^{ns}
LÂMPADA	2	5485,45 ^{ns}	290,42 ^{ns}	156,73 ^{ns}	2,93 ^{ns}	6,26 ^{ns}
INT x LAMP	4	17788,41 ^{ns}	3931,59 *	352,89 *	35,26 ^{ns}	40,70 **
RESÍDUO	16	6557,44	1275,93	86,83	23,47	8,20
MÉDIA		431,77	141,98	46,15	33,15	13,15
CV(%)		18,75	25,16	20,19	14,61	21,78

** e * significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo.

Caraterísticas: LAR: Largura do ápice caulinar; ALT: Altura do ápice caulinar; NCL: número de camadas células na largura; NCA: número de células na altura.

TABELA S2. Análise de variância modelo fatorial com dois fatores (intensidade luminosa e tipo de lâmpada) na variedade **DRAGON** para características de **anatomia e histometria do ápice caulinar de crisântemo**.

FV	GL	QM				
		LAR	ALT	ÂNGULO	NCL	NCA
BLOCOS	2	2513,61	687,80	19,98	4,93	2,78
INTENSIDADE	2	2005,98 ^{ns}	3547,11 ^{ns}	346,93 ^{ns}	13,48 ^{ns}	16,33 ^{ns}
LÂMPADA	2	3485,73 ^{ns}	2853,32 ^{ns}	145,62 ^{ns}	15,81 ^{ns}	14,33 ^{ns}
INT x LAMP	4	3348,83 ^{ns}	2784,83 **	250,27 **	29,65 **	15,33 *
RESÍDUO	16	1520,17	257,83	47,51	3,97	4,36
MÉDIA		433,50	143,03	42,16	32,41	12,96
CV(%)		8,99	11,22	16,35	6,14	16,06

** e * significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo.

Caraterísticas: LAR: Largura do ápice caulinar; ALT: Altura do ápice caulinar; NCL: número de camadas de células na largura; NCA: número de células na altura.

TABELA S3. Análise de variância modelo fatorial com dois fatores (intensidade luminosa e tipo de lâmpada) na variedade **CALABRIA** para **características de produção**.

FV	GL	QM					
		ALTURA	DINF	NTI	NF	DH	MFF
BLOCOS	2	10,84	21,73	3,19	1,61	0,01	2,44
INTENSIDADE	2	11,45 ^{ns}	22,79 ^{ns}	3,26 ^{ns}	10,81 ^{ns}	0,02 ^{ns}	33,59 ^{ns}
LÂMPADA	2	66,35 ^{ns}	36,55 ^{ns}	1,29 ^{ns}	0,93 ^{ns}	0,77 *	28,23 ^{ns}
INT x LAMP	4	10,63 ^{ns}	11,09 ^{ns}	5,95 ^{ns}	1,95 ^{ns}	0,07 ^{ns}	11,86 ^{ns}
RESÍDUO	16	14,48	16,64	6,81	1,25	0,14	6,85
MÉDIA		134,74	100,60	9,14	19,25	6,39	26,70
CV(%)		2,82	4,06	28,56	5,81	5,82	9,80

* significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} não significativo.

Caraterísticas: ALTURA: Altura da haste (cm); DINF: Diâmetro da inflorescência (mm); NTI: Número total de inflorescências por haste; NF: Número de folhas; DH: diâmetro da haste (cm); MFF: Massa fresca de folhas (g).

TABELA S4. Análise de variância modelo fatorial com dois fatores (intensidade luminosa e tipo de lâmpada) na variedade **DRAGON** para **características de produção**.

FV	GL	QM					
		ALTURA	DINF	NTI	NF	DH	MFF80
BLOCOS	2	16,44	67,51	12,91	1,76	0,94	107,67
INTENSIDADE	2	7,94 ^{ns}	87,53 ^{ns}	7,64 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,12 ^{ns}	40,91 ^{ns}
LÂMPADA	2	25,70 ^{ns}	3,40 ^{ns}	4,25 ^{ns}	4,31 ^{ns}	0,29 ^{ns}	34,37 ^{ns}
INT x LAMP	4	32,31 *	43,85 ^{ns}	1,48 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,30 ^{ns}	12,32 ^{ns}
RESÍDUO	16	9,30	28,72	6,09	1,54	0,14	16,89
MÉDIA		134,69	83,41	9,69	17,65	7,15	35,95
CV(%)		2,26	6,42	25,46	7,02	5,22	11,43

** e * significativo em nível de 1% e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente. ^{ns} não significativo.

Caraterísticas: ALTURA: Altura da haste (cm); DINF: Diâmetro da inflorescência (mm); NTI: Número total de inflorescências por haste; NF: Número de folhas na haste de 80 cm; DH: diâmetro da haste (cm); MFF: Massa fresca de folhas (g).

ANEXO II

TABELAS ANATOMIA DO ÁPICE CAULINAR DE CRISÂNTEMO

Tabela S5. Valores médios de características de anatomia do ápice caulinar de crisântemo, de largura, altura, ângulo número de células na largura e número de células na altura para as respectivas combinações de intensidade luminosa e lâmpadas da variedade **CALABRIA**.

INTENSIDADE\LÂMPADA	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
	LARGURA DO ÁPICE CAULINAR		
35	407,37	390,46	351,85
75	436,65	593,60	405,58
115	410,52	396,74	493,15
CV(%)=18,75			
INTENSIDADE\LÂMPADA	ALTURA DO ÁPICE CAULINAR		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	184,40	114,70	112,33
75	128,31	186,03	165,82
115	132,78	113,62	139,80
CV(%)=25,16			
INTENSIDADE\LÂMPADA	ÂNGULO		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	71,78	44,04	49,32
75	36,01	39,89	50,67
115	43,78	42,71	37,16
CV(%)=20,19			
INTENSIDADE\LÂMPADA	NÚMERO DE CAMADAS DE CÉCULAS NA LARGURA		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	34,67	31,33	29,00
75	34,00	37,33	33,67
115	32,67	29,33	36,33
CV(%)=14,61			
INTENSIDADE\LÂMPADA	NÚMERO DE CÉCULAS NA ALTURA		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	18,67	11,00	9,67
75	12,00	16,00	15,67
115	11,67	11,00	12,67
CV(%)=21,78			

Não houve diferença significativa entre as médias da variedade Calabria para a fonte de variação Lâmpadas e Intensidade (ver Tabela S1 Anexo I).

Tabela S6. Valores médios de características de anatomia do ápice caulinar de crisântemo de largura, altura, ângulo, número de células na largura e número de células na altura, para as respectivas combinações de intensidade luminosa e lâmpadas da variedade **DRAGON**.

INTENSIDADE\LÂMPADA	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
	LARGURA DO ÁPICE CAULINAR		
35	497,73	394,12	405,99
75	457,86	445,87	442,85
115	411,44	414,33	431,35
CV(%)=8,99			
INTENSIDADE\LÂMPADA	ALTURA DO ÁPICE CAULINAR		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	147,54	222,40	121,15
75	143,86	140,15	139,82
115	131,32	122,85	118,16
CV(%)=11,22			
INTENSIDADE\LÂMPADA	ÂNGULO		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	39,07	65,13	43,78
75	43,62	35,38	36,97
115	39,56	39,58	36,34
CV(%)=16,32			
INTENSIDADE\LÂMPADA	NÚMERO DE CAMADAS DE CÉCULAS NA LARGURA		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	35,00	27,00	31,67
75	34,67	33,00	33,33
115	29,33	32,67	35,00
CV(%)=6,14			
INTENSIDADE\LÂMPADA	NÚMERO DE CÉCULAS NA ALTURA		
	FLUORESCENTE	HALÓGENA	LED
35	13,67	18,00	11,33
75	14,00	12,00	12,33
115	13,00	11,33	11,00
CV(%)=16,06			

Não houve diferença significativa entre as médias da variedade Calabria para a fonte de variação Lâmpadas e Intensidade (ver Tabela S2 Anexo I).

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; LIMA JÚNIOR, E.C.; MAGALHÃES, M.M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, v.27, n.1, p.53-57, 2003.
- ASSIS, T.R. **Uso de lâmpadas de diodo emissor de luz `LED` no controle do florescimento em plantas de Tango (*Solidago canadensis* L.) e Hipérico (*Hyoericum inodorum*)**. 2015. 62p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). UFV, Viçosa.
- BARBOSA MS; BARBOSA JG; FINGER FL; PONTES T; RAIMUNDO MR; FERREIRA TC. 2010. Produtividade e longevidade de crisântemos cultivados em hidroponia em resposta a doses de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia** 34: 1205-1210.
- BARBOSA, J.G. **Crisântemos- Produção de mudas; Cultivo para corte de flor; Cultivo em vaso e Cultivo Hidropônico**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2003. 220p.
- BARBOSA, J.G.; GROSSI, J.A.S.; BARBOSA, M.S.; STRINGHETA, A.C.O. Cultivo de crisântemo de corte. **Informe Agropecuário**, v.26, n.227, p.36-43, 2005.
- BRACKMANN, A.; BELLÉ, R.A.; FREITAS, S.T.; MELLO, A.M. Qualidades pós-colheita de crisântemos (*Dendranthema grandiflora*) mantidos em solução de ácido giberélico. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1451-1455, 2005.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro**, Brasília, DF, v. 7, n. 5, maio 2021.
- CRAIG, D.S.; RUNKLE, E.S. A Moderate to High Red to Far-red Light Ratio from Light-emitting Diodes Controls Flowering of Short-day Plants. **Journal American Society Horticultural Science**. v.138, n.3, p.167–172, 2013.
- CRUZ CD. *GENES*- a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum** 35: 271-276, 2013.
- DAVID, E. & ROSSI, L.A. Diferentes tecnologias de iluminação para produção de mudas de crisântemo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 4 (3):261-266, 2010.
- FARIAS, M.F. **Manejo da irrigação na cultura do crisântemo (*Dendranthema grandiflorum* Ramat kitamura) de corte cultivado em ambiente protegido**. 2006. 93 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

- FLÓREZ-RONCANCIO, V.J.; CASTRO, C.E.F.; DEMATTÊ, M.E.S.P. Manutenção de qualidade e aumento da longevidade no crescimento e qualidade de crisântemo de vaso. **Horticultura Brasileira**, v.31, p.659-663, 1996.
- GARDE, G.P.; MUNIZ, M.A.; PÊGO, R.G.; GROSSI, J.A.S. Data de desponte apical e intensidade luminosa no crescimento e qualidade de crisântemo de vaso. **Horticultura Brasileira**. V. 31, p.659-663, 2013.
- GREGGIANIN, C.A.; MARCHESINI, I.A.; BITTAR, J.B.P.; LOSS, J.; TAVARES, S.F.; JESUS, R.A.; FILHO, J.S.; MORAES e SILVA, J.M. Comparative study of bulbs: incandescent bulbs, fluorescent bulbs and LED bulbs. **Espaço Energia**, n.18, p.19-27, 2013.
- HISAMATSU, T.; SUMIMOTO, K.; SHIMIZU, H. End-of day far-red treatment enhances responsiveness to gibberellins and promotes stem extension in chrysanthemum. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**. 83, 695-700, 2008.
- HONG, S.C.; KNOW, S.I.; KIM, M.K.; CHAE, M.J.; JUNG, G.B; SO, K.H. Flowering control by using red light of chrysanthemum. **Korean Journal of Environmental Agriculture**. v.32, n.2, p.123-127, 2013.
- HONG, Y.; HUANG, H.; DAI, S. An in vivo study of the best light emitting diode (LED) systems for cut chrysanthemums. **Open Life Ssciences Journal**. v.10, p.310–321, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA - IBRAFLOR. Mercado de Flores no Brasil. 01.2021. Holambra, SP: IBRAFLOR, 2021. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes>>. Acesso em: 19 de maio de 2021.
- JEONG, S.W.; HOGEWONING, S.W.; IEPEREN, W. Responses of supplemental blue light on flowering and stem extension growth of cut chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, v.165, p.69-74, 2014.
- JUNQUEIRA, A. H. e PEETZ, M.S. Sustainability in Brazilian floriculture: introductory notes to a systemic approach. **Ornamental Horticultura**, v. 24, No. 2, p.155-162, 2018.
- JUNQUEIRA, AH; PEETZ, MS. **Balanço da floricultura brasileira em 2013**. Jornal Entrepósito. Dezembro de 2013.
- JUNQUEIRA, AH; PEETZ, MS. O setor produtivo de flores e plantas ornamentais do Brasil, no período de 2008 a 2013: atualizações, balanços e perspectivas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.20, nº2, p.115-120, 2014.
- KAMPF, A.N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba, RS: Agrolivros, 2005. 256p.

- KHATTAK, A.M.; PEARSON, S. Spectral filters and temperature effects on the growth and development of chrysanthemums under low light integral. **Plant Growth Regulation**. 49, 61-68, 2006.
- KINOSHITA, A.; VAYSSIÈRES, A.; RICHTER, R.; SANG, Q.; ROGGEN, A.; DRIEL, A.D.; SMITH, R.S.; COUPLAND, G. Regulation of shoot meristem shape by photoperiodic signaling and phytohormones during floral induction of *Arabidopsis*. DOI: <https://doi.org/10.7554/eLife.60661>. acesso em 21/05/2021.
- KOFRANEK, A.A. Cut chrysanthemums. In: Larson R.A., ed. Introduction to floriculture: 2ed. San Diego, **California Academic Press**, 1992. p.5-42.
- KWON, Y.S.; CHOI, S.Y.; KIL, M.J.; YOU, B.S.; JUNG, J.A.; PARK, S.K. Effect of night break treatment using Red LED (660 nm) on flower bud initiation and growth characteristics of chrysanthemum cv. 'Baekma', and cv. 'Jinba'. **CNU Journal of Agricultural Science**, v.40, n.4, p.297-303, 2013.
- LEYSER, O.; DAY, S. **Mechanisms in plant development**. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company, 2003. 241p.
- LUND, J.B.; BLOM, T.J.; AASLYNG, J.M. End-of-day lighting with different red/far-red ratios using light emitting diodes affects plant growth of *Chrysanthemum morifolium* Ramat 'Coral Charm'. **HortScience** 42, 1609-1611, 2007.
- MAINARDI, J.C.C.T.; BELLÉ, R.A.; MAINARDI, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Snowdon' em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área foliar. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p. 1709-1714, 2004.
- MILANEZ, A.M. **Luz intermitente de lâmpada de diodo emissor de luz "LED" no controle do florescimento em crisântemo (*Dendranthema grandiflora* T.)**. 2017. 58p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). UFV, Viçosa.
- NAM, N.B.; HUY, N.P.; LUAN, V.Q.; TUNG, H.T.3; and NHUT, D.T. Application of wireless power transmission led lighting system in propagation of chrysanthemum and strawberry. **Planta Daninha**, v. 34, n.4, p.617-630, 2016.
- NEVES, M.F.; ALVES PINTO, M.J. **Mapeamento e Quantificação da Cadeia de Flores e Plantas Ornamentais do Brasil**, São Paulo: OCESP, 2015, 122P.
- PATIL, G.G.; A.L.M, V.; MOE, R.; JUNTILLA, O. Interaction between phytochrome B and gibberellins in thermoperiodic responses of cucumber. **Journal American Society for Horticultural Science**. 128, 642-647, 2003.

- RAJAPAKSE, N.C.; MCMAHON, M.J.; KELLY, J.W. End-of-day far-red light reverses height reduction of chrysanthemum induced by CuSO₄ spectral filters. **Scientia Horticulturae**. 53, 249-259, 1993.
- RUNKLE, E.S.; PADHYE, S.R.; OH, W.; GETTER, K. Replacing incandescent lamps with compact fluorescent lamps may delay flowering. **Scientia Horticulturae**, v.143, p.56-61, 2012.
- STEFENI, A.R. **Intensidade luminosa e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora*)**. 2018. 73p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). UTFPR-Dois Vizinhos, Dois Vizinhos.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Trad. Alexandra Antunes Mastroberti [et al.]. 6ª ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2017. 888 p.
- WHITMAN, C.M.; HEINS, R.D.; CAMERON, A.C.; CARLSON, W.H. Lamp type and irradiance level for daylength extensions influence flowering of *Campanula carpatica* "Blue Clips", *Coreopsis grandiflora* "Early Sunrise", and *Coreopsis verticillata* "Moonbeam". **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 123, n. 802–807. 1998.
- ZANDONADI, A.S.; MAIA, C.; BARBOSA, J.G.; FINGER, F.L.; GROSSI, J.A.S. 2018. Influence of long days on the production of cut chrysanthemum cultivars. **Horticultura Brasileira**, 36: 033-039. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620180106>.
- ZANOTELLI, M.F. **Avaliação do dispositivo LED no controle do florescimento de crisântemo (*Dendranthema grandiflorum* Tzelev.) 'Yoko Ono'**. 2009. 46p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). UFV, Viçosa.