

MARINALDO FRANCISCO ZANOTELLI

**AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO LED NO CONTROLE DO
FLORESCIMENTO DO CRISÂNTEMO (*Dendranthema grandiflora*
Tzvelev.) ‘Yoko Ono’**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

Z33a
2009

Zanotelli, Marinaldo Francisco, 1958-

Avaliação do dispositivo LED no controle do florescimento do crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Yoko Ono' / Marinaldo Francisco Zanotelli. – Viçosa, MG, 2009.

xv, 46f. : il (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: José Antônio Saraiva Grossi.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 37-39.

1. Crisântemo - Floração. 2. Crisântemo - Crescimento.
3. Plantas - Efeito da luz. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

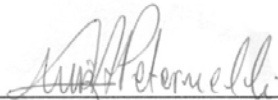
CDD 22.ed. 635.93399

MARINALDO FRANCISCO ZANOTELLI


**AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO LED NO CONTROLE DO
FLORESCIMENTO DO CRISÂNTEMO (*Dendranthema grandiflora*
Tzvelev.) 'Yoko Ono'**

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

APROVADA: 8 de julho de 2009.



Prof. Luiz Alexandre Peternelli
(Coorientador)



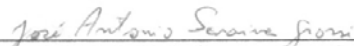
Prof. Ernesto José Resende Rodrigues
(Coorientador)



Prof. Vicente Wagner Dias Casali



Prof. Raimundo Santos Barros



Prof. José Antônio Saraiva Grossi
(Orientador)

A Deus, por todas as bênçãos e lições concedidas durante essa caminhada.

À minha querida esposa Maria Izabel Gava Zanotelli, pelo apoio e pela dedicação, e aos meus filhos Tiago Zanotelli e Pablo Zanotelli, pelo incentivo e companheirismo.

Aos meus pais Ilário Zanotelli e Dezolina Bolsoni Zanotelli, pelos ensinamentos de vida, pelo apoio e pelo carinho, e às minhas irmãs Marlene e Mercilene, pelo carinho fraterno.

À minha sogra Maria de Lourdes Soela Gava e cunhados/as Vercilau e Gisele, Flavio e Adriana, Maria Aparecida e Rui, pela ajuda e atenção.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Fitotecnia, pela formação acadêmica.

Ao professor José Antonio Saraiva Grossi, pela orientação e pelo companheirismo.

Aos professores Ernesto José Resende Rodrigues, Luiz Alexandre Peternelli, Antônio José Steidle Neto e José Geraldo Barbosa, pelo aconselhamento, pelo acompanhamento e pelas valiosas sugestões.

Aos demais professores da Universidade Federal de Viçosa que colaboraram quando solicitados.

Ao CEDAF, pelo apoio, e aos funcionários José Geraldo Diniz, Luiz Raimundo dos Santos, Marcos Aparecido Marques e José Ribeiro de Oliveira Filho, pela ajuda durante todo o experimento.

Aos amigos Gustavo, Marcos e Adriene, pelas sugestões e colaborações na realização deste trabalho.

Aos amigos Norberto, Marcos, Rafael e meus filhos Tiago e Pablo, pela ajuda e pelo convívio durante esses dois anos.

Ao amigo Nilton Nélio Cometti, pelas colaborações ao trabalho.

A todos os funcionários do Departamento de Fitotecnia, que sempre estiveram disponíveis quando procurados.

Aos amigos, que, de várias formas, contribuíram para a minha formação técnica e pessoal.

À minha família, pelo amor, pela confiança, pela compreensão e pelo apoio em todos os momentos.

À minha esposa Izabel, presente, mesmo distante, em todos os momentos deste trabalho.

BIOGRAFIA

MARINALDO FRANCISCO ZANOTELLI, filho de Ilário Zanotelli e Dezolina Bolsoni Zanotelli, nasceu em Colatina, Espírito Santo, em 18 de julho de 1958.

Em dezembro de 1982, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa-MG.

Em março de 2007, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na área de produção vegetal, submetendo-se à defesa de dissertação em julho de 2009.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	x
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Breve histórico da floricultura no Brasil	3
2.2. Produção, comercialização e mercado da floricultura.....	4
2.3. A cultura do crisântemo	6
2.4. Controle do florescimento	8
2.5. Consumo de energia elétrica	12
2.6. Análise econômica.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Considerações gerais	16
3.2. Condução do experimento	16
3.3. Avaliação do consumo de energia	22
3.4. Análise econômica.....	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Número de folhas, massa seca do caule, massa seca das raízes secas, diâmetro do caule a 5 cm do coleto da planta e massa seca total.....	23
4.2. Altura das plantas	24
4.3. Número de brotos laterais.....	24

	Página
4.4. Número de botões florais	25
4.5. Massa das folhas secas.....	27
4.6. Massa dos botões florais secos	28
4.7. Quantidade de iluminância (lux) e a formação de botões florais .	28
4.8. Avaliação do consumo de energia	30
4.9. Análise econômica.....	33
5. CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Produção comercial de crisântemo a céu aberto e em casa de vegetação, nos municípios de Igarapé, MG, 2008, e Santa Maria do Jetibá, ES, 2006, respectivamente	6
2 Produção comercial de crisântemo em vaso. Santa Maria do Jetibá, ES, 2006	7
3 Produção comercial de crisântemo de corte. Igarapé, MG, 2008..	8
4 Exemplo sistema de iluminação em crisântemo. Igarapé, MG, 2008	12
5 Mudas de crisântemo variedade Yoko Ono plantadas em vaso plástico preto nº 13. Florestal, MG, 2008	17
6 Vista parcial do experimento, 14 dias após o plantio. Florestal, MG, 2008.....	18
7 A: LED de 8 W; B: lâmpada incandescente de 100 W; C: LED de 2 W ligado; e D: sistema de iluminação noturno em funcionamento. Florestal, 2008.....	19
8 A = coleta e contagem de folhas; B = caules sem folhas e raízes lavadas; C: caules das plantas preparados para secagem; D = botões florais de um tratamento; E = raízes prontas para secagem; F = material vegetal colhido, separado em sacos de papel, pronto para secagem em estufa. Florestal, MG, 2008.....	21

	Página
9	Efeito da distância da fonte de luz sobre a altura das plantas de crisântemo..... 24
10	Efeito da distância da fonte de luz sobre o número de brotos laterais em crisântemo 25
11	Efeito da distância das fontes de luz (LEDs de 2, 4, 6 e 8 W de potência) no número de botões florais em crisântemo..... 26
12	Plantas de crisântemo: iluminadas com lâmpada incandescente 100 W a 3,2 m da fonte de iluminação (A); iluminadas com LED de 2 W a 0,8 m da fonte (B); iluminadas com LED de 4 W a 0,80 m da fonte luminosa (C); e iluminadas com LED de 2 W a 2 m da fonte de iluminação (D). Florestal, 2008..... 27
13	Efeito da distância das fontes de luz (LEDs de 2, 4 e 6 W de potência) na massa das folhas secas em crisântemo 28
14	Efeito da distância da fonte de luz (LEDs de 2, 4, 6 e 8 W de potência) na massa dos botões florais secos em crisântemo 29
15	Efeito da distância das fontes de luz (LEDs de 2 W, 4 W, 6 W, 8 W) e lâmpada incandescente de 100 W na iluminância (lux)..... 29
16	Efeito da iluminância (lux) no número de botões florais em crisântemo (NBF) 31
17	Efeito do logaritmo dos valores de iluminância (lux) no número de botões florais de crisântemo (NBF) 31
1A	Temperaturas máxima e mínima diárias 41

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Concentração de nutrientes na solução nutritiva para fertirrigação das plantas de crisântemo.....	20
2 Valores médios do número de folhas, diâmetro do caule a 5 cm do coleto da planta, massa seca do caule, massa seca das raízes e massa seca total dos tratamentos com LEDs de 2, 4, 6 e 8 W e lâmpada de 100 W	23
3 Médias e desvios-padrão de altura das plantas, número de brotos laterais e número de botões florais por efeito de potências de 2, 4, 6, 8 e 100 W, nas distâncias de 0,8 e 1,2 m.....	31
4 Estimativa do consumo de energia elétrica em lâmpadas de 100 W e LEDs de 2, 4, 6 e 8 W por quatro horas diárias, durante 30 dias.....	33
5 Estimativa do consumo de energia elétrica mensal durante iluminação artificial noturna por quatro horas na cultura do crisântemo, em 1 ha, com LEDs de 2 W ou com lâmpadas incandescentes de 100 W	33
6 Custo de implantação de 1 ha com LEDs de 2 W e lâmpadas incandescentes de 100 W (consumo anual em kWh e valor total anual em real)	34
7 Estimativas econômicas na substituição de lâmpadas incandescentes de 100 W por LEDs de 2 W, com base na taxa Selic atual (abr./09), taxa mínima de atratividade (TMA), valor presente líquido (VPL), relação benefício custo (RBC) e tempo de retorno de capital (TRC).....	35

1A	Resumo das análises de variância para número de folhas, altura das plantas, número de brotações laterais, diâmetro do caule a 5 cm da base, número de botões florais, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca dos botões florais e massa seca total	42
----	--	----

RESUMO

ZANOTELLI, Marinaldo Francisco, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2009. **Avaliação do dispositivo LED no controle do florescimento do crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Yoko Ono'**. Orientador: José Antonio Saraiva Grossi. Coorientadores: Ernesto José Resende Rodrigues, Luiz Alexandre Peternelli, José Geraldo Barbosa e Antonio José Steidle Neto.

O atual mercado de flores no Brasil caracteriza-se pelo crescimento e pelo investimento promissor. A cultura do crisântemo destaca-se dentro do universo da floricultura, seja pelas flores de corte ou como plantas de vaso e pela demanda de alta precisão na resposta do florescimento ao fotoperíodo. É comum a utilização de lâmpadas de 100 W à noite, a fim de inibir o florescimento. Com a evolução tecnológica do LED (Light Emitting Diode), de alta eficiência na conversão da energia elétrica em luminosa, é possível obter dias longos com menor consumo de energia e economia no custo de produção. Os objetivos deste trabalho foram: avaliar a eficiência do emissor de luz monocromática (LED) no controle do florescimento, com base no consumo de energia do LED com lâmpada incandescente; e determinar a iluminância mínima necessária no controle do florescimento e a economia no controle do florescimento de crisântemos. O experimento foi realizado em casa de vegetação da CEDAF/UFV, no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, utilizando cinco tipos de iluminação: LEDs de 2, 4, 6 e 8 W e

lâmpada incandescente de 100 W, em parcelas subdivididas. As subparcelas foram compostas por nove distâncias a partir do centro de projeção da fonte de luz sobre a bancada, com 0,40 m de distância entre vasos. Aos 28 dias após a poda do broto apical, foram avaliados: número de folhas, altura das plantas, diâmetro do caule a 5 cm de altura, número de botões florais, massa das folhas secas, massa dos caules secos, massa dos botões florais secos, massa das raízes secas e massa seca total. Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando necessário, utilizou-se análise de regressão. Plantas iluminadas com os LEDs de 2, 4 e 6 W não floresceram até a distância de 0,80 m; o LED de 8 W não causou florescimento até a distância de 1,60 m. Plantas iluminadas com lâmpada de 100 W não floresceram. Quanto à análise econômica, foi utilizada como taxa mínima de atratividade a taxa de juros Selic de abril de 2009 (10,25%), no horizonte de planejamento de cinco anos. O valor presente líquido foi de R\$ 141.786,86, indicando investimento economicamente atrativo. A relação benefício-custo foi de 2,28, confirmando lucratividade e retorno de capital em dois anos. O uso de LED no controle do florescimento em crisântemo é altamente econômico em energia e, portanto, viável.

ABSTRACT

ZANOTELLI, Marinaldo Francisco, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, July, 2009. **Evaluation of the LED device in the control of flowering of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) 'Yoko Ono'**. Adviser: José Antônio Saraiva Grossi. Co-advisers: Ernesto José Resende Rodrigues, Luiz Alexandre Peternelli, José Geraldo Barbosa and Antonio José Steidle Neto.

Presently the flower trade in Brazil is characterized by growth and promising investment. The chrysanthemum culture outstands within the floriculture universe, both for cut flowers and potted plants and by the demand for a high accuracy of the flowering response to the photoperiod. The use of 100 W lamps at night is common to inhibit flowering. With the technologic evolution of the LED (Light Emitting Diode), which has a high efficiency in the conversion of electric power to luminous energy, it is possible to obtain long days with less energy consumption and economy in the production costs. The objectives of this work were: to evaluate the efficiency of the monochromatic light emitter (LED) in the flowering control, based on energy consumption of the LED with incandescent lamp; and to determine the minimal illuminance needed to control the flowering and the economy in the flowering control of chrysanthemum. The experiment was carried out in a greenhouse of the CEDAF/UFV, in an entirely casualized design with four repetitions, using types of illumination: LEDs with 2, 4, 6 and 8 W and 100 W incandescent lamp in

subdivided parcels. The subparcels were composed by nine distances from the center of the projection of the light source on the bench, at 0.40 m spacing between pots. At 28 days from the top shoot pruning, the following parameters were evaluated: number of leaves, plant height, stem diameter at 5 cm height, number of flower buds, mass of dry leaves, mass of dry stems, mass of the dry flower buds, mass of the dry roots and total dry mass. Data were submitted to the variance analysis and, when needed, to the regression analysis. Plants illuminated with LEDs of 2, 4 and 6 W did not flower up to the distance of 0.80 m; the LED of 8 W did not cause the flowering until the distance of 1.60 m. Plants illuminated with 100 W lamps did not flower. As to the economic analysis, the Selic interest rate of April 2009 (10.25%) was used as the minimal rate of attractiveness, in a five years planning horizon. The present net value was of R\$ 141,786.86; indicating an economically attractive investment. The relation benefit-cost was of 2.28, confirming profitability and capital return in two years. The use of LEDs in the flowering control of the chrysanthemum is highly economical in energy and, therefore feasible.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos recentes anos, a floricultura empresarial brasileira vem apresentando notável desenvolvimento e se caracterizando como segmento muito promissor da horticultura intensiva, em relação aos outros setores do agronegócio. A floricultura contemporânea possui muitas semelhanças tecnológicas e comerciais com a olericultura, especialmente quanto à utilização de cultivo protegido, substratos, condicionadores de solo, fertirrigação e outros (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008a).

Entre as principais plantas ornamentais cultivadas no Brasil, destaca-se o crisântemo. O crisântemo de vaso é a segunda planta florífera em volume de produção, após a rosa, e vem apresentando crescimento contínuo na comercialização interna; somente no Estado de São Paulo, em 2004, o setor de comercialização atacadista de crisântemo movimentou entre 15 e 20 milhões (RODRIGUES, 2006).

A cultura do crisântemo também é ótima alternativa de renda, principalmente dos pequenos produtores, cujas áreas frequentemente são insuficientes para os demais cultivos, mas aptas ao cultivo em ambiente protegido (STEFANELO, 2004).

Há muitas vantagens para o produtor no cultivo do crisântemo, como a facilidade de programação da produção de flores, pois é possível produzi-las o ano inteiro em muitas regiões da terra. Do ponto de vista fisiológico, o crisântemo, quanto à sensibilidade ao fotoperíodo, é classificado como planta

de dia curto – característica que permite o controle do crescimento e da floração. Além disso, as outras vantagens, como a grande variedade de cores e tipos de inflorescências, permitem versatilidade de uso por causa da durabilidade pós-colheita e da resistência ao transporte (Stefanelo, 2004). Em se tratando da tecnologia de produção, muitas lacunas devem ser preenchidas quanto à própria fisiologia dos cultivares, aos aspectos nutricionais, a programas de controle de pragas e doenças e, sobretudo, ao controle do florescimento.

É comum o uso de lâmpadas incandescentes de 100 W à noite, para controle do florescimento. Em média, é usada uma lâmpada a cada 7 m²; trata-se, pois, de uma prática onerosa. Com a evolução da tecnologia do LED (*Light Emitting Diode*), com alta eficiência na conversão de energia elétrica em luminosa (CARVALHO, 2007), é possível obter dias longos com menor consumo de energia elétrica.

A utilização do LED tem potencial de completar lacunas no consumo de energia elétrica destinada ao controle do florescimento em crisântemo, embora haja poucos estudos sobre o assunto. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a eficiência do emissor de luz monocromática (LED) no controle do florescimento de crisântemo; determinar a iluminância mínima; e comparar o consumo de energia elétrica do LED e da lâmpada incandescente no controle do florescimento em crisântemo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Breve histórico da floricultura no Brasil

A atividade da floricultura no Brasil sempre esteve relacionada às colônias de imigrantes (holandesa, japonesa e alemã). Longe de seus lugares de origem, esses estrangeiros tentavam trazer um pouco dos hábitos e do ambiente natal para mais próximo de seu ambiente familiar. Com isso, houve intensa troca de tecnologias e desenvolvimento no setor. A história da floricultura no Brasil está ligada à Floricultura Campineira, iniciada em 1913, quando o descendente de alemães João Dieberger instalou sua loja no centro comercial de Campinas – SP (PINTO, 2007).

Na década de 1990, com a implementação de novas tecnologias nos vários elos da cadeia produtiva, a floricultura apresentou crescimento de 20% ao ano, segundo o Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLO, 2002).

A partir de 1993, a horticultura ornamental recebeu incentivos para a exportação por meio do programa Frupex, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – programa de apoio à produção e exportação de frutas, hortaliças, flores e plantas ornamentais. Outra ocorrência de destaque foi a criação do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLO), em 1994 (CAIADO, 2007).

2.2. Produção, comercialização e mercado da floricultura

Estima-se que cerca de 7.600 produtores, em 1.500 municípios brasileiros, se dediquem à floricultura em tempo integral ou parcial, numa área cultivada de 9.000 ha, empregando cerca de 33,3 mil trabalhadores rurais diretos (KIYUNA *et al.*, 2002).

Segundo levantamento do IBRAFLOR (2002), no Brasil, a média de trabalhadores na floricultura ficou em 3,7 homens/ha, enquanto a média paulista na floricultura foi de 3,8 homens/ha. O estudo também revelou que os produtores paulistas que cultivam em áreas de até um hectare utilizam em média 20 homens/ha, demonstrando que as áreas menores empregam mais trabalhadores, em razão do alto nível de tecnologia utilizado. Exemplos disso são os ambientes de casas de vegetação, que proporcionam maior renda por metro quadrado.

De acordo com os levantamentos do Instituto Brasileiro de Floricultura (IBRAFLOR, 2002), 80% da área usada no cultivo de flores é a céu aberto e 20% em casas de vegetação.

O mercado de flores e plantas ornamentais no Brasil é considerado em crescimento, apresentando baixo consumo, baixa porcentagem de compradores, produção concentrada em variedades tradicionais, produção e comércio combinado, atacadistas pouco especializados, comércio informal e baixa integração da cadeia (IBRAFLOR, 2002).

Com base na movimentação financeira da comercialização em 2007, pela Cooperativa Veiling Holambra, pela CEAGESP e pelo Mercado Permanente de Flores e Plantas da CEASA Campinas (principais centros atacadistas do País), e nas correspondentes e adequadas projeções para o varejo e consumo final, pode-se afirmar que a floricultura brasileira movimenta anualmente, no seu mercado doméstico, um valor global em torno de US\$ 1,3 bilhão. Esses dados foram recentemente confirmados pela Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Flores e Plantas Ornamentais (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008b).

Considerando que a população brasileira em 2007, segundo o IBGE, atingiu 183,9 milhões de pessoas, o consumo aparente girou em torno de US\$ 7.00 *per capita*. Acredita-se, contudo, que o potencial de vendas seja pelo

menos equivalente ao dobro do atual, desde que superadas as restrições geradas por aspectos econômicos e culturais de amplas parcelas da população, além da superação de entraves logísticos importantes ao longo da cadeia produtiva (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008a).

A produção brasileira de flores e plantas ornamentais, inicialmente concentrada no Estado de São Paulo, tem-se expandido para todo o País. Estados como Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Pernambuco, Ceará e os Estados do Norte têm apresentado evolução crescente em áreas de cultivos (IBRAFLOR, 2002).

As extraordinárias condições de produção do País, dotado de diversidade de solo e clima, permitem o cultivo de grande número de espécies de comprovada qualidade e beleza. Essas condições conferem ao produto brasileiro – como flores tropicais, crisântemos, orquídeas, bromélias, entre outros – condições de expandir e se firmar no mercado mundial, estimado em US\$ 6,7 bilhões/ano, do qual as exportações brasileiras representam apenas 0,2% (IBRAFLOR, 2002). No período de janeiro a dezembro de 2007, o Brasil conquistou novo recorde nas exportações. No cômputo geral, as vendas externas do segmento fecharam o ano na marca de US\$ 35,28 milhões em flores e plantas ornamentais, resultado 9,18% superior ao obtido no ano anterior (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008c).

As principais formas de comercialização no mercado interno são, no setor atacadista: leilão, contrato de intermediação (formais e informais), comercialização virtual, centrais de abastecimentos S/A (CEASAs) e centrais de distribuição de flores e plantas ornamentais. No setor varejista destacam-se: varejo tradicional, varejo supermercadista, “*garden centers*” e “*varejo on line*” (JUNQUEIRA; PEETZ, 2008b).

Das plantas ornamentais mais comercializadas no Brasil, segundo Junqueira e Peets (2008b), o crisântemo é a primeira em plantas de vaso e a segunda em flores de corte, sendo superado apenas pela comercialização de rosas.

2.3. A cultura do crisântemo

O crisântemo – planta ornamental cultivada pela beleza e durabilidade de suas inflorescências – possui grande valor comercial por ser uma das culturas ornamentais de maior aceitação no mercado. Originado da China, pertence ao gênero *Dendranthema*, família Asteraceae, sendo conhecido há mais de 2.000 anos. A maioria dos cultivares comerciais é derivado da espécie *Dendranthema grandiflora* Tzvelev. A cultura do crisântemo está entre as principais espécies de flor de corte no Brasil, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor. A produção ocorre basicamente para o abastecimento do mercado interno, embora haja exportação para a Argentina (flores) e Holanda (mudas) (Barbosa et al., 2005). Estima-se, como área cultivada para flor de corte, em torno de 234,5 ha e, como flor de vaso, 101,1 ha (IBRAFLO, 2002).

O crisântemo pode ser cultivado a céu aberto, desde que o clima da região seja adequado à planta. Entretanto, é mais comum o cultivo em casa de vegetação, por possibilitar melhor qualidade e controle dos fatores de produção (BARBOSA et al., 2005) (Figura 1).



Figura 1 – Produção comercial de crisântemo a céu aberto e em casa de vegetação, nos municípios de Igarapé, MG, 2008, e Santa Maria do Jetibá, ES, 2006, respectivamente.

Por ser uma planta herbácea perene, o crisântemo é cultivado comercialmente como anual. O sistema radicular é fasciculado e as folhas estão inseridas isoladamente em diferentes níveis da haste. O caule é aéreo, herbáceo, e a planta pode ter uma ou várias hastes.

Botanicamente, a flor é considerada inflorescência do tipo capítulo, que se caracteriza pelo alargamento do pedúnculo (localizado na parte superior da haste), formando o receptáculo côncavo, plano ou convexo, onde se insere um conjunto de flores, rodeado pelo conjunto de brácteas, o periclíneo. O que parece ser uma pétala é na verdade a flor completa.

No sistema de cultivo do crisântemo em vasos (Figura 2), o número de mudas/vaso é determinado pelo volume do vaso e pela variedade, podendo variar de três a seis mudas. O estágio vegetativo é caracterizado por crescimento vigoroso, diferenciação contínua de folhas, nós e entrenós, caules e raízes. Na fase reprodutiva, ocorre diferenciação de gemas apicais, órgãos florais, sépalas, pétalas, anteras e carpelos (BARBOSA, 2003).



Figura 2 – Produção comercial de crisântemo em vaso. Santa Maria do Jetibá, ES, 2006.

Por ser uma planta de cultivo intensivo, os tratamentos culturais devem ser realizados por mão de obra especializada e contínua, a fim de se obterem plantas de qualidade superior no momento da comercialização.

A produção de crisântemo (Figura 3) destaca-se como atividade de grande investimento de capital, alto emprego de mão de obra (cerca de 10 pessoas por hectare), rápido ciclo de produção (três a cinco meses), pequena área utilizada (5 a 10 ha) e elevado valor agregado (IBRAFLOR, 2002). Além disso, deve-se ressaltar a importância do cultivo de flores na



Figura 3 – Produção comercial de crisântemo de corte. Igarapé, MG, 2008.

geração de empregos indiretos e de divisas, bem como no consumo de insumos relacionados (IBRAFLOR, 2002).

O sucesso da comercialização do crisântemo deve-se às características da planta, como: diversidade no formato, na cor e no tamanho das inflorescências, resposta precisa à indução fotoperiódica, durabilidade pós-colheita tanto das inflorescências como da planta em vaso e o ciclo curto, que permite retorno econômico rápido com duas a três colheitas por ano na mesma área (STRINGHETA *et al.*, 2004).

Do ponto de vista tecnológico de produção, várias lacunas devem ser preenchidas quanto a nutrição, programas de controle de pragas e doenças e, principalmente, custo de produção elevado devido ao grande consumo de energia, no controle fotoperiódico nos períodos de dias curtos.

2.4. Controle do florescimento

A transição para o florescimento envolve grandes alterações no padrão de morfogênese e diferenciação celular nos meristemas apicais e axilares do caule. Em última análise, esse processo leva à produção de órgãos florais – sépalas, pétalas, estames e carpelos. No fotoperiodismo, sinais transmissíveis das folhas, denominados coletivamente de estímulo floral, são transferidos aos

meristemas. As interações de tais fatores endógenos e externos capacitam a planta a sincronizar seu desenvolvimento reprodutivo com o ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A planta responde ao comprimento do dia e à hora em que determinado evento esteja ocorrendo, ou seja, tem capacidade de processar informações dos ciclos de luz/escuro (Barbosa, 2003). Segundo Taiz e Zeiger (2004), as manifestações das plantas controladas pelo comprimento do dia são numerosas, incluindo a iniciação do florescimento, a reprodução assexual, a formação de órgãos de reserva e a indução de dormência. A classificação das plantas de acordo com suas respostas fotoperiódicas está baseada no florescimento, embora muitos outros aspectos do desenvolvimento das plantas possam também ser afetados pelo comprimento do dia.

O fotoperíodo crítico é o exato comprimento do dia capaz de alterar o comportamento da planta, mudando a sequência da formação de folhas para a formação de gemas florais. O fator decisivo para a alteração desse comportamento é justamente o período escuro. Assim, uma PDC é uma planta que reage a noites longas; e uma PDL, por conseguinte, será aquela que necessita de noites curtas para florescer (KAMPF, 2005). Em plantas de dias longos (PDL) o florescimento é promovido em fotoperíodos acima da duração do período crítico mínimo. Em plantas de dias curtos (PDC), como o crisântemo, o florescimento é promovido em fotoperíodo inferior à duração do período crítico mínimo (LEYSER; DAY, 2003).

O conhecimento do efeito da interrupção da noite e sua dependência do tempo estabeleceu a função central do período de escuro e possibilitou estudo do controle do fotoperíodo. Pelo fato de apenas pequenas quantidades de luz serem necessárias em PDC, tornou-se possível estudar a ação e a identidade do fotorreceptor sem a interferência dos efeitos da fotossíntese e outros fenômenos não fotoperiódicos. Essa descoberta levou também ao desenvolvimento de métodos comerciais para a regulação do momento do florescimento em espécies hortícolas, como *Kalanchoe*, *Chrysanthemum* e *Euphorbia pulcherrima* (poinsettia) (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O crisântemo, por ser planta de dia curto (PDC), com fotoperíodo crítico de 13 horas, cresce quando há comprimento do dia maior do que 13 horas.

Em muitas PDCs, a interrupção da noite torna-se efetiva somente quando a dose de luz aplicada for suficiente para saturar a fotoconversão do Pv (fitocromo que absorve a luz vermelha) em Pvd (fitocromo que absorve a luz vermelho-distante). A exposição subsequente à luz vermelha distante fotoconverte o pigmento à forma fisiologicamente inativa PV e restaura a resposta ao florescimento (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A manutenção de dias longos promove o crescimento vegetativo. Quanto maior o número de dias longos, maior a altura da planta (BARBOSA *et al.*, 2005).

O pigmento fitocromo absorve luz na faixa do vermelho e vermelho distante; por isso, o controle artificial do florescimento tem que ser feito por fontes luminosas com eficiência entre os picos de 660 e 730 nm, a exemplo das lâmpadas incandescentes, de grande eficiência nessa região do espectro, mesmo com baixa eficiência de conversão de energia elétrica em luminosa (BARBOSA *et al.*, 2005).

A suplementação luminosa, conforme Barbosa *et al.* (2005), pode ser fornecida de forma contínua ou intermitente. De forma contínua, são fornecidas quatro horas de luz durante a noite (exemplo: 22 às 2 horas) no inverno e, no verão, três horas (22 à 1 hora). A suplementação luminosa intermitente também é efetiva com períodos de luz/escuro de iluminação cíclica noturna de 6/24, 7,5/22,5 e 10/20 minutos, das 22 às 24 horas e das 2 às 4 horas, respectivamente. A intensidade luminosa sugerida é de 7 e 10 fc, que corresponde a 77–110 lux ou 0,30–0,43 W/m² de radiação fotossinteticamente ativa (PAR). Visando maior segurança, os produtores utilizam a intensidade luminosa entre 100 e 300 lux (BARBOSA *et al.*, 2005).

Produtores utilizam, em média, uma lâmpada de 100 W para cada 7 m² na iluminação artificial de casa de vegetação, provocando alto gasto de energia elétrica. Em muitos casos, o produtor faz a distribuição das lâmpadas de forma empírica, por falta também de informação experimental, onerando o produto final (Figura 4).



Figura 4 – Exemplo sistema de iluminação em crisântemo. Igarapé, MG, 2008.

2.5. Consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica no controle do florescimento é um dos fatores que mais influenciam o custo de produção do crisântemo.

Segundo a Empresa de Luz e Força Santa Maria, situada no município de Colatina, ES, uma lâmpada de 100 W de potência incandescente durante quatro horas por dia, por 30 dias, consome 12 kWh.

Na lâmpada incandescente, a luz é gerada no filamento de tungstênio, aquecido até incandescência. Apenas pequena porcentagem da energia total é irradiada no espectro visível. A maior parte é irradiada na região do infravermelho, gerando calor. Isso confere à lâmpada a característica de baixa eficiência na conversão de energia elétrica em energia luminosa (15,6 lm/W) e vida útil média de apenas 1.000 horas (Kampf, 2005).

Na tecnologia do LED (*Light Emitting Diode*) o princípio de funcionamento é diferente do das lâmpadas incandescentes, em que o dispositivo semicondutor, com a passagem de corrente elétrica, pelo processo denominado de eletroluminescência, emite luz visível (CARVALHO, 2007).

Diferentemente das lâmpadas incandescentes, os LEDs geram luz com específico comprimento de onda, intensidade e distribuição. Com essas fontes, reduz-se o consumo de energia, de lixo e da poluição ambiental. Com o

desenvolvimento e a produção de LEDs, incrementa-se a iluminação e sinalização, devido às seguintes vantagens: alta eficiência, longa durabilidade, impacto ambiental praticamente nulo, baixo custo, flexibilidade de cores e iluminação, redução do consumo de potência elétrica, circuitos eletrônicos mais simples e mais confiáveis, geração mínima de calor e dimensões reduzidas (CARVALHO, 2007).

Os LEDs têm sido considerados o futuro da iluminação e estão cada vez mais presentes na sociedade de consumo. A tecnologia dos LEDs evoluiu de tal forma que a eficácia luminosa e a durabilidade os tornam fontes ideais das aplicações como fonte de luz (DOSSIER, 2008).

Heo *et al.* (2003) analisaram o efeito da luz monocromática (LED) azul, vermelho, associação de azul e vermelho e fotoperíodo, em floração de plantas de *Cyclamen persicum* Mill. 'Dixie branco' e verificaram que a fonte luminosa teve significativo efeito sobre o número de botões florais e flores abertas. Plantas cultivadas sob luz fluorescente floresceram em 20 dias. Sob LEDs vermelhos (10 horas por dia) o florescimento iniciou-se somente aos 40 dias. Assim, concluíram que o ciclame e a subsequente floração podem ser manipulados pela qualidade de iluminação no período.

Heo *et al.* (2002) utilizaram tubos fluorescentes associados com diodo emissor de luz (LED) nas cores azul, vermelho e vermelho distante e determinaram as características de crescimento em: agerato ou celestina (*Ageratum houstonianum* Mill.), cravo-de-defunto (*Tagetes erecta* L.) e sálvia (*Salvia splendens* F.). Esses autores concluíram que características qualitativas ou quantitativas do crescimento e morfogênese são influenciadas pela qualidade de luz. Os LEDs foram usados como luz suplementar na iluminação convencional de agerato, cravo-de-defunto e sálvia, provocando o aumento do crescimento e da morfogênese das plantas cultivadas *in vitro* com baixo consumo de energia.

Miyashita *et al.* (1997) utilizaram LEDs com comprimento de onda de 660 nm e lâmpadas fluorescentes brancas como fontes de luz durante o crescimento de mudas de batata *in vitro* e observaram que a morfologia delas pode ser modificada pelo LED de cor vermelha. A possível aplicação de LED na cultura de tecido foi sugerida por regular a morfologia e, ou, fotossíntese da

muda pela qualidade da luz e devido à sua aplicação prática em micropropagação.

Fukuda; Nishimura (2002) investigaram o efeito localizado da qualidade (tipo) de luz sobre a morfogênese do pedúnculo de gerânios usando LEDs e concluíram que o sinal de luz recebido pelo pedúnculo do gerânio afetou a divisão ou o alongamento das células, mostrando a possibilidade de se controlar o alongamento do pedúnculo.

2.6. Análise econômica

Entre os vários métodos de análise econômica disponíveis, o modelo de fluxo de caixa geralmente é o mais utilizado, porque revela melhor a efetiva capacidade de geração de riqueza de determinado empreendimento (Muller & TELÓ, 2003). O fluxo de caixa é a representação das contribuições monetárias (entrada e saída de dinheiro) ao longo do período equivalente ao horizonte de planejamento ou da vida útil do empreendimento. O ano zero representa o investimento inicial (LOPES, 2002).

A viabilidade do empreendimento pode ser analisada por meio de índices, entre os quais o valor presente líquido, a taxa interna de retorno, a relação benefício-custo, o tempo de retorno de capital e a taxa mínima de atratividade (CAMARGO, 1998).

A taxa mínima de atratividade (TMA) é comparativa e prefixada. Assim, ao se fazer um investimento, comparam-se os prováveis dividendos por ele proporcionados com os de outros investimentos disponíveis. A taxa de juros que o dinheiro investido irá proporcionar deverá ser superior a essa taxa prefixada, com a qual a comparação é feita (HIRSCHFELD, 2000). Exemplos: taxa Selic, taxa de juros para empréstimos a produtores rurais, etc.

O Valor Presente Líquido (VPL) corresponde à soma algébrica dos valores presentes envolvidos no fluxo de caixa, ou seja, é a soma dos desembolsos e receitas do investimento, referido ao instante inicial. O valor presente líquido é representado pela equação 1, em que VPL é o valor presente líquido (R\$); V_0 , o valor do investimento inicial (R\$); i , o ano considerado; N , o horizonte de planejamento; R , as receitas (R\$); D , as despesas (R\$); e j , a taxa de juros considerada ou o custo de oportunidade de capital (decimal).

$$VPL = V_0 + \sum_{i=1}^N \frac{(R_i - D_i)}{(1+j)^i} \quad (\text{equação 1})$$

Valores de VPL maiores que zero indicam que o empreendimento é economicamente atrativo (LOPES *et al.*, 2006).

A Relação Benefício-Custo (RBC) é definida como o quociente entre a soma dos benefícios e a dos custos, descontados pela taxa de juros adotada. O empreendimento será economicamente atrativo caso a RBC seja maior que 1. O indicador RBC é muito utilizado e de interpretação relativamente fácil em comparação com outros indicadores. No entanto, a sua obtenção depende da fixação, *a priori*, da taxa mínima de atratividade ou custo de oportunidade, devendo, portanto, ser analisado em conjunto com outros parâmetros econômicos (AZEVEDO FILHO, 1988).

O Tempo de Retorno de Capital (TRC) é o tempo necessário à recuperação do valor investido no empreendimento. Esse parâmetro pode ser obtido iterativamente, aplicando-se a equação 2, em que VP é o valor anual parcial recuperado (R\$), VR é o valor mensal parcial recuperado (R\$); AS, o ano em que o valor parcial recuperado é maior que o investimento; MR, o mês de recuperação do capital; e AR, o ano de recuperação do capital, por ano dentro do horizonte de planejamento, até que o resultado obtido seja maior que o montante investido. O ano referente ao retorno do capital será o ano obtido pelo processo iterativo subtraído de 1. O número de meses necessários à recuperação do investimento pode ser obtido por meio das equações 3 e 4 (LOPES, 2002).

$$(VP)_i = (VP)_{i-1} + \frac{(R_i - D_i)}{(1+j)^i} \quad (\text{equação 2})$$

$$VR = \frac{R_{AS} - D_{AS}}{12(1+j)^{AS}} \quad (\text{equação 3})$$

$$MR = \frac{|V_0| - (V_p)_{AR}}{VR} \quad (\text{equação 4})$$

O empreendimento será viável caso o TRC seja menor que o horizonte de planejamento.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Considerações gerais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal de Viçosa - MG, campus de Florestal (CEDAF), localizado em altitude de 850 m, latitude de 19° 52' 45" S e longitude de 44° 24' 45" O.

O clima da região é considerado tropical de altitude, com temperatura mínima no inverno de 2 °C e máxima de 28 °C; no verão, a mínima é de 22 °C e a máxima de 33 °C.

A casa de vegetação utilizada era coberta com polietileno transparente difusor de 100 micra, climatizada com exaustores e malha refletora de 50%, e com bancadas a 0,80 m de altura em relação ao solo.

O experimento foi conduzido no período de julho a agosto de 2008.

3.2. Condução do experimento

Foram utilizadas mudas enraizadas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzevelev.) da variedade Yoko Ono, adquiridas da Empresa RICAFLOR, do município de Arthur Nogueira, São Paulo. A variedade Yoko Ono caracteriza-se pelo tempo de reação de oito semanas, ciclo médio e flores do tipo pom-pom de cor verde.

Foram utilizadas quatro mudas de crisântemo por vaso plástico de cor preta, n. 13, com diâmetro superior de 13 cm, diâmetro do fundo de 9,3 cm e altura de 9,4 cm.

Os vasos foram previamente preenchidos com o substrato Plantimax Hortaliças HT (capacidade de retenção de água de 150%, pH de 5,8, densidade de 450 kg/m³ e condutividade elétrica de 1,5 mS/cm) (Figura 5).



Figura 5 – Mudanças de crisântemo variedade Yoko Ono plantadas em vaso plástico preto nº 13. Florestal, MG, 2008.

O plantio ocorreu no dia 10 de julho de 2008. A poda do broto apical foi realizada no dia 30 de julho de 2008. A coleta de dados ocorreu 28 dias após a poda do broto apical, no dia 28 de agosto de 2008.

Os vasos foram cultivados sobre bancadas posicionadas a 0,80 m do solo. O vaso com quatro plantas foi considerado a unidade experimental.

O fornecimento de dias longos foi feito ininterruptamente durante todo o experimento, por meio do acionamento, por temporizador, de um sistema de iluminação, das 22 às 2 horas, com lâmpadas instaladas a 1,8 m de altura da bancada, conforme o sistema de produção local.

Foram avaliados dois fatores: iluminação e distâncias das fontes de luz, segundo o esquema de parcelas subdivididas. As parcelas foram distribuídas segundo o delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo constituídas de cinco tipos de iluminação artificial: quatro tipos de

lâmpadas construídas com LED de 2, 4, 6 e 8 W de potência e lâmpada incandescente de 100 W de potência. As subparcelas foram compostas por nove distâncias a partir do centro de projeção da lâmpada sobre a bancada, mantendo-se distância de 0,4 m entre os vasos: 0,0; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,0; 2,4; 2,8; e 3,2 m (Figura 6).



Figura 6 – Vista parcial do experimento, 14 dias após o plantio. Florestal, MG, 2008.

As parcelas foram isoladas, à noite, entre si por uma cortina de lona plástica de cor preta, com espessura de 150 μm , a uma altura de 2,0 m em relação à bancada. Pela manhã as cortinas eram recolhidas. As bancadas também foram revestidas com lona preta, para evitar reflexão de luz do solo de outra parcela, durante o período de iluminação artificial.

Vinte e dois dias após o plantio, mediu-se a iluminância na parte superior das plantas, em cada vaso, utilizando-se luxímetro digital, modelo LD – 240, marca Instrutherm, com sensor direcionado para a fonte luminosa do respectivo tratamento.

As lâmpadas com LED foram construídas, com específica potência, com ângulo de projeção de 130°, comprimento de onda principal de 660 nm e conector E27 (Protocolo do Depósito de Pedido de Patente 4262 Div. Reg. INPI, 04/07/2008).

Utilizou-se lâmpada incandescente da marca Osran com 100 W de potência, 220 V de tensão, e conector E27. As lâmpadas incandescentes foram fixadas em campânulas, evitando assim a reflexão da luz pela cobertura da casa de vegetação e não influenciar a iluminação dos outros tratamentos (Figura 7).

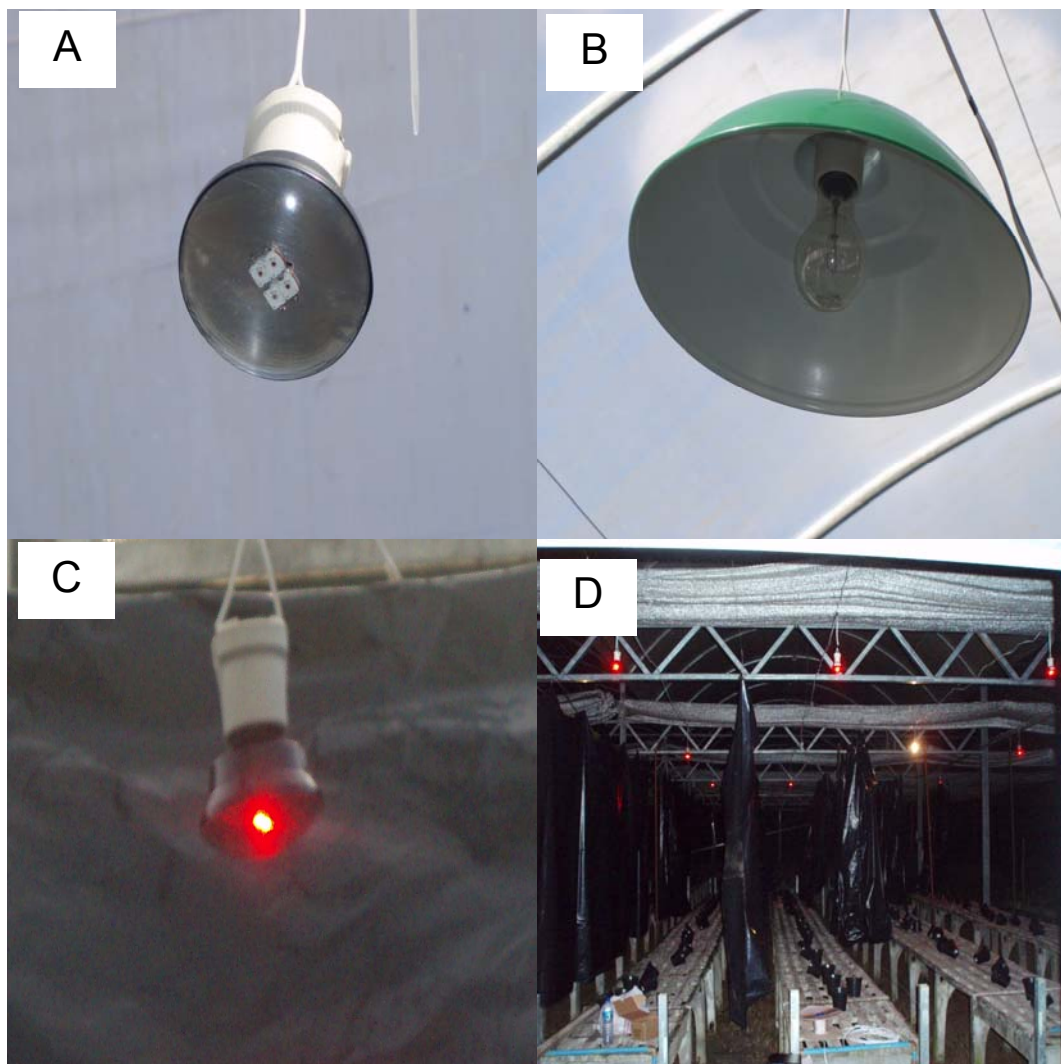


Figura 7 – A: LED de 8 W; B: lâmpada incandescente de 100 W; C: LED de 2 W ligado; e D: sistema de iluminação noturno em funcionamento. Florestal, 2008.

Durante o cultivo, os vasos receberam os seguintes tratamentos culturais: irrigação manual, com 150 a 200 mL de água por vaso por dia; e fertirrigação com 75 mL de solução nutritiva (Tabela 1) em cada vaso, dividida em duas vezes durante a semana. A fertirrigação foi acompanhada pela condutividade elétrica, mantida entre 0,8 e 1,0 mS/cm e pH entre 5,8 e 6,5.

Tabela 1 – Concentração de nutrientes na solução nutritiva para fertirrigação das plantas de crisântemo

Fertilizante	Fórmula química	g/1.000 L água
Nitrato de cálcio	Ca(NO ₃) ₂	273
Nitrato de potássio	KNO ₃	270
Nitrato de amônio	NH ₄ NO ₃	2
Sulfato de magnésio	MgSO ₄	195
Sulfato de amônio	(NH ₄) ₂ SO ₄	10
Mono amônio fosfato	NH ₄ H ₂ PO ₄	40
Quelato de ferro	Fe-EDTA	13,96
Sulfato de manganês	MnSO ₄	1,06
Sulfato de zinco	ZnSO ₄	0,93
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	0,64
Sulfato de cobre	CuSO ₄	0,13
Molibdato de sódio	Na ₂ MoO ₄	0,12

Recomendação de adubação Dessa Lab & Comércio. Holambra – SP.

O controle de doenças foi feito preventivamente com aplicações de Dithane, na dosagem de 2 g/L, e Cercobim 500 SC, na dosagem de 1 mL/L, em semanas intercaladas, em pulverização. O controle de ácaros foi feito com uso de Vertimec 18CE, na dosagem de 0,5 mL/L, quando necessário.

Diariamente, foram registradas temperaturas máxima e mínima. Para evitar grandes variações fora dos valores de 25 °C diurno e 18 °C noturno, o controle da temperatura da casa de vegetação durante o dia ocorreu pelo acionamento dos exaustores e uso da malha refletora a 50%.

No final do experimento, foram avaliados: número de botões florais por planta (NBF), altura da maior haste das plantas da base até a gema apical (AP), número de folhas por planta (NFP), número de brotações laterais (NBL), diâmetro do caule a 5 cm de altura da base da planta (DC), massa das folhas secas (MSF), caule (MSC), botões florais (MSBF) raízes (MSR) e total (MST) (Figura 8).

As partes das plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar e temperatura aproximada de 70 °C, por 72 horas.



Figura 8 – A = coleta e contagem de folhas; B = caules sem folhas e raízes lavadas; C: caules das plantas preparados para secagem; D = botões florais de um tratamento; E = raízes prontas para secagem; F = material vegetal colhido, separado em sacos de papel, pronto para secagem em estufa. Florestal, MG, 2008.

Quanto às características avaliadas, foram realizadas análises de variância e, de acordo com a significância, foi aplicada análise de regressão. O coeficiente de determinação foi obtido por meio da razão entre a soma dos quadrados da regressão e a soma dos quadrados do tratamento.

3.3. Avaliação do consumo de energia

Foram estipuladas as áreas de 1 ha iluminada com LEDs de 2 W no espaçamento de 2,0 x 2,0 m e 1 ha com lâmpadas incandescentes de 100 W no espaçamento de 3,5 x 2,0 m. O cálculo de consumo de energia foi feito com a seguinte fórmula (Empresa Luz e Força Santa Maria, 2008):

$$\text{Consumo(kWh)} = \frac{\text{Potência(W)} \times \text{Tempo(h)} \text{ de uso por dia} \times \text{N}^{\circ} \text{ de dias}}{1000} \quad (\text{equação 5})$$

3.4. Análise econômica

Foi utilizada a taxa anual de juros Selic do mês de abril de 2009, (10,15%) pelo método fluxo de caixa, considerando-se apenas a economia de energia devido ao uso de LEDs no horizonte de planejamento de cinco anos.

A viabilidade do empreendimento foi analisada por meio dos índices: Valor Presente Líquido (VPL), Relação Benefício-Custo (RBC), Tempo de Retorno de Capital (TRC) e Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

Foi utilizado, para os cálculos, o valor de R\$ 0,32 por kWh, com correção anual do custo em 3%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Número de folhas, massa seca do caule, massa seca das raízes secas, diâmetro do caule a 5 cm do coleto da planta e massa seca total

Pelas análises de variância, não houve diferenças significativas ($p > 0,05$) em número de folhas, massa seca do caule, massa seca das raízes, diâmetro do caule a 5 cm do coleto da planta e massa seca total entre as fontes de iluminação, distâncias e interação. Esse resultado já era esperado, uma vez que as fontes de luz fornecidas não abrangeram a faixa de comprimento de onda da fotossíntese. As médias dessas variáveis dentro de cada tratamento estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios do número de folhas, diâmetro do caule a 5 cm do coleto da planta, massa seca do caule, massa seca das raízes e massa seca total dos tratamentos com LEDs de 2, 4, 6 e 8 W e lâmpada de 100 W

Potência (W)	Número de folhas	Diâmetro do caule a 5 cm coleto da planta (cm)	Massa do caule seco (g)	Massa das raízes secas (g)	Massa seca total (g)
2	35,98	3,69	1,20	1,11	3,62
4	34,79	3,40	1,02	0,96	3,05
6	41,52	3,74	1,30	1,19	3,73
8	35,85	3,51	1,14	1,07	3,34
100	40,40	3,58	1,20	1,01	3,38

4.2. Altura das plantas

A resposta das plantas em altura se deu em função da distância. Na Figura 9, observa-se que houve aumento na altura das plantas, atingindo o ponto máximo em 1,28 m; houve em seguida redução na altura, efeito esse que pode ser evidenciado em plantas de corte, onde o período vegetativo com luz é maior, visando hastes mais longas. A diminuição na altura das plantas ocorreu devido à indução floral iniciada a partir da distância de 1,2 m para os LEDs de 2, 4 e 6 W, e de 1,6 m para o LED de 8 W. Efeitos semelhantes sobre crescimento, morfogênese e alongamento celular foram observados também em agerato (*Ageratum houstonianum* Mill.) e cravo-de-defunto (*Tagetes erecta* L.) por Heo et al. (2002), bem como controle do alongamento do pedúnculo em gerânio (*Pelargonium hortorum*), por Fukuda & Nishimura (2002).

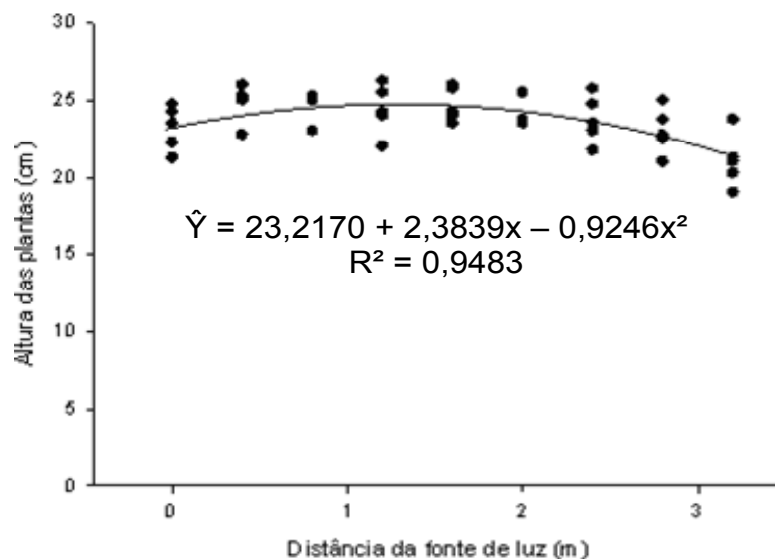


Figura 9 – Efeito da distância da fonte de luz sobre a altura das plantas de crisântemo.

4.3. Número de brotos laterais

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) das distâncias sobre o número de brotos laterais, comum a todos os tipos de lâmpada. À medida que se afasta da fonte de luz, o número de brotos laterais aumenta de forma linear (Figura 10). O aumento do número de brotos laterais nas plantas mais afastadas da fonte

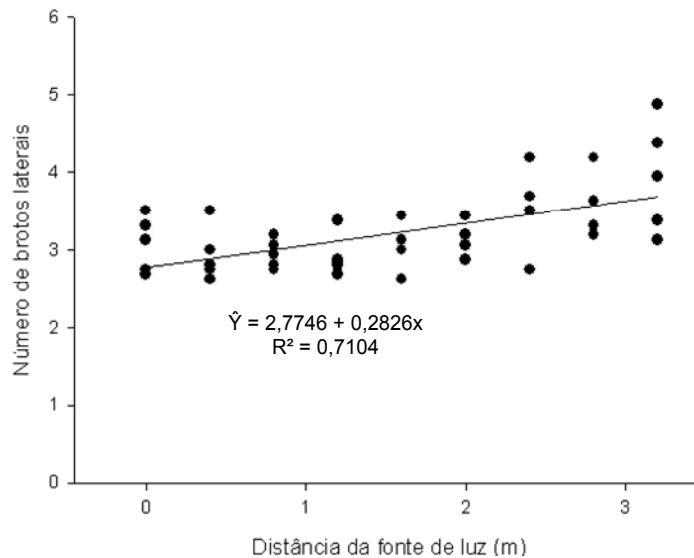


Figura 10 – Efeito da distância da fonte de luz sobre o número de brotos laterais em crisântemo.

de luz pode estar relacionado com a indução floral. A formação dos botões florais na parte superior da haste pode ter estimulado a brotação de gemas laterais dormentes; de acordo com Taiz; Zeiger (2004), a remoção do ápice caulinar, em geral, resulta no crescimento de uma ou mais gemas laterais.

4.4. Número de botões florais

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) sobre o número de botões florais entre todas as fontes de iluminação, observando-se a inter-relação entre tipo de iluminação, potência e distância da fonte luminosa. Na Figura 11, nota-se que com os LEDs de 2, 4 e 6 W não foi observado florescimento até a distância de 0,8 m. No entanto, o LED de 8 W não causou florescimento até a distância aproximada de 1,60 m. Verifica-se que os LEDs inibem o florescimento de acordo com a potência. Pode-se observar que o número de botões florais diminuiu à medida que a potência do LED aumentou.

O aumento no número de botões florais, assim como dos brotos laterais, provavelmente tenha ocorrido devido às alterações hormonais e morfogênicas na gema apical. À medida que a luminosidade vai diminuindo nas gemas apicais, que normalmente são mais sensíveis e precoces, os inibidores da floração vão reduzindo, iniciando a organogênese floral; conseqüentemente, a

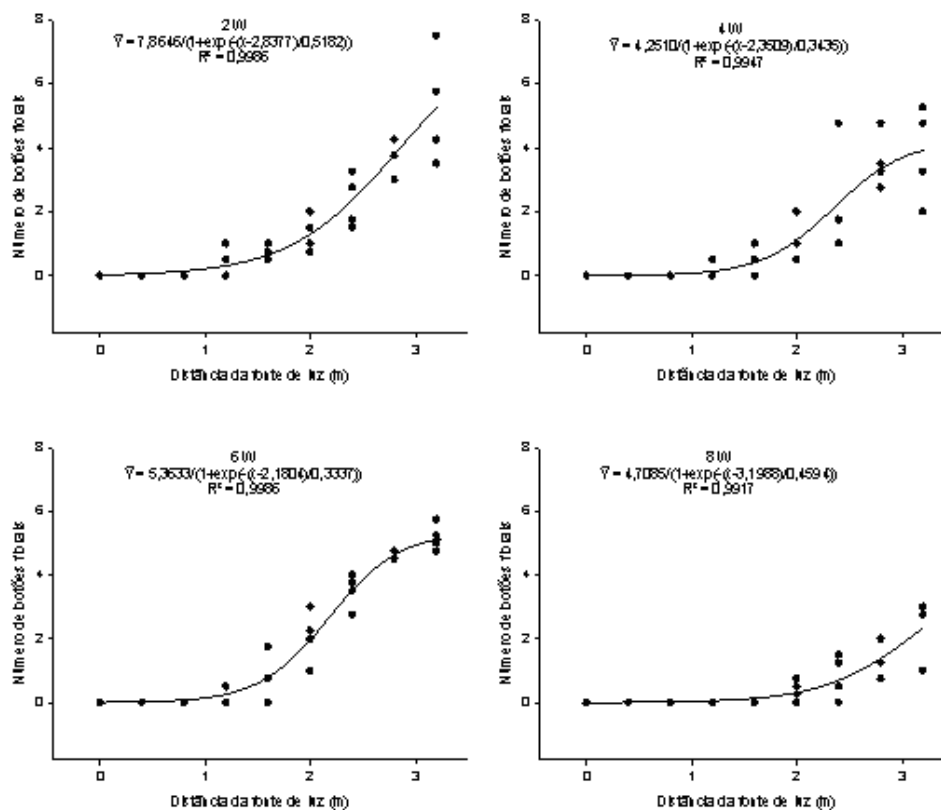


Figura 11 – Efeito da distância das fontes de luz (LEDs de 2, 4, 6 e 8 W de potência) no número de botões florais em crisântemo.

síntese de auxinas reduziria, diminuindo a dominância apical e iniciando o crescimento de gemas laterais.

Podem ser observadas na Figura 12: (A) plantas iluminadas com lâmpada de 100 W a 3,2 m de distância, sem a formação de botões florais – neste tratamento não ocorreu florescimento em todas as distâncias estudadas; (B) plantas iluminadas com LED de 2 W a 0,80 m, sem formação de botões florais; (C) plantas iluminadas com LED de 2 W a 2,0 m, com formação de botões florais; e (D) plantas iluminadas com LED de 4 W a 0,80 m, sem formação de botões florais.

Heo *et al.* (2002) estudaram a inibição do florescimento em cravo-de-defunto com o uso de luz fluorescente + LED vermelho distante, no período de 70 dias. Heo *et al.* (2003), utilizando LEDs vermelhos em ciclame cv. “Dixie Branco”, com período de 10 horas por dia, observaram o florescimento em 40 dias. Contudo, no tratamento com luz fluorescente ocorreu controle do florescimento em apenas 20 dias.

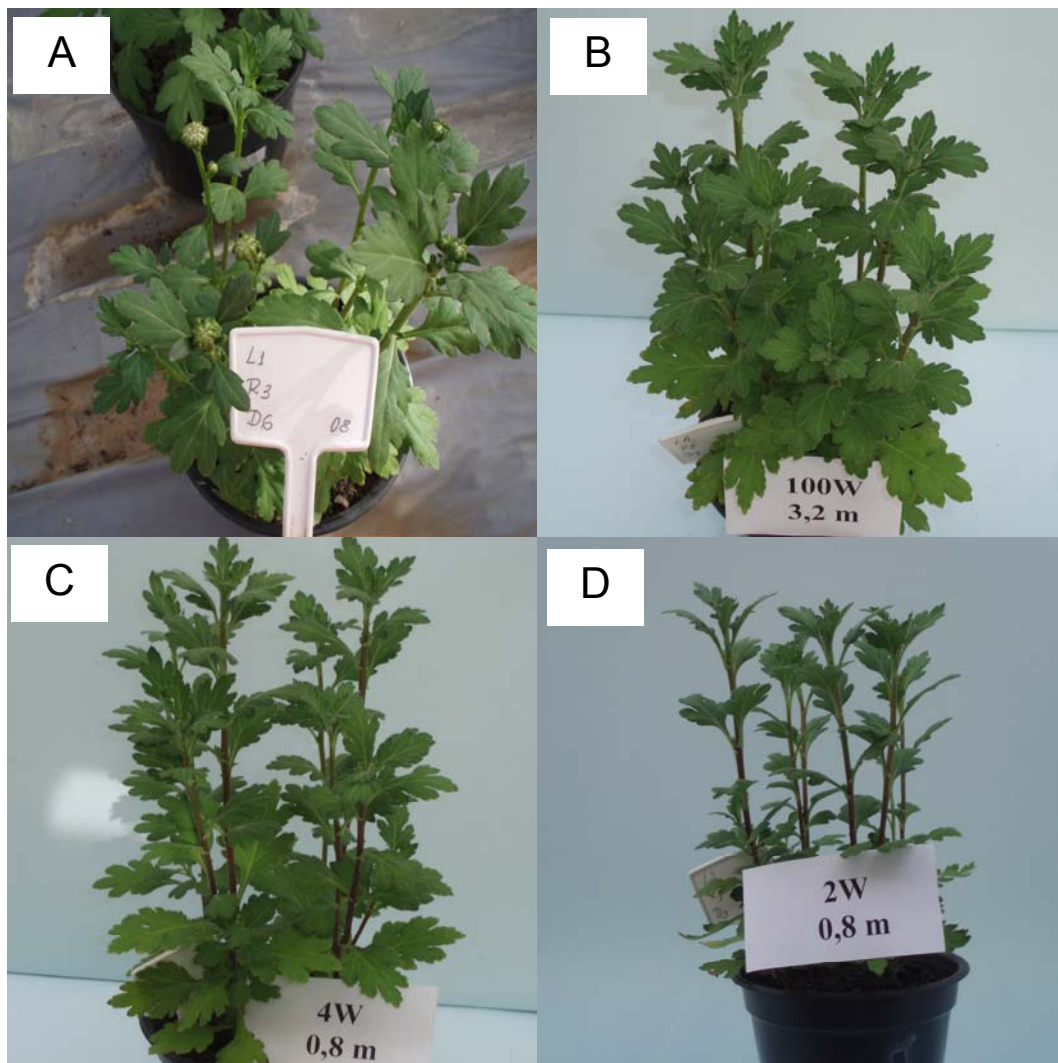


Figura 12 – Plantas de crisântemo: iluminadas com lâmpada incandescente 100 W a 3,2 m da fonte de iluminação (A); iluminadas com LED de 2 W a 0,8 m da fonte (B); iluminadas com LED de 4 W a 0,80 m da fonte luminosa (C); e iluminadas com LED de 2 W a 2 m da fonte de iluminação (D). Florestal, 2008.

4.5. Massa das folhas secas

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) sobre a massa das folhas secas com relação às distâncias nos tratamentos com LED de 2, 4 e 6 W. As massas das folhas secas por planta diminuíram à medida que se aumentou a distância das plantas em relação à fonte de luz, para os LEDs de 2, 4 e 6 W (Figura 13). Para o LED de 2 W, a queda da massa das folhas secas foi mais acentuada, possivelmente devido ao maior número de botões florais (Figura 11). Entre os tratamentos com LED de 8 W e com lâmpada incandescente de 100 W não

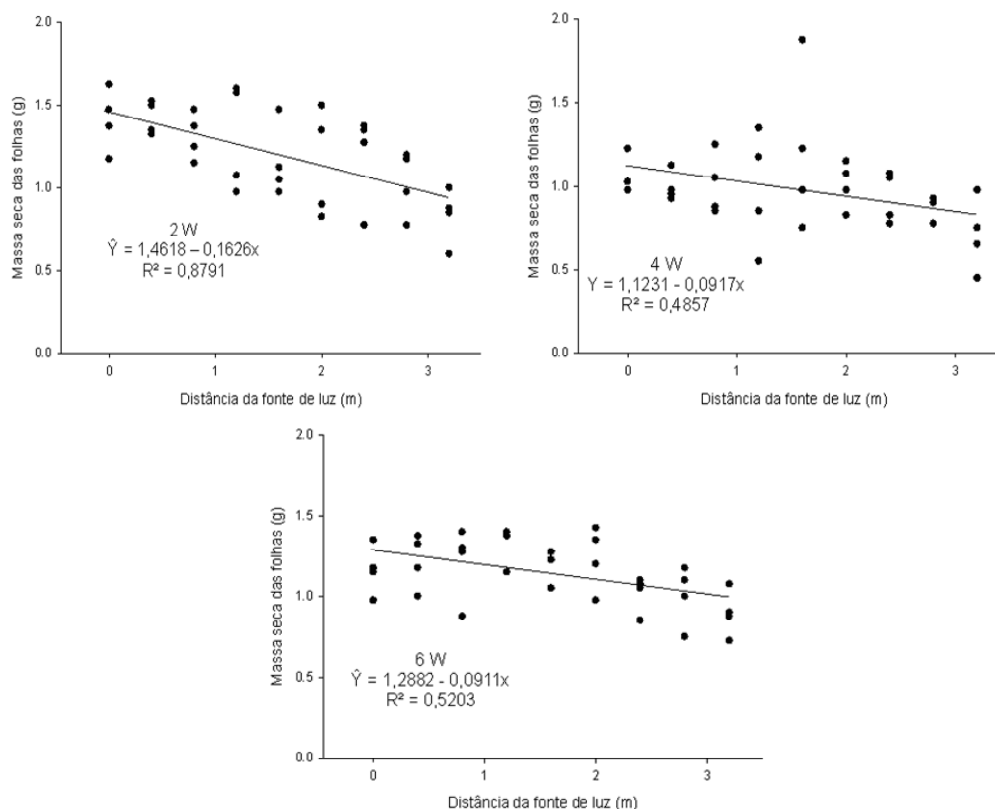


Figura 13 – Efeito da distância das fontes de luz (LEDs de 2, 4 e 6 W de potência) na massa das folhas secas em crisântemo.

houve diferença significativa das plantas quanto às distâncias, sendo as médias de 1,09 e 1,18 g de massa seca, respectivamente.

4.6. Massa dos botões florais secos

A massa dos botões florais secos aumentou à medida que aumentou a distância da planta em relação à fonte de luz (Figura 14). Os LEDs de 2, 4 e 6 W causaram o início da produção de massa seca a partir de 1,2 m; o LED de 8 W provocou o início a partir de 1,60 m e os menores valores de massa seca. As lâmpadas de 100 W não causaram indução ao florescimento.

4.7. Quantidade de iluminância (lux) e a formação de botões florais

Pode-se verificar, na Figura 15, a variação da iluminância (lux) em função da distância da planta à fonte de luz. Observa-se que essa variação não

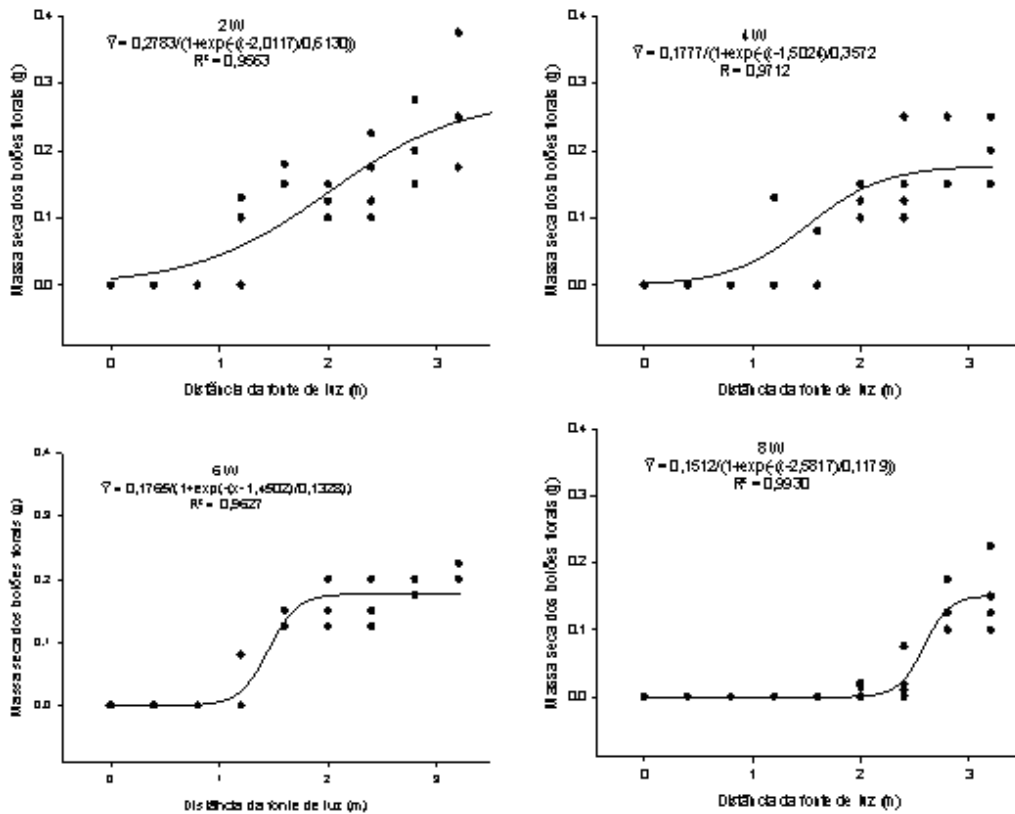


Figura 14 – Efeito da distância da fonte de luz (LEDs de 2, 4, 6 e 8 W de potência) na massa dos botões florais secos em crisântemo.

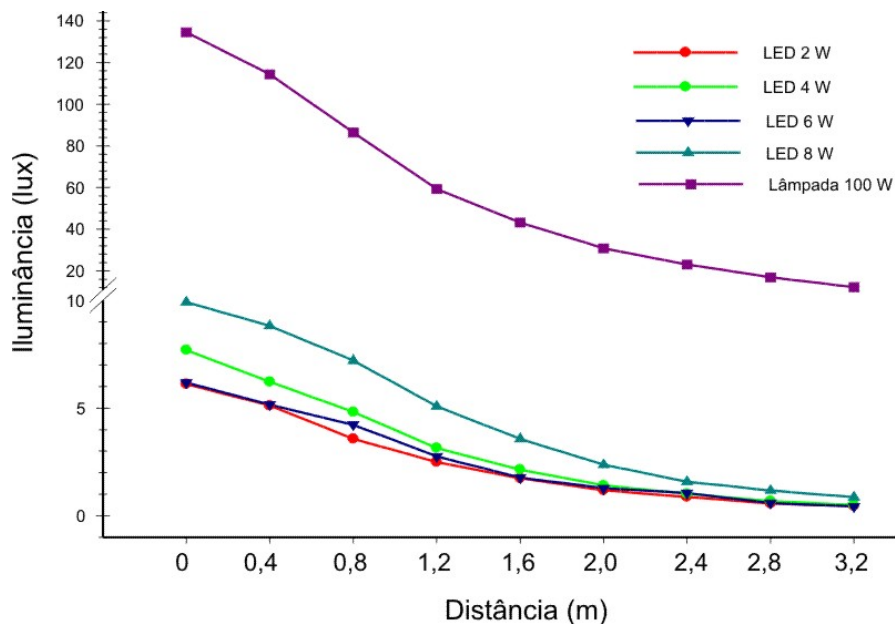


Figura 15 – Efeito da distância das fontes de luz (LEDs de 2 W, 4 W, 6 W, 8 W) e lâmpada incandescente de 100 W na iluminância (lux).

é proporcional, e sim exponencial. Segundo a lei de Beer-Lambert: “um feixe monocromático de radiação, ao atravessar um meio homogêneo, sofrerá uma atenuação exponencial” (VIANELLO; ALVES, 1991).

De acordo com essa lei, a variação da intensidade de luz incidente em uma superfície está relacionada exponencialmente com a distância em que se encontra a fonte de luz. Conforme a distância em que a planta se encontra em relação à fonte de luz, pode-se estimar a iluminância sobre a planta, a inibição do florescimento ou o número de botões florais de crisântemo (Figuras 16 e 17).

A partir da estimativa do número de botões florais em função da iluminância que incide sobre a planta em determinada distância da fonte luminosa, pode-se estimar o valor-limite de transição no controle do florescimento, em lux.

$$NBF = 2,5091 - 2,442 (\ln(\text{lux}))$$

$$\text{Para } NBF = 0 \text{ lux} = 2,79$$

Dessa forma, a estimativa do limite mínimo estimado de iluminância (lux) sobre a planta que inibe o florescimento é de 2,79 lux.

A partir da iluminância mínima necessária para inibição do florescimento é possível estimar o espaçamento máximo entre lâmpadas em campo, levando em consideração a sobreposição da parte iluminada por cada lâmpada, que com certeza será maior que as distâncias encontradas nos tratamentos do experimento em que foram utilizados LEDs isolados nas parcelas; contudo, esse efeito precisa ser verificado na prática.

Verifica-se que houve efeito semelhante da iluminação por LED e da iluminação com lâmpada incandescente (Tabela 3). As plantas de crisântemo mantiveram as suas características externas sem alterações inconvenientes nas distâncias de 0,8 m e 1,2 m – distâncias abaixo e acima de 1,0 m, a qual corresponde à distância próxima da iluminância de 2,79 lux para o LED de 2 W.

4.8. Avaliação do consumo de energia

As Tabelas 4 e 5 ilustram a estimativa e a comparação do consumo de energia, na área de 1 ha, sob iluminação artificial de quatro horas no período noturno com LED de 2 W ou lâmpada de 100 W incandescente, sem considerar o efeito somatório da sobreposição entre as lâmpadas.

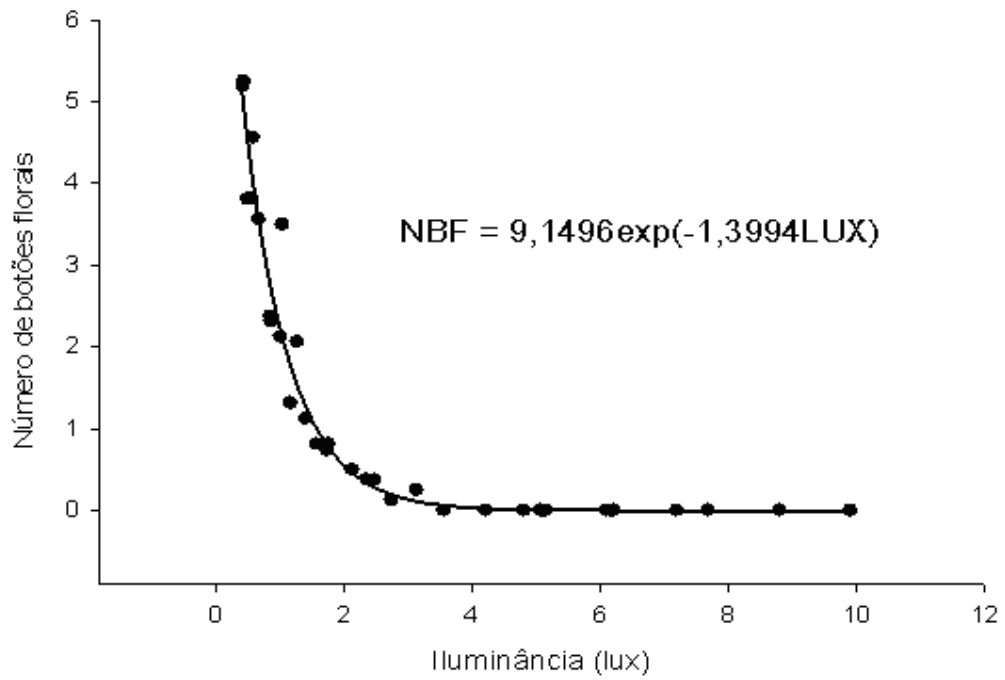


Figura 16 – Efeito da iluminância (lux) no número de botões florais em crisântemo (NBF).

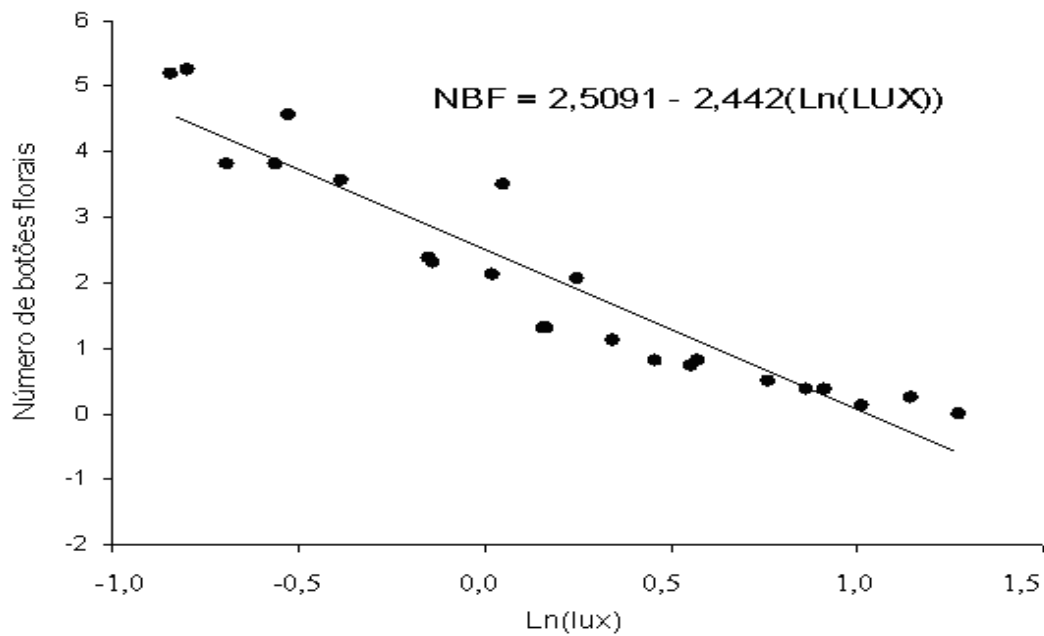


Figura 17 – Efeito do logaritmo dos valores de iluminância (lux) no número de botões florais de crisântemo (NBF).

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão de altura das plantas, número de brotos laterais e número de botões florais por efeito de potências de 2, 4, 6, 8 e 100 W, nas distâncias de 0,8 e 1,2 m

Potências (W)	Distância (m)	Altura das Plantas		Número de Brotos Laterais		Número de Botões Florais	
		Médias (cm)	Desv. Pad.	Médias (cm)	Desv. Pad.	Médias	Desv. Pad.
2	0,8	25,00	1,4142	2,81	0,1250	0,00	0,0000
	1,2	24,25	2,9861	2,81	0,4270	0,38	0,4787
4	0,8	23,00	2,7080	3,19	0,7465	0,00	0,0000
	1,2	22,00	3,8297	2,88	0,8539	0,25	0,2887
6	0,8	25,25	1,5000	3,06	0,3146	0,00	0,0000
	1,2	25,50	0,5774	3,38	0,4330	0,13	0,2500
8	0,8	23,00	2,0000	2,94	0,2394	0,00	0,0000
	1,2	24,00	2,4495	2,83	0,4069	0,00	0,0000
100	0,8	25,25	2,8723	2,75	0,4082	0,00	0,0000
	1,2	26,25	3,3040	2,69	0,5543	0,00	0,0000

Tabela 4 – Estimativa do consumo de energia elétrica em lâmpadas de 100 W e LEDs de 2, 4, 6 e 8 W por quatro horas diárias, durante 30 dias

Tipo de Lâmpada	Potência Elétrica (W)	Consumo em 4 Horas/Dia (kWh)	Consumo em 30 Dias (kWh)
Incandescente	100	0,400	12,00
LED	2	0,008	0,24
LED	4	0,016	0,48
LED	6	0,024	0,72
LED	8	0,032	0,96

Tabela 5 – Estimativa do consumo de energia elétrica mensal durante iluminação artificial noturna por quatro horas na cultura do crisântemo, em 1 ha, com LEDs de 2 W ou com lâmpadas incandescentes de 100 W

Tipo de Iluminação (W)	Espaçamento entre Lâmpadas (mxm)	Número de Lâmpadas/ha	Consumo de Energia 4 Horas/Dia (kWh)	Consumo em 30 Dias (kWh)	%
LED 2	2 x 2	2.500	20	600	3,5
Lâmpada 100	2 x 3,5	1.429	571,6	17.148	100

Verifica-se que, mesmo sem considerar a sobreposição, existe uma significativa economia com o uso de LED para inibir o florescimento em crisântemo, uma vez que correspondeu a apenas 3,5% do consumo gerado pelo uso de lâmpadas incandescentes.

4.9. Análise econômica

Com base no custo das lâmpadas de LEDs deste experimento, em escala artesanal e no valor do kWh pelas Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG), foi determinada a economia proporcionada pelo uso de LED em substituição às lâmpadas incandescentes durante o controle do fotoperíodo em crisântemo, bem como a economia de energia, em real por ano (Tabela 6). Embora o custo inicial do LED seja mais alto, justifica-se a sua utilização pela economia de energia, além de outras vantagens do uso, como: durabilidade do LED acima de 20.000 horas, muito acima das lâmpadas incandescentes, que

Tabela 6 – Custo de implantação de 1 ha com LEDs de 2 W e lâmpadas incandescentes de 100 W (consumo anual em kWh e valor total anual em real)

Iluminação	Nº Lâmpadas	Valor Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)	Consumo Total Anual (kWh)	Valor Unitário kWh (R\$)	Valor Total (R\$)
LED 2 W	2.500	45,00	112.500,00	7.200,00	0,32	2.304,00
Lâmpada 100 W	1.429	1,00	1.429,00	205.776,00	0,32	65.848,32

possuem em média apenas 1.000 horas de durabilidade; menor custo de mão de obra para substituição de lâmpadas; não aquecimento do ambiente; produção de menor quantidade de lixo das lâmpadas; e economia substancial para o produtor de crisântemo. Acredita-se que com a produção em escala comercial o custo das lâmpadas poderá ser reduzido, viabilizando ainda mais sua utilização.

Utilizando os índices econômicos taxa mínima de atratividade (TMA), valor presente líquido (VPL), relação benefício-custo (RBC) e tempo de retorno de capital (TRC), pode-se fazer a análise econômica por meio da comparação do investimento e do consumo de energia elétrica anual entre lâmpadas incandescentes de 100 Watts e LEDs de 2 Watts.

Verifica-se, de acordo com a Tabela 7, que com o emprego da taxa anual de juros Selic de 10,25% como TMA, o VPL obtido é maior que zero, indicando que o investimento é economicamente atrativo. O RBC acima de 1 confirma que o investimento é lucrativo, e o TRC de dois anos indica que o tempo de todo o investimento de capital é recuperado apenas com a economia de energia elétrica pela substituição das lâmpadas por LEDs.

Tabela 7 – Estimativas econômicas na substituição de lâmpadas incandescentes de 100 W por LEDs de 2 W, com base na taxa Selic atual (abr./09), taxa mínima de atratividade (TMA), valor presente líquido (VPL), relação benefício custo (RBC) e tempo de retorno de capital (TRC)

Selic Atual	TMA	10,25%	Abr./09		
	Ano	Custo do kWh (R\$)	Lâmpada (R\$)	LED (R\$)	Lâmpada-LED (R\$)
Investimento inicial	0		1.429,00	112.500,00	-111.071,00
Energia elétrica	1	0,32	65.848,00	2.304,00	63.544,00
Energia elétrica	2	0,33	67.906,08	2.376,00	65.530,08
Energia elétrica	3	0,34	69.963,84	2.448,00	67.515,84
Energia elétrica	4	0,35	72.021,60	2.520,00	69.501,60
Energia elétrica	5	0,36	74.079,36	2.592,00	71.487,36
VPL			R\$ 141.786,86		
RBC			2.28		
TRC			2 anos		

5. CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo permitiram as seguintes conclusões:

- Plantas de crisântemo sob iluminação noturna, com LED por 4 horas, desenvolveram-se de modo semelhante ao daquelas iluminadas com lâmpadas de 100 W.

- O florescimento com LED de cor vermelha demanda a iluminância mínima de 2,79 lux.

- No controle do florescimento em crisântemo, com LED de 2 W, pode-se utilizar espaçamento de 2 x 2 m, com economia aproximada de 96,5% de energia elétrica, em relação ao uso de lâmpadas incandescentes de 100 W.

- A utilização do LED de dois permitiu, em dois anos, a recuperação total do investimento na aquisição dos LEDs apenas com a economia de energia elétrica na substituição das lâmpadas incandescentes de 100 W.

- O controle do florescimento em crisântemo por meio da substituição de lâmpadas incandescente por LEDs foi viável e permitiu obter plantas de boa qualidade com alta economia de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO FILHO, A. J. B. V. **ALEAXPRJ** – Sistema para simulação e análise econômica de projetos em condições de risco. Piracicaba: USP, 1988. 158 p.

BARBOSA, J. G.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, M. S.; BACKES, F. A. L. Cultivo de crisântemo em vasos. **Informe Agropecuário**, v. 26, n. 227, p. 44-49, abr. 2005.

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, abr. 2005.

BARBOSA, J. G. **Crisântemos**: produção de mudas – cultivo para corte e flor – cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.

BERNIER, G.; KINET, J. M.; SACHS, R. M. The Initiation of Flowers. **The Physiology of Flowering**. Boca Raton, Florida: CRC press, Inc. 1981. v. 1, 129 p.

CAIADO, A. G. C. **Impactos da floricultura sobre o turismo no Espírito Santo**. Vitória: SEBRAE/ES, 2007. 66 p.

CAMARGO, I. M. T. **Noções básicas de engenharia econômica**: aplicações no setor elétrico. Brasília: FINATEC, 1998. 141 p.

CARVALHO, H. **Diodos de luz de alto brilho e alta potência**. São Paulo: Directlight Indústria e Comércio de Produtos Eletrônicos Ltda., 2007. 2 p.

DAVID, E.; ROSSI, L. A. **Análise de diferentes tecnologias de iluminação artificial para produção de crisântemos em ambiente protegido**. Mogi das Cruzes, SP: Agrener, 2006. 6 p.

Dossier – **LED o futuro da iluminação?** Disponível em: <http://www.schreder.com/documents/_Dossier/PDF/Portuguese/200805071621254/LEDsTheFutureOfLightingPO.pdf>. Acesso em: 3 Dez. 2008.

EMPRESA LUZ E FORÇA SANTA MARIA S/A – ELFSM. Relacionamento/dicas de consumo. **Calcule o Consumo de Energia**. Colatina, ES, Maio 2008. 3 p.

FUKUDA, N.; NISHIMURA S. Effects of localized light quality from light emitting diodes on geranium peduncle elongation. Proceedings of The Fourth International ISHS Symposium on Artificial Lighting. **Acta Horticulturae**, v. 580, p. 151-156, 2002.

HEO, J. W.; LEE, C. W.; MURTHY, H. N.; PAEK, K. Y. Influence of light quality and photoperiod on flowering of *Cyclamen persicum* Mill.cv. 'Dixie White'. **Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 7-10, 2003.

HEO, J. W.; LEE, C. W.; PAEK, K. Y. Characteristics of growth and flowering on some bedding plants grown in mixing fluorescent tube and light-emitting diode. Proceedings of the Fourth International ISHS Symposium on Artificial Lighting. **Acta Horticulturae**, v. 580, p. 77-82, 2002.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed. Atlas, 2000. 519 p.

IBRAFLOR. **Relatório setorial integrado da produção de flores e plantas ornamentais brasileiras**. São Paulo: Flora Brasiliis, 2002. 45 p.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. A quantas anda a exportação de flores e plantas ornamentais. **Agrianual**, 2008a.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 14, n. 1, p. 37-52, 2008b.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **Análise conjuntural da evolução das exportações de flores e plantas ornamentais do Brasil de janeiro a dezembro de 2007**. Hortica, 2008. 8 p.

KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba, RS: Agrolivros, 2005. 256 p.

KIYUNA, I.; FRANCISCO, V. L. S.; COELHO, P. J.; CASER, D. V.; ASSUMPÇÃO, R.; ÂNGELO, J. A. A floricultura brasileira no início do século

XXI: O perfil do produtor. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 8, p. 57-76, 2002.

LEYSER, O.; DAY, S. **Mechanisms in plant development**. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company, 2003. 241 p.

LOPES, D. C. **Sistema computacional de análises técnica e econômica para adequação de força motriz**. 2002. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

LOPES, D. C.; MARTINS, J. H.; OLIVEIRA FILHO, D. ; MELO, E. C. Programa computacional para adequação de força motriz considerando o remanejamento de motores existentes. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 14, n. 1, p. 51-63, 2006.

MIYASHITA, Y.; KIMURA, T.; KITAYA, Y. Effects of red light on the growth and morphology of potato plantlets *in vitro* using light emitting diodes (LEDS) as a light source for micropropagation. Proceedings of the Third International ISHS Symposium on Artificial Lighting. **Acta Horticulturae**, v. 418, p. 228-232, 1997.

MULLER, A. N.; TELÓ, A. R. Modelos de avaliação de empresas. **Revista FAE**, v. 6, n. 2, p. 97-112, 2003.

PINTO, S. A. *Heliconia psittacorum* L. **Propagação e adubação na fase inicial do cultivo**. 2007. 75 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

RODRIGUES, T. M. **Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício**. 2006. 86 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2004.

STEFANELO, D. R. **Doses, ambiente e forma de infecção causada por *Fusarium solani* f.sp *chrysanthemi* em crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) C. Calábria e seu controle por *Trichoderma virens***. 2004. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

STRINGHETA, A. C. O.; CARNEIRO, T. F.; TOMBOLATO, A. F. C.; COUTINHO, L. N.; IMENES, D. L.; BERGMAN, E. C. Crisântemo para flores de corte. In: TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo comercial de plantas ornamentais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2004. p. 95 -135.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. Eliane Romanato Antarém [et al.]. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004. 719 p.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Metereologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1991. 449 p.

ANEXO

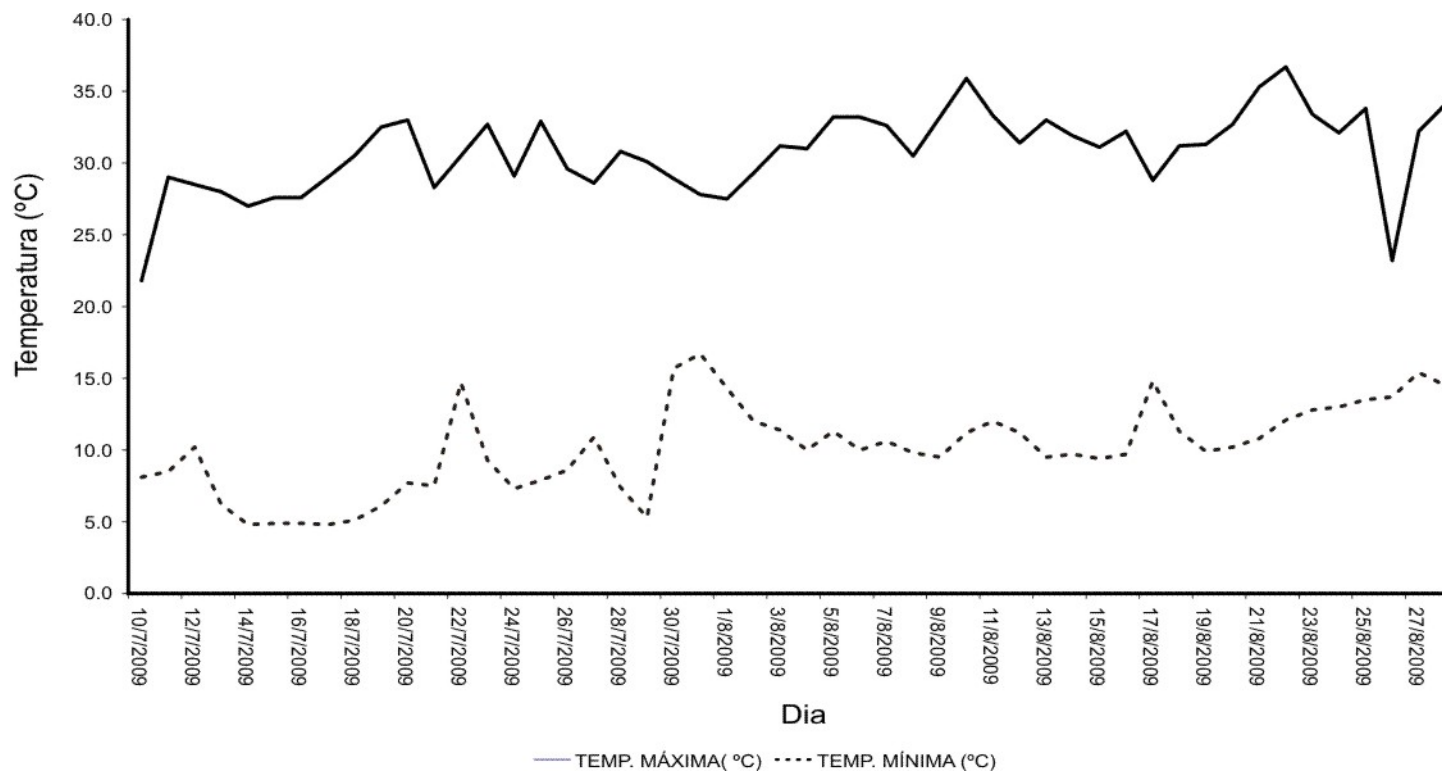


Figura 1A – Temperaturas máxima e mínima diárias.

Tabela 1A – Resumo das análises de variância para número de folhas, altura das plantas, número de brotações laterais, diâmetro do caule a 5 cm da base, número de botões florais, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca dos botões florais e massa seca total

FV	Número de Folhas			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	1324,0897	331,1224	0,5612 ^{ns}
LEDs	3	997,2132	332,4044	0,5634 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	326,8766	326,8766	0,5540 ^{ns}
Erro (a)	15	8848,9241	589,9282	
Dist.	8	233,0346	29,1293	0,8737 ^{ns}
Interação	32	766,487	23,9527	0,7184 ^{ns}
Dist. x LED	24	7 13,2023	29,7167	0,8913 ^{ns}
Dist./100 W	8	53,2847	6,6605	0,1997 ^{ns}
Erro (b)	120	4000,4786	33,3373	-
CV Parcelas (%)				64,4
CV Subparcela (%)				15,3

ns = não significativo a 5% de probabilidade.

FV	Altura das Plantas			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	185,4777	46,3694	1,0073 ^{ns}
LEDs	3	125,3889	41,7963	0,9079 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	60,0889	60,0889	1,3053 ^{ns}
Erro (a)	15	690,5000	46,0333	
Dist.	8	209,1111	26,1388	11,4063*
Interação	32	109,2222	3,4131	1,4893 ^{ns}
Dist. x LED	24	31,2220	1,3009	0,5676 ^{ns}
Dist./100 W	8	78,0000	9,7500	4,2546*
Erro (b)	120	27,0000	2,2916	
CV Parcelas (%)				28,65
CV Subparcela (%)				6,39

ns = não significativo.

* Significativo a 5% de probabilidade.

FV	Número de Brotos Laterais			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	11,5648	2,8912	1,4584 ^{ns}
LEDs	3	10,0219	3,3406	1,6852 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	1,5420	1,5420	0,7782 ^{ns}
Erro (a)	15	29,7367	1,9824	
Dist.	8	21,5903	2,6987	12,9186*
Interação	32	11,3828	0,3557	1,7024*
Dist. x LED	24	7,7578	0,3232	1,5471 ^{ns}
Dist./100 W	8	3,6250	0,4531	1,5678 ^{ns}
Erro (b)	120	25,0724	0,2089	
CV Parcelas (%)				43,63
CV Subparcela (%)				14,16

ns = não significativo.

* Significativo a 5% de probabilidade.

FV	Diâmetro do Caule a 5 cm da Base			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	2,2515	0,5628	1,0636 ^{ns}
LEDs	3	2,2471	0,7490	1,4154 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	0,0043	0,0043	0,0082 ^{ns}
Erro (a)	15	7,9382	0,5292	
Dist.	8	0,2569	0,03735	1,4797 ^{ns}
Interação	32	0,2569	0,0080	1,4519 ^{ns}
Dist. x LED	24	0,0588	0,0024	0,0655 ^{ns}
Dist./100 W	8	0,1981	0,0247	0,6748 ^{ns}
Erro (b)	120	4,4023	0,0366	
CV Parcelas (%)				21,30
CV Subparcela (%)				7,85

ns = não significativo.

FV	Número de Botões Florais			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	79,5203	19,8800	26,5846*
LEDs	3	31,8827	10,6275	14,2116*
LEDs vs 100 W	1	47,6300	47,6300	63,6935*
Erro (a)	15	11,2172	0,7478	
Dist.	8	255,0867	31,8858	114,0467*
Interação	32	99,8151	3,1192	11,1565*
Dist. x LED	24	99,8151	3,1192	11,1565*
Dist./100 W	8	0,0000	0,0000	
Erro (b)	120	33,5502	0,2795	
CV Parcelas %				84,04
CV Subparcela %				51,39

ns = não significativo.

* Significativo a 5% de probabilidade.

FV	Massa Seca das Folhas			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	1,1370	0,2842	1,8194 ^{ns}
LEDs	3	0,9844	0,3281	2,1005 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	0,1560	0,1560	0,9987 ^{ns}
Erro (a)	15	2,2435	0,1562	
Dist.	8	1,3354	0,1669	6,7570*
Interação	32	1,3211	0,0412	1,6664*
Dist. x LED	24	1,2471	0,0519	2,1012*
Dist./100 W	8	0,0740	0,0092	0,3724 ^{ns}
Erro (b)	120	2,9728	0,0247	
CV Parcelas (%)				35,26
CV Subparcela (%)				14,04

ns = não significativo.

* Significativo a 5% de probabilidade.

FV	Massa Seca do Caule			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	1,5265	0,3816	0,8600 ^{ns}
LEDs	3	1,5053	0,5017	1,1307 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	0,0311	0,0311	0,0700 ^{ns}
Erro (a)	15	6,6560	0,4437	
Dist.	8	0,1538	0,0192	0,5907 ^{ns}
Interação	32	0,8339	0,0260	0,8005 ^{ns}
Dist. x LED	24	0,7413	0,0308	0,9476 ^{ns}
Dist./100 W	8	0,0926	0,0115	0,3538 ^{ns}
Erro (b)	120	3,9067	0,0325	
CV Parcelas (%)				56,66
CV Subparcela (%)				15,34

ns = não significativo.

FV	Massa Seca das Raízes			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	1,0917	0,2729	1,3266 ^{ns}
LEDs	3	0,9381	0,3127	1,5201 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	0,1605	0,1605	0,7802 ^{ns}
Erro (a)	15	3,0864	0,2057	
Dist.	8	0,2254	0,0281	0,7025 ^{ns}
Interação	32	1,4574	0,0455	1,1385 ^{ns}
Dist. x LED	24	1,2240	0,0510	1,2750 ^{ns}
Dist./100 W	8	0,2334	0,0291	0,7275 ^{ns}
Erro (b)	120	4,8003	0,0400	
CV Parcelas (%)				42,28
CV Subparcela (%)				18,64

ns = não significativo.

FV	Massa Seca dos Botões Florais			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	0,3085	0,0771	22,6764*
LEDs	3	0,1069	0,0356	10,4705*
LEDs vs 100 W	1	0,1966	0,1966	57,8235*
Erro (a)	15	0,0516	0,0034	
Dist.	8	0,6295	0,0786	78,6000*
Interação	32	0,2507	0,0078	7,8000*
Dist. x LED	24	0,2507	0,0078	7,8000*
Dist./100 W	8	0,0000	0,0000	0,0000
Erro (b)	120	0,1295	0,0010	
CV Parcelas (%)				87,7
CV Subparcela (%)				49,12

* Significativo a 5% de probabilidade.

FV	Massa Seca Total			
	GL	SQ	QM	F
(Trat.)	4	9,9743	2,4935	1,1684 ^{ns}
LEDs	3	9,8876	3,2958	1,5440 ^{ns}
LEDs vs 100 W	1	0,0743	0,0743	0,0348 ^{ns}
Erro (a)	15	32,0113	2,1340	
Dist.	8	0,9435	0,1179	0,0559 ^{ns}
Interação	32	8,0957	0,2529	1,2002 ^{ns}
Dist. x LED	24	7,3564	0,3065	1,4546 ^{ns}
Dist./100 W	8	0,7393	0,0924	0,4385 ^{ns}
Erro (b)	120	25,2929	0,2107	
CV Parcelas (%)				42,28
CV Subparcela (%)				13,38

ns = não significativo.