

**ANÁLISE E MODELAGEM DO
CRESCIMENTO DE CRISÂNTEMO E
CALANDIVA EM VASO EM FUNÇÃO DE
GRAUS DIAS DE DESENVOLVIMENTO**

MARÍLIA ANDRADE LESSA

2009

MARÍLIA ANDRADE LESSA

**ANÁLISE E MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE
CRISÂNTEMO E CALANDIVA EM VASO EM FUNÇÃO DE
GRAUS DIAS DE DESENVOLVIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Doutor”.

Orientadora

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Lessa, Marília Andrade.

Análise e modelagem do crescimento de crisântemo e calandiva em vaso em função de graus dias de desenvolvimento / Marília Andrade Lessa. – Lavras : UFLA, 2009.
104 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.
Orientador: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.
Bibliografia.

1. Plantas ornamentais. 2. GDD. 3. *Dendranthema grandiflora*. 4. *Kalanchoe blossfeldiana*. 5. Constante térmica. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.9

MARÍLIA ANDRADE LESSA

**ANÁLISE E MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE
CRISÂNTEMO E CALANDIVA EM VASO EM FUNÇÃO DE
GRAUS DIAS DE DESENVOLVIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração Produção Vegetal, para a obtenção do título de “Doutor”.

APROVADA em 18 de novembro 2009

Prof. Carlos Maurício Paglis, PhD.

UFLA

Profa. Dra. Káthia Fernandes Lopes Pivetta

Unesp

Prof. Dr. Denismar Alves Nogueira

UNIFAL-MG

Prof. Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa

UFLA

Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

UFLA

(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ao Único que é digno de receber a Honra e a Glória...

OFEREÇO

*“Pois o Senhor é quem dá a sabedoria;
da sua boca vem o conhecimento e o entendimento.”
(Provérbios 2.6)*

*“As minhas razões sairão da sinceridade do meu coração
e a pura ciência (vinda de Deus) dos meus lábios.”
(Jó 33.3)*

*Aos meus pais, João e Raquel.
A minha irmã Odília.
Ao meu sobrinho João Neto.
Ao amado Sérgio.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, em nome de Jesus Cristo, por tudo e todas as coisas.

Aos meus queridos pais, minha irmã e meu sobrinho, que sempre me apoiaram e suportaram comigo a distância e a saudade.

Ao amado Sérgio, pela compreensão, incentivo, apoio e amor incondicionais, minimizando a distância e a saudade.

À Universidade Federal de Lavras, pelas oportunidades de formação profissional; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa de estudos no Brasil e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos no exterior.

À minha orientadora, Profa. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva, pela confiança, valiosos ensinamentos, oportunidades e incentivo às novas realizações.

Ao meu coorientador, Prof. Carlos Maurício Paglis, pela idealização e conhecimentos transmitidos para a realização deste projeto e pelos valiosos momentos de crescimento pessoal e profissional.

À Profa. Ursula K. Schuch e à Universidade do Arizona (UA), pela oportunidade de realizar o estágio de doutoramento-sanduiche e por todo o suporte e infraestrutura nos EUA. A todos os membros da equipe de floricultura do Departamento de Fitotecnia da UA (Dra. Ursula, Tilak Mahato e Marcia White), pela recepção, amizade e ensinamentos durante o período de estágio. Em especial, à Dra. Schuch, por ter tornado a minha estada nos EUA a mais agradável possível.

To Professor Ursula K. Schuch and to the University of Arizona, for the opportunity to carry out the sandwich doctorate traineeship, and for all the support and infra-structure in the USA. To all the members of the floriculture

team of Plant Science department of UA (Dr. Professor Ursula Schuch, Tilak Mahato e Marcia White) for the reception, friendship and learning during the traineeship period. Specially, to Dr. Schuch for making my stay in the USA so agreeable.

À Pro-Mudas Sul Minas Ltda., pela cessão da área e apoio dos funcionários para a realização dos experimentos.

A Andreísa, Sérgio, Cecília, Valnícia, Raquel Joana, Lívia, Cíntia Cristina, Adriana e Suzana, pelo auxílio durante a condução e avaliação dos experimentos.

À Dra. Rosália Maia Resende, que sempre me fez acreditar na capacidade de vencer e que todas as realizações são frutos de longa conquista.

Aos irmãos em Cristo Jesus que sempre intercederam por mim, em especial Rosângela Queiroz, pela intercessão diária nos momentos finais da conclusão da tese e aos membros da família Júlio (Júnia, Gilda, Stael e Amarildo), durante a longa caminhada deste curso.

À amiga Renata Pimenta, pelo companheirismo e presença constante, independente de qualquer situação ou circunstância.

A todos os colegas de pós-graduação em Fitotecnia, Elka, Simone, Schirley, Leandra e Daniela, pela amizade e suporte durante o curso de doutorado. Às colegas Roseana e Juliana, pelo auxílio na finalização da tese.

A todas as pessoas que participaram desta importante conquista.

Que Deus recompense a todos vocês!

BIOGRAFIA

MARÍLIA ANDRADE LESSA, filha de João Batista Tito Lessa e Raquel Joana de Andrade Lessa, nasceu em 11 de setembro de 1975, em Belo Horizonte, Minas Gerais. cursou o ensino fundamental no Colégio Pitágoras, entre 1983 a 1990 e de 1992 a 1994, o magistério na Escola Municipal Geraldo Teixeira da Costa. Em 1997 iniciou o curso de graduação em Ciências Biológicas nas Faculdades Metodistas Integradas Izabela Hendrix, concluindo-o em dezembro de 2000. Também tem formação de Técnico em Paisagismo, pelo Instituto de Arte e Projeto (INAP), curso realizado nos anos de 1999 a 2001. Durante o período de formação realizou diversos estágios, sendo um deles no Jardim Botânico de Belo Horizonte (FZB-BH) e outro no Setor de Floricultura e Paisagismo do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Tem especialização em Plantas Ornamentais e Paisagismo (2005) e em Cultura de Tecidos (2007), ambas pela Universidade Federal de Lavras. Em 2004, iniciou o mestrado em Agronomia-Fitotecnia na Universidade Federal de Lavras, defendendo a dissertação intitulada “Desenvolvimento de *Kalanchoe luciae* cultivado em diferentes substratos e condições de sombreamento” em fevereiro de 2006. Em março de 2006, iniciou o doutoramento em Agronomia-Fitotecnia na mesma instituição. De setembro de 2008 a março de 2009 realizou estágio de doutoramento-sanduíche na Universidade do Arizona (Tucson, Arizona, EUA), sob a orientação da Profa. PhD. Ursula K. Schuch.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução geral	2
2 Referencial teórico.....	4
2.1 Produção de flores no Brasil.....	4
2.2 Qualidade na produção de flores	5
2.3 Cultivo de flores envasadas	5
2.3.1 Crisântemo (<i>Dendranthema grandiflorum</i> (Ramat) Tzvelev)	6
2.3.2 Calandiva® (<i>Kalanchoe blossfeldiana</i> Poelln).....	6
2.4 Temperatura e crescimento vegetal	7
2.5 Graus-dia de desenvolvimento (GDD)	10
2.6 Modelagem do crescimento e desenvolvimento vegetal.....	12
3. Referências bibliográficas.....	16
CAPÍTULO 2 Influência do acúmulo de graus-dia no florescimento de crisântemo	24
1 Resumo	25
2 Abstract.....	26
3 Introdução	27
4 Material e Métodos	28
5 Resultados e discussão.....	33
6 Conclusões.....	39
7 Referências bibliográficas.....	39
CAPÍTULO 3 Acúmulo de graus-dia e qualidade externa de crisântemo de vaso	43
1 Resumo	44
2 Abstract.....	45
3 Introdução	46
4 Material e Métodos	47
5 Resultados e discussão.....	52
6 Conclusões.....	59
7 Referências bibliográficas.....	60

CAPÍTULO 4 Determinação da área foliar do crisântemo de vaso associado ao acúmulo de graus-dia	65
1 Resumo	66
2 Abstract.....	67
3 Introdução	68
4 Material e Métodos	69
5 Resultados e discussão.....	75
6 Conclusões.....	84
7 Referências bibliográficas.....	84
CAPÍTULO 5 Determinação da área foliar e do número de folhas de Calandiva® associado ao acúmulo de graus-dia.....	87
1 Resumo	88
2 Abstract.....	89
3 Introdução	90
4 Material e Métodos	91
5 Resultados e discussão.....	95
6 Conclusões.....	100
7 Referências bibliográficas.....	100
ANEXOS	104

RESUMO

LESSA, Marília Andrade. **Análise e modelagem do crescimento de crisântemo e calandiva em vaso em função de graus dias de desenvolvimento.** 2009. 104 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

A temperatura média do ar é um dos fatores que afetam o desenvolvimento e o crescimento de plantas, apresentando relação linear com o desenvolvimento relativo. Estudos bioclimáticos têm sido realizados para comparar o crescimento e o desenvolvimento vegetal com diferentes elementos ambientais, destacando-se o uso da constante térmica, a qual é determinada pelo acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Nesse contexto, objetivou-se determinar e analisar o efeito do acúmulo de graus-dia necessários para o crescimento e o desenvolvimento do crisântemo (*Dendranthema grandiflora* cv. Rage) e da calandiva (*Kalanchoe blossfeldiana* cv. Bisset), e determinar modelos matemáticos que descrevem o crescimento dessas espécies. Foram realizados quinze experimentos, sendo doze com crisântemo e dois com Calandiva[®], em duas localidades, Lavras, MG (Brasil) e Tucson, AZ (EUA), respectivamente para crisântemo e para Calandiva[®]. Nos experimentos realizados com crisântemo foram avaliados os parâmetros altura de planta, número de folhas, área foliar, número de estruturas florais e porcentagem de inflorescências abertas e, para a Calandiva[®], número de folhas e área foliar. Observou-se que, para se obter a maior porcentagem de inflorescências abertas em crisântemo, é necessário o acúmulo de 1.557 a 2.034 GDD; em acúmulos superiores a 2.200 GDD ocorre atraso no florescimento. Já para a Calandiva, o ponto de comercialização ocorre com o acúmulo aproximado de 2.000 GDD. Os modelos matemáticos de área foliar do crisântemo utilizados para a validação, ao se ajustarem, apresentaram a raiz do erro quadrático médio (REQM) de 88,0 cm² para o modelo do verão ($y = -235,7954 + 0,4753 \text{ GDD} - 0,00009 \text{ GDD}^2$) e de 55,61cm² para o de inverno ($y = -182,2223 + 0,6181 \text{ GDD} - 0,00024 \text{ GDD}^2$). Já para o modelo da Calandiva[®] ($y = -799,678 + 1,3099 \text{ GDD}$), o ajuste do REQM foi de 281,35 cm².

Palavras-chave: Plantas ornamentais, GDD, *Dendranthema grandiflora*, *Kalanchoe blossfeldiana*, constante térmica.

*Comitê orientador: Profa. Dra. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva - UFLA (Orientadora), Prof. Carlos Maurício Paglis, PhD - UFLA, Profa. Ursula Karoline Schuch, PhD - UA.

ABSTRACT

LESSA, Marília Andrade. **Analysis and modeling of the pot Chrysanthemum and calandiva in relation to the growing degree days.** 2009. 104 p. Thesis (Doctorate in Agronomy/Plant Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

The mean temperature of the air is one of the factors which affects the plant development and growth, showing a linear relation with the relative growth. Bioclimatic studies have been carried out to compare plants growth and development with different environmental elements, in special, the thermal constant, which is determined by the accumulation of growing degree-days (GDD). In this context, this study aimed to determine and analyse the effect of accumulation of the necessary degree-days for the growth and development of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* cv. Rage) and calandiva (*Kalanchoe blossfeldiana* cv. Bisset), and to determinate mathematical models which describe the growth of these species. Fifteen trials, twelve with chrysanthemum and two with calandiva, were carried out in two locations: Lavras - MG (Brazil) and Tucson - AZ (USA), respectively for chrysanthemum and calandiva. In the chrysanthemum trials, the parameters height, leaf number, leaf area, floral structure number and percentage of open inflorescences were evaluated, and for the calandiva trials, the leaf number and foliar area. It was observed that, in order to obtain a higher percentage of open inflorescences in chrysanthemum, it is necessary to accumulate from 1557 to 2034 GDD, considering that in accumulations superior to 2200 GDD there is a delay in the blooming. On the other hand, for the calandiva, the trade point occurs with the approximate accumulation of 2000 GDD. When the mathematical models to chrysanthemum leaf area used for the validation were adjusted, they showed the root mean squared error (RMSE) of 88.0 cm² for the summer model ($y = -235.7954 + 0.4753 \text{ GDD} - 0.00009 \text{ GDD}^2$) and 55.61 cm² for the winter ($y = -182.2223 + 0.6181 \text{ GDD} - 0.00024 \text{ GDD}^2$). On the other hand, for the calandiva model ($y = -799.678 + 1.3099 \text{ GDD}$), the RMSE adjustment was 281.35 cm².

Keywords: Ornamental plants, GDD, *Dendranthema grandiflora*, *Kalanchoe blossfeldiana*, thermal constant.

*Advising Committee: Prof. Dr. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva - UFLA (Advisor), Prof. Carlos Maurício Paglis, PhD - UFLA, Prof. Ursula Karoline Schuch, PhD - UA.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A floricultura caracteriza-se por ser um setor competitivo, em plena expansão, que proporciona alta rentabilidade econômica, mas é exigente na utilização de tecnologias e de conhecimento técnico (Stringueta et al., 2002; Napoleão, 2005; Mota et al., 2007; Thomaz, 2007).

O setor movimenta bilhões de dólares em todo o mundo (Stringueta et al., 2002; Mota et al., 2007). No Brasil, de janeiro a agosto de 2008, registrou crescimento de 9,8% no volume comercializado e de 40% no volume financeiro, em comparação ao mesmo período de 2007 (Portal..., 2008b). Nas vendas, é esperada alta de 15% a 17% para o segundo semestre de 2009, de acordo com previsão do Grupo Terra Viva de Holambra, SP (Portal..., 2009a).

No Brasil, o cultivo de flores de vaso representa 13,2% de toda a área cultivada e 50% do movimento na cadeia produtiva (Junqueira & Peetz, 2007; Thomaz, 2007; Portal..., 2008a; Aprendendo..., 2009). Segundo Junqueira & Peetz (2007), o crisântemo e o calanchoe estão entre as três flores de vaso mais cultivadas no país.

O agronegócio da floricultura é um setor exigente em qualidade e na disponibilidade contínua de produtos durante todo o ano. Para tanto, é necessário conhecer as condições de cultivo (clima, solo e tratos culturais) que influenciam na qualidade da planta, determinando a estratégia mais adequada em cada estação de cultivo. Dessa forma, há grande demanda por estudos que ilustrem os mecanismos de produção, bem como visem a melhor compreensão dos processos que ocorrem nas diferentes etapas da produção de flores, em função das variáveis ambientais. Com essa finalidade, estudos bioclimáticos têm sido realizados para comparar o crescimento e o desenvolvimento vegetal com diferentes elementos ambientais

Na floricultura, o controle do fotoperíodo é uma prática amplamente utilizada para a produção constante de flores, porém, não é o único fator limitante. Sabe-se que, dentre os fatores ambientais, a temperatura também exerce grande importância. Na maioria dos estudos bioclimáticos, a temperatura média do ar tem sido avaliada por ser o principal fator que interage com a radiação global e a umidade relativa, afetando o desenvolvimento e o crescimento de plantas, e que pode ser contabilizada em graus-dia de desenvolvimento (GDD), que é utilizado para estimar a duração de estádios de desenvolvimento vegetal e para escolher a época de plantio (Massignam, 1987; Coelho, 2004). De maneira geral, o desenvolvimento relativo e a temperatura apresentam relação linear, independente de outros elementos do ambiente, como o fotoperíodo e a disponibilidade hídrica (Massignam, 1987). Dessa maneira, a melhor compreensão de como as plantas se comportam sob diferentes fatores ambientais, destacando o acúmulo de GDD, é de fundamental importância para maximizar a produção de flores, tanto nas características qualitativas quanto quantitativas.

Trabalhos realizados por Larsen & Persson (1999); Lee et al. (2002); Schouten et al. (2002); Nothnagl et al. (2004); Carvalho et al. (2006) propõem a modelagem e a simulação do crisântemo associadas a diversos fatores, como luminosidade, temperatura, espaçamento de plantio, dentre outros, porém, nenhum trabalho envolvendo GDD foi realizado. Para a calandiva, não há registros de publicações. Dessa forma, objetivou-se determinar o acúmulo de graus-dia necessários e os modelos matemáticos para cultivo e produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* cv. Rage) e calandiva (*Kalanchoe blossfeldiana* cultivar 'Bisset').

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Produção de flores no Brasil

No Brasil, a floricultura tem surgido como um importante segmento da agricultura, com grande crescimento das exportações, destacando-se competitivamente em relação a outros setores agrícolas (Claro et al., 2001; Almeida, 2005). O setor possui cerca de oito mil produtores, em uma área estimada de 5,2 mil ha (Landgraf & Paiva, 2008; Portal..., 2009b).

Devido à grande variedade de solos, à diversidade climática e ao elevado número de espécies com potencial ornamental, o setor de floricultura tende a se expandir no país, fato comprovado pelo aumento da área cultivada e da produção, assim como uma maior variedade de produtos disponíveis (Claro et al., 2001; Reis, 2009).

A produção brasileira de flores e plantas ornamentais, inicialmente concentrada no estado de São Paulo (responsável por 70% da produção nacional e mais de 50% do consumo), tem se expandido para todo o país, com cultivos nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina, Paraná, Rio Grande do Sul, Bahia, Alagoas, Pernambuco, Ceará e também na região norte (Thomaz, 2007; Aprendendo..., 2009). O Brasil produz, hoje, aproximadamente 900 milhões de unidades de flores e plantas ornamentais (Portal..., 2009b), sendo quase a totalidade da produção destinada ao mercado interno (Thomaz, 2007).

De acordo com levantamento realizado por Landgraf & Paiva (2008), Minas Gerais destaca-se como um dos maiores estados produtores de flores e plantas ornamentais, além de possuir grande diversidade em produtos comercializados, como flores de corte e envasadas, plantas verdes, mudas envasadas e em saquinhos. O estado é responsável por 22,15% de toda a área plantada, com plantas ornamentais, no território nacional. Existem 427 produtores, em área cultivável total de 1.152,6 ha (Landgraf & Paiva, 2008).

2.2 Qualidade na produção de flores

A produção comercial de flores é um dos setores da agricultura nos quais a diferenciação do produto sempre teve importância (Trip et al., 2000), embora, por muito tempo, a principal linha de pesquisa na floricultura fosse direcionada para as características quantitativas em vez das qualitativas (Vonk Noordegraaf, 1994). Atualmente, visto que os preços são frequentemente determinados com base nos aspectos da qualidade visual, a morfogênese está sendo mais valorizada, principalmente para o aperfeiçoamento desses aspectos (Vonk Noordegraaf, 1994; Vonk Noordegraaf & Welles, 1995; Carvalho, 2003).

De modo geral, a qualidade pode ser definida como até que ponto o produto atende às expectativas dos consumidores. Alguns aspectos da qualidade não são visíveis (qualidade interna) e outros são (qualidade externa) (Vonk Noordegraaf & Welles, 1995). Por exemplo, a qualidade interna do crisântemo de corte refere-se à sua vida de vaso (Nijssse, 2001), enquanto a qualidade externa poderá ser avaliada em função da morfologia de caule e da folha e das características da flor (Carvalho, 2003). Além disso, atualmente, os produtores são comercialmente pressionados a suprir uma qualidade de produto constante, em todas as épocas do ano (Langton et al., 1999).

2.3 Cultivo de flores envasadas

No Brasil, o cultivo de flores de vaso representa 13,2% de toda a área cultivada, respondendo por 50% do movimento na cadeia produtiva, seguido pelo das flores de corte (40%) e o de plantas verdes para interior (10%) (Junqueira & Peetz, 2007; Thomaz, 2007; Portal..., 2008a; Aprendendo..., 2009).

No estado de Minas Gerais, o cultivo de flores de vaso ocupa área de 0,25 há e é realizado por produtores das regiões administrativas Sul e Alto Paranaíba (Landgraf & Paiva, 2008). O percentual de participação no mercado nacional é de 15,8% da produção de plantas envasadas, sendo produzidos,

principalmente, crisântemos, gérbas, bromélias, orquídeas, samambaias, antúrios, suculentas, chifre-de-veado, violetas e begônias (Landgraf & Paiva, 2008). O crisântemo e o calanchoe estão entre as três flores de vaso mais cultivadas no Brasil (Junqueira & Peetz, 2007; Landgraf & Paiva, 2008).

2.3.1 Crisântemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat) Tzvelev)

O crisântemo é uma espécie pertencente à família Asteraceae, originária da China e conhecido há mais de dois mil anos. No ano 386, foi introduzido no Japão e tornou-se o símbolo nacional do país e, em 1789, na Europa, sendo, depois, distribuído para as demais regiões do mundo (Barbosa, 2003).

Classificado como planta de dias curtos, o crisântemo apresenta fotoperíodo crítico de 13 horas, sendo o ciclo de produção variável com a época do ano e as variedades. A maioria das variedades pode ser cultivada durante o ano todo, sendo a produtividade média do inverno maior em relação ao verão, com formação de flores de melhor qualidade (Barbosa, 2003; Tombolato, 2004).

O crisântemo é uma espécie ornamental de importância mundial. Seu sucesso na comercialização deve-se à diversidade no formato, na cor e no tamanho das inflorescências, além de possuir um ciclo de crescimento rápido (Mainardi et al., 2004; Rodrigues, 2006). Atualmente, são comercializados de 700 mil a 1 milhão de vasos de crisântemo por ano, apenas na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp) (Miranda et al., 1994; Barbosa, 2003; Landgraf & Paiva, 2008).

2.3.2 Calandiva® (*Kalanchoe blossfeldiana* Poelln)

A Calandiva® é uma espécie pertencente à família Crassulaceae e subfamília Sodoideae. É planta de hábito herbáceo, com folhas opostas, suculentas, flores vistosas, devido à intensa coloração e reunidas em inflorescência axilares ou terminais (Joly, 2002; Hamrick, 2003). É sensível ao

fotoperíodo, caracterizada como plantas de dias curtos (Hamrick, 2003; Kalanchoe..., 2006).

Calandiva[®] é a marca comercial das novas variedades do *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln (Calandiva..., 2008). Os primeiros vasos foram disponibilizados no mercado internacional em 2003 e em 2004, introduzidos no mercado brasileiro (Kalanchoe..., 2008).

A Calandiva[®] comercializada atualmente é resultado de pesquisas realizadas pela empresa Fides Goldstock Breeding (Holanda) (Kalanchoe..., 2008). Por ser um mutante geneticamente melhorado do *K. blossfeldiana*, é uma excelente alternativa de cultivo. A característica que mais destaca a Calandiva[®] e a diferencia do calanchoe comum é a presença de uma corola gamopétala vistosa. O mercado atual dispõe de plantas com ampla gama de cores, longa vida de prateleira, além de não requererem muitos cuidados nos displays de venda (Hamrick, 2003). Atualmente, são comercializados aproximadamente 30 milhões de vasos de Calandiva[®] no mundo todo (Calandiva..., 2008).

2.4 Temperatura e crescimento vegetal

A temperatura é um pré-requisito básico de grande importância para o crescimento e o desenvolvimento das plantas, bem como para a produção (Salisbury & Ross, 1992; Larcher, 2000). Cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura, mas o crescimento ótimo só pode ser alcançado se os diversos processos envolvidos no metabolismo e no desenvolvimento estiverem em harmonia (Larcher, 2000).

Independente de outros fatores, como radiação, nutriente e umidade, a resposta do desenvolvimento vegetal à temperatura pode ser definida por três temperaturas cardiais, que correspondem à temperatura mínima, ótima e máxima (Salisbury & Ross, 1992; Streck, 2004). Muitos dos processos fisiológicos nas plantas superiores ocorrem com temperaturas entre 0° a 40°C

(Larcher, 2000). A temperatura mínima, também denominada temperatura-base, é aquela em que, abaixo de um determinado valor, o desenvolvimento e o crescimento da cultura cessam (Salisbury & Ross, 1992; Yang et al., 1995). É difícil a determinação da temperatura-base fisiológica, pois cada fase de desenvolvimento pode ter uma temperatura-base diferente, a qual pode variar entre os anos e as estações de cultivo, além das diferentes cultivares (Yang et al., 1995; McMaster & Wilhelm, 1997).

A taxa de crescimento de várias espécies é tipicamente adaptada à temperatura dos seus ambientes naturais (Salisbury & Ross, 1992). Em espécies de zona temperada, a divisão e a expansão celular dos órgãos da parte aérea (crescimento vegetativo) iniciam-se antes de a temperatura atingir 10°C; já em plantas tropicais, esse crescimento não ocorre abaixo de 12°-15°C (Larcher, 2000).

A temperatura ótima na qual o crescimento em extensão se processa mais rapidamente situa-se entre 30°-40°C, para as plantas tropicais e subtropicais e entre 15°-30°C para as outras plantas (Larcher, 2000). As temperaturas ótimas mudam com o crescimento vegetal e com os vários estágios de desenvolvimento. Em geral, a temperatura ótima em qualquer cultura diminui de acordo com o seu desenvolvimento, sendo que durante o período de propagação as temperaturas devem ser maiores em relação à fase de produção (Hamrick, 2003). Por exemplo, as temperaturas ótimas de produção para o crisântemo variam de 19°C a 21°C com o decorrer do desenvolvimento da cultura (Hamrick, 2003). Quando expostas a temperaturas acima da máxima determinada para a cultura, as plantas poderão interromper o seu crescimento, podendo chegar até a morte (Salisbury & Ross, 1992). Por outro lado, a diferenciação celular pode ocorrer sob baixas temperaturas, mesmo que lentamente (Larcher, 2000).

Em sistema de produção comercial, o tratamento de dias curtos é aplicado para estimular a iniciação floral, enquanto a temperatura é utilizada

para controlar o tempo de florescimento, tornando possível a produção de flores o ano todo (Streck, 2004). A formação floral é induzida dentro de certos limites de temperaturas, enquanto outras temperaturas são efetivas para o desenvolvimento e o crescimento das flores (Larcher, 2000).

Entre as plantas ornamentais, o crisântemo e o bico de papagaio são bastante conhecidos, por serem afetados pela temperatura, que causa atraso na produção (Hamrick, 2003). Nos meses de verão, normalmente, a produção do crisântemo é atrasada, devido ao acúmulo de calor, fato esse acentuado pela utilização de panos ou plásticos preto durante a aplicação artificial da condição de dias curtos (Hamrick, 2003). Outro fato importante relatado pelo mesmo autor é que, de maneira geral, plantas cultivadas sob altas temperaturas apresentam degradação nas cores de suas flores, fato esse relatado também por produtores de crisântemo.

Frequentemente, uma mudança em poucos graus centígrados leva a uma alteração significativa na média de crescimento de qualquer espécie vegetal (Salisbury & Ross, 1992). A regra geral é que, para cada 3°C de aumento na temperatura noturna em casa de vegetação, o tempo de cultivo diminuirá em uma semana (Hamrick, 2003).

Além da temperatura, outros fatores ambientais tais como radiação, CO₂, fotoperíodo e umidade, influenciam o crescimento e o desenvolvimento vegetal (Salisbury & Ross, 1992; Hamrick, 2003). Baseado nisso, estudos bioclimáticos têm sido conduzidos para comparar o crescimento e o desenvolvimento vegetal com um simples fator ambiental, sendo a temperatura utilizada na maioria desses estudos por ser um dos fatores que afeta o desenvolvimento e o crescimento vegetal. (Massignam, 1987; Yang et al., 1995; Streck, 2004).

Em crisântemo, muitos estudos têm focado nas relações entre temperatura e tempo para florescer (Whealy et al., 1987; Pearson et al., 1993;

Larsen & Persson, 1999). Embora sejam de grande importância, as características florais, e as informações do efeito da temperatura sob o número de flores, tamanho, posição e cor no crisântemo são limitadas e pouco esclarecedoras (Carvalho, 2003).

2.4 Graus-dia de desenvolvimento (GDD)

O primeiro estudo quantitativo da relação planta-temperatura foi realizado por volta de 1730 e é atribuído a René A. F. de Réaumur (Réaumur, 1735* citado por (Streck, 2004), que definiu grau-dia, ou unidade térmica, como sendo a temperatura média do dia (Mota, 1989; Coelho, 2004). O conceito de graus-dia assume que há uma relação linear entre o desenvolvimento relativo e a temperatura, independente da influência de outros elementos, como fotoperíodo, disponibilidade hídrica, época e local do plantio (Mota, 1989; Lima, 2006).

Prever o desenvolvimento de uma determinada cultura com base na temperatura do ar, em graus-dia de desenvolvimento (GDD) ou num sistema de unidade linear similar é amplamente utilizado (Yang et al., 1995). Os GDD são empregados para estimar a duração de estádios de desenvolvimento vegetal, escolher a época de plantio, determinar prováveis datas de colheita, prever uma produção irregular e em programas de melhoramento genético (Roberto et al., 2005; Stenzel et al., 2006; Biscaro, 2007).

Desde 1730, quando Réaumur introduziu o conceito de unidades de calor ou tempo térmico, muitos métodos de cálculo das unidades de calor têm sido utilizados (McMaster & Wilhelm, 1997). No método original aplicado por Réaumur a constante térmica é calculada a partir da soma das temperaturas médias diárias acima de 0°C, que podem ser determinadas para o ciclo total ou

* RÉAUMUR, R. A. F. de. *Observation du thermometer, faites à Paris pendant l'année 1735, compares avec celles qui ont été faites sous la ligne, à l'Isle de France, à Alger et en quelques-unes de nos isles de l'Amérique*. Paris: Mémoires de l'Académie des Sciences, 1735. 545 p.

para cada fase (Mota, 1989). Esse método foi denominado de método direto, mas apresentava a limitação de ser afetado e variar em função das localidades consideradas (Mota, 1989; Coelho, 2004).

Mota (1989) sugere que, para atender ao cálculo de graus-dia para diversas localidades, deve-se usar o método residual, que consiste no somatório das diferenças entre a temperatura média diária e a temperatura mínima para uma espécie (Coelho, 2004). O somatório dos graus-dia pode ser calculado tanto para o ciclo total quanto para subperíodos de desenvolvimento e sua magnitude varia conforme a espécie, a cultivar, a época de semeadura e a interação com outros elementos bioclimáticos (Bolonhezi, 2000).

A determinação da constante térmica é baseada na quantidade de energia equivalente à soma de graus centígrados em que a planta estará ou ficou sujeita, acima de um determinado valor, denominado de temperatura-base (Mota, 1989; Ortolani et al., 1991; Coelho, 2004; Biscaro, 2007). Temperatura-base é definida como a temperatura abaixo da qual a planta não se desenvolve ou apresenta desenvolvimento em taxas muito reduzidas (Salisbury & Ross, 1992). Além da temperatura-base, deve-se considerar também a temperatura máxima de cultivo para a utilização do método de graus-dia mais adequado. Acima da temperatura máxima, normalmente, ocorre a paralisação ou a diminuição das atividades biológicas da planta (Coelho, 2004). Para cada espécie vegetal, a constante térmica ao longo das fases fenológicas ou do ciclo total é variável, podendo ser influenciada também pelas cultivares de uma mesma espécie.

Ometto (1981) reforçou a opinião de que, depois de realizado o cálculo das constantes térmicas por um ou dois anos, obtém-se precisão suficiente para acompanhamento da marcha dos valores de graus-dia, permitindo a previsão da data de maturação (colheita) de qualquer cultura.

Diversos trabalhos de pesquisa aplicados a várias espécies vegetais têm demonstrado a aplicabilidade do uso de GDD para a previsão das fases

fenológicas, bem como o zoneamento de culturas. McMaster & Wilhelm (1997) relataram que o ciclo de algumas culturas tem se adaptado melhor ao GDD do que à quantidade de dias do calendário civil, beneficiando a descrição e a predição dos eventos fenológicos.

Baseggio et al. (1998) utilizaram o conceito de graus-dia de desenvolvimento para determinar a duração do período de florescimento e a variação na taxa de emissão de inflorescências de *Desmodium incanum*, observando a necessidade de 600 GDD para a maturação da primeira inflorescência.

Bolonhezi (2000), em estudo com algodão, observou variação da exigência em GDD em função da temperatura-base. À medida que essa foi aumentada, reduziu-se o GDD. Na temperatura-base de 15°C, exigiram-se 1.085 GDD, valor esse muito próximo ao observado por Carvalho et al. (2005) em estudo com abacaxi, os quais identificaram a necessidade de 1.090 GDD para florescimento, considerando a temperatura base de 15,8°C.

2.5 Modelagem do crescimento e desenvolvimento vegetal

A modelagem matemática é definida como a determinação de um conjunto de equações matemáticas (modelos) que descrevem um sistema (conjunto de objetos que se relacionam entre si) (Haefner, 2005). Ela representa uma melhor maneira de sintetizar o conhecimento sobre diferentes componentes de um sistema, resumindo dados e transferindo resultados de pesquisas para os usuários (Dourado Neto et al., 1998c).

A modelagem matemática fornece uma ferramenta para formulação de hipóteses e a descrição quantitativa das funções vegetais (Jones, 1992). A abordagem clássica para a elaboração de um modelo matemático ocorre em quatro fases, que são: 1) formulação, 2) verificação, 3) calibração e 4) validação (Dourado Neto et al., 1998a; Gary et al., 1998; Haefner, 2005). A fase da

formulação envolve definição dos objetivos ou finalidade do modelo, formulação de hipóteses e, por último, a definição da equação. A verificação é a fase na qual as equações são transformadas em linguagem computacional. A fase da calibração envolve a definição da relação entre os valores observados e os parâmetros originados de métodos estatísticos, os quais podem ser aplicados para produzir melhores estimativas dos parâmetros. A validação é a fase final da modelagem, na qual a validade do modelo é testada com outros dados independentes dos utilizados para gerar o modelo (Haefner, 2005).

O uso dos modelos para simulação é de grande aplicação para presumir o tempo de florescimento (Gary et al., 1998; Streck, 2004), produtividade, sistema de tomada de decisão, condução de cultivo, tempo de colheita planejado, transporte de produtos para o mercado, seleção de cultivares apropriadas em programas de melhoramento, integração de conhecimento da fisiologia da cultura e para solução de complexos problemas agrícolas (Penning de Vries et al., 1989; Dourado Neto et al., 1998c; Larsen & Persson, 1999; Lee et al., 2002; Streck, 2004). O modelo é qualquer representação de um sistema real, como uma planta, que pode ser utilizado para simular determinadas características de um sistema real mais complexo (Jones, 1992).

Os modelos podem ser classificados em diferentes tipos, como conceitual, físico ou matemático (Acock & Acock, 1991; Dourado Neto et al., 1998a). Dentre estes, o modelo matemático descreve o comportamento de um sistema por meio de equações, representando hipóteses assumidas quantitativamente sobre o sistema real, o que permite a dedução de consequências. Esse modelo é, basicamente, uma descrição simplificada de um sistema, sendo construído para auxiliar na melhor compreensão de seu funcionamento e das interações de seus componentes, constituindo um excelente mecanismo de previsão (Dourado Neto et al., 1998a).

Os modelos matemáticos podem ser classificados em diversos números de classes, porém, os dois principais modelos são o empírico e o mecanístico (Acock & Acock, 1991; Jones, 1992; Dourado Neto et al., 1998a). O modelo empírico, também denominado de correlativo ou estatístico, descreve o comportamento da planta com base diretamente nas observações realizadas no próprio vegetal, relacionando as variáveis sem referência aos processos correlacionados (Dourado Neto et al., 1998a). Os modelos mecanísticos, também chamados de explanatórios, tentam representar relações de causa e efeito entre as variáveis que descrevem o desempenho da planta, baseando-se no conhecimento dos processos que envolvem o crescimento e o desenvolvimento vegetal (Dourado Neto et al., 1998a).

Na agricultura, os modelos matemáticos podem ser utilizados para: 1) análise de respostas observadas no crescimento vegetal em função de certos fatores, aumentando assim o entendimento sobre o crescimento da cultura e provendo direcionamento nas pesquisas; 2) simulação do crescimento vegetal por meio de modelos formados de vários níveis e interação de componentes, como um auxílio para o ensino e aprendizagem e 3) previsão do comportamento vegetal sob condições climáticas e de manejo confiáveis, como uma ferramenta para condução da cultura e tomada de decisão (Rimington & Charles-Edwards, 1987; Dourado Neto et al., 1998a).

A horticultura requer modelos de cultivo para uma ampla faixa de aplicações, incluindo previsão de produção, análises políticas e administrativas para a demanda do mercado (Gary et al., 1998). Significativos avanços na criação de modelos foliares e de fotossíntese resultam de estudos em plantas de tomateiro e crisântemo (Acock & Acock, 1991; Gary et al., 1998). Na horticultura ornamental, um modelo de desenvolvimento da cultura possibilita que o produtor programe o plantio, pois, em curtos períodos do ano, há maior valorização no comércio de flores de corte e plantas de vaso. Além disso, o

mercado de ornamentais exige altos padrões de qualidade, como, por exemplo, o peso da planta envasada e o comprimento da haste das flores de corte (Gary et al., 1998). Em plantas ornamentais, a qualidade dos produtos está mais relacionada ao formato e à cor do que ao peso da planta. Dessa forma, a modelagem da morfogênese deve ser desenvolvida não somente pelo número e a dimensão de órgãos, mas também considerando a organização espacial das unidades dos órgãos (Gary et al., 1998).

Como os processos vegetais fisiológicos são muito complexos para serem descritos por modelos simples, muitas vezes as simplificações dos mesmos são úteis para interpolar ou extrapolar dados medidos (Lee et al., 2002). No entanto, para que um modelo seja aceito na produção comercial, deve ser flexível e simples de entender, de modo que possa ser facilmente adaptado a novas cultivares (Larsen & Persson, 1999).

A análise de regressão linear, a mais simples técnica da modelagem, é uma das técnicas estatísticas mais comuns utilizadas para ajustar modelos matemáticos ou uma curva aos dados experimentais (Pereira, 1987; Dourado Neto et al., 1998b). A análise de regressão fornece uma descrição matemática simples do crescimento e desenvolvimento vegetal, com o propósito analítico e de previsão (Dourado Neto et al., 1998b). Um exemplo da aplicação da análise de regressão para previsão do desenvolvimento fenológico de várias culturas é o estudo baseado no conceito de soma térmica ou graus-dia (Dourado Neto et al., 1998b).

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOCK, B.; ACOCK, M. Potential for using long-term field research data to develop and validate crop simulators. **Agronomy Journal**, Madison, v. 83, n. 1, p. 56-61, Jan. 1991.

ADAMS, S. R.; PEARSON, S.; HADLEY, P. Modelling growth and development in pansy cv. Universal Violet in response to photo-thermal environment: application for decision support and scheduling. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 417, p. 23-32, 1996.

ALMEIDA, E. F. A. **Conservação pós-colheita de copo-de-leite**. 2005. 100 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

APRENDENDO a exportar flores e plantas ornamentais: perfil do setor. Disponível em: <<http://www.aprendendoaexportar.gov.br/flores/setor/perfil.asp>>. Acesso em: 15 ago. 2009.

BARBOSA, J. C. **Crisântemo**: produção de mudas, cultivo para corte de flor, cultivo em vaso, cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.

BASEGGIO, J.; FRANKE, L. B.; NABINGER, C. Dinâmica do florescimento e produção de sementes de *Desmodium incanum* DC. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 118-124, maio 1998.

BÍSCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia: UNIGRAF, 2007. 86 p.

BOLONHEZI, D. **Épocas de semeadura do algodoeiro**: características agronômicas, tecnológicas da fibra, determinação da temperatura base e graus-dia. 2000. 182 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CALANDIVA. Disponível em: <<http://www.calandiva.com/>>. Acesso em: 6 fev. 2008.

CARVALHO, S. L. C. de; NEVES, C. S. V. J.; BÜRKLE, R.; MARUR, C. J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 430-433, set. 2005.

CARVALHO, S. M. P. de C. **Effects of growth conditions on external quality of cut chrysanthemum: analysis and simulation.** 2003. 171 p. Dissertation (Master in Production Ecology and Resource Conservation) - Wageningen University, The Netherlands.

CARVALHO, S. M. P.; BAKKER, M. J.; HEUVELINK, E. Improving product quality and timig of Kalanchoe: model development and validation. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 718, p. 655-662, 2006.

CLARO, D. P.; SANTOS, A. C.; CLARO, P. B. O. Um diagnóstico do agregado da produção de flores do Brasil. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 9-15, jan. 2001.

COELHO, M. R. **Coefficiente de cultura (kc) e desenvolvimento inicial de duas variedades de cafeeiro (Coffea arabica L.) associados a graus-dia.** 2004. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DOURADO NETO, D.; TERUEL, D. A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; FRIZZONE, J. A.; BACCHI, O. O. S. Principles of crop modeling and simulation: I. Uses of mathematical models in agricultural science. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 46-50, ago. 1998a.

DOURADO NETO, D.; TERUEL, D. A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; FRIZZONE, J. A.; BACCHI, O. O. S. Principles of crop modeling and simulation: II. The implications os the objective in model development. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 51-57, ago. 1998b.

DOURADO NETO, D.; TERUEL, D. A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; FRIZZONE, J. A.; BACCHI, O. O. S. Principles of crop modeling and simulation: III. Modeling of root growth and other belowground processes, limitations of the models, and the future of modeling in agriculture. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, p. 58-61, ago. 1998c.

FISHER, P. R.; HEINS, R. D. The greenhouse care system: a decision-support system for height control and scheduling of potted flower plants. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 417, p. 1-46, 1996.

GARY, C.; JONES, J. W.; TCHAMITCHIAN, M. Crop modeling in horticulture: state of the art. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 3-20, 1998.

HAEFNER, J. W. **Modeling biological systems**: principles and applications. New York: Springer, 2005. 475 p.

HAMRICK, D. **Ball redbook**: crop production. Batava: Ball, 2003.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Nacional, 2002. 777 p.

JONES, H. G. **Plants and microclimate**: a quantitative approach to environmental plant physiology. Cambridge: Cambridge University, 1992. 428 p.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Produção y comercialización de plantas ornamentales en Brasil. **Horticultura Internacional**, Espanha, n. 55, p. 16-19, jan. 2007. Disponível em: <http://www.hortica.com.br/artigos/Plantas_Ornamentales_en_Brasil.pdf>. Acesso em: 16 set. 2009.

KALANCHOE a flor da fortuna. Disponível em: <<http://www.veiling.com.br/kalanchoe/historia.php>>. Acesso em: 6 fev. 2008.

KALANCHOE: bryophyllum information. Disponível em: <<http://www.geocities.com/rainforest/canopy/6400/kalanchoe/kinfo.html>>. Acesso em: 18 jan. 2006.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura**: produção e comercialização no Estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2008. 101 p.

LANGTON, F. A.; BENJAMIN, L. R.; EDMONDSON, R. N. The effects of crop density on plant growth and variability in cut-flower chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 74, n. 4, p. 493-501, July 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LARSEN, R. U.; PERSSON, L. Modelling flower development in greenhouse chrysanthemum cultivars in relation to temperature and response group. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 80, n. 1/2, p. 73-89, Mar. 1999.

LEE, J. H.; GOUDRIAAN, J.; CHALLA, H. Using the exponential growth equation for modeling crop growth in year-round cut chrysanthemum. **Annals of Botany**, London, v. 92, n. 5, p. 697-708, Nov. 2002.

LIMA, E. P. **Graus-dia, temperatura base e coeficientes de cultura para cafeeiros arábica em fase de implantação.** 2006. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras.

MAINARD, J. C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARD, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Snowdon' em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperatura-base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.).** 1987. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p 291-300, Dec. 1997.

MIRANDA, M. C.; MATSUNAGA, M.; OKUYAMA, M. H. Sistema de cultivo e custo operacional de produção de crisântemos. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 103-124, jan. 1994.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola.** 7. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 376 p.

MOTA, P. R. D. A.; BÔAS, R. L. V.; SOUSA, V. F. de; RIBEIRO, V. Q. Desenvolvimento de plantas de crisântemo cultivadas em vaso em resposta a níveis de condutividade elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 164-171, jan./abr. 2007.

NAPOLEÃO, B. A. Potencial das flores brasileiras e oportunidades para os produtores. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 3, ago. 2005.

NIJSSE, J. **Functional anatomy of the water transport system in cut chrysanthemum.** 2001. 148 p. Thesis (Doctoral in Crop growth and vegetation development) - Wageningen University, The Netherlands.

NOTHNAGL, M.; KOSIBA, A.; LARSEN, R. U. Predicting the effect of irradiance and temperature on the flowers diameter of greenhouse grown *Chrysanthemum*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, n. 3/4, p. 319-329, Feb. 2004.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

ORTOLANI, A. A.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; ALFONSI, R. R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUES, O.; VEIGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A. (Ed.). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p. 153-188.

PEARSON, S.; HADLEY, P.; WHELDON, A. E. A reanalysis of the effects of temperature and irradiance on time to flowering in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*). **The Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 68, n. 1, p. 89-97, Jan. 1993.

PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. Modelo pra determinação da área foliar de *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1739-1743, nov. 2006.

PENNING DE VRIES, F. W. T.; JANSEN, D. M.; TEN BERGE, H. F. M.; BAKEMA, A. **Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops**. Netherlands: Pudoc, 1989. 271 p.

PEREIRA, A. R. Simulação do crescimento e da produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, 1987, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 201-209.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Câmara quer aumentar consumo de flores e plantas no Brasil**. 2008a Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=26618>>. Acesso em: 3 set. 2009.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Flores e plantas estão em alta no mercado**. 2009a. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=31724>>. Acesso em: 3 set. 2009.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Primavera: variedade de flores se multiplica nesta época**. 2008b. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=26142>>. Acesso em: 3 set. 2009.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Produção de flores e plantas ornamentais terá normas específicas**. 2009b. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=28833>>. Acesso em: 3 set. 2009.

REIS, S. N. **Soluções de pulsing e de manutenção de pós-colheita de flores de corte**. 2009. 73 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

RIMMINGTON, G. M.; CHARLES-EDWARDS, D. A. Mathematical descriptions of plant growth and development. In: WISIOL, K.; HESKETH, J. D. **Plant growth modeling for resource management: current models and methods**. Boca Raton: CRC, 1987. v. 1, p. 3-15.

ROBERTO, S. R.; SANTO, A. J.; BRENNER, E. A.; JUBILEU, B. S.; SANTOS, C. E. dos; GENTA, W. Caracterização da fenologia e exigência térmica (graus-dia) para a uva 'Cabernet Sauvignon' em zona subtropical. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 183-187, jan./mar. 2005.

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

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992.

SCHOUTEN, R. E.; CARVALHO, S. M. P.; HEUVELINK, E.; KOOTEN, O. van. Modelling of temperature-controlled internode elongation applied to chrysanthemum. **Annals of Botany**, London, v. 90, n. 3, p. 353-359, Sept. 2002.

STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; MARUR, C. J.; SCHOLZ, M. B. S.; GOMES, J. C. Maturation curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' orange trees. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 3 p. 219-225, maio/jun. 2006.

STRECK, N. A. A temperature response function for development of the chrysanthemum (*Chrysanthemum x morifolium* Ramat.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 49-54, jan. 2004.

STRINGUETA, A. C. O.; LÍRIO, V. S.; SILVA, C. A. B.; REIS, B. S.; AGUIAR, D. R. D. Diagnóstico do segmento de produção da cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 8, n. 1/2, p. 77-90, jun. 2002.

THOMAZ, L. D. **A cadeia produtiva da floricultura no estado do Espírito Santo**. Vitória: SEBRAE-ES, 2007. 42 p.

TOMBOLATO, A. F. C. **Cultivo de plantas ornamentais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2004. 211 p.

TRIP, G.; HUIRNE, R. B. M.; RENKEMA, J. A. Price-predicting ability of farm managers: empirical findings with flowers producers in the Netherlands. **Review of Agricultural Economics**, Amsterdam, v. 22, n. 2, p. 464-476, 2000.

VONK NOORDEGRAAF, C. Production and marketing of high quality plants. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 353, p. 134-148, 1994.

VONK NOORDEGRAAF, C.; WELLES, G. W. H. Product quality. In: BAKKER, J. C.; BOT, G. P. A.; CHALLA, H.; BRAAK, N. J. van de. (Ed.). **Greenhouse climate control: an integrated approach**. The Netherlands: Wageningen Pers, 1995. p. 92-97.

WHEALY, C. A.; NELL, T. A.; BARRET, J. E.; LARSON, R. A. High temperature effects on growth on growth and floral development of chrysanthemum. **Journal on the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 3, p. 464-468, May 1987.

WU, H.; CHILDRESS, W. M.; LI, Y.; SPENCE, R. D.; REN, J. An integrated simulation model for a semiarid agroecosystem in the Loess Plateau of northwestern China. **Agricultural Systems**, Essex, v. 52, n. 1, p. 83-111, Sept. 1996.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 61-74, Apr. 1995.

CAPÍTULO 2

INFLUÊNCIA DO ACÚMULO DE GRAUS-DIA NO FLORESCIMENTO DE CRISÂNTEMO*

* Projeto financiado pelo CNPq

1 RESUMO

Em função de suas características externas e aspectos produtivos, o crisântemo é uma das culturas ornamentais de maior aceitação no mercado e está entre as três flores de vaso mais cultivadas no Brasil. Para essa cultura, muitos estudos têm focado nas relações entre temperatura e tempo para florescimento. Prever o desenvolvimento de uma determinada cultura com base na temperatura do ar, em graus-dia ou um sistema de unidade linear similar tem sido amplamente utilizado. Assim, objetivou-se avaliar a influência do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento sobre as características florais do crisântemo de vaso (*Dendranthema grandiflora* cv. Rage) cultivado em diferentes meses do ano. Foram realizados doze experimentos, entre maio de 2007 a junho de 2008, sendo as mudas plantadas e cultivadas em pote plástico (14 cm). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas por pote plástico, totalizando quinze plantas por avaliação. Semanalmente, avaliou-se o número de estruturas florais, a porcentagem de inflorescências abertas e a massa seca das estruturas florais. O teste de Kruskal-Wallis e o teste de comparações múltiplas de Dunn, ambos a 5%, foram utilizados para a verificação de diferenças significativas entre os doze meses de plantio. Observou-se relação direta entre o acúmulo de graus-dia e a massa seca de estruturas florais (p-valor <0,05) e porcentagem de inflorescências (p-valor <0,05) abertas do crisântemo, sendo necessário o acúmulo de 1.557 a 2.034 GDD para a obtenção de maior porcentagem de inflorescências abertas.

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflora*, constante térmica, GDD.

2 ABSTRACT

Because of its external characteristics and productive aspects, chrysanthemum is one of the ornamental cultures with greatest acceptance for commercialization and it is among the three most cultivated pot flowers in Brazil. For this culture, many studies have focused on the relations between temperature and time for flowering. The prediction of the development of a certain culture based on air temperature, degree-days or a similar linear unit system has been widely used. Thus, this study aimed to evaluate the influence of growing degree-days accumulation over chrysanthemum pot plant (*Dendranthema grandiflora* cv. Rage) floral characteristics cultivated in different months of the year. Twelve trials were carried out from May 2007 to June 2008, when cuttings were planted and cultivated in plastic pots (14 cm). Experimental design was randomized blocks with 5 replications. Each useful parcel was composed of 3 plants per plastic pot, totalizing 15 plants per evaluation. Every week, the number of floral structures, percentage of open inflorescences and dry matter of floral structures were evaluated. Kruskal-Wallis test and test of multiple comparisons of Dunn, both at 5% were used to verify the significant differences among the twelve months of cultivation. A direct relation between the accumulation of degree-days and dry matter of the floral structure (p-value < 0.05) and open chrysanthemum inflorescence percentage (p-value < 0.05) was observed, being necessary the accumulation from 1557 to 2034 GDD for the best open inflorescences percentage.

Keywords: *Dendranthema grandiflora*, thermal constant, GDD.

3 INTRODUÇÃO

A floricultura caracteriza-se por ser um setor competitivo que proporciona alta rentabilidade econômica, mas exigente na utilização de tecnologias e de conhecimento técnico (Stringueta et al., 2002; Napoleão, 2005; Mota et al., 2007; Thomaz, 2007). Atualmente, visto que os preços são frequentemente determinados com base nos aspectos da qualidade visual, a morfogênese está sendo muito valorizada, principalmente com o objetivo de se obter o aperfeiçoamento desses aspectos (Vonk Noordegraaf, 1994; Vonk Noordegraaf & Welles, 1995).

Em função de suas características externas e aspectos produtivos, o crisântemo é uma das culturas ornamentais de maior aceitação no mercado e está entre as três flores de vaso mais cultivadas no país (Junqueira & Peetz, 2007; Landgraf & Paiva, 2008). O sucesso na comercialização do crisântemo deve-se à diversidade no formato, na cor, no tamanho e na durabilidade das inflorescências, além de possuir um ciclo de crescimento rápido (Barbosa, 2003; Mainardi et al., 2004; Rodrigues, 2006).

Para a produção de crisântemo de alta qualidade durante o ano todo, é necessário conhecer as condições de cultivo que influenciam a qualidade da planta, para escolher a estratégia adaptada ao período de cultivo (Carvalho, 2003). Muitos estudos têm focado nas relações entre temperatura e tempo para o seu florescimento (Whealy et al., 1987; Pearson et al., 1993; Larsen & Persson, 1999), e a temperatura representa uma regra de grande importância na iniciação e no desenvolvimento floral de numerosas culturas em estufa (Carvalho, 2003).

A temperatura média do dia foi definida por Réaumur, em 1730, como sendo graus-dia de desenvolvimento (GDD) ou unidade térmica (Mota, 1989; Coelho, 2004). O conceito de GDD assume que há uma relação linear entre o desenvolvimento relativo e a temperatura, independente da influência de outros

elementos, tais como fotoperíodo, disponibilidade hídrica, época e local do plantio (Mota, 1989; Lima, 2006). O GDD é determinado pela diferença entre a temperatura média do dia e a temperatura base necessária para a espécie (Mota, 1989; Biscaro, 2007).

A previsão do desenvolvimento de uma determinada cultura com base na temperatura do ar, no GDD ou em um sistema de unidade linear similar é amplamente utilizada (Yang et al., 1995). Os GDD são empregados para estimar a duração de estádios de desenvolvimento vegetal, a escolha da época de plantio, a determinação de prováveis datas de colheita, a previsão de uma produção irregular e em programas de melhoramento genético (Roberto et al., 2005; Stenzel et al., 2006; Biscaro, 2007). Embora muitos estudos sejam focados nas relações entre temperatura e tempo de florescimento em crisântemo, nenhum trabalho envolvendo GDD foi realizado. Dessa forma, este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar a influência do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento sobre as características florais do crisântemo envasado, cultivado em diferentes meses do ano.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Dozes experimentos, entre maio de 2007 a junho de 2008 (Tabela 1), foram realizados em Lavras, MG (altitude de 918 m, latitude 21°13'40"S e longitude 44°57'50"W). Mudas de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) cultivar Rage foram cultivadas em estufa sem controle climático, revestida com plástico difusor transparente na cobertura e com tela de Sombrite® nas laterais.

TABELA 1 Informações gerais dos experimentos realizados com crisântemo de vaso cultivar Rage. Duração de dias curtos (DC), temperaturas máxima ($T_{\text{máx.}}$) e mínima ($T_{\text{mín.}}$) e graus-dia de desenvolvimento (GDD).

Experimento	Estação ^[2]	Data ^[3] de plantio	Semana de plantio	DC ^[4] (dia)	$T_{\text{máx}}$ ^[5] (°C)	$T_{\text{mín}}$ ^[5] (°C)	GDD ^[6] (°C)
1 (mai./07) ^[1]	Out./Inv.	131	19	-	34,2	12,9	1557
2 (jun./07)	Out./Inv.	158	23	-	36,1	12,6	1640
3 (jul./07)	Inverno	186	27	-	38,2	13,4	1797
4 (ago./07)	Inv./Prim.	214	31	-	41,8	15,0	2032
5 (set./07)	Inv./Prim.	242	35	15	43,3	16,9	2214
6 (out./07)	Primavera	270	39	42	44,4	18,1	2299
7 (nov./07)	Prim./Ver.	307	44	70	45,1	18,5	2349
8 (dez./07)	Prim./Ver.	328	47	70	45,3	18,9	2263
9 (jan./08)	Verão	356	51	65	44,1	18,7	2309
10 (fev./08)	Ver./Out.	19	3	38	41,8	18,5	2202
11 (mar./08)	Ver./Out.	47	7	08	39,5	17,1	2034
12 (abr./08)	Outono	75	11	-	36,6	15,4	1826

^[1] Mês referente ao início de cultivo após período de enraizamento (28 dias).

^[2] Estação durante o período de cultivo (91 dias).

^[3] Data expressa em dia Juliano (dia 1 = 1 Janeiro).

^[4] Dias curtos referem-se somente aos dias em que as plantas foram submetidas ao escurecimento artificial, realizado com o auxílio de cobertura plástica preta, a 1m de altura do solo.

^[5] Média do período. Medição realizada no interior da estufa.

^[6] Somatório do período.

Os procedimentos de cultivo adotados foram os mesmos utilizados na produção comercial do crisântemo de vaso. Estacas não enraizadas de crisântemo foram adquiridas de um propagador comercial e colocadas em pote plástico (14 cm de diâmetro) contendo substrato comercial para cultivo do crisântemo (Empresa Terra do Paraíso, Holambra, SP), para enraizar. Após o plantio, os potes foram irrigados com água pura, tratados com uma solução fúngica preventiva constituída de Rovral SC (1,0 mL.L⁻¹) e Rodomil Gold M2 (2,0 g.L⁻¹), cobertos com plástico por 14 dias e mantidos sob Sombrite® 50% por 21 dias, quando foram transferidos para a área definitiva de cultivo. A poda

apical foi realizada 15 dias após o plantio, permanecendo de 3 a 4 pares de folhas por planta.

As mudas foram expostas a condições de dias-longos (DL) por 21 dias, iniciando no dia de plantio das estacas. O fornecimento de condições de DL (16 h.dia⁻¹ de luz) foi feito pelo uso de lâmpadas incandescentes de 60 w no sistema de luz cíclica (10 minutos de iluminação alternados com 20 minutos de escuro, no período das 21h às 4h). Após 21 dias, os experimentos de 5 a 11 foram submetidos ao tratamento de DC artificial (14 h.dia⁻¹ de escuro), realizado com o uso de lona plástica preta.

As plantas foram adubadas via fertirrigação, a qual se iniciou 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas diferentes, uma para a fase vegetativa (A), outra para a fase do florescimento (B) e a terceira (C) utilizada em ambas as fases (Tabela 2). As soluções nutritivas foram aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C).

TABELA 2 Soluções nutritivas utilizadas em cultivo de crisântemo de vaso cultivar Rage.

FERTILIZANTE	QUANTIDADE (g/1000L)			
	(A) FASE VEGETATIVA ^[1]	(B) FASE DE FLORESCIMENTO ^[1]	(C) AMBAS AS FASES ^[1]	
Macronutrientes	Nitrato de cálcio	500g/1000L	500g/1000L	1585g/1000L
	Sulfato de magnésio	200g/1000L	200g/1000L	---
	MAP (10-52-0) ^[2]	---	972g/1000L	---
	MKP (0-51-33) ^[3]	150g/1000L	200g/1000L	---
	NPK (15-5-30)	500g/1000L	---	---
	QUANTIDADE (g/1000L)			
Macronutrientes	Ácido bórico	10g/1000L	10g/1000L	---
	Ferro	30g/1000L	30g/1000L	---
	QUANTIDADE (ml/1000L)			
Micronutrientes	Sulfato de cobre	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Sulfato de zinco	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Molibdato de sódio	10ml/1000L ^[5]	10ml/1000L ^[5]	---

¹ Condutividade elétrica da solução ($\pm 1,8$ a $\pm 2,0$ mS/cm)

² Fosfato monoamônico.

³ Fosfato monopotássico.

⁴ Quantidade da solução estoque preparada com 90g do nutriente/2L de água.

⁵ Quantidade da solução estoque preparada com 40g do nutriente/2L de água.

Nenhum regulador de crescimento foi utilizado para controle da altura de planta. Durante o período de condução dos experimentos, foram realizadas pulverizações semanais para controle de ácaro, besouro, mosca branca, mosca minadora, pulgões e tripes. Os produtos aplicados e as dosagens são apresentados na Tabela 1A (em anexo).

Como a cultivar Rage de crisântemo apresenta tempo de reação (número de semanas do início da aplicação de DC até o florescimento) de 9 semanas (Barbosa, 2003), o fim do ciclo de cultivo, em todos os experimentos, foi determinado quando as plantas apresentaram 91 dias (13 semanas) de cultivo, independente de se apresentarem ou não no ponto de comercialização.

Delineamento experimental e avaliações

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas por pote, totalizando quinze plantas por avaliação.

As avaliações dos parâmetros florais (número de estruturas florais (inflorescência e botões), porcentagem de inflorescência abertas e massa seca das estruturas florais) iniciaram-se aos 28 dias (4ª semana) após o plantio, totalizando dez avaliações destrutivas por experimento.

Além das avaliações de crescimento, dados meteorológicos, como temperatura máxima e mínima, foram registrados, diariamente, com o auxílio de um termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 1,5 m de altura do solo e no centro da área de cultivo. Os dados foram utilizados na Equação 1, para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), a partir da data de plantio.

$$GDD = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(T_{Máx} + T_{Mín})}{2} - T_{Base} \right] \quad (1)$$

sendo GDD = acúmulo graus-dia de desenvolvimento ($^{\circ}C$); $T_{Máx}$ = temperatura máxima do dia ($^{\circ}C$); $T_{Mín}$ = temperatura mínima do dia ($^{\circ}C$); T_{Base} = temperatura base ($^{\circ}C$); k = número de dias e i = dia.

A incorporação da temperatura base na Equação 1 foi realizada de acordo com a interpretação de McMaster & Wilhelm (1997), em que, se $[(T_{Máx} - T_{Mín})/2] < T_{Base}$, então $[(T_{Máx} - T_{Mín})/2] = T_{Base}$. Para determinar o acúmulo de GDD, utilizou-se $T_{Base} = 6^{\circ}C$ (Mota, 1989; Polysack, 2006) e nenhuma limitação para a temperatura máxima.

Análise estatística

Para verificar se houve diferença significativa entre as doze épocas de plantio, utilizaram-se o teste de Kruskal-Wallis (Gomes, 2000) e o teste de comparações múltiplas de Dunn, considerando nível de significância de 5%, pelo programa estatístico Statistical Analysis System (Sas Institute, 2002).

Optou-se pela análise não paramétrica pelo fato de as pressuposições da análise de variâncias, a homocedasticidade de variâncias e a ausência de distribuição normal dos resíduos não serem satisfeitas. Por meio desse teste foram calculados os postos médios de cada amostra e testadas as significâncias.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações diárias da temperatura máxima, temperatura mínima e graus-dia durante o período da condução dos experimentos podem ser observadas na Figura 1.

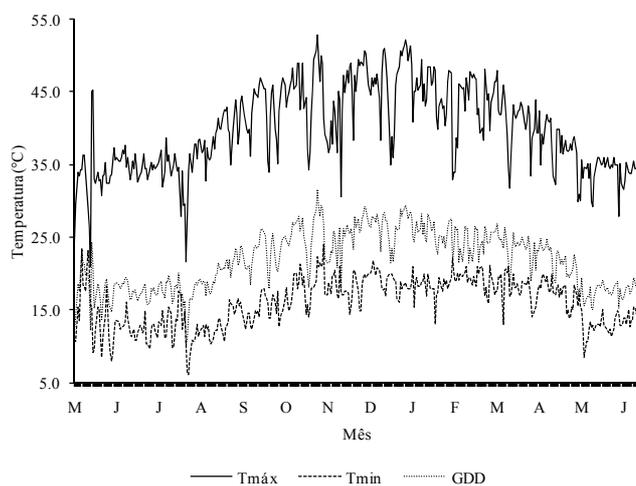


FIGURA 1 Temperatura máxima ($T_{máx}$), temperatura mínima ($T_{min.}$) e graus-dia de desenvolvimento (GDD), no período de maio 2007 a junho de 2008.

Ao avaliar todos os parâmetros florais (número de estruturas florais, porcentagem de inflorescência abertas e massa seca das estruturas florais) verificaram-se, pelo teste de Kruskal-Wallis (Gomes, 2000), diferenças significativas (p -valor $<0,05$) entre os experimentos.

Avaliando-se os experimentos iniciados em junho, agosto e setembro de 2007, fevereiro e março de 2008, observa-se comportamento semelhante em relação ao número de estruturas florais formadas na 13ª semana de cultivo, o qual foi superior ao observado nos vasos cujo início do cultivo foi em novembro e dezembro de 2007 (Tabela 3).

TABELA 3 Número médio de estruturas florais (NEF) formadas em crisântemo cultivar Rage cultivado em vaso e respectivos postos médios em relação aos diferentes meses de cultivo.

Experimento	NEF^[2]	NEF^[3]	Posto médio^[4]		GDD^[5](°C)
1 (mai./07) ^[1]	12	11	142	c	1557
2 (jun./07)	14	13	230	ab	1640
3 (jul./07)	12	12	187	bc	1797
4 (ago./07)	18	17	303	a	2032
5 (set./07)	13	14	226	ab	2214
6 (out./07)	10	11	142	c	2299
7 (nov./07)	9	5	48	d	2349
8 (dez./07)	15	8	108	cd	2263
9 (jan./08)	14	11	183	bc	2309
10 (fev./08)	17	12	228	ab	2202
11 (mar./08)	14	13	231	ab	2034
12 (abr./08)	11	11	139	c	1826

^[1] Mês referente ao início de cultivo após período de enraizamento (28dias).

^[2] Valor médio referente à última semana (13ª semana) de cultivo.

^[3] Valor médio utilizado para gerar o posto médio.

^[4] Postos seguidos de mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Dunn.

^[5] Somatório do período. GDD (graus-dia de desenvolvimento).

Devido à ambiguidade dos resultados obtidos pelo teste de comparações múltiplas (Dunn) aplicado não é possível determinar qual foi o experimento superior ou inferior em relação ao número de estruturas florais. Dessa forma, tornou-se difícil a exata determinação das exigências térmicas (GDD) para a formação do maior número de estruturas em crisântemo cultivar Rage. Pode-se inferir que a formação de inflorescências em crisântemo pode ser influenciada por outros fatores, tais como temperatura, nutrientes, umidade e radiação, além do acúmulo de graus-dia. Carvalho (2003) observou que, em temperaturas mais elevadas, o número de inflorescências aumentou, porém, as plantas apresentam, relativamente, mais botões florais do que inflorescências completamente expandidas.

Na Tabela 4 são apresentadas as médias da massa seca de estruturas florais resultantes do acúmulo de graus-dia em plantas de crisântemo cultivar Rage, cultivadas entre abril de 2007 a junho de 2008. Observaram-se diferenças entre as plantas cultivadas em épocas variadas, tendo aquelas que tiveram o início do cultivo em junho, julho, agosto e setembro de 2007, março e abril de 2008 apresentado maior massa seca de estruturas florais. Ao contrário, os cultivos iniciados de outubro de 2007 a janeiro de 2008 apresentaram menor massa seca.

TABELA 4 Massa seca de estruturas florais (MSEF) de crisântemo de vaso cultivar Rage e respectivos postos médios em relação aos diferentes meses de cultivo.

Experimento	MSEF ^[2]	MSEF ^[3]	Posto médio ^[4]	GDD ^[5] (°C)
1 (mai./07) ^[1]	1,20	0,48	180,26 b	1557
2 (jun./07)	1,81	1,01	245,60 ab	1640
3 (jul./07)	1,70	0,93	253,51 ab	1797
4 (ago./07)	1,35	0,75	227,11 ab	2032
5 (set./07)	1,29	0,64	211,60 ab	2214
6 (out./07)	0,13	0,11	117,18 bc	2299
7 (nov./07)	0,05	0,05	39,25 c	2349
8 (dez./07)	0,16	0,07	71,31 c	2263
9 (jan./08)	0,38	0,15	100,20 bc	2309
10 (fev./08)	1,94	0,81	182,96 b	2202
11 (mar./08)	1,83	1,01	264,13 ab	2034
12 (abr./08)	1,56	1,10	272,85 a	1826

^[1] Mês referente ao início de cultivo após período de enraizamento (28dias).

^[2] Valor médio referente à última semana (13ª semana) de cultivo.

^[3] Valor médio utilizado para gerar o posto médio.

^[4] Postos seguidos de mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Dunn.

^[5] Somatório do período. GDD (graus-dia de desenvolvimento).

O acúmulo de graus-dia entre os experimentos que apresentaram maior massa seca das estruturas florais variou de 1.640 a 2.214 GDD. Carvalho (2003) observou que a massa seca de inflorescências aumentou exponencialmente do estágio de botões visíveis ao estágio de colheita.

Plantas cultivadas nos períodos de maior acúmulo de GDD (Tabela 4), que corresponde a períodos de temperaturas mais elevadas (Figura 1), apresentaram menor massa seca de estruturas florais, demonstrando assim o efeito das temperaturas elevadas sobre o florescimento, conforme já citado por Hamrick (2003).

A avaliação da porcentagem média de inflorescências abertas foi semelhante para as plantas cultivadas de maio a agosto de 2007 e em março e abril de 2008. Pelos dados apresentados na Tabela 5 observa-se que a antese no crisântemo é dependente do acúmulo de graus-dia, pois, em acúmulo superior a 2.200, observa-se atraso na abertura floral, e acúmulos variando de 1.557 a 2.034 proporcionaram maior porcentagem de inflorescências abertas.

TABELA 5 Porcentagem média de inflorescências abertas (PIA) em crisântemo de vaso cultivar Rage e respectivos postos médios em relação aos diferentes meses de cultivo.

Experimento	PIA ^[2]	PIA ^[3]	Posto médio^[4]		GDD^[5](°C)
1 (mai./07) ^[1]	85	20	193	ab	1557
2 (jun./07)	100	46	250	ab	1640
3 (jul./07)	100	36	235	ab	1797
4 (ago./07)	52	17	193	abc	2032
5 (set./07)	51	13	172	bc	2214
6 (out./07)	0	0	118	c	2299
7 (nov./07)	0	0	118	c	2349
8 (dez./07)	0	0	118	c	2263
9 (jan./08)	0	0	118	c	2309
10 (fev./08)	44	18	173	bc	2202
11 (mar./08)	89	34	214	ab	2034
12 (abr./08)	99	55	258	a	1826

^[1] Mês referente ao início de cultivo após período de enraizamento (28 dias).

^[2] Valor médio referente à última semana (13ª semana) de cultivo.

^[3] Valor médio utilizado para gerar o posto médio.

^[4] Postos seguidos de mesma letra não diferem entre si, a 5%, pelo teste de Dunn.

^[5] Somatório do período. GDD (Graus-dia de desenvolvimento).

Como o acúmulo de graus-dia é diretamente relacionado com a temperatura diária, o atraso no desenvolvimento e na abertura floral pode ser consequência da ocorrência de temperaturas extremas (abaixo de 15°C ou acima de 33°C) ou da exposição a altas temperaturas (32°C), por período de uma a três semanas (Hamrick, 2003). Este fato pode ser comprovado no gráfico da Figura 1, pois as plantas cultivadas no período de outubro de 2007 a janeiro de 2008 foram expostas a temperaturas superiores a 32°C, por períodos superiores a três semanas. Karlsson et al. (1989) também observaram redução na uniformidade do tempo de florescimento em plantas de crisântemo quando expostas a temperaturas extremas.

Baseado nos resultados obtidos quanto à porcentagem de inflorescências aberta, sugerem-se duas possibilidades que possam explicar o fato de que, sob maiores acúmulos de graus-dia, as plantas de crisântemo apresentam atraso no ciclo de produção, já que a cultura exige menor acúmulo de GDD. A primeira seria que, sob altas temperaturas, a planta de crisântemo permanece por maior tempo no estado vegetativo, atrasando o desenvolvimento floral. A segunda possibilidade seria a de que o crisântemo requer diferentes faixas de acúmulo de graus-dia durante os diferentes estágios de desenvolvimento. Com base na relação direta que existe entre temperatura e acúmulo de GDD, essa possibilidade pode ser sustentada por conceitos de Larcher (2000) e Hamrick (2003).

Larcher (2000) afirma que cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura, sendo a formação floral induzida dentro de certos limites de temperaturas, enquanto outras temperaturas são efetivas para o desenvolvimento e o crescimento das flores. Hamrick (2003) relatou que as temperaturas ótimas mudam com o crescimento vegetal e com os vários estágios de desenvolvimento, sendo diminuídas de acordo com o desenvolvimento vegetal.

Larsen & Persson (1999) observaram, em 24 cultivares de crisântemo, que o aumento gradual na temperatura diminui a taxa de desenvolvimento floral e aumenta o número de dias necessários para o florescimento. Karlsson (1989) observou, na cultivar Bright Golden Anne, que o cultivo sob altas temperaturas teve como consequência atraso no florescimento.

6 CONCLUSÕES

- Há relação direta entre o acúmulo de graus-dia e a massa seca de estruturas florais e porcentagem de inflorescências abertas do crisântemo (*Dendranthema grandiflora* cv. Rage).
- No cultivo de crisântemo cultivar Rage em estufa sem controle de temperatura é necessário o acúmulo de 1.557 a 2.034 GDD para se obter a maior porcentagem de inflorescências abertas.
- Acúmulos superiores a 2.200 GDD atrasam o cultivo de crisântemo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J. C. **Crisântemo**: produção de mudas, cultivo para corte de flor, cultivo em vaso, cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.

BÍSCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia: UNIGRAF, 2007. 86 p.

CARVALHO, S. M. P. de C. **Effects of growth conditions on external quality of cut chrysanthemum: analysis and simulation**. 2003. 171 p. Dissertation (Master in Production Ecology and Resource Conservation) - Wageningen University, The Netherlands.

COELHO, M. R. **Coefficiente de cultura (kc) e desenvolvimento inicial de duas variedades de cafeeiro (Coffea arabica L.) associados a graus-dia.** 2004. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 14. ed. Piracicaba: Nobel, 2000. 477 p.

HAMRICK, D. **Ball redbook:** crop production. Batava: Ball, 2003.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Produção y comercialización de plantas ornamentales en Brasil. **Horticultura Internacional**, Espanha, n. 55, p. 16-19, jan. 2007. Disponível em:
<http://www.hortica.com.br/artigos/Plantas_Ornamentales_en_Brasil.pdf>.
Acesso em: 16 set. 2009.

KARLSSON, M. G.; HEINS, R. D.; ERWIN, J. E.; BERGHAGE, R. D.; CARLSON, W. H.; BIERNBAUM, J. A. Irradiance and temperature effects on time of development and flower size in chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 257-267, 1989.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. **Floricultura:** produção e comercialização no Estado de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2008. 101 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal.** São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LARSEN, R. U.; PERSSON, L. Modelling flower development in greenhouse chrysanthemum cultivars in relation to temperature and response group. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 80, n. 1/2, p. 73-89, Mar. 1999.

LIMA, E. P. **Graus-dia, temperatura base e coeficientes de cultura para cafeeiros arábica em fase de implantação.** 2006. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras.

MAINARD, J. C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARD, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Snowdon' em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p 291-300, Dec. 1997.

- MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 376 p.
- MOTA, P. R. D. A.; BÔAS, R. L. V.; SOUSA, V. F. de; RIBEIRO, V. Q. Desenvolvimento de plantas de crisântemo cultivadas em vaso em resposta a níveis de condutividade elétrica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 164-171, jan./abr. 2007.
- NAPOLEÃO, B. A. Potencial das flores brasileiras e oportunidades para os produtores. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 3, ago. 2005.
- PEARSON, S.; HADLEY, P.; WHELDON, A. E. A reanalysis of the effects of temperature and irradiance on time to flowering in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*). **The Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 68, n. 1, p. 89-97, Jan. 1993.
- POLYSACK. **Tabela de condições climáticas para o cultivo de diferentes espécies**. 2006. Disponível em: <<http://www.polysack.com/files/e89cc711356fcb82b8bc3f324e8aa28.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2006.
- ROBERTO, S. R.; SANTO, A. J.; BRENNER, E. A.; JUBILEU, B. S.; SANTOS, C. E. dos; GENTA, W. Caracterização da fenologia e exigência térmica (graus-dia) para a uva 'Cabernet Sauvignon' em zona subtropical. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 183-187, jan./mar. 2005.
- RODRIGUES, T. M. **Produção de crisântemo cultivado em diferentes substratos fertirrigados com fósforo, potássio e silício**. 2006. 86 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, 2002.
- STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; MARUR, C. J.; SCHOLZ, M. B. S.; GOMES, J. C. Maturation curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' orange trees. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 3 p. 219-225, maio/jun. 2006.
- STRINGUETA, A. C. O.; LÍRIO, V. S.; SILVA, C. A. B.; REIS, B. S.; AGUIAR, D. R. D. Diagnóstico do segmento de produção da cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 8, n. 1/2, p. 77-90, jun. 2002.

THOMAZ, L. D. **A cadeia produtiva da floricultura no estado do Espírito Santo**. Vitória: SEBRAE-ES, 2007. 42 p.

VONK NOORDEGRAAF, C. Production and marketing of high quality plants. **Acta Horticultrae**, The Hague, v. 353, p. 134-148, 1994.

VONK NOORDEGRAAF, C.; WELLES, G. W. H. Product quality. In: BAKKER, J. C.; BOT, G. P. A.; CHALLA, H.; BRAAK, N. J. van de. (Ed.). **Greenhouse climate control: an integrated approach**. The Netherlands: Wageningen Pers, 1995. p. 92-97.

WHEALY, C. A.; NELL, T. A.; BARRET, J. E.; LARSON, R. A. High temperature effects on growth on growth and floral development of chrysanthemum. **Journal on the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 3, p. 464-468, May 1987.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 61-74, Apr. 1995.

CAPÍTULO 3

ACÚMULO DE GRAUS-DIA E QUALIDADE EXTERNA DE CRISÂNTEMO DE VASO*

* Projeto financiado pelo CNPq

1 RESUMO

O crisântemo é uma planta de importância mundial, cultivada em estufa tanto como flor de corte como flor envasada. Seu sucesso na comercialização deve-se à diversidade no formato, na cor e no tamanho das inflorescências, além de possuir um ciclo de crescimento rápido. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito do acúmulo de graus dia de desenvolvimento (GDD) em relação aos aspectos da qualidade externa (altura de planta, número de estruturas florais e porcentagem de inflorescências abertas) do crisântemo (*Dendranthema grandiflora* (Ramat) Tzvelev). Foram realizados doze experimentos, cultivando-se crisântemo, cultivar Rage, entre maio de 2007 e junho de 2008, cujas mudas foram plantadas e cultivadas em pote plástico (14 cm). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas por pote plástico, totalizando quinze plantas por avaliação. Semanalmente, avaliaram-se o número de estruturas florais, a porcentagem de inflorescências abertas e a altura de planta. Pela metodologia de regressão linear múltipla foram estimados o valor acumulado de GDD, o número de estruturas florais e a altura de planta por experimento. Observou-se que o maior acúmulo de GDD favoreceu maior altura de planta e maior número de estruturas florais, porém, atrasou a produção. Pelo modelo de regressão múltipla, estimou-se que são necessários 1.854 GDD para se obter plantas de crisântemo, em média, com 60% de inflorescências abertas, 28 cm de altura e 15 estruturas florais, características essas consideradas ótimas para comercialização de crisântemo de vaso.

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflora*, estrutura floral, constante térmica.

2 ABSTRACT

Chrysanthemum is a plant with worldwide importance, cultivated in greenhouse both as cut flower as well as a pot flower. Its success is due to their diversity in format, color, and inflorescence sizes, besides its fast growing cycle. This study was developed aiming to evaluate the effect of growing degree-days (GDD) accumulation in relation to the external quality aspects (plant height, number of floral structures and percentage of opened inflorescences) of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* (Ramat) Tzvelev). Twelve trials were carried out using chrysanthemum, cultivar Rage, from May 2007 to June 2008, when cuttings were planted and cultivated in plastic pots (14 cm). Experimental design was randomized blocks with 5 replications. Each useful parcel was composed of 3 plants per plastic pot, totalizing 15 plants per evaluation. Every week, number of floral structures, percentage of open inflorescences and plant height were evaluated. Through the multiple linear regression methodology, the accumulated value of GDD, number of floral structures and plant height were evaluated per trial. It was observed that higher accumulation of GDD allowed a higher plant height and greater number of floral structures. However, the postharvest was delayed. Through the multiple regression model, it was estimated that 1854 GDD are necessary to obtain chrysanthemum plants with an average of 60% of opened inflorescences, height of 28 cm and 15 floral structures, which are considered optimal characteristics for chrysanthemum pot plant commercialization.

Keywords: *Dendranthema grandiflora*, floral structure, thermal constant.

3 INTRODUÇÃO

No Brasil, o cultivo de flores de vaso representa 50% do movimento na cadeia produtiva (Junqueira & Peetz, 2007; Thomaz, 2007; Portal..., 2008; Aprendendo..., 2009), estando o crisântemo entre as três desse tipo mais cultivadas no país (Junqueira & Peetz, 2007).

O sucesso na comercialização do crisântemo deve-se à diversidade no formato, na cor, no tamanho e na durabilidade das inflorescências, além de ter ciclo de crescimento rápido (Barbosa, 2003; Mainard et al., 2004; Rodrigues, 2006). O número de inflorescências por planta, o tamanho de inflorescência e a altura de planta são os atributos chave da qualidade do crisântemo e esses são dependentes das formas de cultivo e das condições climáticas (Carvalho, 2003).

Estudos bioclimáticos têm sido conduzidos pela comparação do crescimento e do desenvolvimento vegetal com elementos ambientais. Na maioria desses estudos, a temperatura média do ar tem sido avaliada por ser o principal fator que afeta o desenvolvimento e o crescimento de plantas (Massignam, 1987). O conceito de graus-dia de desenvolvimento (GDD) assume que há uma relação linear entre o desenvolvimento relativo e a temperatura, independente da influência de outros elementos, como fotoperíodo, disponibilidade hídrica, época e local de plantio (Mota, 1989; Lima, 2006).

Prever o desenvolvimento de uma determinada cultura com base na temperatura do ar, em GDD ou em um sistema de unidade linear similar é amplamente realizado (Yang et al., 1995). Os GDD são usados para estimar a duração de estádios de desenvolvimento vegetal, para escolher a época de plantio, determinar prováveis datas de colheita, para prever uma produção irregular e em programas de melhoramento genético (Roberto et al., 2005; Stenzel et al., 2006; Bísvaro, 2007). O conceito de graus-dia tem sido aplicado a várias espécies vegetais, como forrageiras (Baseggio et al., 1998), feijão (Wutke

et al., 2000), algodão (Bolonhezi, 2000), calanchoe (Buwalda et al., 2004), café (Coelho, 2004; Pezzopane et al., 2008), triticale (Pedro Júnior et al., 2004), abacaxi (Carvalho et al., 2005), morango (Antunes et al., 2006), laranja (Stenzel et al., 2006), girassol (Fagundes et al., 2007), arroz (Streck et al., 2007) e melancia (Trentin et al., 2008), com o objetivo de estimar a colheita e a produção. Em crisântemo, muitos estudos têm focado nas relações entre temperatura, tempo para florescer (Whealy et al., 1987; Pearson et al., 1993; Larsen & Persson, 1999) e altura de planta (Carvalho, 2003), porém, nenhum trabalho envolvendo GDD foi realizado. Dessa forma, objetivou-se analisar o efeito do acúmulo de graus-dia em relação aos aspectos da qualidade externa (altura de planta, número de estruturas florais e porcentagem de inflorescências abertas) do crisântemo envasado cultivado em diferentes épocas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Dozes experimentos, entre maio de 2007 a junho de 2008 (Tabela 1), foram realizados em Lavras, MG (altitude de 918 m, latitude 21°13'40"S e longitude 44°57'50"W). Mudanças de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) cultivar Rage foram cultivadas em estufa sem controle climático, revestida com plástico difusor transparente na cobertura e tela de Sombrite® nas laterais.

TABELA 1 Informações gerais dos experimentos realizados com crisântemo de vaso cultivar Rage. Duração de dias curtos (DC), temperaturas máxima ($T_{\text{máx.}}$) e mínima ($T_{\text{min.}}$) e graus-dia de desenvolvimento (GDD).

Experimento	Estação ^[2]	Data ^[3] de plantio	Semana de plantio	DC ^[4] (dia)	$T_{\text{máx}}$ ^[5] (°C)	T_{min} ^[5] (°C)	GDD ^[6] (°C)
1 (mai./07) ^[1]	Out./Inv.	131	19	-	34,2	12,9	1557
2 (jun./07)	Out./Inv.	158	23	-	36,1	12,6	1640
3 (jul./07)	Inverno	186	27	-	38,2	13,4	1797
4 (ago./07)	Inv./Prim.	214	31	-	41,8	15,0	2032
5 (set./07)	Inv./Prim.	242	35	15	43,3	16,9	2214
6 (out./07)	Primavera	270	39	42	44,4	18,1	2299
7 (nov./07)	Prim./Ver.	307	44	70	45,1	18,5	2349
8 (dez./07)	Prim./Ver.	328	47	70	45,3	18,9	2263
9 (jan./08)	Verão	356	51	65	44,1	18,7	2309
10 (fev./08)	Ver./Out.	19	3	38	41,8	18,5	2202
11 (mar./08)	Ver./Out.	47	7	08	39,5	17,1	2034
12 (abr./08)	Outono	75	11	-	36,6	15,4	1826

^[1] Mês referente ao início de cultivo após período de enraizamento (28 dias).

^[2] Estação durante o período de cultivo (91 dias).

^[3] Data expressa em dia Juliano (dia 1 = 1 Janeiro).

^[4] Dias curtos referem-se somente aos dias em que as plantas foram submetidas ao escurecimento artificial, realizado com o auxílio de cobertura plástica preta, a 1m de altura do solo.

^[5] Média do período. Medição realizada no interior da estufa.

^[6] Somatório do período.

Os procedimentos de cultivo adotados foram os mesmos utilizados na produção comercial do crisântemo de vaso. Estacas não enraizadas de crisântemo foram adquiridas de um propagador comercial e colocadas em pote plástico (14 cm de diâmetro) contendo substrato comercial para cultivo do crisântemo (Empresa Terra do Paraíso, Holambra, SP), para enraizar. Após o plantio, os potes foram irrigados com água pura, tratados com uma solução fúngica preventiva constituída de Rovral SC (1,0 mL.L⁻¹) e Rodomil Gold M2 (2,0 g.L⁻¹), cobertos com plástico por 14 dias e mantidos sob Sombrite® 50% por 21 dias, quando foram transferidos para a área definitiva de cultivo. A poda

apical foi realizada 15 dias após o plantio, permanecendo de 3 a 4 pares de folhas por planta.

As mudas foram expostas a condições de dias-longos (DL) por 21 dias, iniciando-se no dia de plantio das estacas. O fornecimento de condições de DL (16 h.dia⁻¹ de luz) foi feito com a utilização de lâmpadas incandescentes de 60 w no sistema de luz cíclica (10 minutos de iluminação alternados com 20 minutos de escuro, no período das 21h às 4h). Após 21 dias, os experimentos de 5 a 11 foram submetidos ao tratamento de DC artificial (14 h.dia⁻¹ de escuro), realizado com o uso de lona plástica preta.

As plantas foram adubadas via fertirrigação, a qual iniciou-se 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas diferentes, uma para a fase vegetativa (A), outra para a fase do florescimento (B) e a terceira (C), utilizada em ambas as fases (Tabela 2). As soluções nutritivas foram aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C).

TABELA 2 Soluções nutritivas utilizadas em cultivo de crisântemo de vaso cultivar Rage.

FERTILIZANTE	QUANTIDADE (g/1000L)			
	(A) FASE VEGETATIVA ^[1]	(B) FASE DE FLORESCIMENTO ^[1]	(C) AMBAS AS FASES ^[1]	
Macronutrientes	Nitrato de cálcio	500g/1000L	500g/1000L	1585g/1000L
	Sulfato de magnésio	200g/1000L	200g/1000L	---
	MAP (10-52-0) ^[2]	---	972g/1000L	---
	MKP (0-51-33) ^[3]	150g/1000L	200g/1000L	---
	NPK (15-5-30)	500g/1000L	---	---
	QUANTIDADE (g/1000L)			
Micronutrientes	Ácido bórico	10g/1000L	10g/1000L	---
	Ferro	30g/1000L	30g/1000L	---
	QUANTIDADE (ml/1000L)			
Micronutrientes	Sulfato de cobre	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Sulfato de zinco	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Molibdato de sódio	10ml/1000L ^[5]	10ml/1000L ^[5]	---

¹ Condutividade elétrica da solução ($\pm 1,8$ a $\pm 2,0$ mS/cm)

² Fosfato monoamônico.

³ Fosfato monopotássico.

⁴ Quantidade da solução estoque preparada com 90g do nutriente/2L de água.

⁵ Quantidade da solução estoque preparada com 40g do nutriente/2L de água.

Nenhum regulador de crescimento foi utilizado para controle da altura de planta. Durante o período de condução dos experimentos, foram realizadas pulverizações semanais para controle de ácaro, besouro, mosca branca, mosca minadora, pulgões e tripes. Os produtos aplicados e as dosagens são apresentados na Tabela 1A (Anexo).

Como a cultivar Rage de crisântemo apresenta tempo de reação (número de semanas do início da aplicação de DC até o florescimento) de 9 semanas (Barbosa, 2003), o fim do ciclo de cultivo, em todos os experimentos, foi determinado quando as plantas apresentavam 91 dias (13 semanas) de cultivo, independente de se apresentarem ou não no ponto de comercialização.

Delineamento experimental e avaliações

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas por pote, totalizando quinze plantas por avaliação.

As avaliações dos parâmetros de crescimento (altura de planta, número de estruturas florais (somatório de inflorescência e botões) e porcentagem de inflorescência abertas) iniciaram-se aos 28 dias (4ª semana) após o plantio, totalizando 10 avaliações destrutivas por experimento.

Além das avaliações de crescimento, dados meteorológicos, como temperatura máxima e mínima, foram registrados, diariamente, com o auxílio de um termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 1,5m de altura do solo e no centro da área de cultivo. Os dados foram utilizados na Equação 1, para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), a partir da data de plantio.

$$GDD = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(T_{Máx} - T_{Mín})}{2} - T_{Base} \right] \quad (1)$$

sendo GDD = acúmulo graus-dia de desenvolvimento (°C); $T_{Máx}$ = temperatura máxima do dia (°C); $T_{Mín}$ = temperatura mínima do dia (°C); T_{Base} = temperatura base (°C) e k = número de dias e i = dia.

A incorporação da temperatura base na Equação 1 foi realizada de acordo com a interpretação de McMaster & Wilhelm (1997), em que, se $[(T_{Máx} - T_{Mín})/2] < T_{Base}$, então $[(T_{Máx} - T_{Mín})/2] = T_{Base}$. Para determinar o acúmulo de GDD, utilizou-se $T_{Base} = 6^{\circ}\text{C}$ (Mota, 1989; Polysack, 2006) e nenhuma limitação para a temperatura máxima.

Análises estatísticas

Para as análises estatísticas foram considerados somente oito dos doze experimentos realizados, pois aqueles conduzidos entre outubro/07 a janeiro/07 não apresentaram florescimento até a avaliação final.

Por meio do modelo de regressão estimaram-se o valor acumulado de GDD, o número de estruturas florais e a altura de planta, por experimento, quando as plantas apresentaram 60% das inflorescências abertas, com o auxílio do programa estatístico Statistical Analysis System (SAS[®]), por meio do Procedimento Regressão (PROC REG) (Sas Institute, 2002).

Com base nos valores estimados, procedeu-se a análise de regressão linear múltipla e os coeficientes dos modelos de superfície de resposta foram selecionados por meio do método de Stepwise (Draper & Smith, 1981). Com o objetivo de selecionar os melhores modelos, utilizaram-se o R^2 ajustado e o AIC. Para discutir a relação entre as variáveis, foi selecionado o modelo mais parcimonioso dentre os possíveis, ou seja, aquele que apresentou melhor ajuste e número reduzido de parâmetros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Preliminarmente ao ajuste do modelo de superfície de resposta, foram realizadas análises de regressão linear para estimar os valores do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento, do número de estruturas florais e da altura de planta, quando as plantas de crisântemo apresentavam 60% das inflorescências completamente expandida (Tabela 3).

TABELA 3 Valores estimados de graus-dia de desenvolvimento (GDD), número de estruturas florais (NEF), altura de planta (AL) e semana de comercialização (SC), em crisântemo de vaso cultivar Rage.

Experimento	Estação ^[2]	GDD (°C)	NEF	AL(cm)	SC ^[3]
1 (mai./07) ^[1]	Out./Inv.	1492	12	23,1	12 ^a - 13 ^a
2 (jun./07)	Out./Inv.	1335	14	23,1	10 ^a - 11 ^a
3 (jul./07)	Inverno	1583	12	25,5	11 ^a - 12 ^a
4 (ago./07)	Inv./Prim.	2071	19	30,4	Após 13 ^a
5 (set./07)	Inv./Prim.	2252	14	42,4	Após 13 ^a
6 (out./07)	Primavera	- ^[4]	-	-	-
7 (nov./07)	Prim./Ver.	-	-	-	-
8 (dez./07)	Prim./Ver.	-	-	-	-
9 (jan./08)	Verão	-	-	-	-
10 (fev./08)	Ver./Out.	2225	17	49,2	Após 13 ^a
11 (mar./08)	Ver./Out.	1874	14	27,4	11 ^a - 12 ^a
12 (abr./08)	Outono	1481	11	24,1	10 ^a - 11 ^a

^[1] Mês referente ao início de cultivo, após período de enraizamento (28 dias).

^[2] Estações durante o período de cultivo (91 dias).

^[3] Semana em que as plantas apresentaram-se dentro dos padrões de comercialização.

^[4] Experimentos que não apresentaram florescimento até a última avaliação.

Com base nos dados apresentados na Tabela 3, observou-se uma diferença de 918°C no acúmulo de GDD entre os experimentos iniciados em junho de 2007 e em setembro de 2007. Essa diferença deve-se às variações sazonais e ao fato de a estufa onde foram realizados os experimentos não possuir controle automatizado de temperatura e umidade. As variações entre a temperatura máxima e mínima e o GDD diário durante o período de condução dos experimentos podem ser observadas no gráfico da Figura 1.

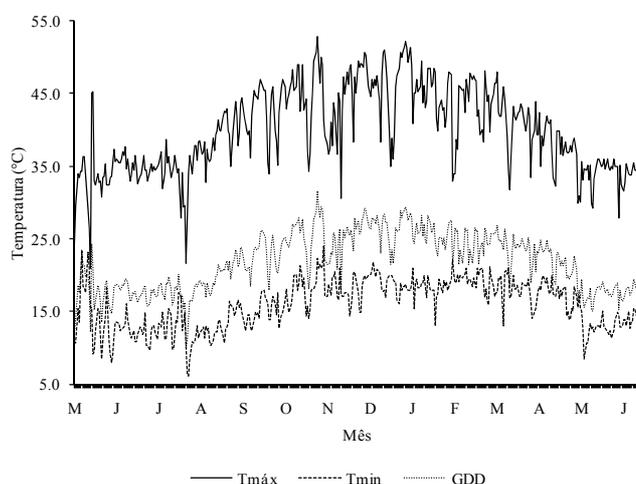


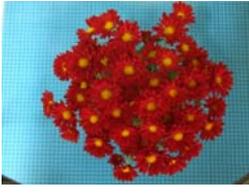
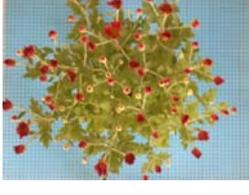
FIGURA 1 Temperatura máxima ($T_{máx}$), temperatura mínima ($T_{min.}$) e graus-dia de desenvolvimento (GDD), no período de maio 2007 a junho de 2008

Dessa maneira, pode-se observar, pelos valores estimados (Tabela 3), que as plantas cultivadas nos períodos de maior acúmulo de GDD, ou seja, períodos de temperaturas mais elevadas (Figura 1), apresentaram maior altura e maior número de estruturas florais formadas.

Carvalho (2003) relata que, sob temperaturas diurnas médias mais elevadas, o crescimento em altura do crisântemo aumenta. A mesma autora descreve, ainda, que o aumento na altura da haste é devido tanto ao maior número de internódios quanto à formação de internódios mais longos. Segundo Barbosa (2003), a altura final do crisântemo deve estar entre 1,5 a 2 vezes o tamanho do vaso. Nas condições desse experimento, as plantas deveriam estar na faixa de 16 a 24 cm de altura, porém, os vasos de crisântemo atualmente comercializados apresentam hastes com altura média entre 26 e 28 cm. Aliado a isso, as plantas cultivadas em agosto e setembro de 2007 e fevereiro de 2008 não

se apresentavam no ponto de comercialização até a 13ª semana (91 dias) de cultivo (Tabela 4).

TABELA 4 Porcentagem de inflorescências completamente expandidas e acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), em crisântemo de vaso cultivar Rage.

Semana de cultivo	Exp. 6 (fev. 08)	Exp. 7 (mar. 08)	Exp. 8 (abr. 09)
	0% 1735 GDD	0% 1655 GDD	11 1455 GDD
10ª Semana			
	0% 1889 GDD	18% 1796 GDD	95% 1579 GDD
11ª Semana			
	0% 2050 GDD	78 % 1916 GDD	95% 1698 GDD
12ª Semana			
	0% 2202 GDD	95% 2034 GDD	100% 1826 GDD
13ª Semana			

Segundo Motos & Oliveira (1990), o ponto de comercialização do crisântemo ocorre entre a 11ª e 12ª semana (77-84 dias) de cultivo, com base na porcentagem (60%) de inflorescências completamente expandidas. Hamrick (2003) relata que a produção do crisântemo em períodos mais quentes é atrasada devido ao acúmulo de calor ocasionado pela utilização de panos ou plásticos pretos durante o fornecimento artificial de dias-curtos.

Como o acúmulo de GDD está diretamente relacionado com a temperatura média do dia, subentende-se que, embora temperaturas mais elevadas favoreçam maior crescimento em altura e número de estruturas florais, o cultivo comercial do crisântemo é atrasado, pois é necessário maior acúmulo de GDD para que as plantas cultivadas em temperaturas mais elevadas apresentem 60% de inflorescências totalmente expandidas (Tabelas 3 e 4). Larsen & Persson (1999) observaram, em 24 cultivares de crisântemo, que o aumento gradual na temperatura diminui a taxa de desenvolvimento floral e aumenta o número de dias necessários para o florescimento. Karlsson et al. (1989) observou, na cultivar Bright Golden Anne, que, sob altas temperaturas, o florescimento é atrasado. Baseando-se no fato de que o desenvolvimento floral do crisântemo apresenta ótima resposta à temperatura e que é amplamente controlado pela temperatura média diária (Carvalho, 2003), é possível determinar que o acúmulo de GDD exerça a mesma influência no desenvolvimento floral.

Considerando que o ponto de comercialização do crisântemo ocorre entre a 11ª e 12ª semana (77-84 dias) de cultivo, os dados apresentados na Tabela 3 indicam que, no período de outono/inverno, para que o crisântemo de vaso esteja em ponto de comercialização, o acúmulo de GDD deve estar entre 1.335 a 1.583 e, nos cultivos de verão/outono, esse acúmulo deve ser de 1.481 a 1.874. Como os experimentos iniciados em maio/07, junho/07 e abril/08 apresentaram valores estimados de altura de planta e número de estruturas florais

bem próximos, pode-se inferir que plantas do cultivar Rage de crisântemo expostas ao acúmulo de GDD variando entre 1.335 a 1.481, no período do outono/inverno, apresentam altura média de 23,96 cm, 12 estruturas florais/haste e ponto de comercialização predominante entre a 10ª e 12ª semana de cultivo. As plantas cultivadas em março/08 (verão/outono) apresentaram-se dentro dos padrões de comercialização e a finalização do cultivo no período esperado para a cultura.

Modelos de superfície de resposta foram criados com a finalidade de obter uma visão mais abrangente da relação do GDD com os demais aspectos da qualidade externa do crisântemo. A equação que explica o efeito do acúmulo do GDD sobre a altura de planta (AL) e número de estruturas florais (NEF) é $Y(\text{GDD}) = - 1593,73 - 127,959\text{NEF} + 227,9624\text{AL} - 3,75624\text{AL}^2 + 4,5943\text{AL}*\text{NEF}$, com coeficiente de determinação de 97,88%. Esse ajuste também foi observado por Buwalda et al. (2004), ao estudarem diferentes temperaturas e dois tipos de nível de luminosidade no crescimento e no desenvolvimento de *Kalanchoe blossfeldiana* cv. Tenorio, tendo sido constatado que os estágios de desenvolvimento floral apresentaram relação muito próxima com o acúmulo de graus-dia, com ajuste aos dados de 98%. Na análise da superfície de resposta (Figura 4) gerada pelo modelo, observa-se que o maior número de estruturas florais é observado próximo a 2.500 GDD, o qual reproduz a altura de planta de, aproximadamente, 36 cm.

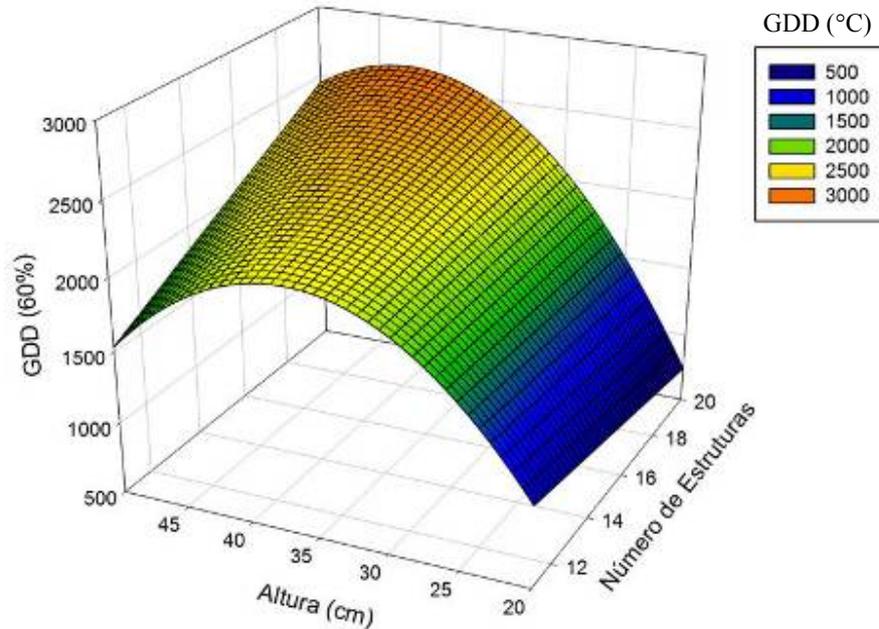


FIGURA 4 Representação do modelo de regressão múltiplo (superfície de resposta) para acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD) em relação à altura de planta e ao número de estruturas florais em crisântemo de vaso cultivar Rage.

Pode-se observar que plantas cultivadas sob maior acúmulo de GDD, ou seja, períodos de temperaturas mais elevadas, apresentaram maior altura de planta e maior número de estruturas florais. Como o padrão comercial da altura do crisântemo cultivado em pote de 14 cm de largura está entre 24 a 28 cm, é possível inferir que o acúmulo de 1.500 a 2.000 GDD permite a produção de plantas com altura entre 25 a 30 cm e de 10 a 16 estruturas florais/haste. Pelo modelo ajustado para a Figura 4 estimou-se que, para a obtenção de plantas de crisântemo com 60% de inflorescências abertas, 28 cm de altura e 15 estruturas florais, são necessários 1.854 GDD.

Coelho (2004), ao estudar planta de cafeeiro ‘Rubi’ e ‘Acaiá Cerrado’, observou estreita relação da altura de planta com o acúmulo de GDD, tendo o acúmulo de 2.391 GDD resultado em um acréscimo de 26,2 cm na altura média de planta, para o cafeeiro ‘Rubi’ e 43,9 cm, para o ‘Acaiá Cerrado’.

Em vista da carência de informações sobre a aplicação de graus-dia para a cultura das ornamentais, em especial o crisântemo em nossas condições, os resultados encontrados não encerram a questão do uso deste conceito, mas sim evidencia a necessidade de novas pesquisas sobre o assunto.

6 CONCLUSÕES

- As variáveis, altura e número de estruturas florais em crisântemo de vaso cultivar Rage apresentam estreita relação com as unidades térmicas, indicando, assim, que o uso de graus-dia de desenvolvimento pode ser uma boa alternativa como contador de tempo.
- Maior acúmulo de graus-dia de desenvolvimento em crisântemo de vaso cultivar Rage favorece a formação de plantas com maior altura e maior número de estruturas florais, porém, a produção é atrasada.
- Para obter plantas de crisântemo com 60% de inflorescências abertas, 28 cm de altura e 15 estruturas florais, é necessário o acúmulo de 1.854 GDD.
- O modelo matemático que expressa o acúmulo de graus-dia de desenvolvimento em relação ao número de estruturas florais (NEF) e altura de planta (AL) é $Y(\text{GDD}) = -1593,73 - 127,959\text{NEF} + 227,9624\text{AL} - 3,75624\text{AL}^2 + 4,5943\text{AL}*\text{NEF}$.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTUNES, O. T.; CALVETE, E. O.; ROCHA, H. C.; NIENOW, A. A.; MARIANI, F.; WESP, C. de L. Floração, frutificação e maturação de frutos de morangueiro cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 426-430, out. 2006.
- APRENDENDO a exportar flores e plantas ornamentais: perfil do setor. Disponível em: <<http://www.aprendendoaexportar.gov.br/flores/setor/perfil.asp>>. Acesso em: 15 ago. 2009.
- BARBOSA, J. C. **Crisântemo**: produção de mudas, cultivo para corte de flor, cultivo em vaso, cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.
- BASEGGIO, J.; FRANKE, L. B.; NABINGER, C. Dinâmica do florescimento e produção de sementes de *Desmodium incanum* DC. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 118-124, maio 1998.
- BÍSCARO, G. A. **Meteorologia agrícola básica**. Cassilândia: UNIGRAF, 2007. 86 p.
- BOLONHEZI, D. **Épocas de semeadura do algodoeiro**: características agrônômicas, tecnológicas da fibra, determinação da temperatura base e graus-dia. 2000. 182 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- BUWALDA, F.; JILESEN, C. J. T. J.; KORSTEN, P. H. J.; ZONNENBERG, D.; NOORT, F. van. External quality and timing of flowering pot plant - Modelling side shoot emergence and biomass partitioning to flowers of *Kalanchoe*. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 654, p. 45-54, 2004.
- CARVALHO, S. L. C. de; NEVES, C. S. V. J.; BÜRKLE, R.; MARUR, C. J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 430-433, set. 2005.
- CARVALHO, S. M. P. de C. **Effects of growth conditions on external quality of cut chrysanthemum: analysis and simulation**. 2003. 171 p. Dissertação (Master in Production Ecology and Resource Conservation) - Wageningen University, The Netherlands.

CARVALHO, S. M. P.; HEUVELINK, E. Influence of greenhouse climate and plant density on external quality of chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura): first steps towards a quality model. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 249-258, May 2001.

COELHO, M. R. **Coefficiente de cultura (kc) e desenvolvimento inicial de duas variedades de cafeeiro (Coffea arabica L.) associados a graus-dia**. 2004. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

DRAPER, N.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. New York: Wiley, 1981. 709 p.

FAGUNDES, J. D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A. M.; BELLÉ, R. A.; STRECK, N. A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 987-993, ago. 2007.

HAMRICK, D. **Ball redbook: crop production**. Batava: Ball, 2003.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. da S. Produção y comercialización de plantas ornamentales en Brasil. **Horticultura Internacional**, Espanha, n. 55, p. 16-19, jan. 2007. Disponível em: <http://www.hortica.com.br/artigos/Plantas_Ornamentales_en_Brasil.pdf>. Acesso em: 16 set. 2009.

KALANCHOE: bryophyllum information. Disponível em: <<http://www.geocities.com/rainforest/canopy/6400/kalanchoe/kinfo.html>>. Acesso em: 18 jan. 2006.

KARLSSON, M. G.; HEINS, R. D.; ERWIN, J. E.; BERGHAGE, R. D.; CARLSON, W. H.; BIERNBAUM, J. A. Irradiance and temperature effects on time of development and flower size in chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 257-267, 1989.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531 p.

LARSEN, R. U.; PERSSON, L. Modelling flower development in greenhouse chrysanthemum cultivars in relation to temperature and response group. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 80, n. 1/2, p. 73-89, Mar. 1999.

LIMA, E. P. **Graus-dia, temperatura base e coeficientes de cultura para cafeeiros arábica em fase de implantação.** 2006. 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras.

MAINARD, J. C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARD, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Snowdon' em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperatura-base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.).** 1987. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p 291-300, Dec. 1997.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola.** 7. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 376 p.

MOTOS, J. R.; OLIVEIRA, M. J. C. (Coord.). **Produção de crisântemos em vaso.** Holambra: Flortec, 1990. 34 p.

PEARSON, S.; HADLEY, P.; WHELDON, A. E. A reanalysis of the effects of temperature and irradiance on time to flowering in chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora*). **The Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 68, n. 1, p. 89-97, Jan. 1993.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P.; MORAES, A. V. C.; FELICIO, J. C.; CASTRO, J. L. Temperatura-base, graus-dia e duração do ciclo para cultivares de tritcale. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 447-453, nov. 2004.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLLI, L. C. Exigência térmica do café arábica cv. Mundo Novo no subperíodo florescimento-colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1781-1786, nov./dez. 2008.

POLYSACK. **Tabela de condições climáticas para o cultivo de diferentes espécies.** 2006. Disponível em: <<http://www.polysack.com/files/e89cc711356fcbe82b8bc3f324e8aa28.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2006.

PORTAL DO AGRONEGÓCIO. **Câmara quer aumentar consumo de flores e plantas no Brasil**. 2008. Disponível em: <<http://www.portaldoagronegocio.com.br/conteudo.php?id=26618>>. Acesso em: 3 set. 2009.

ROBERTO, S. R.; SANTO, A. J.; BRENNER, E. A.; JUBILEU, B. S.; SANTOS, C. E. dos; GENTA, W. Caracterização da fenologia e exigência térmica (graus-dia) para a uva 'Cabernet Sauvignon' em zona subtropical. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 183-187, jan./mar. 2005.

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

STENZEL, N. M. C.; NEVES, C. S. V. J.; MARUR, C. J.; SCHOLZ, M. B. S.; GOMES, J. C. Maturation curves and degree-days accumulation for fruits of 'Folha Murcha' orange trees. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 3 p. 219-225, maio/jun. 2006.

STRECK, N. A.; MICHELON, S.; BOSCO, L. C.; LAGO, I.; WALTER, L. C.; ROSA, H. T.; PAULA, G. M. de. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da escala de counce para cultivares sul-brasileiras de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 357-364, abr. 2007.

THOMAZ, L. D. **A cadeia produtiva da floricultura no estado do Espírito Santo**. Vitória: SEBRAE-ES, 2007. 42 p.

TRENTIN, R.; SCHREIBER, F.; STREECK, N. A.; BURIOL, G. A. Soma térmica de subperíodo do desenvolvimento da planta de melancia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2464-2470, dez. 2008.

WHEALY, C. A.; NELL, T. A.; BARRET, J. E.; LARSON, R. A. High temperature effects on growth on growth and floral development of chrysanthemum. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 3, p. 464-468, May 1987.

WUTKE, E. B.; BRUNINI, O.; BARBANO, M. T.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; KANTHACK, R. A. D.; MARTINS, A. L. M.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; BORTOLETTO, N.; PAULO, E. M.; SAKAI, M.; SAES, L. A.; AMBROSANO, E. J.; CARBONELL, S. A. M.; SILVEIRA, L. C. P. Estimativa de temperatura base e graus-dia para feijoeiro nas diferentes fases fenológicas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-61, maio 2000.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 61-74, Apr. 1995.

CAPÍTULO 4

DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR DE CRISÂNTEMO DE VASO ASSOCIADO AO ACÚMULO DE GRAUS-DIA *

*Projeto financiado pelo CNPq

1 RESUMO

O crisântemo tem grande importância no mercado de flores, em função de suas características, como diversidade no formato, na cor e no tamanho das inflorescências, além de possuir um ciclo de crescimento rápido. Para melhor definir e caracterizar o processo produtivo, objetivou-se determinar modelos matemáticos para descrever o desenvolvimento foliar do crisântemo (*Dendranthema grandiflora* (Ramat) Tzvelev) cultivar Rage, em função do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento. Foram realizados doze experimentos, entre maio de 2007 e julho de 2008, tendo sido as mudas plantadas e cultivadas em pote plástico (14 cm) contendo substrato e fertirrigados. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas por vaso, totalizando quinze plantas por avaliação. Semanalmente, realizou-se a avaliação do número de folhas e da área foliar, totalizando dez coletas. Foram desenvolvidos quatro modelos que descrevem a relação entre o crescimento foliar e o acúmulo de GDD em crisântemo cultivar Rage cultivado em estufa sem controle climático. Os modelos matemáticos foram validados e são passíveis de utilização em crisântemo para relacionar área foliar e graus-dia de desenvolvimento. Os modelos apresentaram REQM de 88,0cm² (verão), 29,44 cm² (outono), 55,61 cm² (inverno) e 80,01 cm² (primavera).

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflora*, estrutura floral, constante térmica, modelagem.

2 ABSTRACT

Chrysanthemum is very important in flower market due to its characteristics as well as its diversity in format, color and size of inflorescences, besides its fast growing cycle. In order to define and characterize the productive process, this study aimed to determine mathematical models to describe Rage chrysanthemum (*Dendranthema grandiflora* (Ramat) Tzvelev) cultivar leaf development using growing degree-days accumulation. Twelve trials were carried out from May 2007 to July 2008, when cuttings were planted and cultivated in plastic pots (14 cm) containing substrate and receiving fertigation. Experimental design was randomized blocks with 5 replications. Each useful parcel was composed of 3 plants per pot, totalizing 15 plants per evaluation. Every week, leaf number and leaf area were evaluated, totalizing ten evaluations. Four mathematical models, that describe the relation between leaf growth and GDD accumulation in chrysanthemum cultivar Rage cultivated in greenhouse without climatic control, were developed. The mathematical models were validated and are likely to be used in chrysanthemum to relate leaf area and growing degree-days. The models showed RMSE of 88.0 cm² (summer); 29.44 cm² (fall); 55.61 cm² (winter) and 80.01 cm² (spring).

Keywords: *Dendranthema grandiflora*, floral structure, thermal constant, modeling.

3 INTRODUÇÃO

O crisântemo é uma planta ornamental cultivada pela beleza e durabilidade de suas inflorescências, tendo grande valor comercial por possuir flores de grande aceitação no mercado (Barbosa, 2003). O sucesso na comercialização dessa espécie deve-se à diversidade no formato, na cor e no tamanho das inflorescências, além de possuir um ciclo de crescimento rápido (Mainardi et al., 2004; Rodrigues et al., 2006).

Na floricultura, assim como em outros setores agrícolas, o prévio conhecimento de como uma espécie vegetal cresce e se desenvolve é fundamental para o sucesso de sua condução e produção (Peiter et al., 2006). Dessa forma, estudos bioclimáticos têm sido conduzidos pela comparação do crescimento e do desenvolvimento vegetal com elementos ambientais, principalmente a temperatura média do ar, principal fator, a qual pode ser contabilizada em graus-dia de desenvolvimento (GDD) (Massignam, 1987).

Modelos para simulação são ferramentas aplicadas para a previsão do tempo de florescimento, produtividade, sistema de tomada de decisão, condução de cultivo, tempo de colheita planejado, transporte de produtos para o mercado, integração de conhecimentos da fisiologia da cultura ou para solucionar complexos problemas agrícolas (Penning de Vries et al., 1989; Dourado Neto et al., 1998; Gary et al., 1998; Larsen & Persson, 1999; Lee et al., 2002; Streck, 2004).

O modelo descreve o comportamento de um sistema por meio de equações matemáticas que representam hipóteses assumidas quantitativamente sobre o sistema real. Esse modelo é, basicamente, uma descrição simplificada de um sistema e auxilia na melhor compreensão de seu funcionamento e das interações de seus componentes, além de constituir um mecanismo de previsão (Dourado Neto et al., 1998).

Larsen & Persson (1999); Lee et al. (2002); Schouten et al. (2002); Nothnagl et al. (2004); Carvalho et al. (2006) propõem a modelagem e a simulação do crescimento e do desenvolvimento do crisântemo associada a diversos fatores, porém, nenhum trabalho envolvendo o GDD foi realizado. Dessa forma, objetivou-se determinar modelos matemáticos para descrição do crescimento foliar do crisântemo cultivar Rage, em função do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Dozes experimentos, entre maio de 2007 a junho de 2008 (Tabela 1), foram realizados em Lavras, MG (altitude de 918 m, latitude 21°13'40"S e longitude 44°57'50"W). Mudanças de crisântemo (*Dendranthema grandiflora*) cultivar Rage foram cultivadas em estufa sem controle climático, revestida com plástico difusor transparente na cobertura e tela de Sombrite® nas laterais.

TABELA 1 Informações gerais dos experimentos realizados em crisântemo de vaso cultivar Rage. Duração de dias curtos (DC), temperaturas máxima ($T_{\text{máx.}}$) e mínima ($T_{\text{mín.}}$), graus-dia de desenvolvimento (GDD), desenvolvimento do modelo (D), calibração do modelo (C) e validação do modelo (V).

Experimento	Estação ^[2]	Data ^[3] de plantio	Semana de plantio	DC ^[4] (dia)	$T_{\text{máx}}$ ^[5] (°C)	$T_{\text{mín}}$ ^[5] (°C)	GDD ^[6] (°C)	Modelo
1 (mai./07) ^[1]	Out./Inv.	131	19	-	34,2	12,9	1557	V 4
2 (jun./07)	Out./Inv.	158	23	-	36,1	12,6	1640	D,C 1
3 (jul./07)	Inverno	186	27	-	38,2	13,4	1797	D,C 1
4 (ago./07)	Inv./Prim.	214	31	-	41,8	15,0	2032	V 1
5 (set./07)	Inv./Prim.	242	35	15	43,3	16,9	2214	D,C 2
6 (out./07)	Primavera	270	39	42	44,4	18,1	2299	D,C 2
7 (nov./07)	Prim./Ver.	307	44	70	45,1	18,5	2349	V 2
8 (dez./07)	Prim./Ver.	328	47	70	45,3	18,9	2263	D,C 3
9 (jan./08)	Verão	356	51	65	44,1	18,7	2309	D,C 3
10 (fev./08)	Ver./Out.	19	3	38	41,8	18,5	2202	V 3
11 (mar./08)	Ver./Out.	47	7	08	39,5	17,1	2034	D,C 4
12 (abr./08)	Outono	75	11	-	36,6	15,4	1826	D,C 4

^[1] Mês referente ao início de cultivo após período de enraizamento (28dias).

^[2] Estação durante o período de cultivo (91 dias).

^[3] Data expressa em dias Julianos (dia 1 = 1 Janeiro).

^[4] Dias curtos referem-se somente aos dias em que as plantas foram submetidas ao escurecimento artificial realizado com o auxílio de cobertura plástica preta, a 1m de altura do solo.

^[5] Média do período. Medição realizada no interior da estufa.

^[6] Somatório do período.

Os procedimentos de cultivo adotados foram os mesmos utilizados na produção comercial do crisântemo de vaso. Estacas não enraizadas de crisântemo foram adquiridas de um propagador comercial e colocadas em pote plástico (14 cm de diâmetro) contendo substrato comercial para cultivo do crisântemo (Empresa Terra do Paraíso, Holambra, SP), para enraizar. Após o plantio, os potes foram irrigados com água pura, tratados com uma solução fúngica preventiva constituída de Rovral SC (1,0 mL.L⁻¹) e Rodomil Gold M2 (2,0 g.L⁻¹), cobertos com plástico por 14 dias e mantidos sob Sombrite® 50% por

21 dias, quando foram transferidos para a área definitiva de cultivo. A poda apical foi realizada 15 dias após o plantio, permanecendo de 3 a 4 pares de folhas por planta.

As mudas foram expostas a condições de dias-longos (DL) por 21 dias, iniciando no dia de plantio das estacas. O fornecimento de condições de DL (16 h.dia⁻¹ de luz) foi feito pelo uso de lâmpadas incandescentes de 60w no sistema de luz cíclica (10 minutos de iluminação alternados com 20 minutos de escuro, no período das 21h às 4h). Após 21 dias, os experimentos de 5 a 11 foram submetidos ao tratamento de DC artificial (14 h.dia⁻¹ de escuro), realizado com o uso de lona plástica preta.

As plantas foram adubadas via fertirrigação, a qual iniciou-se 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas diferentes, uma para a fase vegetativa (A), outra para a fase do florescimento (B) e a terceira (C) utilizada em ambas as fases (Tabela 2). As soluções nutritivas foram aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C).

TABELA 2 Soluções nutritivas utilizadas em cultivo de crisântemo de vaso cultivar Rage.

FERTILIZANTE	QUANTIDADE (g/1000L)			
	(A) FASE VEGETATIVA ^[1]	(B) FASE DE FLORESCIMENTO ^[1]	(C) AMBAS AS FASES ^[1]	
Macronutrientes	Nitrato de cálcio	500g/1000L	500g/1000L	1585g/1000L
	Sulfato de magnésio	200g/1000L	200g/1000L	---
	MAP (10-52-0) ^[2]	---	972g/1000L	---
	MKP (0-51-33) ^[3]	150g/1000L	200g/1000L	---
	NPK (15-5-30)	500g/1000L	---	---
	QUANTIDADE (g/1000L)			
Macronutrientes	Ácido bórico	10g/1000L	10g/1000L	---
	Ferro	30g/1000L	30g/1000L	---
	QUANTIDADE (ml/1000L)			
Micronutrientes	Sulfato de cobre	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Sulfato de zinco	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Molibdato de sódio	10ml/1000L ^[5]	10ml/1000L ^[5]	---

¹ Condutividade elétrica da solução ($\pm 1,8$ a $\pm 2,0$ mS/cm)

² Fosfato monoamônico.

³ Fosfato monopotássico.

⁴ Quantidade da solução estoque preparada com 90g do nutriente/2L de água.

⁵ Quantidade da solução estoque preparada com 40g do nutriente/2L de água.

Nenhum regulador de crescimento foi utilizado para controle da altura de planta. Durante o período de condução dos experimentos, foram realizadas pulverizações semanais para controle de ácaro, besouro, mosca branca, mosca minadora, pulgões e tripes. Os produtos aplicados e as dosagens são apresentados na Tabela 1A (Anexo).

Como a cultivar Rage de crisântemo apresenta tempo de reação (número de semanas do início da aplicação de DC até o florescimento) de 9 semanas (Barbosa, 2003), o fim do ciclo de cultivo, em todos os experimentos, foi determinado quando as plantas apresentaram 91 dias (13 semanas) de cultivo, independente de se apresentarem ou não no ponto de comercialização.

Delineamento experimental e avaliações

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com cinco repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas por pote, totalizando quinze plantas por avaliação.

As avaliações dos parâmetros de crescimento (área foliar/planta e número de folhas/planta) iniciaram-se aos 28 dias (4ª semana) após o plantio, totalizando dez avaliações destrutivas por experimento. A área foliar total (incluindo o pecíolo) foi determinada com o auxílio de um medidor de área foliar (LI-COR, Modelo 3100 Area Meter; Nebraska, USA).

Além das avaliações de crescimento, dados meteorológicos, como temperatura máxima e mínima, foram registrados, diariamente, com o auxílio de um termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 1,5m de altura do solo e no centro da área de cultivo. Os dados foram utilizados na Equação 1, para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), a partir da data de plantio.

$$GDD = \sum_{i=1}^k \left[\frac{(T_{Máx} - T_{Mín})}{2} \right] - T_{Base} \quad (1)$$

sendo GDD = acúmulo graus-dia de desenvolvimento (°C); $T_{Máx}$ = temperatura máxima do dia (°C); $T_{Mín}$ = temperatura mínima do dia (°C); T_{Base} = temperatura base (°C) e k = número de dias e i = dia.

A incorporação da temperatura base na Equação 1 foi realizada de acordo com a interpretação de McMaster & Wilhelm (1997), em que se $[(T_{Máx} - T_{Mín})/2] < T_{Base}$, então $[(T_{Máx} - T_{Mín})/2] = T_{Base}$. Para determinar o acúmulo de GDD, utilizou-se $T_{Base} = 6^{\circ}\text{C}$ (Mota, 1989; Polysack, 2006) e nenhuma limitação para a temperatura máxima.

Análises estatísticas

Os dados experimentais foram ajustados a vários modelos de regressão linear e o grau de ajuste foi medido por meio do teste F da análise de variância, e do coeficiente de determinação ajustado. Para a análise dos dados, utilizou-se o programa estatístico Statistical Analysis System (SAS®), por meio do procedimento regressão (PROC REG) (Sas Institute, 2002).

Em todas as equações, a variável dependente representa as características área foliar ou número de folhas e a variável independente representa graus-dia acumulados, do plantio até o fim do cultivo (13 semanas).

Desenvolvimento e validação do modelo

A partir dos dados experimentais, foram gerados e validados quatro modelos matemáticos, sendo utilizados três experimentos, dois para gerar o modelo e um para validar.

A construção dos modelos e a estimativa dos parâmetros foram realizadas a partir dos dados dos experimentos 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11 e 12.

Os modelos de regressão linear foram ajustados utilizando-se a metodologia de quadrados mínimos ponderados para estimativa dos parâmetros, pelo fato de os dados apresentarem heterogeneidade de variâncias. Foi utilizada análise de regressão para determinar o modelo de melhor ajuste, com maior coeficiente de correlação e menor número de parâmetros. Para validar os modelos, foram utilizados os dados dos experimentos 4, 7 e 10. A precisão dos modelos foi analisada pelo método da raiz do erro quadrático médio (REQM), que expressa o erro produzido pelo modelo; quanto menor o valor dessa estatística, melhor o modelo. O valor do REQM é calculado pela fórmula:

$$\text{REQM} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

sendo E_i = valor estimado (cm^2); O_i = valor observado (cm^2) e n = número de observações.

Os modelos de regressão foram ajustados considerando nível de significância de 5%, pelo programa estatístico SAS[®] - PROC REG (Sas Institute, 2002) e as validações foram realizadas utilizando-se uma planilha eletrônica, Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, Washington, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período da condução dos experimentos foram observadas variações entre os valores diários de temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$) e graus-dia (GDD) (Tabela 1). Essa diferença é devido às variações sazonais e ao fato de a estufa não possuir controle automatizado de temperatura e umidade.

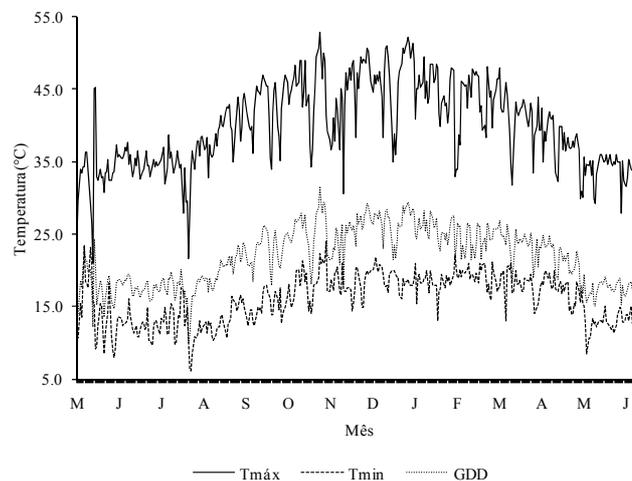


FIGURA 1 Valores diários de temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$), temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$) e graus-dia de desenvolvimento (GDD), no período de maio 2007 a junho de 2008.

A variação mensal entre as temperaturas, no período de maio de 2007 a junho de 2008, foi de 22,9°C a 32,6°C, para a temperatura média; de 12,3°C a 19,3°C, para a mínima e de 33,0°C a 46,1°C, para a máxima.

Os modelos apresentaram significância pelo teste F ($p < 0,05$), independente do período de cultivo, indicando a existência de relação entre a área foliar, número de folhas e graus-dia.

De acordo com os valores de R^2 ajustados da regressão quadrática (Tabela 3), a variável graus-dia, no melhor ajuste (95% e 96%), explicou 82% e 76%, respectivamente, para a variação da área foliar e número de folhas. Fagundes et al. (2007) também observaram relação linear entre o número de folhas acumuladas na haste principal de girassol de vaso e o acúmulo de graus-dia.

TABELA 3 Valores dos coeficientes de determinação ajustados das regressões quadráticas para área foliar (AF) e número de folhas (NF) associado ao acúmulo de graus-dia, no cultivo de crisântemo de vaso cultivar Rage.

Estação ^[1] Experimento ^[2]	Número de folhas		Área foliar (cm ²)	
	Equações	R ²	Equações	R ²
1. Out./Inv. - mai./07	$y = -0,000002 \text{ GDD}^2 + 0,009048 \text{ GDD} + 5,503582$	72,80%	$y = -0,000173 \text{ GDD}^2 + 0,441607 \text{ GDD} - 100,849150$	80,70%
2. Out./Inv. - jun./07	$y = -0,000012 \text{ GDD}^2 + 0,030088 \text{ GDD} - 1,707870$	87,70%	$y = -0,000223 \text{ GDD}^2 + 0,602040 \text{ GDD} - 179,800619$	92,10%
3. Inverno - jul./07	$y = -0,000010 \text{ GDD}^2 + 0,025544 \text{ GDD} - 1,239695$	70,57%	$y = -0,000164 \text{ GDD}^2 + 0,419265 \text{ GDD} - 85,604813$	69,61%
4. Inv./Prim. - ago./07	$y = -0,000007 \text{ GDD}^2 + 0,020165 \text{ GDD} + 2,196414$	75,45%	$y = -0,000129 \text{ GDD}^2 + 0,425869 \text{ GDD} - 160,985445$	92,74%
5. Inv./Prim. - set./07	$y = -0,000008 \text{ GDD}^2 + 0,025197 \text{ GDD} - 1,664620$	55,18%	$y = -0,000201 \text{ GDD}^2 + 0,719893 \text{ GDD} - 322,359901$	90,23%
6. Primavera - out./07	$y = -0,000008 \text{ GDD}^2 + 0,029130 \text{ GDD} - 5,217744$	86,41%	$y = -0,000063 \text{ GDD}^2 + 0,291074 \text{ GDD} - 79,994078$	87,07%
7. Prim./Ver. - nov./07	$y = -0,000004 \text{ GDD}^2 + 0,019140 \text{ GDD} - 1,535352$	95,72%	$y = 0,000032 \text{ GDD}^2 - 0,002628 \text{ GDD} + 72,114560$	80,62%
8. Prim./Ver. - dez./07	$y = -0,000007 \text{ GDD}^2 + 0,025524 \text{ GDD} - 4,838214$	87,42%	$y = -0,000075 \text{ GDD}^2 + 0,426124 \text{ GDD} - 222,020843$	94,25%
9. Verão - jan./08	$y = -0,000009 \text{ GDD}^2 + 0,033466 \text{ GDD} - 10,519425$	92,30%	$y = -0,000263 \text{ GDD}^2 + 0,989198 \text{ GDD} - 547,735204$	93,91%
10. Ver./Out. - fev.08	$y = -0,000011 \text{ GDD}^2 + 0,038890 \text{ GDD} - 12,087694$	96,10%	$y = -0,000218 \text{ GDD}^2 + 0,870920 \text{ GDD} - 439,613750$	94,97%
11. Ver./Out. - mar./08	$y = -0,000009 \text{ GDD}^2 + 0,029809 \text{ GDD} - 6,660742$	68,61%	$y = -0,000123 \text{ GDD}^2 + 0,367141 \text{ GDD} - 109,959582$	59,17%
12. Outono - abr./08	$y = -0,000001 \text{ GDD}^2 + 0,003950 \text{ GDD} + 10,966343$	20,94%	$y = -0,000065 \text{ GDD}^2 + 0,188653 \text{ GDD} + 20,876291$	43,32%

^[1] Estação durante o período de cultivo (91 dias).

^[2] Mês referente ao início de cultivo após período de enraizamento (28 dias).

Por meio dos gráficos da Figura 2 observam-se diferenças entre os meses de cultivos, o que pode ser atribuído às variações meteorológicas ocorridas durante os meses analisados. Pode-se observar um comportamento semelhante no formato da curva a cada três meses de cultivo, o que justificou a criação de quatro modelos matemáticos diferenciados, representando as estações do ano. Ainda nesses gráficos é possível observar variação de 1.600 a 2.400 GDD acumulados entre os meses analisados.

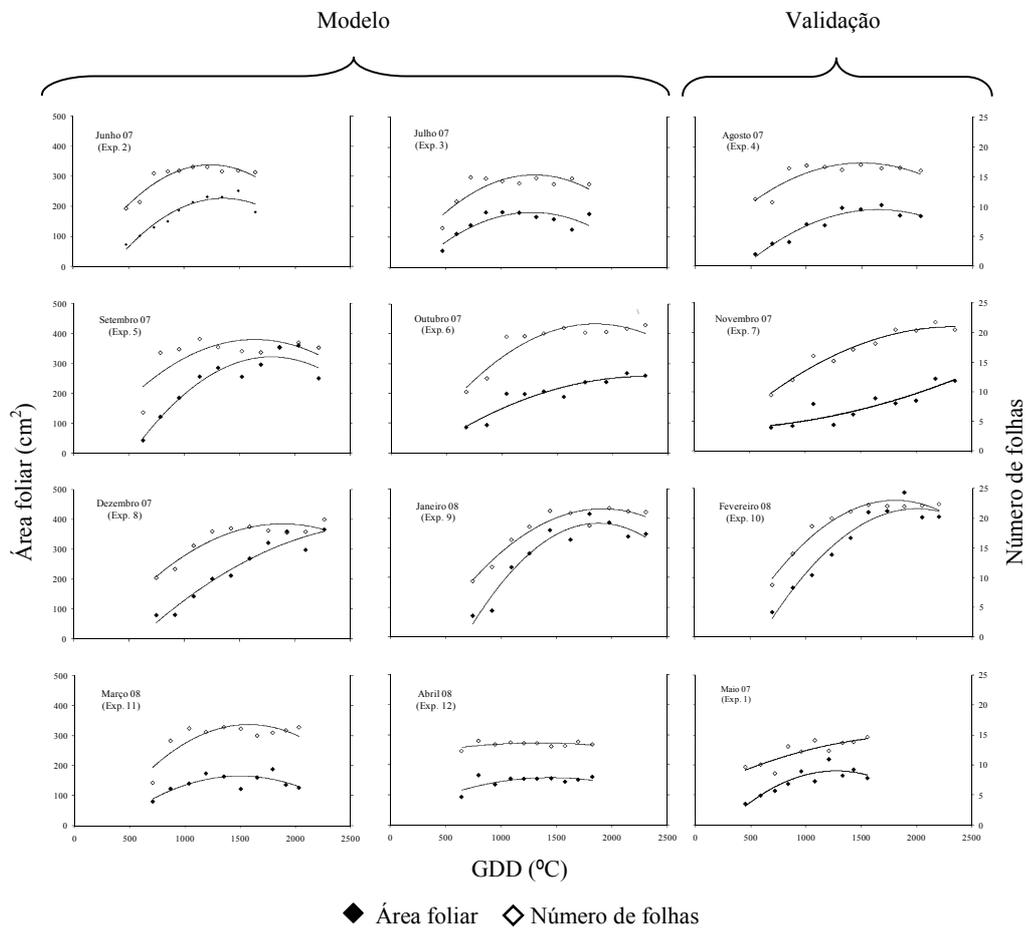


FIGURA 2 Dinâmica da área foliar e do número de folhas de crisântemo de vaso cultivar Rage associado ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), no período de maio 2007 a junho de 2008.

Observando-se o número de folhas formadas e a área foliar do crisântemo com plantio iniciado no inverno, nos meses de junho e julho, observa-se um desenvolvimento inicial mais lento, o qual pode ser visualizado pelo ângulo das curvas. Os valores máximos foram observados para acúmulo de GDD entre 1.278 e 1.349. Ao contrário, em plantios realizados em períodos mais quentes, sobretudo no verão (dezembro e janeiro), as curvas apresentam ângulos mais acentuados, indicando um desenvolvimento mais rápido, assim como maiores valores de áreas foliares, comparativamente com as plantas cultivadas no inverno. Esses maiores valores foram observados para acúmulos de 1.880 a 2.840 GDD. Essas observações permitem inferir sobre a influência do fotoperíodo no desenvolvimento do crisântemo.

A aplicação de dias longos e curtos é realizada baseando-se nas semanas de cultivo, sem considerar as temperaturas ocorridas nesse período. O crisântemo é uma espécie sensível à luminosidade, a qual é capaz de reverter processos na planta (Hamrick, 2003). Dessa forma, as plantas apresentaram desenvolvimento foliar enquanto submetidas a dias longos; com a aplicação de dias curtos, o crescimento vegetativo foi paralisado, iniciando o processo de estímulo da indução floral (De Lint & Heij, 1987; Carvalho & Heuvelink, 2001). Pelo desenvolvimento de modelos matemáticos seria possível prever o momento exato da alteração do fotoperíodo, considerando o desenvolvimento foliar e o acúmulo de GDD.

Menores valores de área foliar e número de folhas foram observados para cultivos iniciados em março e abril (outono). Nesse período, além da redução da temperatura média, que refletiu em menor desenvolvimento foliar ocasionado também pelo menor acúmulo de GDD, ocorre variação climática com redução do fotoperíodo natural. Esses fatores associados ocasionaram a formação de menor número de folhas e menor área foliar. Carvalho & Heuvelink (2001) afirmam que, com o aumento da temperatura ocorre redução da área

foliar, processo atribuído principalmente à formação de folhas menores e não ao menor número de folhas formadas. Analisando-se os resultados obtidos, observa-se que os valores de área foliar acompanham a formação de folhas, ou seja, a área foliar total é resultado do número de folhas formadas, mas não dependente da expansão dessas folhas.

É reconhecido que o aumento na temperatura média diurna durante o cultivo de crisântemo resulta em maiores taxas de formação de folhas (Karlsson et al., 1989; Carvalho & Heuvelink, 2001) e, ao contrário, em temperaturas abaixo da temperatura ótima (19°C a 21°C) para cultivo, a emissão de folhas é mais lenta (Pearson et al., 1995; Carvalho & Heuvelink, 2001).

As equações que representam os quatro modelos gerados são apresentadas na Tabela 4. De acordo com os valores de R^2 , o modelo correspondente ao período de verão apresentou melhor ajuste (93%).

TABELA 4 Resultados dos parâmetros estimados pelos modelos para crisântemo de vaso cultivar Rage, considerando área foliar e graus-dia de desenvolvimento (GDD)

Modelo	Equação	R^2
Modelo 1 (Inverno)	$y = -182,2223 + 0,6181 \text{ GDD} - 0,00024 \text{ GDD}^2$	91,37%
Modelo 2 (Primavera)	$y = -210,9739 + 0,4907 \text{ GDD} - 0,00012 \text{ GDD}^2$	87,97%
Modelo 3 (Verão)	$y = -235,7954 + 0,4753 \text{ GDD} - 0,00009 \text{ GDD}^2$	93,07%
Modelo 4 (Outono)	$y = -39,1539 + 0,2614 \text{ GDD} - 0,000008 \text{ GDD}^2$	82,20%

A validação dos modelos de área foliar foi realizada com os dados de um terceiro experimento, os quais não foram utilizados para gerar os modelos. A representação gráfica da validação dos modelos de área foliar para as quatro estações pode ser observada na Figura 3.

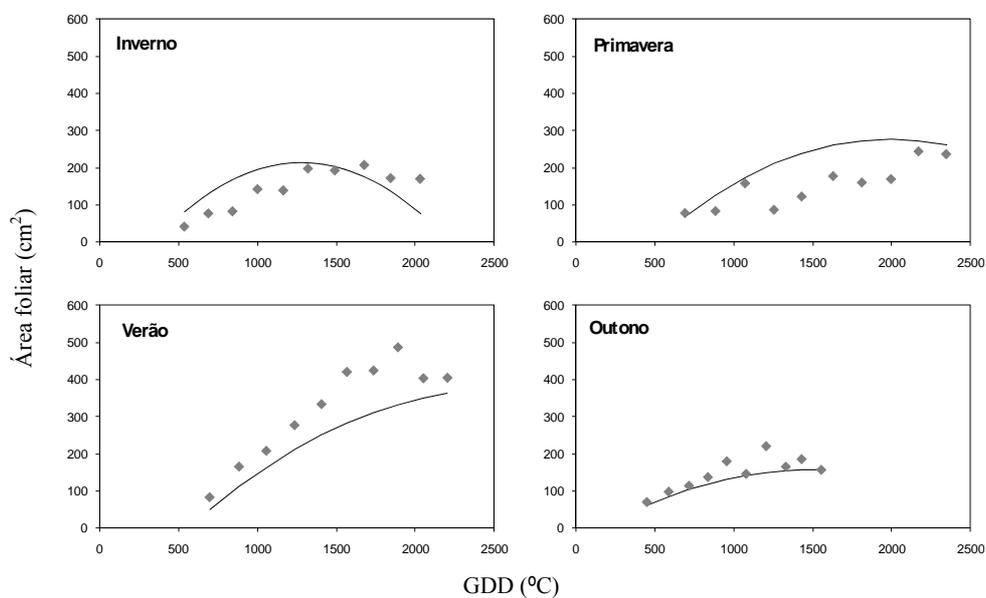


FIGURA 3 Comparação entre a área foliar observada (símbolos) e estimada (linhas) pelos modelos ajustados para crisântemo de vaso cultivar Rage, associadas ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD).

Observa-se, pelos gráficos da Figura 3, que as curvas geradas pelos modelos ajustados representam comportamento diferenciado, justificando a necessidade da determinação de modelos distintos para cada época do ano, evitando assim erros de previsão.

A performance dos modelos pode ser observada pela Figura 4, pela distribuição dos valores estimados e observados de área foliar.

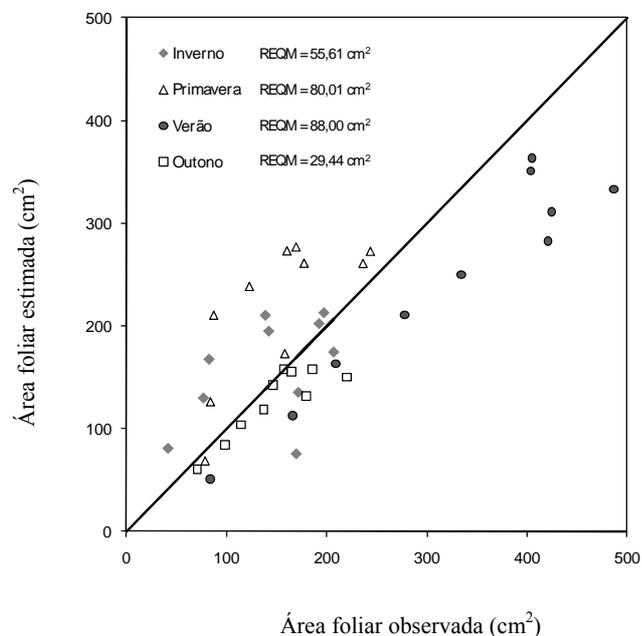


FIGURA 4 Área foliar observada versus estimada dos modelos para crisântemo de vaso cultivar Rage, associada ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Linha cheia transversal: linha 1:1.

A precisão do modelo para estimar uma produção é dada pela proximidade dos valores da linha 1:1, em que quanto mais próximos os valores estão da reta melhor é a precisão do modelo. Dessa forma, o modelo do outono foi o que melhor estimou a área foliar, apresentando menor valor (29,44 cm²) de REQM, seguido pelos modelos de inverno (55,61 cm²), primavera (80,01 cm²) e verão (88,00 cm²). Diferentemente do comportamento do REQM, observou-se que o modelo matemático que representa a área foliar no verão (93%) apresentou melhor de ajuste de R², seguido por inverno (91%), primavera (88%) e outono (82%) (Tabela 4).

6 CONCLUSÕES

- A variação do acúmulo de graus-dia durante as estações do ano influencia a área foliar e o número de folhas do crisântemo de vaso cultivar Rage. Dessa forma, foram determinadas equações diferenciadas.
- O modelo referente ao outono é o que melhor estima a área foliar para o crisântemo de vaso cultivar Rage, com o REQM de 29,44 cm².
- De maneira geral, os quatro modelos matemáticos gerados são passíveis de serem utilizados na predição da área foliar em crisântemo de vaso cultivar Rage cultivados sob estufa sem controle climático.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J. C. **Crisântemo**: produção de mudas, cultivo para corte de flor, cultivo em vaso, cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. 234 p.

CARVALHO, S. M. P.; BAKKER, M. J.; HEUVELINK, E. Improving product quality and timig of Kalanchoe: model development and validation. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 718, p. 655-662, 2006.

CARVALHO, S. M. P.; HEUVELINK, E. Influence of greenhouse climate and plant dnsity on external quality of chrysanthemum (*Dedranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura): first steps towards a quality model. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 249-258, May 2001.

DE LINT, P. J. A. L.; HEIJ, G. Effects of Day and night temperature on growth and flowering of chrysantemum. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 197, p. 53-61, 1987.

DOURADO NETO, D.; TERUEL, D. A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; FRIZZONE, J.A.; BACCHI, O. O. S. Principles of crop modeling and simulation: I. Uses of mathematical models in agricultural science. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 46-50, ago. 1998.

FAGUNDES, J. D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A. M. de; BELLÉ, R. A.; STRECK, N. A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 987-993, jul./ago. 2007.

GARY, C.; JONES, J. W.; TCHAMITCHIAN, M. Crop modeling in horticulture: state of the art. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 3-20, 1998.

HAMRICK, D. **Ball redbook**: crop production. Batava: Ball, 2003.

KARLSSON, M. G.; HEINS, R. D.; ERWIN, J. E.; BERGHAGE, R. D.; CARLSON, W. H.; BIERNBAUM, J. A. Irradiance and temperature effects on time of development and flower size in chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 257-267, 1989.

LARSEN, R. U.; BIRGERSSON, A.; NOTHNAGL, M.; KARLÉN, H. Modelling temperature and flower bud growth in November cactus (*Schlumbergera truncata*, Haw.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 76, n. 3/4, p. 73-89, Aug. 1998.

LARSEN, R. U.; PERSSON, L. Modelling flower development in greenhouse chrysanthemum cultivars in relation to temperature and response group. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 80, n. 1/2, p. 73-89, Mar. 1999.

LEE, J. H.; GOUDRIAAN, J.; CHALLA, H. Using the exponential growth equation for modeling crop growth in year-round cut chrysanthemum. **Annals of Botany**, London, v. 92, n. 5, p. 697-708, Nov. 2002.

MAINARD, J. C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARD, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Snowdon' em vaso II: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área da folha. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1709-1714, nov./dez. 2004.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperatura-base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 1987. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p. 291-300, Dec. 1997.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 376 p.

NOTHNAGL, M.; KOSIBA, A.; LARSEN, R. U. Predicting the effect of irradiance and temperature on the flowers diameter of greenhouse grown *Chrysanthemum*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, n. 3/4, p. 319-329, Feb. 2004.

PEARSON, S.; HADLEY, P.; WHELDON, A. E. A model of the effect of day and night temperatures on the height of chrysanthemum. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 378, p. 71-79, 1995.

PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. Modelo pra determinação da área foliar de *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1739-1743, nov. 2006.

PENNING DE VRIES, F. W. T.; JANSEN, D. M.; TEN BERGE, H. F. M.; BAKEMA, A. **Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops**. Netherlands: Pudoc, 1989. 271 p.

POLYSACK. **Tabela de condições climáticas para o cultivo de diferentes espécies**. 2006. Disponível em: <<http://www.polysack.com/files/e89cc711356fcbe82b8bc3f324e8aa28.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2006.

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

SCHOUTEN, R. E.; CARVALHO, S. M. P.; HEUVELINK, E.; KOOTEN, O. van. Modelling of temperature-controlled internode elongation applied to chrysanthemum. **Annals of Botany**, London, v. 90, n. 3, p. 353-359, Sept. 2002.

STRECK, N. A. A temperature response function for development of the chrysanthemum (*Chrysanthemum x morifolium* Ramat.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 49-54, jan. 2004.

CAPÍTULO 5

DETERMINAÇÃO DA ÁREA FOLIAR E NÚMERO DE FOLHAS DE CALANDIVA[®] ASSOCIADO AO ACÚMULO DE GRAUS-DIA

1 RESUMO

A Calandiva[®] é uma espécie ornamental que vem obtendo destaque no mercado de flores envasadas, pela atratividade de suas inflorescências. Objetivou-se a verificação de um procedimento matemático que permita a descrição do crescimento foliar e do número de folhas da Calandiva[®] associado ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Dois experimentos foram realizados, sendo as mudas de *Kalanchoe blossfeldiana* 'Bisset' (Calandiva[®] Pink) e *K. blossfeldiana* 'Latin Lover Rio' (Calandiva[®] Orange) plantadas e cultivadas em pote plástico (11 cm) contendo substrato e fertirrigados. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas, totalizando doze plantas por avaliação. A cada quinze dias, durante 105 dias, a área foliar foi determinada com o auxílio de um medidor de área foliar. Em cada experimento foram realizadas sete coletas quinzenais. Foram desenvolvidos dois modelos que descreve a relação entre o crescimento foliar e o acúmulo de GDD em Calandiva[®]. Para desenvolvimento desses modelos, foram utilizados os dados de cultivo do cultivar 'Bisset' e a validação foi realizada utilizando o cultivar 'Latin Lover Rio'. Esses modelos matemáticos foram validados e são passíveis de utilização em Calandiva[®], para correlacionar a área foliar e o número de folhas com graus-dia de desenvolvimento.

Palavras-chave: *Kalanchoe blossfeldiana*, constante térmica, modelagem

2 ABSTRACT

Calandiva® is an ornamental species which has been outstanding in the pot flower market due to its beauty and colorful inflorescences. The objective of this study was to verify a mathematical procedure which allows the description of leaf growth and number of leaves of the Calandiva® associated with the growing degree-days (GDD) accumulation. Two experiments were performed with *Kalanchoe blossfeldiana* cultivars Bisset (Calandiva® Pink) and Latin Lover Rio (Calandiva® Orange). Cuttings were planted and cultivated in a plastic pot (11 cm). The experimental design used was randomized blocks with 4 replicates. Each useful plot was consisted of 3 plants, totalizing 12 plants per evaluation. At each fifteen days period, during 105 days, the leaf area was determined in both experiments. Two models which describe the relation between the leaf growth and the accumulation of GDD in Calandiva® were developed. For the development of these models, cultivating data of the Bisset cultivar were used and the validation was performed using the Latin Lover Rio cultivar. These mathematical models were validated and are likely to be used in Calandiva® to correlate leaf area and number of leaves with growing degree-days. The model for the number of leaves and leaf area for Calandiva® shows an RMSE (Root Mean Squared Error) of 0.87 leaves and 281.35 cm², respectively.

Keywords: *Kalanchoe blossfeldiana*, thermal constant, modeling.

3 INTRODUÇÃO

A Calandiva[®] é uma espécie pertencente à família Crassulaceae, de hábito herbáceo, com folhas opostas, suculentas e flores vistosas devido à intensa coloração (Joly, 2002; Hamrick, 2003). Calandiva[®] é a marca comercial das novas variedades do *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln, sendo resultado de pesquisas realizadas pela empresa Fides Goldstock Breeding (Holanda) (Kalanchoe..., 2008). A característica que mais destaca a Calandiva[®] e a diferencia do kalanchoe é a presença de uma corola gamopétala vistosa (Calandiva..., 2008).

Na floricultura, assim como em outros setores agrícolas, o prévio conhecimento de como uma espécie vegetal cresce e se desenvolve em diferentes condições de clima, solo e tratos culturais é fundamental para o sucesso de sua condução e produção (Peiter et al., 2006). Com essa finalidade, estudos bioclimáticos têm sido conduzidos pela comparação do crescimento e do desenvolvimento vegetal com elementos ambientais. Na maioria desses estudos, a temperatura média do ar tem sido utilizada, por ser o principal fator que afeta o crescimento e o desenvolvimento das plantas, podendo ser contabilizada em graus-dia de desenvolvimento (GDD), sendo utilizados em modelos para simulação (Massignam, 1987).

Os modelos para simulação são utilizados para a predição do tempo de florescimento, produtividade, sistema de tomada de decisão, condução de cultivo, tempo de colheita planejado, transporte de produtos para o mercado, seleção de cultivares apropriadas em programas de melhoramento, integrar conhecimento da fisiologia da cultura e solucionar complexos problemas agrícolas (Penning de Vries et al., 1989; Dourado Neto et al., 1998; Gary et al., 1998; Larsen & Persson, 1999; Lee et al., 2002; Streck, 2004).

Algumas culturas, como as de crisântemo (Larsen & Persso, 1998; Nothnagl et al., 2004), videira (Pedro Júnior, 1994), eucalipto (Martins & Streck, 2007), milho (Streck et al., 2008) e batata (Streck et al., 2007), já foram modeladas e estudadas com diferentes tipos de modelos. Para calanchoe, trabalhos realizados por Eveleens-Clark et al. (2004); Buwalda et al. (2004); Peiter et al. (2006); Carvalho et al. (2006), propõem a modelagem e a simulação do crescimento considerando diversos fatores, porém, nenhum trabalho associando Calandiva® e GDD foi realizado. Dessa forma, objetivou-se determinar modelos matemáticos para a descrição da área foliar e do número de folhas da Calandiva® Pink (*K. blossfeldiana* ‘Bisset’), em função do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Campus Agricultural Center, na Universidade do Arizona, em Tucson (33°12’52”N, 110°55’5”W), Arizona (Estado Unidos da América), entre novembro de 2008 a fevereiro de 2009.

Mudas não enraizadas contendo três pares de folhas de *Kalanchoe blossfeldiana* ‘Bisset’ (Calandiva® Pink) e *Kalanchoe blossfeldiana* ‘Latin Lover Rio’ (Calandiva® Orange) foram obtidas de produtor comercial e colocadas para enraizar em potes de 11 cm de diâmetro contendo substrato comercial (Sunshine Mix 1) com a adição de 25% de perlita. Após plantio, as mudas foram irrigadas com água e tratadas com uma solução fúngica preventiva de Baront (7,5g.L⁻¹) e cobertas com plástico leitoso por 14 dias. Realizou-se a poda apical 21 dias após o plantio, permanecendo de 3 a 4 pares de folhas por planta. Uma segunda poda foi necessária para algumas plantas.

As mudas foram expostas a condições de dias longos (DL) por 21 dias, iniciando no dia de plantio das estacas, fornecendo 16 h.dia⁻¹ de luz pelo uso de lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 1.000 w. Depois, foram submetidas ao tratamento de dias curtos (14 h.dia⁻¹ de escuro) por 63 dias, com o uso de pano preto. A altura de planta foi controlada com 4 aplicações foliares de B-Nine (Daminozide), na concentração de 5g.L⁻¹.

As plantas foram adubadas via fertirrigação, a qual iniciou-se 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas diferentes, uma para a fase vegetativa (A), outra para a fase do florescimento (B) e a terceira (C) utilizada em ambas as fases (Tabela 1). As soluções nutritivas foram aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C).

TABELA 1 Soluções nutritivas utilizadas nos experimentos com *Kalanchoe blossfeldiana* ‘Bisset’ (Calandiva® Pink) e *Kalanchoe blossfeldiana* ‘Latin Lover Rio’ (Calandiva® Orange).

FERTILIZANTE	QUANTIDADE (g/1000L)			
	(A) FASE VEGETATIVA ^[1]	(B) FASE DE FLORESCIMENTO ^[1]	(C) AMBAS AS FASES ^[1]	
Macronutrientes	Nitrato de cálcio	500g/1000L	500g/1000L	1585g/1000L
	Sulfato de magnésio	200g/1000L	200g/1000L	---
	MAP (10-52-0) ^[2]	---	972g/1000L	---
	MKP (0-51-33) ^[3]	150g/1000L	200g/1000L	---
	NPK (15-5-30)	500g/1000L	---	---
	QUANTIDADE (g/1000L)			
Macronutrientes	Ácido bórico	10g/1000L	10g/1000L	---
	Ferro	30g/1000L	30g/1000L	---
	QUANTIDADE (ml/1000L)			
Micronutrientes	Sulfato de cobre	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Sulfato de zinco	10ml/1000L ^[4]	10ml/1000L ^[4]	---
	Molibdato de sódio	10ml/1000L ^[5]	10ml/1000L ^[5]	---

^[1] Condutividade elétrica da solução (±1,8 a ±2,0 mS/cm)

^[2] Fosfato monoamônico.

^[3] Fosfato monopotássico.

^[4] Quantidade da solução estoque preparada com 90g do nutriente/2L de água.

^[5] Quantidade da solução estoque preparada com 40g do nutriente/2L de água.

As plantas foram cultivadas em uma casa de vegetação com controle climático. A temperatura diurna foi definida em 29,4°C e a temperatura noturna, em 18,3°C. A radiação ativa fotossintética durante o período da condução medida ao nível dos olhos foi de 796,5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{d}^{-1}$.

Delineamento experimental e avaliações

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela útil foi composta de três plantas, totalizando doze plantas por avaliação.

As avaliações dos parâmetros de crescimento (área foliar e número de folhas) iniciaram-se aos 28 dias (4ª semana) após o plantio, totalizando sete avaliações destrutivas a cada 14 dias. A área foliar total (incluindo o pecíolo) foi determinada com o auxílio de um medidor de área foliar (LI-COR, Modelo 3100 Area Meter; Nebraska, USA).

Além das avaliações de crescimento, dados meteorológicos, como temperatura máxima e mínima, foram registrados, diariamente, com o auxílio de um termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 1,5m de altura do solo e no centro da área de cultivo. Os dados foram utilizados na Equação 1, para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), a partir da data de plantio.

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(T_{Máx} - T_{Mín})}{2} \right] \quad (1)$$

sendo GDD = acúmulo graus-dia de desenvolvimento (°C); $T_{Máx}$ = temperatura máxima do dia (°C); $T_{Mín}$ = temperatura mínima do dia (°C); T_{Base} = temperatura base (°C) e k = número de dias e i = dia.

A incorporação da temperatura base na Equação 1 foi realizada de acordo com a interpretação de McMaster & Wilhelm (1997), em que se $[(T_{Máx} - T_{Base})/2] < T_{Base}$, então $[(T_{Máx} - T_{Base})/2] = T_{Base}$. Para determinar o

acúmulo de GDD, utilizou-se $T_{\text{Base}} = 6^{\circ}\text{C}$ (Mota, 1989) e nenhuma limitação para a temperatura máxima.

Análises estatísticas, desenvolvimento e validação do modelo

A construção dos modelos e a estimativa dos parâmetros foram realizadas com os dados experimentais da *K. blossfeldiana* ‘Bisset’. Foi utilizada análise de regressão linear para determinar o modelo mais parcimonioso, isto é, de melhor ajuste e com maior coeficiente de determinação. O modelo gerado foi validado por meio dos dados de *K. blossfeldiana* ‘Latin Lover Rio’, com o ajuste de regressão linear, utilizando o erro quadrático médio para a estimativa dos pontos. A precisão dos modelos foi analisada pelo método da raiz do erro quadrático médio (REQM), a qual expressa o erro produzido pelo modelo; quanto menor o valor dessa estatística, melhor o modelo. O valor do REQM é calculado pela fórmula:

$$\text{REQM} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{n}} \quad (2)$$

sendo E_i = valor estimado (cm^2); O_i = valor observado (cm^2) e n = número de observações.

Os modelos de regressão foram ajustados considerando significância de 5%, pelo programa estatístico Statistical Analysis System (SAS[®]), por meio do Procedimento Regressão (PROC REG) (Sas Institute, 2002) e as validações foram realizadas utilizando-se uma planilha eletrônica, Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, Washington, USA).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o cultivo foi realizado em estufa com controle de temperatura e umidade, as variações observadas na área foliar e no número de folhas devem-se apenas ao acúmulo de GDD durante o ciclo de cultivo. No gráfico da Figura 1 (A e B) pode-se observar que a área foliar e o número de folhas formadas de calandiva apresentam um aumento constante com o acúmulo de graus-dia. Como as avaliações iniciaram-se apenas a partir da quarta semana de cultivo, o acúmulo de GDD até esse período foi de 529°C. Fagundes et al. (2007) também observaram relação linear entre o número de folhas acumuladas na haste principal do girassol de vaso e o acúmulo de graus-dia.

Foi possível também observar, em ambas as cultivares, considerando o ângulo de inclinação das retas, que o aumento de área foliar foi mais acentuado em relação à formação de folhas, ou seja, esse aumento de área não é atribuído apenas à formação de novas folhas, mas também ao aumento de dimensões dessas. Ao contrário do observado em crisântemos, segundo Carvalho & Heuvelink (2001), com o aumento da temperatura ocorre redução da área foliar, processo atribuído principalmente à formação de folhas menores e não ao menor número de folhas formadas.

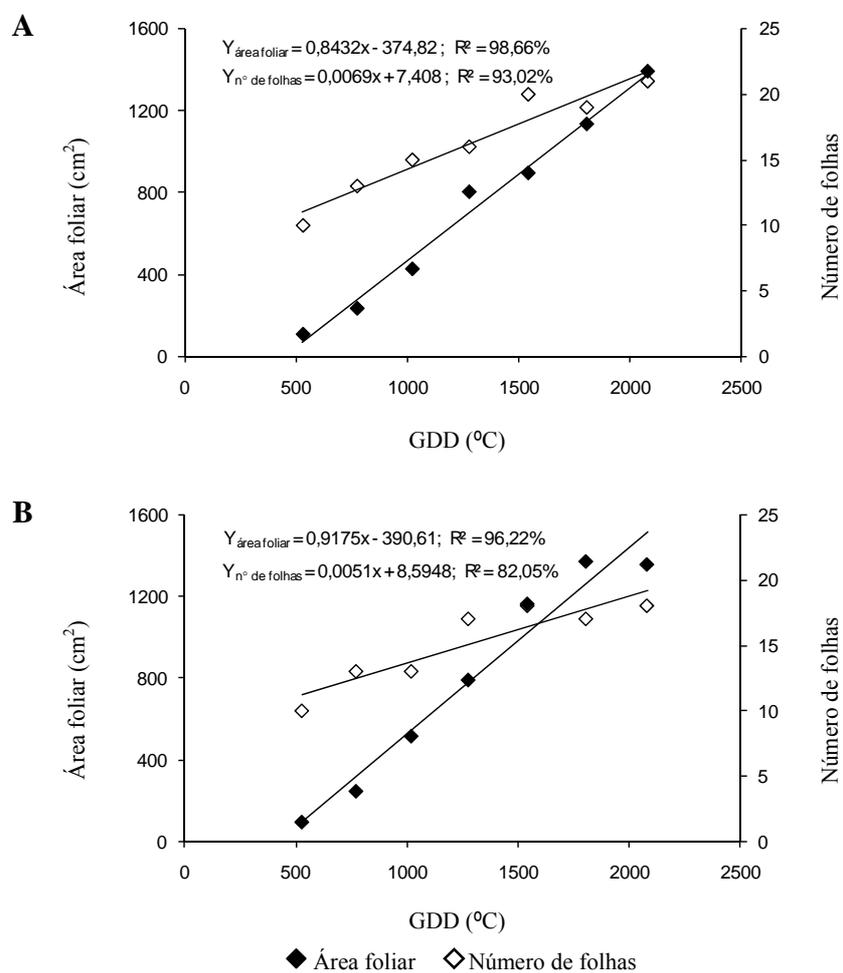


FIGURA 1 Dinâmica da área foliar e do número de folhas de crisântemo de *K. blossfeldiana* 'Bisset' (A) e *K. blossfeldiana* 'Latin Love Rio' (B), associada ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD).

Em crisântemo é conhecido que o aumento na temperatura média diurna durante o cultivo resulta em maiores taxas de formação de folhas (Karlsson et al., 1989; Carvalho & Heuvelink, 2001). E, ao contrário, em temperaturas abaixo

da temperatura ótima (19°C a 21°C) para cultivo, a emissão de folhas é mais lenta (Pearson et al., 1995; Carvalho & Heuvelink, 2001).

Entre os valores observados e estimados de número de folhas, há uma diferença de 13%, ou seja, para a predição de uma estimativa de número de folhas de uma planta em ponto de comercialização, coletada após 2.000 GDD, o número de folhas pode variar, em média, entre 17 e 23. Analisando a área foliar, também para plantas em ponto para comercialização, essa pode ser estimada entre 1.718,65 a 2.281,35 cm².

O modelo matemático que expressa a relação entre a área foliar e o acúmulo de graus-dia foi Y (área foliar) = $- 799,678 + 1,3099$ GDD (Figura 2), com coeficiente de determinação de 90,55%. Para número de folhas formadas, observou-se um ajuste de 93,78% para o modelo representado pela equação Y (Número de folhas) = $- 5,930 + 0,007$ GDD (Figura 2).

A validação dos modelos de área foliar e número de folhas foi realizada com os dados observados da cultivar Latin Love Rio. Na Figura 2 observa-se a validação dos modelos de área foliar e o número de folhas determinadas a partir da modelagem, obtidos pela análise dos dados da cultivar Bisset.

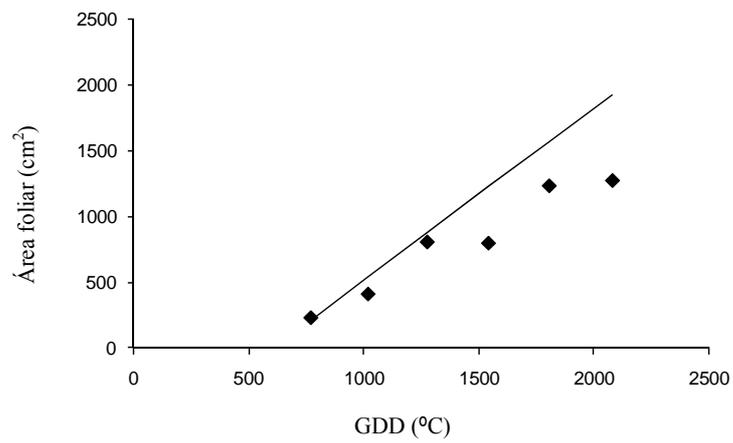
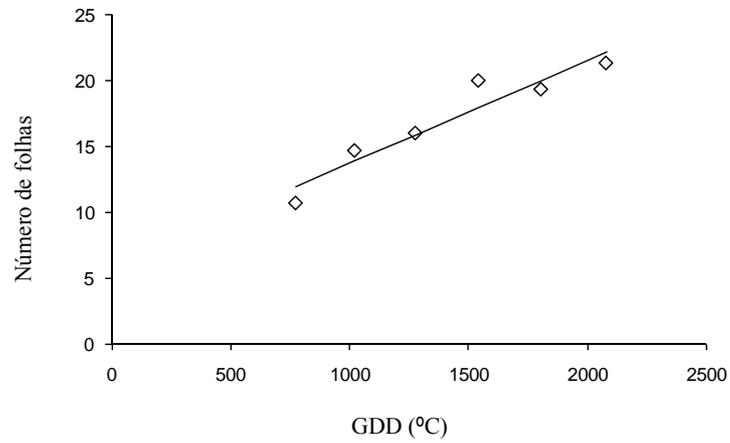


FIGURA 2 Comparação entre a área foliar e o número de folhas observado (símbolos) e estimado (linhas) pelos modelos ajustados para *K. blossfeldiana* 'Bisset' associado ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD).

A precisão do modelo para estimar um parâmetro ou uma variável é dada pela proximidade dos valores da linha 1:1, em que quanto mais próximos os valores estão da reta melhor é a precisão do modelo. O gráfico da Figura 3 representa a distribuição dos valores estimados e observados de número de folhas e área foliar.

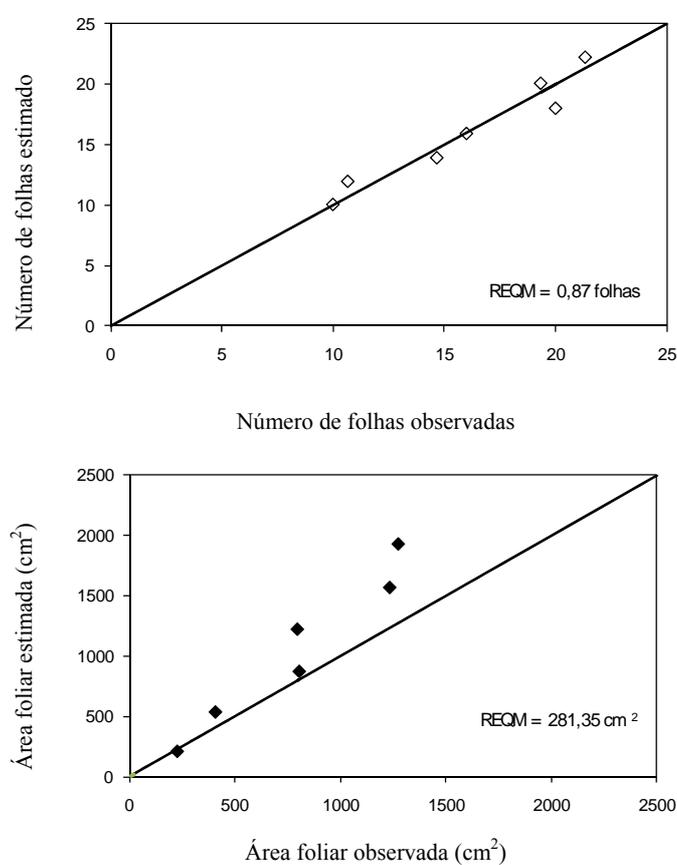


FIGURA 3 Área foliar e número de folhas observado versus estimado dos modelos para *K. blossfeldiana* 'Latin Lover Rio' associado ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD). Linha cheia transversal: linha 1:1.

Observou-se que o modelo ajustado para número de folhas apresentou um bom ajuste, com REQM de 0,87 folhas e o modelo de área foliar com REQM de 281,35 cm².

6 CONCLUSÕES

- Com a determinação de um modelo para a predição de crescimento foliar em Calandiva[®], pode-se estimar que, em cultivos com condições ambientais controladas, o ponto de comercialização ocorre com o acúmulo de 2.080 GDD e as plantas apresentam de 17 a 23 folhas e área foliar entre 1.718,65 a 2.281,35 cm².
- O modelo para número de folhas e área foliar da Calandiva[®] apresenta um REQM de 0,87 folhas e 281,35 cm², respectivamente.
- O modelo de número de folhas é passível de ser utilizado na predição do número de folhas de Calandiva[®] cultivada em casa de vegetação.
- O modelo de área foliar não apresentou bom ajuste (RQME de 281,35 cm²), não podendo ser recomendado para a predição da área foliar da Calandiva[®].

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUWALDA, F.; JILESEN, C. J. T. J.; KORSTEN, P. H. J.; ZONNENBERG, D.; NOORT, F. van. External quality and timing of flowering pot plant - Modelling side shoot emergence and biomass partitioning to flowers of Kalanchoe. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 654, p. 45-54, 2004.

CALANDIVA. Disponível em: <<http://www.calandiva.com/>>. Acesso em: 6 fev. 2008.

CARVALHO, S. M. P.; BAKKER, M. J.; HEUVELINK, E. Improving product quality and timig of Kalanchoe: model development and validation. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 718, p. 655-662, 2006.

CARVALHO, S. M. P.; HEUVELINK, E. Influence of greenhouse climate and plant dnsity on external quality of chrysanthemum (*Dedranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura): first steps towards a quality model. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 76, n. 3, p. 249-258, May 2001.

DOURADO NETO, D.; TERUEL, D. A.; REICHARDT, K.; NIELSEN, D. R.; FRIZZONE, J.A.; BACCHI, O. O. S. Principles of crop modeling and simulation: I. Uses of mathematical models in agricultural science. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 46-50, ago. 1998.

EVELEENS-CLARK, B.; CARVALHO, S. M. P.; HEUVELINK, E. A conceptual dynamic model for external quality in kalanchoe. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 654, p. 263-269, 2004.

FAGUNDES, J. D.; SANTIAGO, G.; MELLO, A. M.; BELLÉ, R. A.; STRECK, N. A. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de nitrogênio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 987-993, ago. 2007.

GARY, C.; JONES, J. W.; TCHAMITCHIAN, M. Crop modeling in horticulture: state of the art. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 3-20, 1998.

HAMRICK, D. **Ball redbook**: crop production. Batava: Ball, 2003.

JOLY, A. B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Nacional, 2002. 777 p.

KALANCHOE a flor da fortuna. Disponível em: <<http://www.veiling.com.br/kalanchoe/historia.php>>. Acesso em: 6 fev. 2008.

KARLSSON, M. G.; HEINS, R. D.; ERWIN, J. E.; BERGHAGE, R. D.; CARLSON, W. H.; BIERNBAUM, J. A. Irradiance and temperature effects on time of development and flower size in chrysanthemum. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 39, n. 3, p. 257-267, 1989.

LARSEN, R. U.; PERSSON, L. Modelling flower development in greenhouse chrysanthemum cultivars in relation to temperature and response group. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 80, n. 1/2, p. 73-89, Mar. 1999.

LEE, J. H.; GOUDRIAAN, J.; CHALLA, H. Using the exponential growth equation for modeling crop growth in year-round cut chrysanthemum. **Annals of Botany**, London, v. 92, n. 5, p. 697-708, Nov. 2002.

MARTINS, F. B.; STRECK, N. A. Aparecimento de folhas em mudas de eucalipto estimado por dois modelos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 8, p. 1091-1100, ago. 2007.

MASSIGNAM, A. M. **Determinação de temperatura-base, graus-dia e influência de variáveis bioclimáticas na duração de fases fenológicas de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.)**. 1987. 87 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MCMASTER, G. S.; WILHELM, W. W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 87, n. 4, p. 291-300, Dec. 1997.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 7. ed. São Paulo: Nobel, 1989. 376 p.

NOTHNAGL, M.; KOSIBA, A.; LARSEN, R. U. Predicting the effect of irradiance and temperature on the flowers diameter of greenhouse grown *Chrysanthemum*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 99, n. 3/4, p. 319-329, Feb. 2004.

PEARSON, S.; HADLEY, P.; WHELDON, A. E. A model of effect of day and night temperatures on the height of chrysanthemum. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 378, p. 71-79, 1995.

PEDRO JÚNIOR, M. J.; SENTELHAS, P. C.; MARTINS, F. P. Previsão agrometeorológica da data de colheita para videira ‘Niagara rosada’. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 113-119, jun. 1994.

PEITER, M. X.; ROBAINA, A. D.; PARIZI, A. R. Modelo para determinação da área foliar de *Kalanchoe blossfeldiana* Poelln. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1739-1743, nov. 2006.

PENNING DE VRIES, F. W. T.; JANSEN, D. M.; TEN BERGE, H. F. M.; BAKEMA, A. **Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops**. Netherlands: Pudoc, 1989. 271 p.

SAS INSTITUTE. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, 2002.

STRECK, N. A. A temperature response function for development of the chrysanthemum (*Chrysanthemum x morifolium* Ramat.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 49-54, jan. 2004.

STRECK, N. A.; LAGO, I.; GABRIEL, L. F.; SAMBORANHA, F. K. Simulating maize phenology as a function of air temperature with a linear and a nonlinear model. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 4, p. 449-455, abr. 2008.

STRECK, N. A.; PAULA, F. L. M. de; BISOGNIN, D. A.; HELDWEIN, A. B.; DELLAI, J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 142, n. 1, p. 1-11, Jan. 2007.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A Inseticidas utilizados para o controle de inseto-praga no cultivo do crisântemo de vaso cultivar Rage	106

TABELA 1A Inseticidas utilizados para o controle de inseto-praga no cultivo do crisântemo de vaso cultivar Rage.

Nome comercial	Princípio ativo	Dosagem (g ou ml 100L água)	Inseto-Praga
Applaud [®] 250	Thiadiazina	200	Mosca branca
Cartap BR 500	Cartape	120	Mosca minadora
Cefanol	Acefato	100	Ácaro, besouro, pulgões e tripes
Confidor 700 GRDA	Imidacloprid	60	Mosca branca
Decis 25 CE	Deltametrin	80	Pulgões e tripes
Folidol 600	Paration metílico	70	Besouro, pulgões e tripes
Folisuper 600 BR	Paration metílico	100	Besouro e pulgões
Lebaycid 500 [®]	Fentiona	100	Besouro e pulgões
Malathion	Malation	150	Pulgões e tripes
Meotrin	Fenpropratrina	30	Ácaro
Omite 720 CEBR	Propargito	30	Ácaro
Orthene 750 BR	Acefato	100	Ácaro, besouro, pulgões e tripes
Permetrina Fersol 100CE	Permetrina	15-50	Moscas e mosquitos
Tedion 80	Tetradifon	300	Ácaro
Turbo 50 CE	Beta-ciflutrina	100	Lagarta-das-folhas
Vertimec 18 CE	Abamectina	25-100	Ácaro e mosca minadora