



MARÍLIA CARVALHO

**CRESCIMENTO E COMPORTAMENTO
FISIOLÓGICO DE CRISÂNTEMO EM FUNÇÃO
DE GRAUS-DIA DE DESENVOLVIMENTO**

LAVRAS - MG

2014

MARÍLIA CARVALHO

**CRESCIMENTO E COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE
CRISÂNTEMO EM FUNÇÃO DE GRAUS-DIA DE
DESENVOLVIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientadora

Dr^a Patrícia Duarte de Oliveira Paiva

Coorientador

Dr. João Paulo R. A. D. Barbosa

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Carvalho, Marília.

Crescimento e comportamento fisiológico de crisântemo em
função de graus-dia de desenvolvimento / Marília Carvalho. –
Lavras : UFLA, 2014.

129 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Patrícia Duarte de Oliveira Paiva.

Bibliografia.

1. *Dendranthema grandiflorum*. 2. Soma térmica. 3. Planta
ornamental. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.55043

MARÍLIA CARVALHO

**CRESCIMENTO E COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO DE
CRISÂNTEMO EM FUNÇÃO DE GRAUS-DIA DE
DESENVOLVIMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Agronomia, área de concentração em Fisiologia Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2014.

Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa	UFLA
Dr. Paulo Roberto Corrêa Landgraf	UNIFAL
Dr. Augusto Ramalho de Moraes	UFLA
Dr ^a . Simone Novaes Reis	EPAMIG

Dr.^a Patrícia Duarte de Oliveira Paiva
Orientadora

LAVRAS – MG

2014

DEDICO

A minha querida mãe Celidalva Lopes Brandão pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus maravilhoso por ter concedido a vida e permitir a conclusão de mais uma etapa da minha caminhada.

A minha mãe pelo imenso amor e incentivo, por estar ao meu lado sempre em qualquer situação. A minha irmã Maíla e meus padrinhos Marcos e Neuma pela confiança e apoio. A minha orientadora Profa. Patrícia Duarte de Oliveira Paiva pela confiança, incentivo, paciência e ensinamentos nesses três anos de convivência.

Ao Prof. João Paulo R. A. D. Barbosa pela colaboração na realização deste trabalho e, principalmente pelos ensinamentos e pelas palavras de incentivo.

Aos demais membros da banca, Prof. Augusto Ramalho de Moraes, prof^a Simone Novaes Reis, Profa. Kathia Fernandes Lopes Pivetta pela colaboração nas correções e sugestões do trabalho. Ao professor Daniel Furtado do Departamento de Ciências Exatas pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao professor Carlos Maurício Paglis do Departamento de Agricultura pelos ensinamentos durante a pesquisa.

À Universidade Federal de Lavras, em particular ao Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal, pela acolhida e formação profissional, e a CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos estudantes de graduação, Bruno Munari, Flávia Fagundes e, em especial, Camila Enoki da Cunha pela disposição, eficiência e auxílio durante a condução do experimento.

Aos colegas do Programa de Pós Graduação em Fisiologia Vegetal Jean Marcel, Kamila Dázio, Dayane Meireles e Helbert Rezende pelo auxílio nas análises bioquímicas e fisiológicas. Ao quarteto (Marcelo Gomes, Marília

Mércia, Fernanda Ventorim e Michele Reis) por terem cruzado o meu caminho e me proporcionado momentos de muitas alegrias, companherismo e descontração.

A Marília Andrade Lessa pelo auxílio na concessão dos dados para validação.

A Empresa Brasilflor pela doação das mudas de crisântemo.

Aos membros do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura (NEPAFLOR) pela recepção, incentivo, compreensão e amizade.

Aos funcionários do Setor de Fisiologia Vegetal: Helena, Tanham, Joel e do Setor de Floricultura, Sr. Luís, pela amizade.

O meu sincero reconhecimento e gratidão a todos que, direta ou indiretamente fizeram parte de mais uma etapa da minha vida.

BIOGRAFIA

MARÍLIA CARVALHO, filha de Celidalva Lopes Brandão e Demétrio Firmino Carvalho, nasceu em 25 de setembro de 1982, na cidade de Gandu, no estado da Bahia. Em 2002 ingressou no curso de Bacharel em Agronomia na Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) com conclusão em 2007. Durante a graduação, foi bolsista de Iniciação Científica no período entre 2004 a 2006. Em 2006, o trabalho intitulado “Efeito de níveis de sombreamento na produção de inflorescências de *Heliconia psittacorum* var. sassy e *H. psittacorum* x *H. sparthocircinata* var. Golden Torch em Ilhéus-BA” foi premiado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) como melhor trabalho apresentado na área de Ciências Agrárias durante o XII Seminário de Iniciação Científica da Universidade Estadual de Santa Cruz. Em 2008, ingressou no mestrado em Produção Vegetal na Universidade Estadual de Santa Cruz, realizando o trabalho de dissertação intitulado “Variações morfofisiológicas e eficiência do uso da água em *Ricinus communis* L. submetida ao déficit hídrico regulado” com conclusão em 2010. Em 2011, iniciou o doutoramento em Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras (UFLA), concluindo em fevereiro de 2014. Durante o curso de doutorado, participou do Núcleo de Estudos em Paisagismo e Floricultura (NEPAFLOR), atuando como secretária entre abril de 2012 e dezembro de 2013.

RESUMO GERAL

Although chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) blooming is regulated by the photoperiod, temperature is considered a determining factor in its growth and development. However, there are few studies using the degree-days development method (DDD) in floriculture. For this, we aimed at evaluating the growth and physiologic behavior of chrysanthemum cv. White Diamond according to the DDD. We used a randomized complete block design, with five replicates and nine collections, considering the times of collection as treatments. Each useful plot was comprised of one pot with 3 plants, in a total of 15 plants per evaluation. The mathematical growth models were validated after adjusting the data and calibrating the model, and may be used for decision making on the cv. White Diamond growth. The DDD did not influenced the time of flowering, however, the lowest accumulation rate for the weekly DDD, registered during the 2nd cultivation, promoted intense vegetative growth and delayed flower opening. On the other hand, the highest accumulation rates for the weekly DDD, observed during the 2007cultivation, propitiated lower vegetative growth, rapid flower opening and better inflorescence development when compared to the 2012 cultivation. Regardless of the phenological stage and the DDD accumulation, the chrysanthemum maintained carbon assimilation. DDD accumulations reduced the Relative Growth Rate, Leaf Area Ratio and Specific Leaf Area and increased Net Assimilation Rate. In order for the vegetative stage to be completed and the reproductive stage to begin, 850.1 and 867.6 DDD, respectively, were necessary. The accumulation of sucrose and reducing sugar maintained the inflorescences turgid and the fully expanded.

Keywords: *Dendranthema grandiflorum*. Thermal accumulation. Ornamental plant.

GENERAL ABSTRACT

Although chrysanthemum blooming (*Dendranthema grandiflorum*) is regulated by the photoperiod, temperature is considered an important factor in its growth and development, however, in a few studies have been used the method of degree-days of development (GDD) in the floriculture. For this, aimed evaluated the growth and physiologic behavior of chrysanthemum cv. White Diamond according to GDD. The experimental design was a randomized complete block design with five replications and nine collected, treatments being considered the collection times. Each useful parcel was composed by one pot with 3 plants, totalizing 15 plants per evaluation. Mathematical models of growth have been validated after adjustment of the data and the model calibration and may be used for making decisions about the growth of cv. White Diamond. The GDD did not influence the time to flowering, however the lowest rate of accumulation of GDD promoted intense vegetative growth and delayed flower opening. On the other hand, the highest rates of accumulation of GDD observed during cultivation in 2007 propitiated lower vegetative growth, rapid flower opening and better development of the inflorescence in relation to the cultivation of 2012. Regardless of the phenological stage and the accumulation of GDD, chrysanthemum kept the carbon assimilation. GDD accumulations reduced the Relative Growth Rate, Leaf Area Ratio and Specific Leaf Area and increased Net Assimilation Rate. It is required 850.1 GDG for the vegetative phase being completed and 867.6 GDD for the reproductive phase be initiated. The accumulation of sucrose and reducing sugar remained turgid and the fully expanded inflorescences.

Keywords: *Dendranthema grandiflorum*. Thermal accumulation. Ornamental plant.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	Introdução Geral	12
1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Crisântemo (<i>Dendranthema grandiflorum</i> (Ramat) Tzvelev)	14
2.2	Influência da temperatura no crescimento	16
2.3	Graus-dia de desenvolvimento (GDD)	18
2.4	Uso da modelagem no crescimento vegetal	19
2.5	Classificação e elaboração de um modelo matemático	20
	REFERÊNCIAS	23
CAPÍTULO 2	Validação de modelo de crescimento de crisântemo em função de graus-dia de desenvolvimento	32
1	INTRODUÇÃO	34
2	MATERIAL E MÉTODOS	37
2.1	Material vegetal e condições de cultivo	37
2.2	Registro da temperatura	39
2.3	Coletas	40
2.4	Determinação da massa seca	40
2.5	Delineamento experimental	41
2.6	Modelagem e Validação	41
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4	CONCLUSÃO	53
	REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO 3	Influência de graus-dia de desenvolvimento no crescimento e florescimento de crisântemo	58
1	INTRODUÇÃO	60
2	MATERIAL E MÉTODOS	62
2.1	Condições de cultivo	62
2.2	Registro da temperatura	64
2.3	Análise de crescimento	65
2.4	Determinação da massa seca	66
2.5	Delineamento experimental e análise estatística	66
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4	CONCLUSÕES	73
	REFERÊNCIAS	74
CAPÍTULO 4	Influência de graus-dia de desenvolvimento nas características fisiológicas e fenologia do crisântemo	78

1	INTRODUÇÃO	80
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	82
2.1	Material vegetal e condições de cultivo	82
2.2	Registro da temperatura.....	84
2.3	Avaliações das trocas gasosas foliares	85
2.4	Análise de pigmentos cloroplastídicos.....	86
2.5	Análise de crescimento.....	86
2.6	Determinação da massa seca	88
2.7	Avaliação do padrão de qualidade dos vasos	88
2.8	Delineamento experimental e análise estatística	88
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
4	CONCLUSÕES.....	101
	REFERÊNCIAS	102
	CAPÍTULO 5 Influência dos graus-dia de desenvolvimento sobre as alterações bioquímicas dos estádios florais de crisântemo	106
1	INTRODUÇÃO	108
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	110
2.1	Material vegetal e condições de cultivo	110
2.2	Determinação dos teores de carboidratos	113
2.3	Registro da temperatura.....	114
2.4	Delineamento experimental e análise estatística	115
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	116
4	CONCLUSÕES.....	125
	REFERÊNCIAS	126

CAPÍTULO 1 Introdução Geral

1 INTRODUÇÃO

O interesse pela floricultura no Brasil evidenciou-se há alguns anos, no momento em que as plantas começaram a ocupar lugar de destaque na ornamentação (LANDGRAF; PAIVA, 2009). A floricultura empresarial brasileira já se caracteriza como um dos mais promissores segmentos da horticultura (DAVID; ROSSI, 2010) e tem demonstrado ser competitiva no setor de agronegócio devido a novas tecnologias (SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS, SEBRAE, 2003), alcançando elevados padrões de qualidade (BECKMANN-CAVALCANTE et al., 2009). Em 2013, o setor movimentou R\$ 5,2 bilhões de reais, 13% superior em relação ao ano de 2012. São Paulo é o mais importante estado produtor, apresentando faturamento de R\$ 1,8 bilhão em 2013. Em seguida, aparece o Rio de Janeiro, que movimentou R\$ 576 milhões, com aumento de 23% em comparação ao valor registrado no ano anterior (IBRAFLOR, 2014a).

O crisântemo é uma cultura ornamental de grande aceitação no mercado por apresentar grande diversidade de cores e formatos de inflorescências, resistência ao transporte e durabilidade pós-colheita (BARBOSA et al., 2012; FERNANDES et al., 2007; GRUSZYNSKI, 2001). Entretanto, características de tamanho, cor e formato de uma nova cultivar são as únicas informações da cultura que o produtor recebe do melhorista. Poucos são os estudos sobre as consequências de condições de temperatura sub e supra - ótimas na previsão da data de colheita do produto (LARSEN; PERSSON, 1999).

A temperatura é um dos fatores mais determinantes no crescimento e desenvolvimento da planta (YAN; HUNT, 1999), sendo o sistema de unidades térmicas ou graus-dia de desenvolvimento (GDD) uma das maneiras de se

relacionar o desenvolvimento de um vegetal com a temperatura média do ar (RUMML; VUKOVIC; MILATOVIC, 2010; SOUZA, 1990). Este sistema vem sendo utilizado para quantificar o desenvolvimento fenológico das culturas (BARBASSO; PEDRO JÚNIOR; PIO, 2005; SNYDER et al., 1999), além de ser muito utilizado na previsão de colheita (BARDIN et al., 2010; BELTRÃO et al., 2007; GONÇALVES, 2006; NUNES et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2008; TRENTIN et al., 2008).

Sabendo-se que a temperatura exerce grande influência no comportamento da planta, há a necessidade de um bom modelo que permita a simulação da temperatura (YAN; HUNT, 1999) de forma a integrar o conhecimento da fisiologia da produção e de ferramentas importantes para sistemas de apoio à decisão (LARSEN; PERSSON, 1999), auxiliando na melhor compreensão das operações de um sistema real e as interações de seus componentes (DOURADO NETO et al., 1998).

Ainda que, na agricultura, a modelagem tenha sido uma ferramenta muito utilizada para prever data de colheita, poucos trabalhos abordam a validação destes modelos para que se tenha a comprovação de que os resultados simulados correspondem aos reais. Por isso, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o crescimento e o comportamento fisiológico do crisântemo cv. White Diamondem função de graus-dia de desenvolvimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

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

Dentre as plantas ornamentais mais comercializadas no Brasil, o crisântemo ocupa a sexta posição em plantas de vaso e a quarta posição em flores de corte (IBRAFLOR, 2014b). As principais mudas de plantas ornamentais exportadas pelo Brasil são as estacas de crisântemo, seguidas por mudas sem raiz ou de raiz nua, tais como as de violeta, begônias e comigo-ninguém-pode, além daquelas produzidas em torrões de substratos estéreis, como antúrios, calateias, marantas e forrações diversas – lantana, peperômia, singônio, impatiens e outras (JUNQUEIRA; PEETZ, 2014). O crisântemo pertence ao antigo gênero *Chrysanthemum* que foi reclassificado como *Dendranthema grandiflora* Tzvelev (ANDERSON, 1987) pertence à família Asteraceae, com sua origem nas regiões subtropicais da Ásia e da África (PETRY, 2000).

Dentre as diversas cultivares de crisântemo, a cultivar White Diamond apresenta o formato da inflorescência do tipo decorativo, composta basicamente de flores pistiladas, porém as pétalas externas são mais longas que as internas, conferindo uma aparência achatada e com tempo de reação (número de semanas do início da aplicação de dias curtos até o ponto de comercialização) de oito semanas (BRASILFLOR, 2013).

É uma planta de cultivo relativamente fácil, exigindo, no entanto, controle fotoperiódico para a indução de floração. É classificada como planta de dias curtos, com fotoperíodo crítico de 13 horas de luz para que o florescimento seja induzido (BARBOSA; ZUIN 2003). Em contrapartida, quando submetida à fotoperíodo acima de 13 horas de luz, pode produzir hastes muito finas e flexíveis, o que compromete a sustentação da inflorescência, além de

desenvolverem brotos e inflorescências anormais, resultando em menor qualidade do produto (BARBOSA et al., 2005; MCMAHON, 1999; MELLO, 2003; NARDI et al., 2011).

O ciclo de produção do crisântemo é medido a partir do dia de início da indução floral até o ponto de comercialização (TOLLOTI, 2001), atingido quando, aproximadamente, 50 a 60% das inflorescências estiverem abertas (BARBOSA et al., 2005). Dessa maneira, as cultivares de vaso são classificadas em: precoces – florescem em um período de 7 a 9 semanas; médias – florescem em período de 10 a 12 semanas e; tardias – com florescimento em um período de 13 a 15 semanas (BARBOSA; ZUIN, 2003). O ciclo de produção varia em função da época do ano e da cultivar, de forma que, a produtividade média do verão é menor que a do inverno, quando são obtidas inflorescências de melhor qualidade em função das temperaturas mais amenas (BARBOSA et al., 2003). O estágio vegetativo do crisântemo é caracterizado por crescimento vigoroso, diferenciação contínua de folhas, nós e entrenós, caules e raízes favorecido pela indução sob dias longos (BARBOSA; STRINGUETA; MUNIZ, 2003). Dessa forma, o número de dias longos deve ser reduzido em cultivares de porte alto e o desbaste deverá ser realizado o mais precoce possível (BARBOSA; STRINGUETA; MUNIZ, 2003; BARBOSA et al., 2012). Já no estágio reprodutivo, depois da transição floral, a identidade do meristema apical da parte aérea se converte e se desenvolve como meristema floral (ODA et al., 2012; YU et al., 2013) quando ocorre diferenciação de gemas apicais, órgãos florais, sépalas, pétalas, anteras e carpelos (BARBOSA; GROSSI; ZUIN, 2003). Esta transição é regulada por sinais ambientais como o comprimento do dia, intensidade de radiação e a temperatura (YU et al., 2013).

Dentre os parâmetros que determinam a qualidade de plantas de crisântemo envasadas, estão: altura, diâmetro de planta, número e diâmetro de inflorescências. Características estas que variam de acordo com a cultivar,

tamanho de vaso e sistema de condução (BRUM et al., 2007; TOLLOTTI, 2001). O manejo adequado desses fatores melhora a qualidade de apresentação das plantas no vaso e reduz o período de produção, maximizando o retorno financeiro ao produtor (BRUM et al., 2007).

2.2 Influência da temperatura no crescimento

Na última década, houve grande interesse em estudos que avaliaram a resposta da fotossíntese à temperatura (WAY; SAGE, 2008; NIU; RODRIGUEZ; WANG, 2006; BRONSON; GOWER, 2010). A fotossíntese é composta por três processos: bioquímico, respiratório e estomático. Dessa forma, compreender e quantificar estas respostas são fundamentais para a predição dos efeitos do aquecimento global na produtividade da planta (LIN; MEDLYN; ELLSWORTH, 2012; YAMORI; HIKOSAKA; WAY, 2014).

Embora o florescimento do crisântemo seja regulado pelo fotoperíodo (BARBOSA; ZUIN, 2003), a temperatura é considerada um fator determinante no crescimento e desenvolvimento da planta (YAN; HUNT, 1999), sendo a faixa ótima de temperatura para o seu cultivo de 18° a 25°C (PETRY, 2000). Em condições de temperaturas supra-ótimas há a produção de inflorescências com diâmetro menor (CARVALHO; ABI-TARABAY; HEUVELINK, 2005; JERZY; BRÉS, 2011) e maior número de inflorescência por planta (CARVALHO; ABI-TARABAY; HEUVELINK, 2005). Por outro lado, temperaturas noturnas muito baixas provocam má formação das inflorescências (PETRY, 2000).

Estudos realizados com crisântemo 'Lompoc' em temperatura de 23,3°C produziram plantas com diâmetro de inflorescência de 55 mm, enquanto que, quando submetidas a temperaturas próximas a 15°C, o diâmetro da inflorescência foi maior, atingindo aproximadamente 70 mm (NOTHNAGL;

KOSIBA; LARSEN, 2004). Além disso, temperatura mais baixa durante a fase de visualização do botão floral aumentou a intensidade da cor da inflorescência em crisântemo cv 'Reagan' (CARVALHO; ABI-TARABAY; HEUVELINK, 2005).

A faixa de temperatura entre 18 – 22°C garantiu um florescimento mais precoce em crisântemo cv Pert, com visualização do botão floral aos 19-23 dias após o desponte (HIDÉN; LARSEN, 1994). Adams, Pearson e Hadley (1998) ao estudarem o efeito da temperatura sobre a iniciação floral de crisântemo 'Snowdon' observaram que o florescimento ocorreu aos 57 dias após o desponte quando submetida a uma temperatura de 20,4°C, enquanto que em temperatura de 9,6°C o florescimento somente ocorre aos 126 dias, enquanto que temperaturas de 32– 35°C podem paralisar o florescimento completamente (COCKSHULL; KOFRANEK, 1994).

Além de a temperatura influenciar na iniciação floral do crisântemo, ela também afeta sensivelmente os índices fisiológicos das plantas (PEIXOTO; PEIXOTO, 2009). Esses índices envolvidos e determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório em sintetizar e alocar assimilados nos diferentes órgãos (FONTES; DIAS; SILVA, 2005). A análise de crescimento é o meio mais acessível e preciso para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal, além de descrever as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, (BENINCASA, 2003), crescendo sob condições naturais ou controladas (HUNT, 2003).

A taxa de crescimento relativo (*TCR*) e a taxa de assimilação líquida (*TAL*) em crisântemo decrescem com o avanço do ciclo da cultura em decorrência da diminuição na produção de folhas, diminuindo a superfície fotossinteticamente ativa à medida que o ciclo da cultura avança (FARIAS; SAAD, 2005; 2011).

A influência da temperatura e do fotoperíodo na produção de matéria seca e no crescimento de diferentes cultivares de crisântemo foi observada durante o período de dias longos, proporcionando maiores *TCR* quando em temperatura de 20°C (PLOEG; SMID; HEUVELINK, 2005) e redução da *TAL* e razão de peso foliar (*RPF*) em temperatura de 15°C. A razão de área foliar (*RAF*) e na área foliar específica (*AFE*) foram maiores em temperatura de 15°C (PLOEG et al.; 2007).

2.3 Graus-dia de desenvolvimento (GDD)

Uma das maneiras de se relacionar o desenvolvimento de um vegetal com a temperatura média do ar é o uso do sistema de unidades térmicas ou graus-dia de desenvolvimento (GDD) (RUMML; VUKOVIC; MILATOVIC, 2010; SOUZA, 1990). Graus-dia é definido como a quantidade de calor efetivamente acumulado durante o dia (BRUNINI et al., 1976) e se baseia na premissa de que uma planta necessita de certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos necessários, para completar determinada fase fenológica (GADIOLI et al., 2000) e tem sido muito utilizado para representar o tempo biológico (PAULA et al., 2005).

Para o cálculo de graus-dia, subtrai-se a temperatura base de crescimento da espécie, do valor de temperatura média diária do local de estudo (BRUNINI et al., 1976) e o resultado corresponde ao número de graus-dia acumulados, durante o dia, acima da temperatura base (SHAYKEWICH, 1995). A temperatura base é a temperatura mínima abaixo da qual o vegetal paralisa o seu desenvolvimento (SHAYKEWICH, 1995; SOUZA, 1990), sendo específica para cada espécie. Cada grau acima da temperatura base corresponde a um grau-dia. Cada espécie vegetal possui uma temperatura base para diferentes fases fenológicas ou pode-se adotar um valor único para todo o ciclo da cultura

(PEZZOPANE et al., 2008). Em crisântemo, a temperatura base corresponde a 6°C (MOTA, 1989).

Apesar do GDD ser muito utilizado na predição de colheita e na fenologia de diversas culturas, em crisântemo, muitos estudos abordam relações entre o tempo de florescimento e de crescimento em função da temperatura (LARSEN; PERSON, 1999; PEARSON; HADLEY; WHELDON, 1993; YANG; LOGAN; COFFEY, 1995;), mas poucos utilizam o método GDD.

Dentre os relatos existentes, destaca-se o estudo de Lessa (2009) que analisou o crescimento de crisântemo cultivar 'Rage' em função do GDD em diferentes épocas do ano e observou que, GDD entre 1.557 a 2.034 proporcionou maior porcentagem de inflorescências abertas, ao passo que, 2.200 GDD resultou em um atraso na abertura floral, culminando em uma maior permanência no estágio vegetativo, atrasando o desenvolvimento floral. A cultivar apresentou uma necessidade térmica de 1.854 GDD para que as plantas apresentassem 60% de inflorescências abertas, 28 cm de altura e 15 estruturas florais, condições essas necessárias para a sua comercialização. Em estudos com *Kalanchoe blossfeldiana*, foi demonstrado que o ponto de comercialização ocorre com o acúmulo de 2.080 GDD quando as plantas apresentaram de 17 a 23 folhas e uma área foliar entre 1.718,65 a 2.281,35 cm² (LESSA, 2009).

2.4 Uso da modelagem no crescimento vegetal

Uma das formas de integrar o conhecimento da fisiologia da produção e o controle de processos e sistemas de apoio à decisão é o uso da modelagem matemática (LARSEN; PERSSON, 1999) que vem sendo aplicada na área agrícola, desde a década de 1970, auxiliando a definir estratégias de controle de pragas, prever safras e auxiliar no manejo das plantações (SGRILLO; SGRILLO, 2003).

A modelagem matemática permite melhor compreensão das operações de um sistema real e as interações de seus componentes, sendo excelente mecanismo de previsão de rendimento (DOURADO NETO et al., 1998), planejamento de época de colheita (STRECK, 2004) e época de florescimento (GARY; JONES; TCHAMITCHIAN, 1998).

A técnica baseia-se no uso de equações matemáticas a fim de descrever o comportamento da planta em resposta às condições ambientais (SILVA; BERGAMASCO, 2001), como a temperatura, umidade, fotoperíodo e radiação, sendo essas equações o produto das análises de regressão, no qual se escolhe o modelo com possível explicação biológica (MEDINA-RUIZ et al., 2011; SHAYKEWICH, 1995). Assim, a modelagem deve permitir um maior entendimento dos fenômenos naturais (TERUEL et al., 2000), auxiliando na compreensão das interações do sistema solo-planta-atmosfera (DOURADO NETO et al., 1998).

O uso da modelagem em plantas ornamentais ainda é muito limitado, no entanto, equações exponenciais de crescimento em crisântemo têm sido utilizadas e demonstraram ser uma ferramenta útil para quantificar os parâmetros de crescimento, principalmente quando a luz é o fator limitante do crescimento (LEE; GOUDRIAAN; CHALLA, 2003).

2.5 Classificação e elaboração de um modelo matemático

Os modelos podem ser classificados em diferentes tipos: conceitual, físico ou matemático (ACOCK; ACOCK, 1991). O tipo conceitual requer conhecimento amplo do assunto e relaciona várias áreas do conhecimento (PESSOA et al., 1997). O modelo físico raramente é utilizado para representar sistemas biológicos, sendo relativamente rígido (DOURADO NETO et al.,

1998). O tipo matemático é uma integração de processos naturais em fórmulas matemáticas (BELLOCCHI et al., 2010).

Os modelos matemáticos podem ser classificados em diversas classes, porém os dois principais são o empírico e o mecanicista (RENTON; HANAN; BURRAGE, 2005). Os modelos empíricos também chamados de correlativos ou estatísticos descrevem relações entre as variáveis, não podendo ser extrapolados, uma vez que, descrevem o comportamento da planta com base em observações em nível de planta, devendo ser utilizados apenas em condições semelhantes aos que foram gerados e não são capazes de simular a adaptabilidade das plantas a diferentes condições (RENTON; HANAN; BURRAGE, 2005). Nestes modelos, as variáveis independentes geralmente são: precipitação, temperatura do ar ou tensão de água no solo (MOTA, 1983).

O modelo mecanicista, também denominado de explanatório, representa relações de causa e efeito entre as variáveis (DOURADO NETO et al., 1998). Geralmente os modelos mecanicistas são mais robustos (RENTON; HANAN; BURRAGE, 2005) e consideram as leis físicas, químicas e biológicas, permitindo a integração de conhecimentos como a fisiologia da cultura e as condições climáticas (HEUVELINK, 1996; LARSEN; PERSON, 1999; MARCELIS; HEUVELINK; GOUDRIAAN, 1998).

A abordagem clássica para a elaboração de um modelo matemático ocorre em quatro fases: formulação, verificação, calibração e validação (GARY; JONES; TCHAMITCHIAN, 1998; HAEFNER, 2005).

A formulação envolve a finalidade para qual o modelo foi criado e a definição da equação. A verificação indica se o modelo está correto, servindo de base para tomada de decisão (DOURADO NETO et al.; 1998; ORESKES; SHRADER-FRECHETTE; BELITZ, 1994). A calibração envolve a relação entre os valores observados e os valores estimados (HAEFNER, 2005). A validação é a fase na qual a validade do modelo é testada com outros dados

independentes dos utilizados para gerar o modelo (HAEFNER, 2005), é a fase em que se define qual o melhor modelo (GARDNER; URBAN, 2003).

A validação é critério fundamental no desenvolvimento de um modelo (KÖNIG, 2010; SARGENT, 2001) e consiste em testar o seu desempenho de acordo com critérios pré-estabelecidos (BELLOCCHI et al., 2010). É a confirmação de que ele realmente representa o sistema real. É a prova de que os resultados que são gerados correspondem aos resultados do cenário simulado (HUTH; HOLZWORTH, 2005; JONES; WILCOX, 2008).

REFERÊNCIAS

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. The effect of temperature on inflorescence initiation and subsequent development in chrysanthemum cv. Snowdon (*Chrysanthemum x morifolium* Ramat.). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 77, p. 59-72, Sept. 1998.

ANDERSON, N. O. Reclassifications of the genus *Chrysanthemum* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 22, n. 2, p. 313, Apr. 1987.

BARBASSO, D. V.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PIO, R. M. Caracterização fenológica de variedades do tipo Murccot em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 399-403, Dec. 2005.

BARBOSA, J. G. et al. Crisântemo. In: PAIVA, P. D. de O.; ALMEIDA, E. F. A. **Produção de flores de corte**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2012. v. 1, p. 245.

BARBOSA, J. G. et al. Cultivo de crisântemo para corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 36-43, set. 2005.

BARBOSA, J. G.; GROSSI, J. A. S.; ZUIN, A. H. L. Introdução, botânica, mercado. In: BARBOSA, J. G. **Crisântemos** – produção de mudas – cultivo para corte de flor – cultivo em vaso – cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. p. 15.

BARBOSA, J. G.; STRINGHETA, A. C. O.; MUNIZ, M. A. Plantio e condução das plantas. In: BARBOSA, J. G. **Crisântemos** – produção de mudas – cultivo para corte de flor – cultivo em vaso – cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. p. 15.

BARBOSA, J. G.; ZUIN, A. H. L. Cultivares para corte de flor e produção em vaso. In: **Crisântemos** – produção de mudas – cultivo para corte de flor – cultivo em vaso – cultivo hidropônico. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003. p. 22.

BARDIN, L. et al. Estimativas das épocas de colheita da videira 'Niagara rosada' na região do pólo turístico do circuito das frutas, São Paulo. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 135-139, mar./abr. 2010.

BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. et al. Soluções nutritivas no desenvolvimento do crisântemo cultivado em vaso. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 205-219, abr./jun. 2009.

BELLOCCHI, G. et al. Validation of biophysical models: issues and methodologies. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis, v. 30, n. 1, p. 109-130, Mar. 2010.

BELTRÃO, N. E. de M. et al. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão/Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2007. p. 45

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 2003. 41 p.

BRASIL deixa de exportar flores e passa a importar. **Informativo IBRAFLOR**, v. 5, n. 41, 2014 Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=216>>. Acesso em: 15 fev.

BRASILFLOR. **Variedade**: whitediamond. Disponível em: <http://www.brasilflor.com.br/mostra_det.php?id=85>. Acesso em: 25 out. 2013.

BRONSON, D. R.; GOWER, S. T. Ecosystem warming does not affect photosynthesis or aboveground autotrophic respiration for boreal black spruce. **Tree Physiology**, Oxford, v. 30, n. 4, p. 441-449, Apr. 2010.

BRUM, B. et al. Crescimento, duração do ciclo e produção de inflorescências de crisântemo multiflora sob diferentes números de despontes e tamanhos de vasos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 682-689, maio/jun. 2007.

BRUNINI, O. et al. Temperatura-base para alface cultivar "White Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 19, p. 213-219, jul. 1976.

CARVALHO, M. P. S.; ABI-TARABAY, H.; HEUVELINK, E. Temperature affects chrysanthemum flower characteristics differently during three phases of the cultivation period. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v. 80, n. 2, p. 209-216, Nov. 2005.

COCKSHULL, K. E.; KOFRANEK, A. M. High night temperatures delay flowering, produce abnormal flowers and retard stem growth of cut-flower chrysanthemums. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 217-234, Jan. 1994.

DADOS de mercado. **Informativo IBRAFLOR**, v. 5, n. 42, 2014. (Setor na Mídia). Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=218>>. Acesso em: 15 fev. 14.

DAVID, E.; ROSSI, L. A. Diferentes tecnologias de iluminação pra produção de mudas de crisântemo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 3, p. 261-166, mar. 2010.

DOURADO-NETO, D. et al. Principles of crop modeling and simulation: I. uses of mathematical models in agricultural science. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, p. 46-50, ago. 1998. Special Issue.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Análise de crescimento do crisântemo de vaso, cultivar Puritan, irrigado em diferentes tensões de água em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 75-79, Jan./Mar. 2011.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Crescimento e qualidade de crisântemo cultivado em vaso sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 740-742, jul./set. 2005.

FERNANDES, E. P. et al. Marcha de acúmulo de fitomassa em crisântemo (*Dendranthema grandiflorum* T., var. salmon Reagan). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 137-141, jul./set. 2007.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 94-99, jan./mar. 2005.

GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, jul./set. 2000.

GARDNER, R. H.; URBAN, D. L. **Model validation and testing**: past lessons, present concerns, future prospects. In: CANHAM, C. D.; COLE, J. J.; LAUENROTH, W. K. (Ed.). **Models in ecosystem science**. Princeton: Princeton University, 2003. p. 184–203.

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

GONÇALVES, C. **Fenologia, exigências bioclimáticas e características físicas da zínia ‘Profusion Cherry’ envasada cultivada em ambiente protegido**. 2006. 54 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Produção Agrícola) – Instituto Agronômico de Campinas, São Paulo, 2006.

GRUSZYNSKI, C. **Produção comercial de crisântemos**: vaso, corte e jardim. Guaíba: Agropecuária, 2001. 166 p.

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

HEUVELINK, E. Dry matter partitioning in tomato: validation of a dynamic simulation model. **Annals of Botany**, Oxford, v. 77, n. 1, p. 71–80, Sept. 1996.

HIDÉN, C.; LARSEN, R. U. Predicting flower development in greenhouse grown *Chrysanthemum*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 58, p. 123-138, June 1994.

HUNT, R. Growth analysis, individual plants. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, D. (Ed.). **Encyclopaedia of applied plant sciences**. London: Academic, 2003. p. 579-588.

HUTH, N.; HOLZWORTH, D. Common sense in model testing. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON MODELLING AND SIMULATION: advances and applications for management and decision making, 2005, Melbourne. **Proceeding...** Melbourne: MODSIM, 2005. p. 2804–2809.

JERZY, M.; BRÉS, W. Seasonal changes of photoperiodic response and inflorescence quality in pot cultivars of *Chrysanthemum × grandiflorum* grown in greenhouse. **Acta Agrobotânica**, Lublin, v. 64, n. 4, p. 85–90, June 2011.

JONES, A. C.; WILCOX, R. K. Finite element analysis of the spine: Towards a framework of verification, validation and sensitivity analysis. **Medical Engineering & Physics**, Philadelphia, v. 30, p. 1287–1304, Dec. 2008.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. **2013**: balanço do comércio exterior da floricultura brasileira. Boletim de Análise Conjuntural do Mercado de Flores e Plantas Ornamentais no Brasil. Hórtica Consultoria e Treinamento, 2014. p. 1-8. Disponível em: <http://www.hortica.com.br/artigos/2014/2013_Comercio_Exterior_Floricultura.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2014.

KÖNIG, I. R. Validation in genetic association studies. **Briefings in Bioinformatics**, Oxford: v. 12, n. 3, p. 253-258, May 2010.

LANDGRAF, P. R. C.; PAIVA, P. D. O. Produção de mudas para jardim no Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 127-131, jan./fev. 2009.

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, p. 73-89, Mar. 1999.

LEE, J. H.; GOUDRIAAN, J.; CHALLA, H. Using the expolinear growth equation for modeling crop growth in year-round cut Chrysanthemum. **Annals of Botany**, Oxford, v. 92, n. 5, p. 696-708, Sept. 2003.

LESSA, M. A. **Análise e modelagem do crescimento do crisântemo e calandiva em vaso em função de graus dia de desenvolvimento**. 2009. 116 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LIN, Y.; MEDLYN, B. E.; ELLSWORTH, D. S. Temperature responses of leaf net photosynthesis: in role of component process. **Tree Physiology**, Oxford, v. 32, n. 2, p. 219-231, Jan. 2012.

MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, n. 1/2, p. 83–111, Apr. 1998.

MCMAHON, M. Development of *Chrysanthemum* meristems grown under far-red absorbing filters and long or short photoperiods. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 5, p. 483–487, Sept. 1999.

MEDINA-RUIZ, C. A. et al. Mathematical modeling on tomato plants: A review. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 6, n. 33, p. 6745-6749, Dec. 2011.

MELLO, J. B. **Uso do ácido giberélico e dias curtos interrompidos em crisântemo de corte (*Dendranthema grandiflora* Tzelev.) “Calábria” e Lamet Bright**. 2003. 66 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

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

MOTA, F. S. Previsão e probabilidade agrometeorológica do rendimento de cereais no Brasil: uma revisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 1983, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1983. p. 347-361.

NARDI, C. et al. Qualidade de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzelev.) cv. snowdon em diferentes populações e épocas de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 957-961, nov./dez. 2001.

NIU, G., D.S.; RODRIGUEZ.; WANG, Y.T. Impact of drought and temperature on growth and leaf gas exchange of six bedding plant species under greenhouse conditions. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 4, p. 1408–1411, Oct. 2006.

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

NUNES, F. L. et al. Modelos agrometeorológicos de estimativa da duração do estágio floração-maturação para três cultivares de café arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1011-1018, Dec. 2010.

ODA, A. et al. CsFTL3, a chrysanthemum FLOWERING LOCUS T-like gene, is a key regulator of photoperiodic flowering in chrysanthemums. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 63, n. 3, p. 1461–1477, Dec. 2011.

ORESQUES, N.; SHRADER-FRECHETTE, K.; BELITZ, K. Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences. **Science**, New Series, v. 263, n. 5147. p. 641-646, Feb. 1994.

PAULA, F. L. M. et al. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da batata (*Solanum tuberosum* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1034-1042, set./out. 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.

PEIXOTO, C. P.; PEIXOTO, M. F. S. P. Dinâmica do crescimento vegetal. In: CARVALHO, C. A. L. de. et al. **Tópicos em ciências agrárias**. Cruz das Almas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p. 39-53.

PESSOA, M. C. P. Y. et al. **Principais modelos matemáticos e simuladores utilizados para análise de impactos ambientais das atividades agrícolas**. Brasília: EMBRAPA-CNPMA, 1997. 83 p. (EMBRAPA-CNPMA. Documentos, 8).

PETRY, C. **Plantas ornamentais, aspectos para a produção**. Passo Fundo: Editora da Universidade de Passo Fundo, 2000. p. 51.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. 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.

PLOEG, A. van der. et al. Variation between cut chrysanthemum cultivars in response to suboptimal temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 132, n. 1, p. 52-59, Jan. 2007.

PLOEG, A. van der.; SMID, H. G.; HEUVELINK, E. Cultivar differences in temperature demand of cut Chrysanthemum. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 691, p. 91-97, Oct. 2005.

RENTON, M.; HANAN, J.; BURRAGE, K. Using the canonical modelling approach to simplify the simulation of function in functional-structural plant models. **New Phytologist**, Lancaster, v. 166, n. 3, p. 845-857, June 2005.

RUML, M.; VUKOVIC, A.; MILATOVIC, D. Evaluation of different methods for determining growing degree-day thresholds in apricot cultivars.

International Journal of Biometeorology, New York, v. 54, n. 4, p. 411-422, July 2010.

SARGENT, R. G. Graphical displays of simulation model data as statistical references. In: ST. PETERSBURG WORKSHOP ON SIMULATION, 4., 2001, St. Petersburg. **Proceeding...** St. Petersburg: Chemistry Research Institute of St. Petersburg University, 2001. p. 109-118.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Diagnóstico da cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais no estado de Alagoas**. Viçosa, MG: UFV/FUNARBE/SEBRAE-AL, 2003. p. 11

SGRILLO, R. B.; SGRILLO, K. R. P. A. Modelo para simulação da evolução da vassoura-de-bruxa do cacaueteiro na Bahia: validação do modelo. **Agrotropica**, Itabuna, v. 15, n. 1, p. 25-32, jun. 2003.

SHAYKEWICH, C. F. An appraisal of cereal crop phenology modeling. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa v. 75, n. 2, p. 329-341, Apr. 1995.

SILVA, F. C.; BERGAMASCO, A. F. **Levantamento de modelos matemáticos aplicados à cana-de-açúcar**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2001. 26 p.

SNYDER, R. L. et al. Determining degree-day thresholds from fields observations. **International Journal of Biometeorology**, Milwaukee, v. 42, n.4, p. 177-182, Mar. 1999.

SOUZA, P. R. Alguns aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389 p. 9-11, 1990.

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./fev. 2004.

TERUEL, D. A. et al. Modelagem matemática como metodologia de análise do crescimento e arquitetura de sistemas radiculares. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 683-691, out./dez. 2000.

TRENTIN, R. et al. A. Soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da planta de melancia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2464-2470, dez. 2008.

TOLOTTI, J. C. C. **Efeito de redutores de crescimento em crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzelev.) Snowdon cultivado em vaso**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

WAY, D. A.; SAGE, R. F. Thermal acclimation of photosynthesis in black spruce [*Piceamariana* (Mill.) B.S.P.]. **Plant, Cell Environment**, Malden, v. 31, n. 9, p. 1250-1262, Sept. 2008.

YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. A. Temperature response of photosynthesis in C₃, C₄e CAM plants: temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research**, Secaucus, v. 119, n.1/2, p. 101-117, Feb. 2014.

YAN, W.; HUNT, L. A. An Equation for Modelling the Temperature Response of Plants using only the Cardinal Temperatures. **Annals of Botany**, Oxford, v. 84, n. 5, p. 607-614, Aug. 1999.

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, p. 61-74, Apr. 1995.

YU, S. et al. Sugar is an endogenous cue for juvenile-to-adult phase transition in plants. **Plant Biology**, Malden, v.15, n. 2, p. 1-17, Mar. 2013.

CAPÍTULO 2 Validação de modelo de crescimento de crisântemo em função de graus-dia de desenvolvimento

RESUMO

A modelagem matemática vem sendo utilizada para auxiliar na melhor compreensão das operações de um sistema real, sendo uma ferramenta importante no mecanismo de previsão de rendimento, época de florescimento e colheita. Entretanto, a maioria dos modelos matemáticos utilizados não é testada quanto a sua confiabilidade para que se tenha um modelo reprodutível. Baseado nisso, objetivou-se, neste trabalho, testar a validade de modelos matemáticos de crescimento de *Dendranthema grandiflorum* cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) gerados em um experimento conduzido no período entre agosto e novembro de 2007, em Lavras, a fim de estabelecer uma equação que permita descrever o crescimento da cultivar. A implantação do experimento de validação foi realizada no mesmo período do experimento anterior, porém no ano de 2012. Ambos os cultivos foram conduzidos em condições de casa de vegetação e o tempo de cultivo teve duração de 84 dias (12 semanas) entre o período de 30/08 a 22/11 dos respectivos anos. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, com cinco repetições e nove coletas, sendo considerados tratamentos as épocas de coletas. Cada parcela útil foi composta de um vaso com três plantas, totalizando 15 plantas por avaliação. Os dados obtidos de altura da planta, diâmetro da base do caule, área foliar, número de folhas da primeira brotação, massa seca de parte aérea e massa seca de estruturas florais (botão + inflorescência) em função de GDD obtido no ano de 2007 foram utilizados para desenvolver e calibrar os parâmetros dos modelos de predição de crescimento de crisântemo. Após a calibração e ajuste entre os dados observados e estimados, os modelos matemáticos estabelecidos inicialmente (2007) foram validados, portanto predizem o sistema real, podendo ser utilizados para tomada de decisões a cerca do crescimento da cv. White Diamond.

Palavras-chave: Modelagem. *Dendranthema grandiflorum*. Soma térmica.

ABSTRACT

Mathematical modeling has been used to aid in better understanding the operations of a real system, as an important tool in predicting yield, time of flowering and harvesting. However, most mathematical models used are not tested regarding its reliability in order to have a reproducible model. Based on this, the objective was to test the validity of mathematical models for the growth of *Dendranthema grandiflorum* cv. White Diamond in terms of degree-days development (DDD) generated in an experiment conducted between August and November of 2007, in Lavras, Minas Gerais, Brazil, in order to establish an equation which would allow us to describe the growth of the cultivar. The implementation of the validation experiment was conducted in the same period of the previous experiment, however, in the year of 2012. Both crops were cultivated in greenhouse conditions and the cultivation time lasted 84 days (12 weeks) between the periods of 30/08 and 22/11 of the respective years. The experimental design was a randomized block design with five replicates and nine collections, considering the collection times as treatments. Each useful plot was comprised by one pot with 3 plants, in a total of 15 plants per evaluation. The data obtained for plant height, stem base diameter, leaf area, number of leaves on the 1st sprouting, dry shoot mass and dry floral structures mass (button + inflorescence), according to DDD obtained in 2007, were used to develop and calibrate prediction model parameters for chrysanthemum growth. After calibration and adjustment between the observed and estimated data, the mathematical models initially established (2007) were validated, therefore, can predict the real system and can be used for decision making regarding the growth of cv. White Diamond.

Keywords: Modeling. *Dendranthema grandiflorum*. Thermal sum.

1 INTRODUÇÃO

Uma das ferramentas utilizadas em sistemas de apoio à decisão é a modelagem (LARSEN; PERSSON, 1999), que vem sendo aplicada na área agrícola, desde a década de 70, inicialmente utilizada para auxiliar a definir estratégias de controle de pragas e prever safras (SGRILLO; SGRILLO, 2003).

A modelagem matemática auxilia na melhor compreensão das operações de um sistema real, sendo utilizada, principalmente em predições (DOURADO NETO et al., 1998), previsão de rendimento, época de florescimento e planejamento de época de colheita (GARY; JONES; TCHAMITCHIAN, 1998; HIDÉN; LARSEN, 1994; STRECK, 2004).

Essa técnica envolve equações matemáticas que expressam o comportamento da planta em função das variáveis ambientais, como temperatura, umidade, fotoperíodo e radiação, sendo essas equações o produto das análises de regressão, no qual se escolhe o modelo com possível explicação biológica (MEDINA-RUIZ et al., 2011; SHAYKEWICH, 1995).

A abordagem clássica para a elaboração de um modelo matemático ocorre em quatro fases: formulação, verificação, calibração e validação (GARY; JONES; TCHAMITCHIAN, 1998; HAEFNER, 2005). Em especial, a validação é a fase que consiste na comparação dos dados estimados com os dados reais ou observados (BASSANEZI; FERREIRA JUNIOR, 1988). A partir da validação é possível definir qual o melhor modelo matemático (GARDNER; URBAN, 2003) que representa, a níveis satisfatórios de confiança, o sistema real (BROWN; KULASIRI, 1996; JONES; WILCOX, 2008; MUNIZ et al., 2007; POWER, 1993).

A validação é o critério fundamental no desenvolvimento de um modelo matemático (KÖNIG, 2010) e para que a validade do modelo seja testada, os

dados devem ser independentes dos utilizados para gerar o modelo (HAEFNER, 2005).

Não é um procedimento utilizado para testar se o modelo é correto ou não (MACCARL, 1984), mas deve ser utilizado para testar se o modelo é aceitável para o uso pretendido (RYKIEL, 1996). Um modelo considerado válido significa que este não falhou durante o teste de validação (MACCARL, 1984) e deve ser utilizado dentro de um contexto específico (RYKIEL, 1996).

Uma vez validado, o modelo deve ser continuamente testado e calibrado (MACCARL, 1984). A invalidação de um modelo pode auxiliar a identificar onde os parâmetros e/ou a estrutura do sistema poderia ser refinada para revelar em que momento o modelo é incorreto (ANDERSON; PAPACHRISTODOLOU, 2009). Neste caso, faz-se a recalibração para melhorar o ajuste dos dados, alterando os valores dos parâmetros (RYKIEL, 1996).

Estudos realizados por Hidén e Larsen (1994), com modelos de predição para o desenvolvimento floral de crisântemo cv. Kitamura submetido à temperatura entre 9 a 27°C observaram que o modelo apresentou boa previsão do desenvolvimento floral em temperatura moderada (18 a 23°C), entretanto em temperaturas extremas, o modelo subestimou os resultados. Posteriormente Larsen e Person (1999) ao estudarem o efeito da temperatura no desenvolvimento floral de crisântemo cv. 'Pert' observaram que o modelo matemático subestimou o desenvolvimento floral a temperaturas inferiores a 18°C, enquanto que superestimou o desenvolvimento floral a 21 e 24°C. Assim sendo, diante das variações existentes entre cultivares, os modelos matemáticos devem ser específicos para cada cultivar.

Considerando que a temperatura exerce influência direta no desenvolvimento do crisântemo, para o seu cultivo comercial é necessário um

bom modelo que permita a simulação da temperatura sobre o crescimento e desenvolvimento da planta (YAN; HUNT, 1999).

Em crisântemo, muitos estudos envolvem o uso da modelagem no crescimento, desenvolvimento e predição da data de colheita em função da temperatura (HIDÉN; LARSEN, 1994; LARSEN; NOTHNAGL, 2008; LEE; HEUVELINK, 2003; PLOEG et al., 2007; PLOEG; HEUVELING, 2006), porém são escassos os estudos que abordam a qualidade externa do crisântemo tais como o número de inflorescências, área foliar e altura da planta em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD).

Além disso, a maioria dos modelos matemáticos utilizados não é testada quanto a sua confiabilidade para que se tenha um modelo reprodutível. Baseado nisso, objetivou-se testar a validade de modelos matemáticos de crescimento de crisântemo cv. White Diamond gerados em um experimento anterior, no período entre agosto e novembro de 2007, a fim de estabelecer uma equação que permita descrever/predizer acuradamente os padrões de crescimento da cultivar em função de graus-dia de desenvolvimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e condições de cultivo

Dois experimentos foram realizados no período compreendido entre agosto e novembro em anos distintos (2007 e 2012), porém com procedimentos de cultivo realizados de forma semelhante, baseados nos utilizados na produção comercial de crisântemo de vaso. Ambos os cultivos foram conduzidos em condições de casa de vegetação em Lavras- MG (altitude de 937 m, latitude 21° 13' 44''S, longitude 44° 58' 27''W), com mudas de crisântemo (*Dendranthema grandiflorum* Tzvelev) cultivar White Diamond. O tempo de cultivo foi de 84 dias (12 semanas) no período de 30/08 a 22/11 de 2007 e 2012.

Estacas não enraizadas foram cultivadas em vasos com volume de 1,3 L de substrato e de 12 cm de altura, contendo substrato comercial para plantas ornamentais composta de 75% de casca de pinus e 25% de vermiculita, pH 6,3 e condutividade elétrica de 0,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Foram dispostas três estacas por vaso, previamente tratadas com uma solução fúngica constituída de Ridomil Gold M2 (2,0 g L⁻¹) e com o regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB) a 0,1%. Após o plantio, os vasos foram irrigados. Durante o período de 21 dias, contados a partir da data de plantio, as estacas foram submetidas a dias longos (DL) (16 h.dia⁻¹ de luz) promovido com o uso de iluminação artificial, utilizando-se lâmpadas incandescentes de 60W, instaladas a altura de 1,20m do solo e espaçadas 2m entre si no sistema de luz cíclica (15 minutos de iluminação alternados com 15 minutos de escuro, no período das 21h às 4h).

Após 15 dias do plantio, realizou-se o “pinch” (quebra da dominância apical e estímulo das brotações laterais), retirando-se aproximadamente 2 cm da extremidade do broto, deixando-se 3 pares de folhas por planta.

Após 21 dias da exposição a condições de DL (terceira semana), as mudas foram submetidas a condições de dias curtos (DC) com 16 h.dia⁻¹ de escuro das 16 às 8 h do dia seguinte, realizado com o uso de cortinas de panos de cor preta dispostas a 1,00 m de altura do solo. Os panos foram retirados, tão logo os botões se tornaram visíveis.

As plantas foram irrigadas de 2 a 3 vezes por dia, mantendo-se o substrato sempre úmido. A remoção dos botões laterais foi realizada assim que se tornaram visíveis, permanecendo somente um botão floral apical em cada haste floral.

As plantas foram adubadas via fertirrigação pelo sistema de gotejamento com “espaguetes” a partir de 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas, uma para a fase vegetativa (A), outra para a fase do florescimento (iniciada com a visualização da inflorescência) (B) e a terceira (C) para ambas as fases, sendo aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C) (Tabela 1).

Tabela 1 Soluções nutritivas utilizadas no cultivo de crisântemo de vaso cultivar White Diamond

FERTILIZANTE	QUANTIDADE		
	(A) Fase vegetativa ^[1]	(B) Fase de florescimento ^[1]	(C) Ambas as fases ^[1]
Nitrato de cálcio	125 g/250L	125g/250L	792,5 g/500L
Sulfato de magnésio	50 g/250L	50 g/250L	-----
MAP (10-52-0) ^[2]	-----	243g/250L	-----
MKP (0-51-33) ^[3]	37,5 g/250L	50g/250L	-----
NPK (15-3-30)	125 g/250L	-----	-----
QUANTIDADE (g/250 L)			
Ácido bórico	2,5 g/250L	2,5g/250L	-----
Ferro	7,5 g/250L	7,5g/250L	-----
QUANTIDADE (ml/250 L)			
Sulfato de cobre	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Sulfato de zinco	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Molibdato de sódio	2,5ml/250L ^[5]	2,5ml/250L ^[5]	-----

¹ Condutividade elétrica da solução ($1,8 \pm 2,0 \mu\text{S/cm}$)

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.

2.2 Registro da temperatura

Os dados meteorológicos, como temperatura máxima e mínima, foram registrados, diariamente, com o auxílio do termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 50 cm de altura do solo e no centro da área de cultivo. A temperatura base adotada para o crisântemo foi de 6°C de acordo Mota (1989).

Os dados foram utilizados na equação abaixo, para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), a partir da data de plantio,

incluindo a fase de enraizamento. Os valores de GDD foram obtidos utilizando-se a expressão:

$$GDD = \left[\sum_{i=1}^k ((T_{M\acute{a}x_i} + T_{M\acute{i}n_i})/2) - T_{Base} \right]$$

2.3 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); K = número de dias e i = dia. Coletas

Foram realizadas nove coletas destrutivas em avaliações semanais, no período de 28 a 84 dias de cultivo (4^a a 12^a semana). O fim do ciclo de cultivo foi determinado quando as plantas apresentaram 84 dias de cultivo (12^a semana de plantio), independentemente se atingiram ou não o ponto de comercialização. Avaliaram-se altura da planta (cm), área foliar (cm²), número de folhas da 1^a brotação lateral, diâmetro da base do caule (mm), massa seca de parte aérea (g) e massa seca de estruturas florais (g) (botão + inflorescência) de 15 plantas por avaliação.

A altura de planta foi obtida medindo-se a distância entre a base do coleto e o ápice da planta com o auxílio de uma régua. A área foliar, incluindo o pecíolo, foi determinada com o auxílio do medidor automático de área foliar (LICOR Modelo 3100, Nebraska, USA). O diâmetro da base do coleto foi medido com o auxílio de um paquímetro digital (Digmess, São Paulo, Brasil).

2.4 Determinação da massa seca

A massa seca das plantas foi composta pela massa seca de folhas, caule e haste e massa seca de estruturas florais (botão + inflorescência). Para tanto, o

material foi disposto em sacos de papel do tipo Kraft e secos em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante. Em seguida, foram pesadas.

2.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 repetições, sendo que, cada parcela útil foi constituída por 1 vaso contendo, 3 plantas, totalizando 15 plantas por avaliação e 9 épocas de coleta.

Foram considerados tratamentos as épocas de avaliação. Escolheu-se o delineamento em blocos pelo fato de existirem diferenças na incidência de raios solares dentro da casa de vegetação.

2.6 Modelagem e Validação

Os dados obtidos de altura da planta, diâmetro da base do caule, área foliar, número de folhas da 1ª brotação, massa seca de parte aérea e massa seca de estruturas florais (botão + inflorescência) em função de graus-dia de desenvolvimento no ano de 2007 foram utilizados para desenvolver e calibrar os parâmetros dos modelos de predição de crescimento de crisântemo cv. White Diamond.

As equações de regressão foram ajustadas utilizando-se o Programa Sisvar ® (FERREIRA, 2011) (Tabela 2).

Tabela 2 Parâmetros das regressões quadráticas para altura da planta, área foliar, diâmetro da base do caule, número de folhas da primeira brotação, massa seca de parte aérea e massa seca de estruturas florais de crisântemo cv White Diamond associado ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD) obtidos durante o cultivo de 2007

Variáveis	Equação
Altura da planta	$y = -0,000007 \text{ GDD}^2 + 0,026 \text{ GDD} + 4,588$
Área foliar	$y = -0,000098 \text{ GDD}^2 + 0,287 \text{ GDD} - 15,795$
Diâmetro da base do caule	$y = -0,000001 \text{ GDD}^2 + 0,003 \text{ GDD} + 2,477$
Número de folhas da 1ª brotação	$y = -0,000006 \text{ GDD}^2 + 0,019 \text{ GDD} + 2,386$
Massa seca de parte aérea	$y = -0,0000002 \text{ GDD}^2 + 0,002 \text{ GDD} - 0,257$
Massa seca de estruturas florais	$y = 0,000002 \text{ GDD}^2 - 0,003 \text{ GDD} + 2,072$

Regressões lineares foram traçadas entre valores observados no estudo e preditos pelos modelos ajustados no experimento anterior, sendo a acurácia dos modelos obtida pelo quadrado médio do erro (REQM), que expressa o erro produzido pelo modelo; quanto menor o valor, melhor o modelo. O valor do REQM foi calculado pela fórmula:

$$REQM = \left[\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2 / n \right]^{0,5}$$

Sendo E_i = valor estimado pelo modelo anterior; O_i = valor observado pelo modelo atual e n = número de observações.

Ao correlacionar os valores estimados com os observados, considerou-se o coeficiente de determinação (R^2).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De posse dos valores de GDD obtidos durante o experimento conduzido em 2007, foi possível comparar com os valores registrados neste estudo. De acordo com o teste t ($P < 0,05$) foram observadas diferenças significativas entre as taxas de acúmulo de GDD entre os cultivos. As diferenças nas taxas de acúmulo de GDD observadas semanalmente entre os cultivos causaram alterações no crescimento das plantas, influenciando na estimativa do modelo matemático (Tabela 3).

Tabela 3 Acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD) durante o período compreendido entre a 4^a e 12^a semana de plantio de crisântemo cv. White Diamond nos cultivos 2007 e 2012 e diferença da taxa de acúmulo de GDD semanal para ambos os cultivos

Semana de cultivo	GDD (Cultivo 2007)	Diferença da taxa de acúmulo de GDD	GDD (Cultivo 2012)	Diferença da taxa de acúmulo de GDD
4	205,5	-198,1	521,3	-112,7
5	403,6	-211,8	634,0	-141,4
6	615,4	-228,0	775,4	-124,7
7*	843,4	-209,1	900,1	-144,7
8	1052,5	-262,4	1044,8	-159,9
9	1314,9	-214,1	1204,7	-141,2
10	1529,0	-211,2	1345,9	-103,3
11	1740,2	-213,2	1449,2	-146,8
12	1953,4	----	1596,0	----

*Fase reprodutiva

Considerando-se a linha de tendência da regressão linear em relação a linha 1:1 (linha cheia) (Figura 1), verificou-se que os desvios foram menores nas faixas iniciais de desenvolvimento da planta e maiores nas faixas finais para as variáveis de altura de planta, área foliar predita, diâmetro da base do caule e

massa seca de parte aérea, indicando que com o decorrer do desenvolvimento das plantas, o modelo subestima estas variáveis.

O modelo superestimou a altura de planta, área foliar, diâmetro da base do caule, número de folhas da 1ª brotação e massa seca de parte aérea durante o crescimento inicial do crisântemo, provavelmente, isso aconteceu em decorrência da elevada temperatura registrada durante este período, que resultou em um atraso no estabelecimento das plantas, uma vez que, as folhas recuperaram a turgescência somente após 15 dias do plantio (Figura 1). Resultados semelhantes foram encontrados por Larsen e Gertsson (1992), ao desenvolverem um modelo de previsão para estimar a altura de crisântemo cv. 'Garland' em função da temperatura. Os autores observaram que o modelo superestimou a altura da planta nos estádios iniciais de crescimento (30 dias após o plantio), porém com o desenvolvimento da planta, o modelo subestimou a temperatura de 18°C dia/noite. Segundo os autores, a superestimativa do modelo durante o crescimento inicial do crisântemo ocorre devido às diferenças de crescimento entre as plantas do experimento para validação e àquelas utilizadas para a obtenção do modelo matemático.

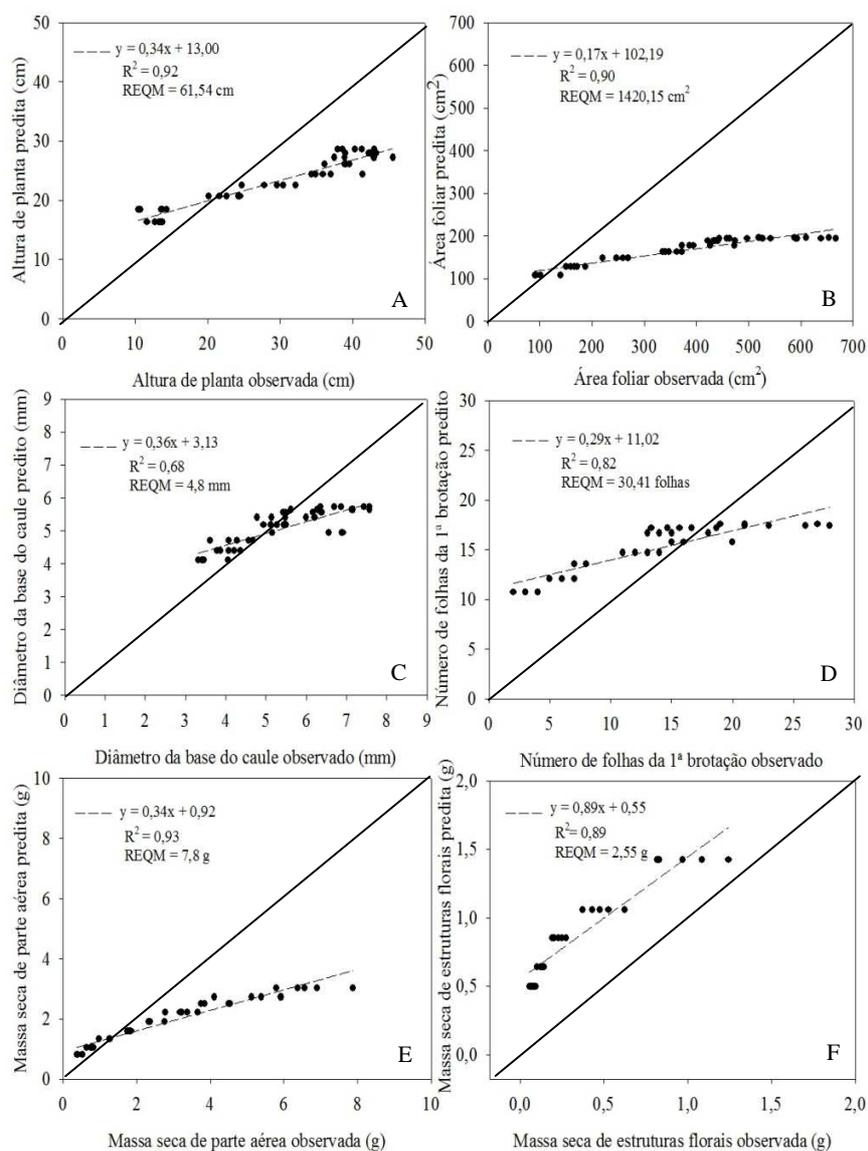


Figura 1 Valores observados versus valores preditos do modelo de crescimento de crisântemo cv. White Diamond associado ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD)

Nota: A) Altura de planta, B) Área foliar, C) Diâmetro da base do caule, D) Número de folhas da primeira brotação, E) Massa seca de parte aérea e F) Massa seca de estruturas florais. Linha cheia transversal: linha 1:1. Linha pontilhada: regressão linear.

Baseando-se no fato de que, a precisão do modelo para estimar um parâmetro é dada pela proximidade dos valores em relação à linha 1:1, em que quanto mais próximos os valores estão da reta melhor é a precisão do modelo. Com o desenvolvimento das plantas, o modelo subestimou o crescimento do crisântemo, isso foi atribuído ao acúmulo de GDD mais lento observado durante o cultivo de validação, que resultou em uma menor taxa de acúmulo de GDD semanal, induzindo um maior crescimento vegetativo das plantas, obtendo-se maior massa seca de parte aérea, maior porte devido ao maior alongamento das hastes e maior taxa de formação foliar (Figura 1 A, B, C, D e E).

No que se refere à massa seca de estruturas florais, o modelo superestimou (Figura 1 F). Essa superestimativa do modelo pode ser atribuída, ao fato de que, as inflorescências do cultivo de 2007 apresentaram melhor desenvolvimento do capítulo da inflorescência em função da maior taxa de acúmulo de GDD registrado durante a fase reprodutiva. Em contrapartida, as inflorescências do presente estudo, apresentaram um atraso na abertura floral em decorrência da menor taxa de acúmulo de GDD semanal registrado. De acordo com Lessa (2009), o atraso na abertura floral ocorre, pois é necessário maior acúmulo de GDD para que apresentem 60% de inflorescências totalmente expandidas.

Ao utilizar os modelos matemáticos gerados no experimento anterior (2007), houve subestimativa e superestimativa do crescimento de crisântemo cv. White Diamond (Figura 1). Para isso foi necessário fazer a calibração para melhorar o ajuste dos dados, alterando-se os valores dos parâmetros da equação, calculando-se os desvios entre os valores observados e preditos gerados a partir do modelo de 2007 para cada semana de cultivo do crisântemo (4ª a 12ª semana). Calculados os desvios, estes foram adicionados à equação do modelo de crescimento (Tabela 4).

Tabela 4 Equações de modelos matemáticos de crescimento de crisântemo cv. White Diamond após a calibração e ajuste dos parâmetros

Semana	Altura de planta	Área foliar
	Equação	Equação
4 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 - 3,40$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 - 4,83$
5 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 - 5,84$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 39,63$
6 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 + 1,90$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 94,89$
7 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 + 6,41$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 187,91$
8 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 + 12,35$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 232,84$
9 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 + 12,48$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 252,76$
10 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 + 14,35$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 287,32$
11 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 + 13,98$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 383,07$
12 ^a	$y = -0,000007GDD^2 + 0,026GDD + 4,588 + 11,60$	$y = -0,000098GDD^2 + 0,287GDD - 15,795 + 409,71$

“Tabela 4, continuação”

Semana	Diâmetro da base do caule	Número de folhas da 1ª brotação
	Equação	Equação
4ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 - 0,57$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 - 3$
5ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 - 0,32$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 - 2$
6ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 - 0,45$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 - 1$
7ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 + 1,54$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 + 3$
8ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 + 0,07$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 + 6$
9ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 + 0,11$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 + 3$
10ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 + 0,41$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 + 3$
11ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 + 1,10$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 + 12$
12ª	$y = -0,000001GDD^2 + 0,003GDD + 2,477 + 1,25$	$y = -0,000006GDD^2 + 0,019GDD + 2,386 + 10$

“Tabela 4, conclusão”

Semana	Massa seca de parte aérea	Massa seca de estruturas florais
	Equação	Equação
4 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 - 0,31$	----
5 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 - 0,17$	----
6 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 + 0,04$	----
7 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 + 0,42$	----
8 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 + 0,90$	$y = 0,000002GDD^2 - 0,003GDD + 2,072 - 1,05$
9 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 + 1,38$	$y = 0,000002GDD^2 - 0,003GDD + 2,072 - 1,23$
10 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 + 2,01$	$y = 0,000002GDD^2 - 0,003GDD + 2,072 - 1,43$
11 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 + 3,07$	$y = 0,000002GDD^2 - 0,003GDD + 2,072 - 1,44$
12 ^a	$y = -0,0000002GDD^2 + 0,002GDD - 0,257 + 4,28$	$y = 0,000002GDD^2 - 0,003GDD + 2,072 - 1,39$

Após a inserção dos desvios na equação, os valores preditos foram recalculados, e posteriormente confrontaram-se os valores observados e preditos pela nova equação.

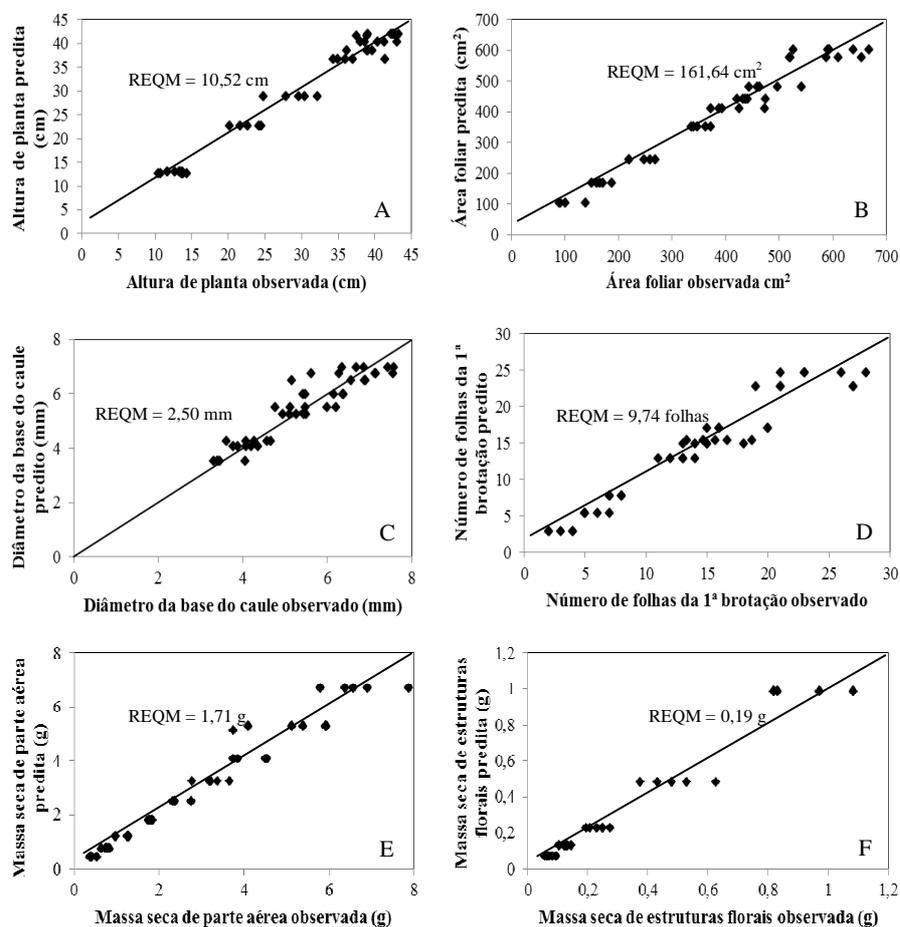


Figura 2 Valores observados versus valores preditos do modelo de crescimento de crisântemo cv. White Diamond associado ao acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD)

Nota: A) Altura de planta, B) Área foliar, C) Diâmetro da base do caule, D) Número de folhas da primeira brotação, E) Massa seca de parte aérea e F) Massa seca de estruturas florais. Linha cheia transversal: linha 1:1.

Após a calibração (Tabela 4), todos os modelos foram passíveis de serem utilizados, uma vez que, foram bem ajustados apresentando baixo REQM (Figura 1) em relação aos obtidos no ajuste mostrado na Figura 2. Modelos

matemáticos de crescimento foliar também foram validados por Lessa et al. (2013a) em crisântemo cv. Rage em função dos graus-dia de desenvolvimento, sendo que estes modelos foram passíveis de serem utilizados para prever a área foliar do cultivar. Resultados semelhantes foram observados para *Kalanchoe blossfeldiana* em que modelos para predição de área foliar e número de folhas foram validados em função de graus-dia de desenvolvimento (LESSA et al., 2013b).

Foram produzidas 3 e 2 estruturas florais por planta nos cultivos 2012 e 2007, respectivamente. Embora tenha sido observado o maior número de inflorescências no cultivo 2012, as plantas produziram inflorescências menores em relação às plantas cultivadas em 2007. Resultados semelhantes foram observados por Carvalho, Abi-Tarabay e Heuvelink (2005), Jerzy e Brés (2011), Nothnagl, Kosiba e Larsen (2004). Estudos realizados por Battisti et al. (2013) com o objetivo de prever o número de flores de canola, demonstraram que o modelo superestimou em 7% o número de flores. Estes resultados foram atribuídos às diferenças térmicas entre os experimentos de calibração e de validação registrados no início da floração sendo que durante o experimento de validação as temperaturas foram mais amenas. Isso indica que o número de flores e a estimativa do modelo estão diretamente relacionados com a temperatura registrada durante os cultivos para calibração e validação.

Com relação à previsão da época da emissão da inflorescência, para ambos os cultivos a emissão ocorreu na sétima semana de plantio, sendo que no presente estudo, foram necessários 867,6 GDD para a emissão das primeiras inflorescências.

O ponto de comercialização do crisântemo durante o cultivo de 2007 foi atingido aos 77 dias de cultivo (11ª semana) quando foram acumulados 1.740,2 GDD, sendo que neste estudo, foram necessários 93 dias (13ª semana) para que as plantas atingissem o ponto de comercialização quando foram acumulados

1.774 GDD. Dessa maneira, houve um atraso de 23 dias para que as inflorescências atingissem o ponto de comercialização e uma diferença de 34 graus-dia entre os cultivos. O atraso na produção comercial observada durante o presente cultivo ocorreu em função da menor taxa de acúmulo de GDD semanal, o que significa que o acúmulo de GDD mais lento, resulta em plantas com maior incremento de massa e maior incremento em altura, entretanto a abertura floral é prejudicada devido à inibição do desenvolvimento do capítulo. Estudos realizados com modelos agrometeorológicos utilizando a evapotranspiração e o GDD para estimar o início da fase da floração plena do cafeeiro arábica, demonstraram que, ao se considerar os valores de graus-dia para tal estimativa, o desempenho do modelo foi menor quando comparado com os valores de evapotranspiração, uma vez que, os valores de GDD necessários para a plena floração do cafeeiro variou de 87 graus-dia entre os experimentos (ZACHARIAS; CAMARGO; FAZUOLI 2008).

De um modo geral, o acúmulo de GDD mais lento resultou em menores taxas de acúmulo de GDD registradas entre as semanas de cultivo, fazendo com que as plantas do segundo cultivo apresentassem maior crescimento vegetativo e atraso para atingir o ponto de comercialização (1.774 GDD contra 1.740,2 GDD).

4 CONCLUSÃO

Após a calibração e ajustes dos modelos matemáticos, estes foram validados, portanto predizem o sistema real, podendo ser utilizados para tomada de decisões a cerca do crescimento da cv. White Diamond.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.; PAPACHRISTODOULOU, A. On validation and invalidation of biological models. **BMC Bioinformatics**, London, v. 10, n. 132, p. 1-13, May 2009.

BASSANEZI, R. C.; FERREIRA JUNIOR, W. C. **Equações diferenciais com aplicações**. São Paulo: Ed. Harbra, 1988. 572 p.

BATTISTI, R. et al. Dinâmica floral e abortamento de flores em híbridos de canola e mostarda castanha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 2, p. 174-181, fev. 2013.

BROWN, T. N.; KULASIRI, D. Validation models of complex, stochastic, biological systems. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 86, n. 2/3, p. 129-134, May 1996.

CARVALHO, M. P. S.; ABI-TARABAY, H.; HEUVELINK, E. Temperature affects chrysanthemum flower characteristics differently during three phases of the cultivation period. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v. 80, n. 2, p. 209-216, Mar. 2005.

DOURADO-NETO, D. et al. Principles of crop modeling and simulation: I. uses of mathematical models in agricultural science. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 55, p. 46-50, Aug. 1998. Número Especial.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, Nov./Dec. 2011.

GARDNER, R. H.; URBAN, D. L. Model validation and testing: past lessons, present concerns, future prospects. In: CANHAM, C. D.; COLE, J. J.; LAUENROTH, W. K. (Ed.). **Models in ecosystem science**. Princeton: Princeton University, 2003. p. 184-203.

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

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

HIDÉN, C.; LARSEN, R. U. Predicting flower development in greenhouse grown *Chrysanthemum*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 58, n. 1/2, p. 123-138, June 1994.

JERZY, M.; BRÉS, W. Seasonal changes of photoperiodic response and inflorescence quality in pot cultivars of *Chrysanthemum* × *grandiflorum* grown in greenhouse. **Acta Agrobotânica**, Lublin, v. 64, n. 4, p. 85–90, June 2011.

JONES, A. C.; WILCOX, R. K. Finite element analysis of the spine: towards a framework of verification, validation and sensitivity analysis. **Medical Engineering & Physics**, Philadelphia, v. 30, n. 10, p. 1287–1304, Dec. 2008.

KÖNIG, I. R. Validation in genetic association studies. **Briefings in Bioinformatics**, Oxford, v. 12, n. 3, p. 253-258, May 2010.

LARSEN, R.; GERTSSON, U. Model analysis of shoot elongation in *Chrysanthemum x morifolium*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 49, p. 277-289, Mar. 1992.

LARSEN, R. U.; NOTHNAGL, M. Re-constructing data of leaf area increment in the greenhouse pot chrysanthemum cultivar 'Lompoc'. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 117, n. 1, p. 63-68, June 2008.

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, p. 73-89, Mar. 1999.

LEE, J. H.; HEUVELINK, E. Simulation of leaf area development based on dry matter partitioning and specific leaf area for cut *Chrysanthemum*. **Annals of Botany**, London, v. 91, n. 3, p. 319-327, Dec. 2003.

LESSA, M. A. **Análise e modelagem do crescimento do crisântemo e calandiva em vaso em função de graus dia de desenvolvimento**. 2009. 116 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

LESSA, M. A. et al. Determination of leaf area of potted *Chrysanthemum* associated with the accumulation of degree. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 970, p. 319-327, Jan. 2013a.

LESSA, M. A. et al. Determination of leaf area and leaf number of Calandiva® associated with the accumulation of degree-day. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 970, p. 329-337, Jan. 2013b.

MCCARL, B. A. Model validation: an overview with some emphasis on risk models. **Review of Marketing and Agricultural Economics**, Saint Paul, v. 52, n. 3, p. 153-173, Dec. 1984.

MEDINA-RUIZ, C. A. et al. Mathematical modeling on tomato plants: a review. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 6, n. 33, p. 6745-6749, Dec. 2011.

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

MUNIZ, L. C. et al. Modelagem e simulação na agropecuária. **Pubvet**, Londrina, v. 1, n. 11, p. 1982-1263, mar. 2007.

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

PLOEG, A. et al. Variation between cut *Chrysanthemum* cultivars in response to suboptimal temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 132, n. 1, p. 52-59, Jan. 2007.

PLOEG, A.; HEUVELINK, E. The influence of temperature on growth and development of chrysanthemum cultivars: a review. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Dundee, v. 81, n. 2, p. 174, 182, Mar. 2006.

POWER, M. The predictive validation of ecological and environmental models. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 68, n. 1/2, p. 33-50, July 1993.

RYKIEL, E. J. Testing ecological models: the meaning of validation. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 90, n. 3, p. 229-244, Nov. 1996.

SGRILLO, R. B.; SGRILLO, K. R. P. A. Modelo para simulação da evolução da vassoura-de-bruxa do cacauero na Bahia: validação do modelo. **Agrotrópica**, Ilhéus, v. 15, n. 1, p. 25-32, jun. 2003.

SHAYKEWICH, C. F. An appraisal of cereal crop phenology modeling. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 75, n. 2, p. 329-341, Apr. 1995.

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./fev. 2004.

YAN, W.; HUNT, L. A. An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. **Annals of Botany**, London, v. 84, n. 5, p. 607-614, Nov. 1999.

ZACHARIAS, A. O.; CAMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. C. Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 249-256, nov. 2008.

CAPÍTULO 3 Influência de graus-dia de desenvolvimento no crescimento e florescimento de crisântemo

RESUMO

O crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) é uma planta ornamental de grande aceitação no mercado. Os efeitos da temperatura no crescimento e florescimento do crisântemo têm sido estudados intensivamente, entretanto são poucos os relatos envolvendo o uso da técnica de graus-dia de desenvolvimento (GDD) nas características qualitativas do crisântemo. Para isso, objetivou-se com este estudo avaliar a influência do GDD no crescimento e florescimento de crisântemo cv. White Diamond cultivados em diferentes anos. Foram realizados dois cultivos, ambos conduzidos em casa de vegetação entre os meses de agosto e novembro. O primeiro cultivo foi conduzido no ano de 2007 e o segundo cultivo no ano de 2012 em Lavras – MG. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições e nove coletas, sendo considerados tratamentos as épocas de coletas. Cada parcela útil foi composta de um vaso com três plantas, totalizando 15 plantas por avaliação. Semanalmente, avaliaram-se: altura da planta, área foliar, número de folhas da primeira brotação, diâmetro da base do caule, número de estruturas florais (botão + inflorescência), % de inflorescências abertas (% IA), massa seca de parte aérea e estruturas florais. Em razão, da menor taxa de acúmulo térmico registrado entre as primeiras 7 semanas no segundo cultivo, houve maior crescimento vegetativo das plantas em detrimento às plantas do primeiro cultivo para todas as variáveis analisadas, exceto para % IA e massa seca de estruturas florais. Diferentes taxas de acúmulos térmicos registrados nos cultivos 1 e 2, durante a fase vegetativa, não influenciaram o tempo para o florescimento. Em decorrência da menor taxa de acúmulo de GDD registrado durante a fase reprodutiva das plantas do segundo cultivo, houve atraso da abertura floral. A maior taxa de acúmulo de GDD semanal durante o primeiro cultivo propiciou menor crescimento vegetativo, rápida abertura floral e melhor desenvolvimento da inflorescência.

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflorum*. Acúmulo térmico. Qualidade comercial

ABSTRACT

Chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) is an ornamental plant of great market acceptance. The effects of temperature on chrysanthemum growth and flowering have been intensively studied, however, there are few reports involving the use of the degree-days development technique (DDD) in chrysanthemum qualitative characteristics. For this, this study aimed at evaluating the influence of DDD on chrysanthemum cv. Diamond White growth and flowering grown in different years. We performed two cultivations, both conducted in a greenhouse during the months of August and November. The 1st cultivation was conducted in 2007 and 2nd cultivation in 2012, both in Lavras – MG, Brazil. We used the randomized block design, with five replicates and nine collections, considering the times of collection as treatments. Each useful plot was comprised of one pot with 3 plants, in a total of 15 plants per evaluation. We evaluated weekly: plant height, leaf area, number of leaves on the 1st sprouting, stem base diameter, number of floral structures (button + inflorescence), % of open inflorescences (% *OI*), shoot dry mass and floral structures. Due to the lower heat buildup rate (900.1 DDD) registered during the first 7 weeks of the 2nd cultivation, there was greater vegetative growth when compared to the plants of the 1st cultivation for all analyzed variables, except for % *OI* and floral structure dry mass. The different thermal accumulation rates registered in cultivations 1 and 2 during the vegetative stage did not affect time to flowering. Due to lower DDD accumulation rate recorded during the reproductive phase of the plant in the 2nd cultivation, there was delay in the flower opening. The highest weekly DDD accumulation rate during the 1st cultivation showed lower vegetative growth, rapid flower opening and better inflorescence development.

Keywords: *Dendranthema grandiflorum*. Thermal accumulation. Commercial quality

1 INTRODUÇÃO

Dentre os parâmetros que determinam a qualidade visual de plantas de crisântemo e que têm grande influência sobre o seu preço de venda (CARVALHO; HEUVELINK, 2004) estão a altura, o diâmetro de planta, o número e diâmetro de inflorescências, características estas que variam de acordo com a cultivar, tamanho de vaso e sistema de condução (BRUM et al., 2007; TOLLOTTI; BELLÉ, MAINARDI, 2001). A melhor qualidade de vasos é obtida quando a altura das plantas atinge 1,5 vez a altura do vaso (MOTOS; OLIVEIRA, 1998), pois quanto menor a haste, maior resistência para dar sustentação à inflorescência, que ficará mais próxima da folhagem, melhorando a estética do vaso (TOLLOTTI et al., 2003).

Levando em consideração que os preços do crisântemo são frequentemente determinados com base nos aspectos da qualidade visual (CARVALHO, 2003), há a necessidade de maior conhecimento acerca das condições de cultivo (temperatura, tratamentos culturais) que influenciam diretamente na qualidade externa do vaso.

Para isso, o cultivo de crisântemo deve ser feito sob temperatura diurna e noturna em torno de 25°C e 18°C, respectivamente (BARBOSA et al., 2005), sendo que temperaturas noturnas muito baixas provocam má formação das inflorescências (PETRY, 1999) e, quando baixas temperaturas são associadas ao comprimento do dia superior a 14 horas, há formação de capítulos anormais e atraso no florescimento (TANIGAWA; KOBAYASHI; MATSUI, 1997).

A temperatura média do ar afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo ser contabilizada por meio do uso do sistema de unidades térmicas ou graus-dia de desenvolvimento (GDD) que é uma das maneiras de se relacionar o desenvolvimento de um vegetal com a temperatura média do ar (RUMIL; VUKOVIC; MILATOVIC, 2010; SOUZA, 1990), sendo utilizado para

quantificar o desenvolvimento fenológico das culturas (BARBASSO; PEDRO JUNIOR; PIO, 2005; SNYDER et al., 1999), além de auxiliar na predição de colheita (BARDIN et al., 2010; BELTRÃO et al., 2007; NUNES et al., 2010; PEZZOPANE et al., 2008; TRENTIN et al., 2008).

Os efeitos da temperatura no crescimento e florescimento do crisântemo têm sido estudados intensivamente (COCKSHULL; KOFRANEK, 1994; COCKSHULL, 1979; PEARSON; HADLEY; WHELDON, 1993; LARSEN; PERSSON, 1999; NOTHNAGL; KOSIBA; LARSEN, 2004; SCHOUTEN et al., 2002; WHEALY, 1987), entretanto são poucos os relatos envolvendo o uso da técnica do GDD nas características qualitativas do crisântemo. Para isso, objetivou-se com este estudo avaliar a influência dos graus-dia de desenvolvimento no crescimento e florescimento de crisântemo cv. White Diamond cultivados em diferentes anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condições de cultivo

Dois experimentos foram realizados no período compreendido entre agosto e novembro em anos distintos (2007 e 2012) com procedimentos de cultivo realizados de forma semelhante, baseados nos utilizados na produção comercial de crisântemo de vaso. Ambos os cultivos foram conduzidos em condições de casa de vegetação em Lavras- MG (altitude de 937 m, latitude 21° 13' 44''S, longitude 44° 58' 27''W), com mudas de crisântemo (*Dendranthema grandiflorum* Tzvelev) cultivar White Diamond. O tempo de cultivo foi de 84 dias (12 semanas) no período de 30/08 a 22/11 de 2007 e 2012.

Estacas não enraizadas de crisântemo foram cultivadas em vasos com volume de 1,3 L de substrato e 12 cm de altura, contendo substrato comercial para plantas ornamentais composto de 75% de casca de pinus e 25% de vermiculita, pH 6,3 e condutividade elétrica de 0,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Foram dispostas três estacas por vaso, previamente tratadas com uma solução fúngica preventiva constituída de Ridomil Gold M2 (2,0 g L⁻¹) e com regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB) a 0,1%. Após o plantio, os vasos foram irrigados. Durante o período de 21 dias, contados a partir da data de plantio, as estacas foram submetidas a dias longos (DL) (16 h.dia⁻¹ de luz) promovido com o uso de iluminação artificial, utilizando-se lâmpadas incandescentes de 60W, instaladas a altura de 1,20m do solo e espaçadas 2m entre si no sistema de luz cíclica (15 minutos de iluminação alternados com 15 minutos de escuro, no período das 21h às 4h).

Após 15 dias do plantio, realizou-se o “pinch” (quebra da dominância apical e estímulo das brotações laterais), retirando-se aproximadamente 2 cm da extremidade do broto, deixando-se 3 pares de folhas por planta.

Após 21 dias da exposição a condições de DL na 3ª semana de plantio, as mudas foram submetidas a condições de dias curtos (DC) com 16 h.dia⁻¹ de escuro das 16 h às 8 h do dia seguinte, realizado com o uso de cortinas de panos de cor preta dispostas a 1,00 m de altura do solo. A interrupção da aplicação de dias curtos foi realizada tão logo os botões se tornaram visíveis.

As plantas foram irrigadas de 2 a 3 vezes por dia, mantendo-se o substrato sempre úmido. A remoção dos botões laterais foi realizada assim que se tornaram visíveis, permanecendo somente o botão floral apical em cada haste.

As plantas foram adubadas via fertirrigação pelo sistema de gotejamento com “espaguetes” a partir de 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas, uma para a fase vegetativa (A), outra para fase do florescimento (B) (iniciada com a visualização da inflorescência) e a terceira (C) para ambas as fases, sendo aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C) (Tabela 1).

Tabela 1 Soluções nutritivas utilizadas no cultivo de crisântemo de vaso cultivar White Diamond

FERTILIZANTE	QUANTIDADE		
	(A) Fase vegetativa ^[1]	(B) Fase de florescimento ^[1]	(C) Ambas as fases ^[1]
Nitrato de cálcio	125 g/250L	125g/250L	792,5g/500L
Sulfato de magnésio	50 g/250L	50 g/250L	-----
MAP (10-52-0) ^[2]	-----	243g/250 L	-----
MKP (0-51-33) ^[3]	37,5 g/250L	50g/250L	-----
NPK (15-3-30)	125 g/250L	-----	-----
	QUANTIDADE (g/250 L)		
Ácido bórico	2,5 g/250L	2,5g/250L	-----
Ferro	7,5 g/250L	7,5g/250L	-----
	QUANTIDADE (ml/250 L)		
Sulfato de cobre	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Sulfato de zinco	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Molibdato de sódio	2,5ml/250L ^[5]	2,5ml/250L ^[5]	-----

¹ Condutividade elétrica da solução ($1,8 \pm 2,0 \mu\text{S}/\text{cm}$)

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.

2.2 Registro da temperatura

Os dados meteorológicos, como temperatura máxima e mínima, foram registrados, diariamente, com o auxílio do termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 50 cm de altura e no centro da área de cultivo. A temperatura-base adotada para o crisântemo foi de 6°C de acordo Mota (1989).

Os dados foram utilizados na equação abaixo, para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), a partir da data de plantio, incluindo a fase de enraizamento. Os valores de GDD foram obtidos utilizando-se a expressão:

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

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); K = número de dias e i = dia.

2.3 Análise de crescimento

Para as análises de crescimento, foram realizadas nove coletas destrutivas em avaliações semanais, no período de 28 a 84 dias de cultivo. O fim do ciclo de cultivo foi determinado quando as plantas apresentaram 84 dias de cultivo (12ª semana de plantio), independentemente se atingiram ou não o ponto de comercialização. Avaliaram-se a altura de planta (cm), área foliar (cm²), número de folhas da primeira brotação, diâmetro da base do caule (mm), número de estruturas florais (botão floral + inflorescência), porcentagem de inflorescências abertas, massa seca de parte aérea (g) e massa seca de estruturas florais (g) de 15 plantas por avaliação.

A altura de planta foi obtida medindo-se a distância entre a base do coleto e o ápice da planta com o auxílio de uma régua. A área foliar, incluindo o pecíolo, foi determinada com o auxílio do medidor automático de área foliar LI-3100 (LI-COR Modelo 3100, Nebraska, USA). O diâmetro da base do coleto foi medido com o auxílio de um paquímetro digital (Digmess, São Paulo, Brasil) e

as inflorescências foram consideradas abertas quando o capítulo formava um eixo de 90° com a haste floral.

2.4 Determinação da massa seca

A massa seca das plantas foi composta pela massa seca de folhas, caule e haste e massa seca de estruturas florais (botão + inflorescência) colocadas em sacos de papel do tipo Kraft e secos em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante. Em seguida, foram pesadas.

2.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 repetições, sendo que, cada parcela útil foi constituída por 1 vaso contendo 3 plantas, totalizando 15 plantas por avaliação e 9 épocas de coleta. Foram considerados tratamentos as épocas de avaliação. Escolheu-se o delineamento em blocos pelo fato de existirem diferenças na incidência de raios solares dentro da casa de vegetação.

As equações ajustadas foram analisadas quanto a sua significância pelo teste F ($P < 0,05$) da análise de variância, sendo utilizado o coeficiente de determinação (R^2) como qualidade de ajuste. Além disso, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos erros. As variáveis obtidas foram submetidas à análise de regressão, tendo como variável independente o graus-dia de desenvolvimento e ajustadas às regressões exponencial e quadrática.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acúmulo térmico registrado do primeiro cultivo variou de 205,5 a 1.953,4 GDD. Já no segundo cultivo, o acúmulo térmico variou de 521,3 a 1.596 GDD, entretanto as diferenças da taxa de acúmulo de GDD semanal durante o cultivo de 2007 foram maiores em relação ao cultivo de 2012 (Tabela 2). A fase reprodutiva foi iniciada na sétima semana em ambos os cultivos, sendo que as plantas do cultivo 2012 apresentaram necessidade térmica de 867,6 GDD para a emissão das primeiras estruturas florais (Tabela 2)

Tabela 2 Acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD) durante o período compreendido entre a 4ª e 12ª semana de plantio de crisântemo cv. White Diamond nos cultivos 2007 e 2012 e diferença da taxa de acúmulo de GDD semanal para ambos os cultivos

Semana de cultivo	GDD (Cultivo 2007)	Diferença da taxa de acúmulo de GDD	GDD (Cultivo 2012)	Diferença da taxa de acúmulo de GDD
4	205,5	-198,1	521,3	-112,7
5	403,6	-211,8	634,0	-141,4
6	615,4	-228,0	775,4	-124,7
7*	843,4	-209,1	900,1	-144,7
8	1052,5	-262,4	1044,8	-159,9
9	1314,9	-214,1	1204,7	-141,2
10	1529,0	-211,2	1345,9	-103,3
11	1740,2	-213,2	1449,2	-146,8
12	1953,4	----	1596,0	----

*Fase reprodutiva

Estas diferenças nas taxas de acúmulo de GDD registrado semanalmente contribuíram para que houvesse alterações no crescimento das plantas do primeiro e segundo cultivos (Tabela 2).

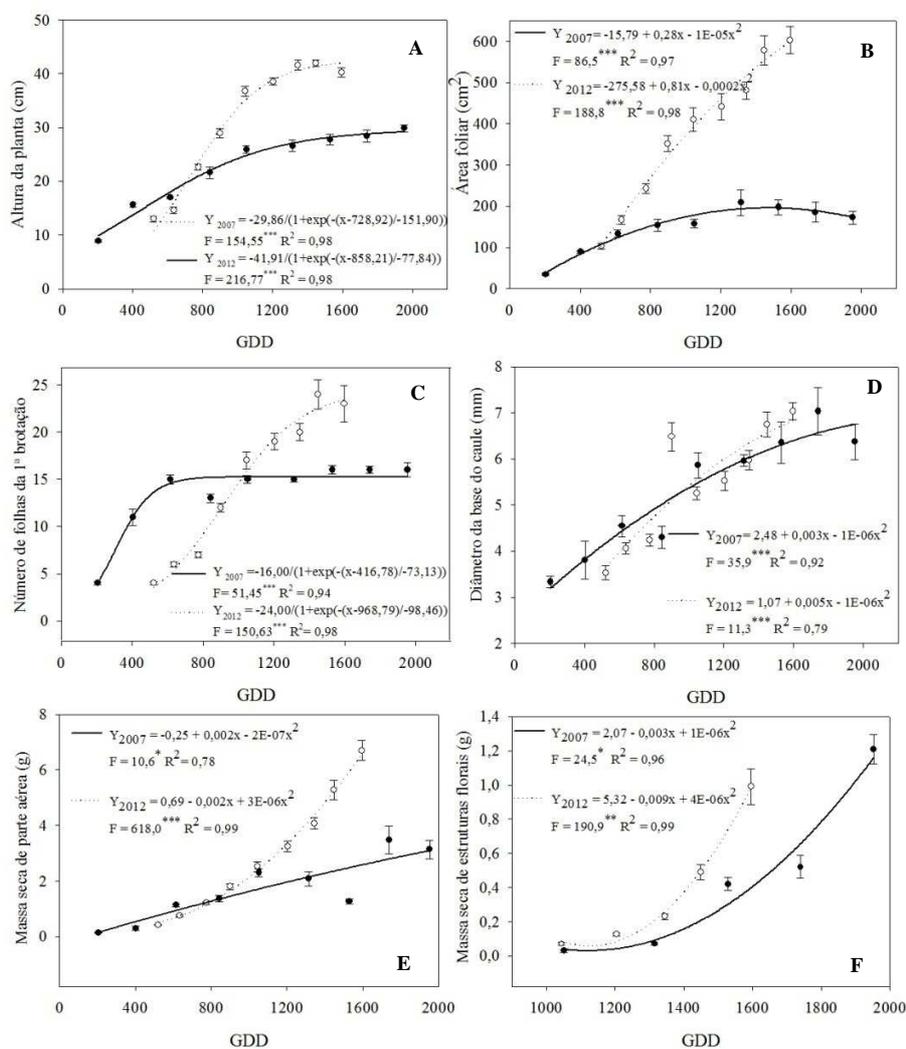


Figura 1 Valores médios de altura da planta (A), área foliar (B), número de folhas da primeira brotação (C), diâmetro da base do caule (D), massa seca de parte aérea (E) e massa seca de estruturas florais (F) obtidos entre a 4^a e 12^a semana de plantio, respectivos erros padrões, em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD), equações de regressão, valores do teste F para regressão e coeficiente de determinação (R^2) nos cultivos de 2007 (primeiro cultivo) e 2012 (segundo cultivo) do crisântemo cv. White Diamond

Analisando a altura das plantas do segundo cultivo, a menor taxa do acúmulo térmico registrado semanalmente resultou em plantas maiores, com a altura variando de 12,97 a 41,9 cm, enquanto que, no primeiro cultivo houve variação de 8,91 a 29,8 cm (Figura 1A). De acordo, com a Instituto Brasileiro de Floricultura, IBRAFLO (2000), no ponto de comercialização, a altura das plantas de crisântemo em vaso deve estar entre 23 e 35 cm, portanto, as plantas do cultivo de 2012 não atenderam ao padrão exigido para a sua comercialização. Além disso, com o incremento em altura, as hastes ficaram mais finas, comprometendo a sustentação da inflorescência, levando ao tombamento das plantas. De acordo com Tolloti, Bellé e Mainardi, (2003), o ideal é que as plantas tenham uma menor haste floral, dessa forma, terão maior resistência para dar sustentação à inflorescência, que ficará mais próxima à folhagem, melhorando a estética do vaso.

A análise de área foliar de plantas do segundo cultivo indicou o aumento proporcional ao acúmulo do GDD, atingindo-se a máxima área foliar de 603,4 cm² aos 1.596 GDD, valor 3 vezes maior em relação à área foliar observada nas plantas do primeiro cultivo, cujos valores mantiveram-se entre 150 a 200 cm² (Figura 1B). É importante ressaltar que, embora a área foliar represente um papel estético importante no preenchimento dos espaços para cobertura do vaso (MAINARDI; BELLÉ; MAINARDI, 2004), o principal produto da comercialização são as inflorescências que em função do crescimento vegetativo exagerado proveniente da menor taxa de acúmulo de GDD registrado semanalmente durante o segundo cultivo, tiveram o seu incremento de massa afetado (Figura 1F). Devido a menor taxa de acúmulo de GDD semanal registrado durante o segundo cultivo (Tabela 2), o incremento de área foliar foi maior em relação ao primeiro cultivo, este comportamento foi resultado do aumento do número de folhas e não da sua expansão (Figura 1 C).

É importante observar que as plantas do primeiro cultivo, após atingirem a fase reprodutiva (sétima semana), apresentaram menores incrementos em altura, área foliar e número de folhas da primeira brotação em relação às plantas do segundo cultivo que, mesmo após a emissão das inflorescências, continuaram com incrementos bastante significativos e que em função da menor taxa de acúmulo de GDD semanal registrado, estas plantas permaneceram sob maior tempo no estágio vegetativo em relação às plantas do cultivo de 2007 (Figura 1A, B e C).

Para o diâmetro da base do caule observou-se que, para ambos os cultivos, houve incremento com o acúmulo de GDD, sobretudo para o segundo cultivo, após o surgimento das inflorescências (867,6 GDD) (Figura 1D), provavelmente para garantir uma maior sustentação das hastes das inflorescências.

A massa seca de parte aérea aumentou com o acúmulo de GDD em ambos os cultivos, porém, o incremento da massa seca observado no segundo cultivo foi superior àquele observado no primeiro cultivo (Figura 1E), possivelmente pelo maior número de folhas observado nestas plantas.

O acúmulo de massa seca de estruturas florais obtida variou de 0,03 a 1,21 g e 0,07 a 0,99, quando os acúmulos térmicos variaram de 1.052,5 a 1.953 GDD e 1.044,8 a 1.596 GDD durante os cultivos 1 e 2, respectivamente, dessa forma, a menor taxa de acúmulo térmico registrado entre as semanas do segundo cultivo contribuiu para que a massa seca final de estruturas florais fosse atingida mais rapidamente em relação ao primeiro cultivo. Entretanto, foram produzidas inflorescências com menor acúmulo de massa seca. Por outro lado, no primeiro cultivo, a maior taxa de acúmulo de GDD registrado entre as semanas de cultivo contribuiu para um melhor desenvolvimento e expansão das inflorescências, resultando em uma maior massa seca de estruturas florais.

Embora tenha se observado diferenças na taxa de acúmulo de GDD na fase vegetativa de ambos os cultivos, isso não influenciou o tempo para o florescimento, uma vez que, as plantas de ambos os cultivos floresceram em um mesmo intervalo de tempo ao atingir a sétima semana de cultivo. Resultados similares foram encontrados por Nakano et al. (2013) em plantas de *Chrysanthemum morifolium* cultivadas a 20°C e 30°C, as quais floresceram simultaneamente, independentemente da temperatura.

O maior número de estruturas florais foi observado no segundo cultivo em relação ao primeiro cultivo, com 3 e 2 estruturas florais, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 Dias após o plantio (DAP), número de estruturas florais (NEF) e porcentagem de inflorescências abertas (% IA) de crisântemo cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) no período entre 56 a 84 dias após o plantio nos cultivos 2007 e 2012

DAP	1° Cultivo			2° Cultivo		
	GDD	NEF	% IA*	GDD	NEF	% IA*
56	1052,4	3	0	1044,8	3	0
63	1314,9	2	0	1204,7	3	0
70	1529,0	2	40	1345,8	3	0
77	1740,2	2	70	1449,1	3	0
84	1953,4	2	100	1596,0	3	0

*As inflorescências foram consideradas abertas quando as lígulas formavam um ângulo de 90° com a haste floral.

Apesar das plantas do segundo cultivo apresentarem o maior número de inflorescências, a abertura floral foi comprometida, uma vez que não apresentaram 60% das inflorescências abertas (ponto de comercialização) (Tabela 2) em decorrência da menor taxa de acúmulo de GDD registrado durante a fase reprodutiva (Tabela 2), resultando no atraso da abertura floral e inibição do desenvolvimento do capítulo da inflorescência. Estudos realizados com crisântemo cultivar 'Rage' em função do GDD mostraram que GDD entre 1.557

a 2.034 proporcionam maior porcentagem de inflorescências abertas, enquanto que o acúmulo de 2.200 GDD resulta em atraso na abertura floral (LESSA, 2009).

Como a taxa de acúmulo térmico do segundo cultivo foi menor em relação ao primeiro cultivo durante a fase reprodutiva, isso resultou em um atraso na abertura floral, assim as plantas precisariam de maior tempo para que houvesse total abertura das inflorescências. Baseado nisso, as plantas somente atingiram 60% das inflorescências abertas aos 1.774 GDD, alcançado na 13ª semana aos 93 dias de cultivo, diferentemente das plantas do primeiro cultivo que atingiram o ponto de comercialização aos 77 dias (11ª semana) aos 1.740,2 GDD (Tabela 2), indicando que o valor de acúmulo necessário para a abertura floral é acima de 1.700 GDD.

De um modo geral, o acúmulo de GDD mais lento resultou em menores taxas de acúmulo de GDD registradas entre as semanas, fazendo com que as plantas do segundo cultivo apresentassem maior crescimento vegetativo e atraso para atingir o ponto de comercialização (1.774 GDD contra 1.740,2 GDD).

4 CONCLUSÕES

- a) As diferenças nas taxas de acúmulo de GDD durante a fase vegetativa em ambos os cultivos não influenciaram o tempo para o florescimento do crisântemo, entretanto o seu crescimento foi alterado;
- b) Acultivar White Diamond requer maior taxa de acúmulo de GDD durante a fase reprodutiva para garantir a expansão das inflorescências;
- c) O acúmulo de GDD influenciou o número de estruturas florais e a porcentagem de inflorescências abertas.

REFERÊNCIAS

- BARBASSO, D. V.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; PIO, R. M. Caracterização fenológica de variedades do tipo Murccot em três porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 399-403, dez. 2005.
- BARBOSA, J. G. et al. Cultivo de crisântemo para corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 26, n. 227, p. 36-43, dez. 2005.
- BARDIN, L. et al. Estimativas das épocas de colheita da videira 'Niagara rosada' na região do pólo turístico do circuito das frutas, São Paulo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 135-139, mar./abr.2010.
- BELTRÃO, N. E. de M. et al. Ecofisiologia. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão/Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2007. p. 45
- BRUM, B. et al. Crescimento, duração do ciclo e produção de inflorescências de crisântemo multiflora sob diferentes números de despontes e tamanhos de vasos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 3, p. 682-689, maio/jun. 2007.
- 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, 2003.
- CARVALHO, S. M. P.; HEUVELINK, E. Modelling external quality of cut chrysanthemum: achievements and limitations. **Acta Horticulturae**, Oxford, v. 654, p. 287-294, Aug. 2004.
- COCKSHULL, K. E. Effects of irradiance and temperature on flowering of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. in continuous light. **Annals of Botany**, Oxford, v. 44, n. 4, p. 451-460, Oct. 1979.
- COCKSHULL, K. E.; KOFRANEK, A. M. High night temperatures delay flowering, produce abnormal flowers and retard stem growth of cut-flower chrysanthemums. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 56, n. 3, p. 217-234, Jan. 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. Relatório floricultura brasileira. **Informativo IBRAFLOR**, São Paulo, v. 5, n. 19, p. 10-15, maio 2000.

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.

LESSA, M. A. **Análise e modelagem do crescimento do crisântemo e calandiva em vaso em função de graus dia de desenvolvimento**. 2009. 116 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

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

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

MOTOS, J. R. OLIVEIRA, M. J. G. **Produção de crisântemos em vasos**. Holambra: Edições Flortec, 1998. 40 p.

NAKANO, Y. et al. Flowering retardation by high temperature in chrysanthemums: involvement of FLOWERING LOCUS T-like 3 gene repression. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 909-920, Feb. 2013.

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

NUNES, F. L. et al. Modelos agrometeorológicos de estimativa da duração do estágio floração-maturação para três cultivares de café arábica. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 1011-1018, Dec. 2010.

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 & Biotechnology**, Dundee, v. 68, n. 1, p. 89-98, Jan. 1993.

PETRY, C. **Plantas ornamentais**: aspectos para a produção. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo/EDIUPF, 1999. p. 103.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. 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.

RUML, M.; VUKOVIC, A.; MILATOVIC, D. Evaluation of different methods for determining growing degree-day thresholds in apricot cultivars. **International Journal of Biometeorology**, Germany, v. 54, n. 4, p. 411-422, July 2010.

SCHOUTEN, R. E. et al. Modelling of temperature-controlled internode elongation applied to chrysanthemum. **Annals of Botany**, Oxford, v. 90, n. 3, p. 353-359, Sept. 2002.

SNYDER, R. L. et al. Determining degree-day thresholds from fields observations. **International Journal of Biometeorology**, Milwaukee, v. 42, n. 4, p. 177-182, Mar. 1999.

SOUZA, P. R. Alguns aspectos de influência do clima e temperatura sobre a cultura do arroz irrigado no sul do Brasil. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 43, n. 389, p. 9-11, ago. 1990.

TANIGAWA, T.; KOBAYASHI, Y.; MATSUI, H. Effect of CO₂ enrichment and day temperature on growth, flowering and cut flower quality in *Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitamura. **Environment Control in Biology**, Tokyo, v. 35, n. 2, p. 107-115, Jan. 1997.

TRENTIN, R. et al. A. Soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da planta de melancia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2464-2470, dez. 2008.

TOLOTTI, J. C. C. **Efeito de redutores de crescimento em crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzelev.) Snowdon cultivado em vaso**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

TOLOTTI, J. C. C.; BELLÉ, R. A.; MAINARDI, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) Snowdon' em vaso I: doses e frequências de aplicação de daminozide. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1045-1051, nov./dez. 2003.

WHEALY, C. A. **High temperature effects on floral development and vegetative growth of *Chrysanthemum x morifolium* and the involvement of plant growth substances.** 1987. 88 p. Dissertation (Master in Physiology) – University of Florida, Florida, 1987.

CAPÍTULO 4 Influência de graus-dia de desenvolvimento nas características fisiológicas e fenologia do crisântemo

RESUMO

Apesar do crisântemo (*Dendranthema grandiflorum*) ser uma das plantas ornamentais mais comercializadas no Brasil, são poucos os estudos que utilizam o método graus-dia de desenvolvimento (GDD) para determinar com maior precisão a sua fenologia e fisiologia. Para isso, objetivou-se neste trabalho realizar análises fisiológicas, bem como caracterizar a fenologia do crisântemo de vaso cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento. O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no período entre agosto e novembro de 2012. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco repetições e nove coletas, sendo considerados tratamentos as épocas de coletas. Cada parcela útil foi composta de um vaso com três plantas, totalizando 15 plantas por avaliação. Semanalmente, avaliaram-se a concentração de pigmentos foliares, Taxa de Crescimento Relativo (*TCR*), Taxa Assimilatória Líquida (*TAL*), Razão de Área Foliar (*RAF*) e Área Foliar Específica (*AFE*). As mensurações de trocas gasosas foliares foram realizadas quinzenalmente. Os índices fisiológicos *TCR*, *RAF* e *AFE* diminuíram com o acúmulo de GDD. Comportamento inverso foi observado para a *TAL*. As trocas gasosas foliares pouco variaram com o acúmulo de GDD, independentemente da fase fenológica. As plantas apresentaram maior predominância de clorofila *a*, seguida de carotenóides e clorofila *b*. Foram necessários 850,1 GDD para que a fase vegetativa fosse completada e 867,6 GDD para que a fase reprodutiva fosse iniciada. Foram classificadas como de qualidade A₂ por apresentarem crescimento exagerado que comprometeu a sustentação das inflorescências. Na 12ª semana de plantio, não foi atingido o ponto de comercialização, pois as plantas não apresentavam 60% das inflorescências abertas em decorrência do baixo acúmulo de GDD (1.596 GDD), resultando no atraso da abertura floral.

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflorum*. Índices fisiológicos. Fotossíntese

ABSTRACT

Despite the chrysanthemum (*Dendranthema grandiflorum*) being one of the most commercialized ornamental plants in Brazil, there are few studies using the degree-day development method (DDD) in order to more accurately determine its phenology and physiology. For this, we aimed at performing physiological analyzes and characterizing the phenology of the pot chrysanthemum cv. White Diamond regarding degree-days development. The experiment was conducted under greenhouse conditions, in the period between August and November of 2012. We used a randomized block design, with five replicates and nine collections, considering the collections times as treatments. Each useful plot was comprised of one pot with 3 plants, in a total of 15 plants per evaluation. Weekly, we evaluated the concentration of leaf pigments, Relative Growth Rate (*RGR*), Net Assimilation Rate (*NAR*), Leaf Area Ratio (*LAR*) and Specific Leaf Area (*SLA*). The measurements for leaf gas exchange were performed fortnightly. The physiological indices *TCR*, *RAF* and *AFE* decreased with the accumulation of DDD. An opposite behavior was observed for the *TAL*. The leaf gas exchange varied little with the accumulation of DDD, regardless of the phenological stage. The plants presented higher predominance of chlorophyll *a*, followed by carotenoids and chlorophyll *b*. In order to complete the vegetative stage and initiate the reproductive stage, 850.1 and 867.6 DDD were necessary. We classified the plants as A₂ quality, for presenting overgrowth, which compromised the support of the inflorescences. At 12 weeks of planting, the commercialization point was not reached, since the plants did not present 60% of the inflorescences open due to the low accumulation of DDD (1596 DDD), resulting in the delay of flower opening.

Keywords: *Dendranthema grandiflorum*. Physiological indexes. Photosynthesis.

1 INTRODUÇÃO

O meio mais acessível para avaliar o crescimento e mensurar a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal é a análise de crescimento, que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo (BENINCASA, 2003; CARDOSO et al., 1987) sob condições naturais ou controladas (HUNT, 2003).

Os índices fisiológicos envolvidos e determinados na análise de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar os fotoassimilados nos diferentes órgãos (FONTES; DIAS; SILVA, 2005). A análise de crescimento envolve várias etapas do desenvolvimento vegetal e o tempo necessário para que estas diferentes etapas sejam alcançadas ocorre em função do acúmulo térmico, que pode ser quantificado em graus-dia de desenvolvimento (GDD) (BONHOMME, 2000), muito utilizado como variável independente para descrever o crescimento e desenvolvimento da planta (DWYER; STEWART, 1986).

Alguns estudos têm abordado o comportamento do crisântemo, baseado em índices fisiológicos. Farias e Saad (2005; 2011) observaram que a Taxa de Crescimento Relativo (*TCR*) e a Taxa de Assimilação Líquida (*TAL*) em crisântemo decrescem com o avanço do ciclo da cultura em decorrência da diminuição na produção de folhas. Essa tendência ocorre pela diminuição da superfície fotossinteticamente ativa. Estudos realizados por Ploeg, Smid e Heuvelink (2005) com o objetivo de avaliar a influência da temperatura e do fotoperíodo no crescimento de diferentes cultivares de crisântemo demonstraram que maiores *TCR* ($0,093 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) são obtidas quando em temperatura de 20°C e reduções da *TAL* e razão de peso foliar (*RPF*) ocorrem em temperatura de

15°C. A razão de área foliar (*RAF*) e a área foliar específica (*AFE*) foram maiores em temperatura de 15°C (PLOEG et al.; 2007).

Considerando que a duração das fases fenológicas de uma cultura avaliada por meio do número de dias varia entre regiões, em razão das diferenças climáticas, a utilização apropriada de graus-dia de desenvolvimento permite determinar, com maior precisão, a duração das fases fenológicas das plantas cultivadas. Assim, objetivou-se realizar análises fisiológicas, bem como caracterizar a fenologia do crisântemo de vaso cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e condições de cultivo

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no Setor de Floricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – MG, com coordenadas geográficas: altitude de 937 m, latitude 21° 13' 44''S, longitude 44° 58' 27''W, no período entre agosto e novembro de 2012 com crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev) cultivar White Diamond. O tempo de cultivo foi de 84 dias (12 semanas) no período de 30/08 a 22/11 de 2012.

Estacas não enraizadas de crisântemo foram cultivadas em vasos com volume de 1,3 L de substrato e 12 cm de altura, contendo substrato comercial para plantas ornamentais composto de 75% de casca de pinus e 25% de vermiculita, pH 6,3 e condutividade elétrica de 0,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Foram dispostas três estacas por vaso, previamente tratadas com uma solução fúngica constituída de Ridomil Gold M2 (2,0 g L⁻¹) e com regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB) a 0,1 %.

Após o plantio, os vasos foram irrigados. Durante o período de 21 dias, contados a partir da data de plantio, as estacas foram submetidas a dias longos (DL) (16 h.dia⁻¹ de luz) promovido com o uso de iluminação artificial, utilizando-se lâmpadas incandescentes de 60W, instaladas à altura de 1,20m do solo e espaçadas 2m entre si no sistema de luz cíclica (15 minutos de iluminação alternados com 15 minutos de escuro, no período das 21h às 4h).

Após 15 dias do plantio, realizou-se o “pinch” (quebra da dominância apical e estímulo das brotações laterais), retirando-se aproximadamente 2cm da extremidade do broto, deixando-se 3 pares de folhas por planta.

Após 21 dias da exposição a condições de DL na terceira semana de plantio, as mudas foram submetidas a condições de dias curtos (DC) com 16

h.dia⁻¹ de escuro das 16 h às 8 h do dia seguinte, realizado com o uso de cortinas de panos de cor preta dispostas a 1,00 m de altura. A aplicação de dias curtos foi interrompida tão logo os botões se tornaram visíveis.

As plantas foram irrigadas de 2 a 3 vezes por dia, mantendo-se o substrato sempre úmido. A remoção dos botões laterais foi realizada assim que se tornaram visíveis, permanecendo somente o botão floral apical em cada haste. Os procedimentos de cultivo realizados baseou-se nos utilizados na produção comercial de crisântemo de vaso.

As plantas foram adubadas via fertirrigação pelo sistema de gotejamento com “espaguetes” a partir de 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas, uma para a fase vegetativa (A), outra para fase do florescimento (B) (iniciada com a visualização da inflorescência) e a terceira (C) para ambas as fases, sendo aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C) (Tabela 1).

Tabela 1 Soluções nutritivas utilizadas no cultivo de crisântemo de vaso cultivar White Diamond

FERTILIZANTE	QUANTIDADE		
	(A) Fase vegetativa ^[1]	(B) Fase de florescimento	(C) Ambas as fases ^[1]
Nitrato de cálcio	125 g/250L	125g/250L	792,5 g/500L
Sulfato de magnésio	50 g/250L	50 g/250L	-----
MAP (10-52-0) ^[2]	-----	243g/250L	-----
MKP (0-51-33) ^[3]	37,5 g/250L	50g/250L	-----
NPK (15-3-30)	125 g/250L	-----	-----
QUANTIDADE (g/250 L)			
Ácido bórico	2,5 g/250L	2,5g/250L	-----
Ferro	7,5 g/250L	7,5g/250L	-----
QUANTIDADE (ml/250 L)			
Sulfato de cobre	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Sulfato de zinco	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Molibdato de sódio	2,5ml/250L ^[5]	2,5ml/250L ^[5]	-----

¹Condutividade elétrica da solução ($1,8 \pm 2,0 \mu\text{S}/\text{cm}$)

²Fosfato monoamônico.

³Fosfato monopotássico

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

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

2.2 Registro da temperatura

Os dados meteorológicos, como temperatura máxima e mínima, foram registrados, diariamente, com o auxílio do termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 50 cm de altura e no centro da área de cultivo. A temperatura base adotada para o crisântemo foi de 6°C de acordo com Mota (1989).

Os dados foram utilizados na equação abaixo, para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD) a partir da data de plantio, incluindo a fase de enraizamento. Os valores de GDD foram obtidos utilizando-se a expressão:

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

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); K = número de dias e i = dia.

2.3 Avaliações das trocas gasosas foliares

As avaliações de trocas gasosas foram realizadas quinzenalmente no período entre 35 a 84 dias do plantio (5ª a 12ª semana de cultivo), sendo a última avaliação realizada com intervalo de uma semana. Para as análises, foi utilizado o analisador portátil de CO₂ e infravermelho IRGA Li-6400 (LI-COR Biosciences Inc., Nebraska, USA). As avaliações foram realizadas na parte mediana da quarta folha partindo do ápice. Para as avaliações foram utilizadas sempre as mesmas folhas. Foram mensuradas trinta plantas por avaliação, no período entre 9 h 30 min e 11 horas. Foram avaliadas a taxa fotossintética líquida por unidade de área foliar (*A*), condutância estomática ao vapor de água (*g_s*) e transpiração (*E*). A densidade de fluxo de fótons da radiação fotossinteticamente ativa (*RFA*) e concentração de CO₂ atmosférico (*Ca*) foram fixados para, 800 μmol fótons m⁻² s⁻¹ e 400 μmol mol⁻¹, respectivamente.

2.4 Análise de pigmentos cloroplastídicos

A determinação dos pigmentos cloroplastídicos foi realizada semanalmente no período compreendido entre 28 e 84 dias de plantio. As amostras foliares foram envolvidas em papel alumínio e acondicionadas em caixa de isopor contendo gelo e, posteriormente, conduzidas ao laboratório. Os teores de pigmentos cloroplastídicos (clorofila *a*, *b* e carotenoides) foram determinados a partir de 0,2 g de material vegetal fresco e homogeneizados em 5,0 mL de acetona 80%, em almofariz. O extrato foi filtrado e o seu volume completado para 10 mL de acetona. A absorvância foi determinada em espectrofotômetro (Beckman DU®, Modelo 640-B, USA) e as leituras realizadas a 663,2; 646,2 e 470,1 para os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides, respectivamente, conforme a metodologia descrita por Lichtenthaler e Welburn (1983).

2.5 Análise de crescimento

Para as análises de crescimento, foram realizadas nove coletas destrutivas de 15 plantas por avaliação, no período entre 28 e 84 dias de cultivo avaliadas semanalmente. O fim do ciclo de cultivo foi determinado quando as plantas apresentaram 84 dias de cultivo (12^a semana de plantio), independentemente se atingiram ou não o ponto de comercialização.

A massa seca das partes da planta bem como a área foliar foram utilizadas para estimar a taxa de crescimento relativo (*TCR*) e taxa assimilatória líquida (*TAL*), de acordo com Hunt (1990). A taxa de crescimento relativo

(*TCR*), expressa em $\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$, reflete o incremento de biomassa seca em relação à biomassa pré-existente (FERRI, 1985):

$$TCR = \frac{\ln MST_2 - \ln MST_1}{t_2 - t_1}$$

Sendo: MST_2 = Massa seca total final (g); MST_1 = Massa seca total inicial (g); t_2 = Tempo de coleta final (dias); t_1 = Tempo de coleta inicial (dias).

A taxa assimilatória líquida (*TAL*) foi expressa em $\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, segundo a equação:

$$TAL = \frac{(MST_2 - MST_1)}{AF_2 - AF_1} - \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{t_2 - t_1}$$

Em que: MST_2 = Massa seca total final (g); MST_1 = Massa seca total inicial (g); AF_2 = Área foliar total final (cm^2); AF_1 = Área foliar total inicial (cm^2); t_2 = Tempo de coleta final (dias); t_1 = Tempo de coleta inicial (dias).

Foram mensuradas a razão de área foliar (*RAF*) calculada pela razão entre Área Foliar/Massa seca total da planta ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$) e a área foliar específica (*AFE*) calculada pela razão entre Área foliar/Massa seca de folha ($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$).

As avaliações da altura da planta (*AP*), área foliar (*AF*), número de folhas da primeira brotação (*NF*), número de folhas totais (*NTF*), massa seca de parte aérea (*MSPA*), diâmetro da base do caule (*DBC*), número de estruturas florais (botão floral + inflorescência) (*NEF*) e número de hastes florais (*HF*) foram realizadas em três períodos: na aplicação de dias curtos (DC) aos 21 dias de plantio, na emissão da inflorescência (47 dias após o plantio) e ao final do ciclo do crisântemo quando as plantas apresentaram 84 dias de cultivo (12ª semana de plantio).

A altura da planta foi obtida medindo-se a distância entre a base do coleto e o ápice da planta com o auxílio de uma régua. A área foliar, incluindo o pecíolo, foi determinada com o auxílio do medidor automático de área foliar LI-3100. O diâmetro da base do caule foi mensurado com o auxílio de um paquímetro digital (Digmess, São Paulo, Brasil).

2.6 Determinação da massa seca

A parte aérea das plantas (folhas, caule, hastes e estruturas florais) foi colocada em sacos de papel do tipo Kraft e secas em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até massa constante, sendo então pesadas.

2.7 Avaliação do padrão de qualidade dos vasos

Os critérios para determinação da qualidade dos vasos, a altura da planta, número das inflorescências, porcentagem de inflorescências abertas no momento da comercialização, sustentação das hastes florais, presença de pragas e doenças foram estabelecidos conforme os padrões do Instituto Brasileiro de Floricultura.

2.8 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 5 repetições, sendo que, cada parcela útil foi constituída por 1 vaso contendo, 3 plantas, totalizando 15 plantas por avaliação e 9 épocas de coleta.

Foram considerados tratamentos as épocas de avaliação. Escolheu-se o delineamento em blocos pelo fato de existirem diferenças na incidência de raios solares dentro da casa de vegetação.

A base de dados foi submetida ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ($P < 0,05$). As variáveis de crescimento foram submetidas à análise de regressão, tendo como variável independente graus-dia de desenvolvimento e ajustadas as regressões, sendo escolhidas aquelas com maior valor de R^2 .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a realização do experimento em condições de casa de vegetação, as temperaturas médias mínima e máxima foram de 15,9 e 34 °C, respectivamente, e a umidade relativa média do ar foi de 66,9% no qual o período de estabelecimento das mudas foi acompanhado de elevadas temperaturas, atingindo 40°C (Figura 1).

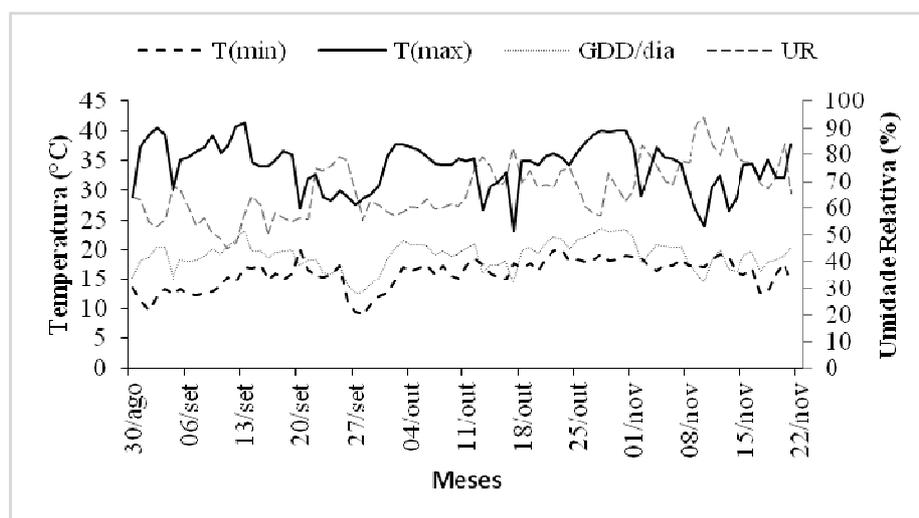


Figura 1 Valores diários de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmin), graus-dia de desenvolvimento (GDD) e umidade relativa do ar média (UR) registrados no interior da casa de vegetação, no período de 30 de agosto a 22 de novembro de 2012

O GDD variou de 521,3 a 1.596 acumulado entre a 4ª e 12ª semana de cultivo (84 dias de cultivo), respectivamente (Figura 2).

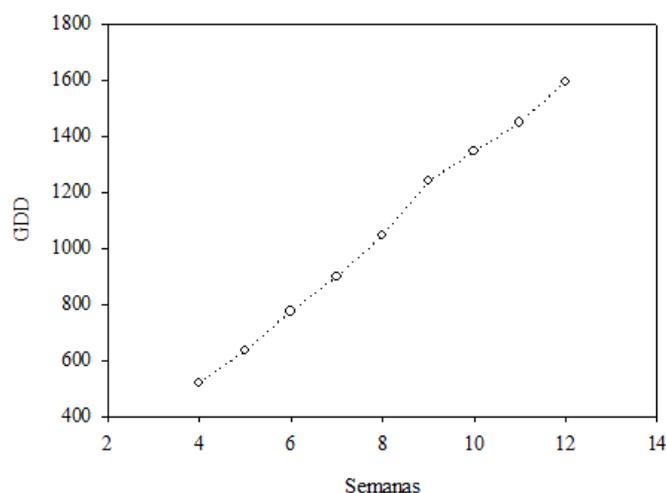


Figura 2 Acúmulo de temperatura pelo método graus-dia de desenvolvimento (GDD) entre a 4ª semana de cultivo e 12ª semana (84 dias de cultivo) de crisântemo cv. White Diamond

Nota: O acúmulo de GDD foi contabilizado a partir da data de plantio, incluindo a fase de enraizamento.

As plantas foram submetidas por 3 semanas sob dias longos (16 h. dia⁻¹ de luz) para promover o crescimento, produção de folhas e diferenciação dos entrenós, durante este período foram acumulados 403,3 GDD (Figura 3). Após a aplicação de DC (terceira semana) foram necessários 446,8 GDD (25 dias) para que as inflorescências fossem emitidas. Aos 850,1 GDD, houve o encerramento da fase vegetativa. A exigência térmica para a ocorrência da transição entre a fase vegetativa e reprodutiva foi de 867,6 GDD, com a visualização das inflorescências na sétima semana após o plantio aos 47 dias após o plantio. Durante a fase reprodutiva houve uma necessidade térmica de 745,9 GDD. A abertura das inflorescências somente ocorreu na 13ª semana do plantio (Figura 3).

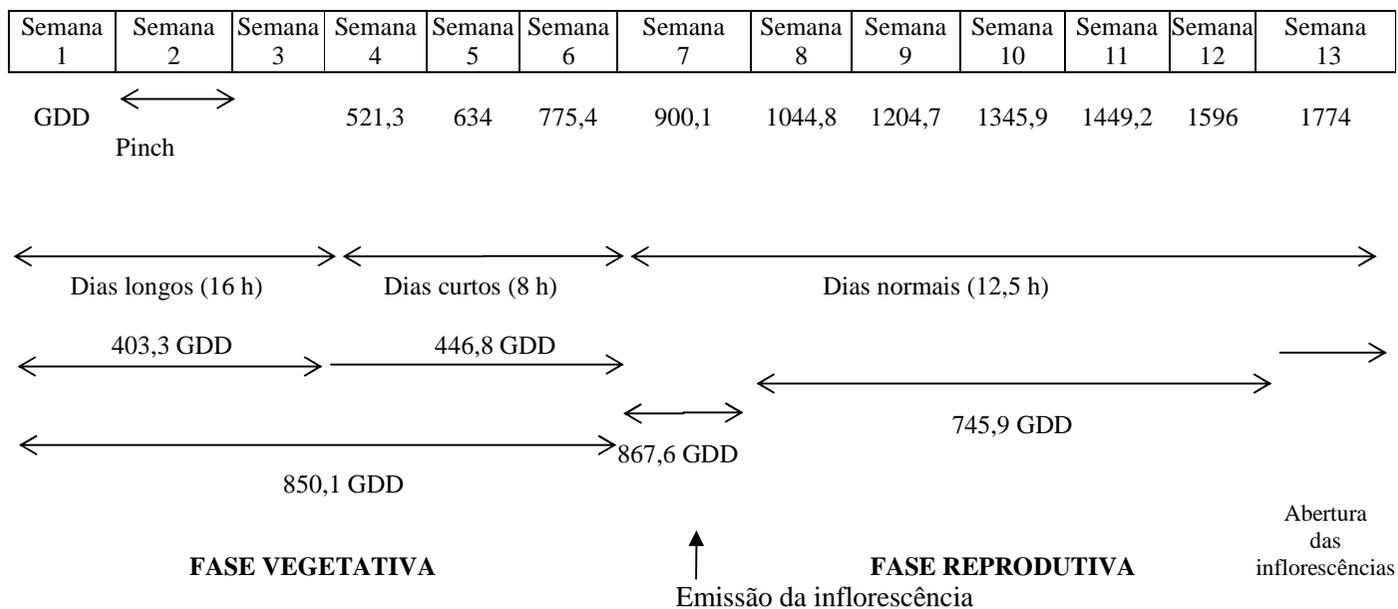


Figura 3 Caracterização fenológica de crisântemo cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento

Com a idade da planta e acúmulo de GDD foi possível observar aumento da *TAL* e redução da *TCR*, *RAF* e *AFE* (Figura 4). A *TAL* foi decrescente até 900,1 GDD, aumentando posteriormente, até atingir a máxima *TAL* de 0,0024 g cm² dia⁻¹ ao final do ciclo (Figura 4A). Provavelmente a elevada *TAL* observada aos 1.596 GDD, pode ser atribuída à presença de folhas estreitas e menores no terço superior das plantas que embora tivessem menor área foliar, realizavam fotossíntese para compensar o autossombreamento. Além disso, às condições de luminosidade dentro da casa de vegetação permitiram que uma menor área foliar fosse necessária para produzir um grama de matéria seca, semelhantemente aos observados em sorgo por Benincasa (1988). Aumentos na *TAL* ao final do ciclo de cevada também foram observados em resposta ao início do processo de senescência das folhas mais velhas (ANTONIAZZI; DESCHAMPS, 2006), entretanto isso não foi atribuído ao crisântemo, uma vez que, as plantas não iniciaram o processo de senescência.

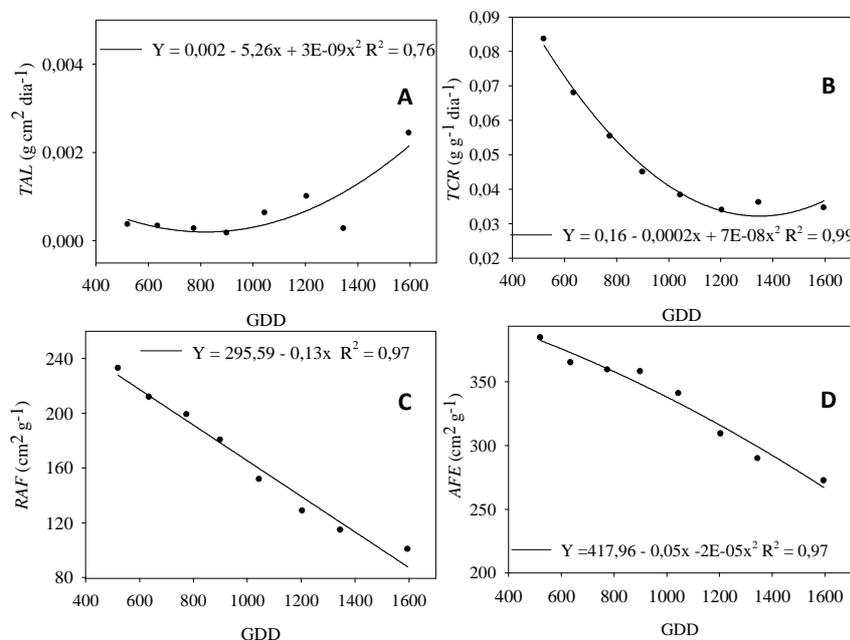


Figura 4 (A) Taxa Assimilatória Líquida (TAL), (B) Taxa de Crescimento Relativo (TCR), (C) Razão de Área Foliar (RAF) e (D) Área Foliar Específica (AFE) de crisântemo cv. White Diamond no período entre a 4^a e 12^a semana de cultivo em função de graus-dia de desenvolvimento

Estes resultados discordam com os encontrados em crisântemo cv. Rage por Farias e Saad (2005) e cv. Puritan por Farias e Saad (2011) que afirmaram que a TAL é reduzida com o avanço do ciclo da cultura resultante da sobreposição das folhas superiores sobre as inferiores que ocorre à medida que a planta se desenvolve. Essa tendência ocorre pela diminuição da superfície fotossinteticamente ativa em decorrência do autossombreamento.

Ao final do ciclo da cultura quando foram acumulados 1.596 GDD, o incremento de biomassa foi 58,6% menor em relação aos primeiros 28 dias de cultivo quando o acúmulo térmico foi de 521,3 GDD (Figura 4 B). Essas observações afirmam que a TCR em crisântemo decresce com a idade da planta

em decorrência da diminuição na produção de novas folhas (FARIAS; SAAD, 2011), aumento do peso da planta (De JONG; JANSEN, 1992), aumento do autossombreamento (URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000) e declínio da capacidade relativa das plantas em produzir nova biomassa (ANTONIAZZI; DESCHAMPS, 2006). Comportamento semelhante foi observado para *RAF* e *AFE* (Figura 4C, D), confirmando que, as variações observadas na *RAF* de crisântemo estão correlacionadas com as variações observadas na *TCR* e *AFE* (De JONG; JANSEN, 1992).

Considerando que a *RAF* é um índice que relaciona a área foliar com o peso total da planta, representando a unidade de área foliar que está sendo utilizada pela planta para produzir uma unidade de peso de matéria seca (BENINCASA, 1988), a elevada *RAF* 232,8 cm² g⁻¹ observada no início do desenvolvimento do crisântemo quando a soma térmica foi de 521,3 GDD (Figura 4C), é resultante de um maior aporte de assimilados para a produção de folhas, a fim de aumentar o aproveitamento da luz incidente e promover um rápido crescimento (URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000). O decréscimo subsequente da *RAF* com o desenvolvimento da cultura revela que com a maturidade da planta e com o acúmulo térmico houve uma maior alocação de assimilados para o desenvolvimento de partes reprodutivas (inflorescências) em detrimento da produção de folhas (HUGHES; COCKSHULL, 1971; URCHEI; RODRIGUES; STONE, 2000).

Aos 521,3 GDD acumulado na quarta semana de cultivo, a *AFE* foi 29,2% superior em relação a 12^a semana quando foram acumulados 1.596 GDD (Figura 4D). Segundo Benincasa (2003), no início do desenvolvimento da planta, os valores de *AFE* são elevados devido à presença de folhas pouco espessas, com pouca massa seca e aérea foliar. O decréscimo da *AFE* ao longo do desenvolvimento do crisântemo indica que houve translocação de fotoassimilados das folhas para outras partes das plantas (reprodutivas).

Apesar do ponto de comercialização do crisântemo ser atingido entre a 11ª a 12ª semana de cultivo (77 – 84 dias) (MOTOS; OLIVEIRA, 1990), quando foram acumulados 1.432,5 e 1.596 GDD, respectivamente, as plantas não atingiram o ponto de comercialização, já que não apresentavam 60% das inflorescências abertas em decorrência do baixo acúmulo de GDD registrado durante a fase reprodutiva que resultou no atraso da abertura floral (NAKANO et al., 2013), sendo o ponto de comercialização somente atingido na 13ª semana do plantio (Figura 3).

As variáveis de crescimento avaliadas: *MSPA*, *DBC*, *AP*, *AF*, *NF*, *NTF*, *NEF* e *HF* aumentaram ao longo do acúmulo de GDD de acordo com cada período analisado (Tabela 2). No período de aplicação de dias curtos (DC) iniciado na terceira semana de cultivo, as folhas foram responsáveis pela maior parte da *MSPA* produzida. Para a emissão da inflorescência, foram necessários a produção de 1,8 g de *MSPA*, o dobro do diâmetro e da altura e o triplo de *AF*, *NF*, *NTF* em relação aos observados na aplicação de DC (Tabela 2), produzindo 3 estruturas florais.

Tabela 2 Massa seca de parte aérea (*MSPA*), diâmetro da base do caule (*DBC*), altura da planta (*AP*), área foliar (*AF*), número de folhas da primeira brotação (*NF*), número total de folhas (*NTF*), número de estruturas florais (*NEF*) e hastes florais (*HF*) obtidos na aplicação de dias curtos (DC), emissão da inflorescência de crisântemo e final do ciclo da cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento

	<i>MSPA</i> (g)	<i>DBC</i> (mm)	<i>AP</i> (cm)	<i>AF</i> (cm ²)	<i>NF</i>	<i>NTF</i>	<i>NEF</i>	<i>HF</i>
Aplicação de dias curtos	0,4	3,5	13,0	102,7	4	17	-	-
Emissão da inflorescência	1,8	6,3	29,0	351,7	12	51	3	3
Final do ciclo	6,7	7,0	40,3	603,4	23	97	3	3

E ao final do ciclo do crisântemo, atingido na 12ª semana de cultivo, a *MSPA*, *DBC*, *AP*, *AF*, *NF* e *NTF* foram 94%; 50%; 67,7%; 83%; 82,6% e

82,5%, respectivamente maiores em relação às plantas analisadas no período de dias curtos, revelando que mesmo após a emissão das inflorescências, as plantas continuaram crescendo, já que permaneceram por um período maior no estágio vegetativo (Tabela 2).

As trocas gasosas foliares em crisântemo pouco variaram com o acúmulo de GDD, independentemente da fase fenológica das plantas (Tabela 3). As variações existentes foram provocadas pelas altas temperaturas que duraram geralmente algumas horas do dia. A taxa fotossintética líquida (A) variou de 8,30 a 11,76 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; a condutância estomática (g_s) de 0,08 a 0,13 $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e a transpiração (E) de 1,19 a 3,24 $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$, quando a temperatura do ar variou de 27,7 a 29,7 °C; 28,9 a 33,1 °C; 28,4 a 34,6 °C; 25,5 a 26°C e 28,8 a 31,6°C nos dias durante as respectivas avaliações, com o acúmulo de GDD variando de 656,8 a 1615,6 (Tabela 3).

Tabela 3 Taxa fotossintética líquida (A); condutância estomática (g_s) e transpiração (E) de crisântemo em função de graus-dia de desenvolvimento (GDD) no período entre 36 a 85 dias após o plantio

GDD	A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			g_s ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)		
656,8	10,43	±	0,37	0,13	±	0,006	2,84	±	0,12
920,0	8,91	±	0,34	0,08	±	0,005	2,09	±	0,11
1204,7	11,76	±	0,68	0,12	±	0,006	3,24	±	0,17
1484,7	8,30	±	0,32	0,08	±	0,004	1,19	±	0,05
1615,6	9,60	±	0,30	0,10	±	0,004	2,40	±	0,10

Nota: Média ± erro padrão (n= 30).

A manutenção das trocas gasosas foliares com o acúmulo de GDD e, conseqüentemente, com o desenvolvimento da planta pode ser atribuída, ao fato de que, ao final do ciclo de cultivo, as plantas ainda se encontravam com suas inflorescências em estágio inicial de abertura, muitas delas ainda fechadas e, portanto, neste estágio, a assimilação de carbono foi bastante significativa.

Apesar de que em altas temperaturas é comum ocorrer declínios na A devido ao fechamento estomático (PONS; WELSCHEN, 2003; TAY et al., 2007), refletindo em uma limitação da difusão do CO_2 nos espaços intercelulares do mesófilo, resultando no decréscimo da fotossíntese líquida em plantas C_3 (FLEXAS et al., 2006; IGLESIAS-ACOSTA et al., 2010), em que atividade da ribulose 1,5 bifosfato carboxilase-oxigenase tem sua atividade carboxilase diminuída ou inibida (BERRY; BJORKMAN, 1980), esta é uma importante estratégia de defesa da planta para minimizar os efeitos de condições ambientais adversas (PASSIOURA, 1982). Entretanto, este comportamento não foi observado durante o cultivo do crisântemo, uma vez que, a elevada temperatura do ar registrada durante o estudo, acima da faixa de temperatura considerada ideal para o cultivo do crisântemo (18 a 25°C), não foi suficiente para afetar a assimilação de carbono, de forma que, a abertura dos estômatos foi mantida para garantir a assimilação de carbono, uma vez que, as plantas estavam com suprimento hídrico adequado (Tabela 3). A manutenção dos estômatos abertos mesmo com o aumento da temperatura, pode ser vantajosa para a planta, já que o aumento do CO_2 intercelular pode superar a redução de A devido à fotorrespiração (SAGE; SHARKEY, 1987). É importante observar que em dias mais quentes, o superaquecimento das folhas foi prevenido através da transpiração (LARCHER, 2000). Resultados semelhantes foram observados em *Tuberaria major* (alcar-do-algarve) em que temperatura de 32°C, na ausência de estresse hídrico, não afetou a assimilação de CO_2 , devido ao aumento da condutância estomática (OSÓRIO; OSÓRIO; ROMANO, 2013). É comum que em altas temperaturas, as plantas com suprimento hídrico adequado mantenham seus estômatos abertos, utilizando a transpiração para reduzir a temperatura foliar (SALVUCCI; CRAFTS-BRANDNER, 2004).

Para o teor de pigmentos cloroplásticos observou-se que houve síntese e sua redução ao longo do acúmulo de GDD (Figura 5).

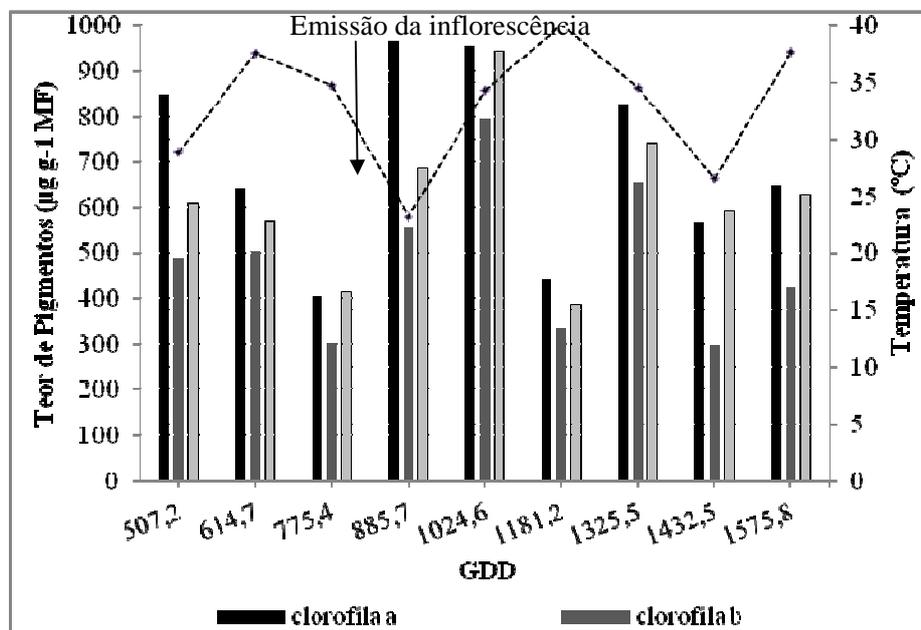


Figura 5 Teores de pigmentos fotossintéticos de crisântemo cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento avaliados semanalmente no período entre 4ª e 12ª semana do plantio

Nota: A linha pontilhada indica a temperatura máxima registrada para cada acúmulo de GDD.

As reduções na síntese de clorofila *a*, *b* e carotenoides observadas quando o acúmulo térmico foi de 775,4 e 1.181,2 GDD, foram na ordem de 52,5% e 48%; 38,7% e 31,4%; 32% e 36,3%, respectivamente em relação aos teores observados aos 28 dias de cultivo quando foram acumulados 507,2 GDD. Estas reduções foram atribuídas às elevadas temperaturas registradas durante o período (34,8°C e 40,1 °C), respectivamente (Figura 4). O decréscimo na concentração de pigmentos fotossintetizantes pode ser interpretado como uma estratégia da planta para reduzir a captura de energia luminosa em oferta excessiva quando em altas temperaturas (CHAVES; MAROCO; PEREIRA, 2003). Entretanto, com a emissão da inflorescência ocorrida com um acúmulo

térmico de 867,6 GDD (Figura 3), houve aumento na síntese de clorofila e carotenoides.

As plantas apresentaram maior predominância de clorofila *a*, seguida de carotenoides e clorofila *b* (Figura 4). Os elevados teores de carotenóides observados nas plantas podem ser atribuídos à incidência de raios solares dentro da casa da vegetação fazendo com que os carotenoides, que servem como pigmentos acessórios de fotoproteção e que estão ligados ao ciclo das xantofilas para dissipação de energia, fossem produzidos para proteger as plantas de danos causados pela luz (LU; LI, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Aos 84 dias de plantio (12ª semana), que corresponde ao fim do ciclo do crisântemo, as plantas foram classificadas como de qualidade A₂: por apresentarem hastes tenras e finas sem sustentação, levando ao tombamento em decorrência do crescimento exagerado das plantas, atingindo-se 40,3 cm de altura além dos padrões de comercialização (INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA, IBRAFLOR, 2013; VEILING, 2013); por não apresentarem 60% das inflorescências e por leves infestações de pragas.

4 CONCLUSÕES

- a) A determinação de graus-dias associada com observações fenológicas poderá ser útil no estabelecimento de fases e duração dos estádios de desenvolvimento do crisântemo.
- b) Os índices fisiológicos avaliados, *TCR*, *TAL*, *RAF* e *AFE* foram influenciados pelos graus-dia de desenvolvimento.
- c) O acúmulo de graus-dia de desenvolvimento não influenciou na assimilação de carbono do crisântemo cv. White Diamond.
- d) Acúmulos inferiores a 1.596 GDD resultaram no atraso da abertura floral.

REFERÊNCIAS

- ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamentos com elicitores e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1065-1071, jul./ago. 2006.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BERRY, J. A.; BJÖRKMAN, O. Photosynthesis response and adaptation to temperature in higher plantas. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 31, n. 1, p. 491-543, June 1980.
- BONHOMME, R. Bases and limits to using ‘degree day’ units. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 13, n. 1, p. 1–10, July 2000.
- CARDOSO, M. J. et al. Partição de assimilados e produção de matéria seca de milho em dois sistemas de associação com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 34, n. 191, p. 71-89, 1987.
- CHAVES, M. M. MAROCO, J. PEREIRA, J. S. Understanding plant responses to drought – from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology**, Melbourne, v. 30, n. 3, p. 239-264, Mar. 2003.
- DE JONG, J.; JANSEN, J. Genetic differences in relative growth rate and partitioning growth components in *Chrysanthemum morifolium*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 49, n. 3/4, p. 267-275, Mar. 1992.
- DWYER, L. M. STEWART, D. T. Leaf area development in field-grown maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 78, n. 2, p. 334-343, Mar. 1986.
- FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Crescimento e qualidade de crisântemo cultivado em vaso sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 740-742, jul./set. 2005.

FARIAS, M. F.; SAAD, J. C. C. Análise de crescimento do crisântemo de vaso, cultivar Puritan, irrigado em diferentes tensões de água em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 75-79, jan./mar. 2011.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal**. 1. ed. São Paulo: EPU, 1985.p. 42.

FLEXAS, J. et al. Keeping a positive carbon balance under adverse conditions: responses of photosynthesis and respiration to water stress. **Physiologia Plantarum**, Malden, v. 127, n. 3, p. 343-352, July 2006.

FONTES, P. C.R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 94-99, jan./mar. 2005.

HUGHES, A. P.; COCKSHUL, K. E. The effects of light intensity and carbon dioxide concentration on the growth of *Chrysanthemum morifolium* cv. Bright Golden Anne. **Annals of Botany**, Oxford, v. 35, n. 4, p. 899-914, Mar. 1971.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. p. 26-38.

HUNT, R. Growth analysis, individual plants. In: THOMAS, B.; MURPHY, D. J.; MURRAY, D. (Ed.). **Encyclopaedia of applied plant sciences**. London: Academic, 2003. p. 579-588.

IGLESIAS-ACOSTA, M. et al. The response of broccoli plants to high temperature and possible role of root aquaporins. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 68, n. 1, p. 83-90, Mar. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORICULTURA. Critério de classificação. **Informativo IBRAFLOR**, São Paulo. 2013. Disponível em: <<http://www.ibraflor.com/publicacoes/vw.php?cod=58>>. Acesso em: 15 dez. 2013.

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

LICHTENTHALER, H. K.; WELLBURN A. R. Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 11, n.5, p. 591-603, Oct. 1983.

LU, S.; LI, L. Carotenoid metabolism: biosynthesis, regulation, and beyond. **Journal of Integrative Plant Biology**, Malden, v. 50, n. 7, p. 778–785, July 2008.

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

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

NAKANO, Y. et al. Flowering retardation by high temperature in chrysanthemums: involvement of Flowering Locus T-like 3 gene repression. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 64, n. 4, p. 909-920, Feb. 2013.

OSÓRIO, M. L.; OSÓRIO, J.; ROMANO, A. Photosynthesis, energy partitioning, and metabolic adjustments of the endangered Cistaceae species *Tuberaria major* under high temperature and drought. **Photosynthetica**, New York, v. 51, n. 1, p. 75-84, Mar. 2013.

PASSIOURA, J. B. Water in the soil-plant-atmosphere continuum. In: LANGE, O. L. et al. (Ed.). **Encyclopedia of plant physiology: physiological plant ecology II**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. v. 12, p. 5-33.

PLOEG, A. van der; SMID, H. G.; HEUVELINK, E. Cultivar differences in temperature demand of cut Chrysanthemum. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 691, p. 91-97, Oct. 2005.

PLOEG, A. van der et al. Variation between cut chrysanthemum cultivars in response to suboptimal temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 132, n. 1, p. 52–59, Jan. 2007.

PONS, T. L.; WELSCHEN, R. A. M. Midday depression of net photosynthesis in the tropical rainforest tree *Eperua grandiflora*: contributions of stomatal and internal conductances, respiration and Rubisco. **Tree Physiology**, Oxford, v. 23, p. 937–947, Oct. 2003.

SAGE, R. F.; SHARKEY, T. D. The effect of temperature on the occurrence of O₂ and CO₂ insensitive photosynthesis in field grown plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 84, n. 3, p. 658–664, July 1987.

SALVUCCI, M. E.; CRAFTS-BRANDNER, S. J. Inhibition of photosynthesis by heat stress: the activation state of Rubisco as a limiting factor in photosynthesis. **Physiologia Plantarum**, Malden, v. 120, n. 2, p. 179-186, Feb. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 167.

TAY, A. C. et al. Midday depression of photosynthesis in *Enkleia malaccensis*, a woody tropical climber in a tropical rainforest. **Photosynthetica**, Praga, v. 45, n. 2, p. 189–193, June 2007.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, mar. 2000.

VEILING. **Critério de classificação**. Crisântemo vaso pote 15 e VB. Holambra, 2013. Disponível em:
<<http://www.veiling.com.br/qualidade.swf?fileName=Crisantemo%20Vaso%20PT%2015%20e%20VB.swf>>. Acesso em: 23 dez. 2013.

CAPÍTULO 5 Influência dos graus-dia de desenvolvimento sobre as alterações bioquímicas dos estádios florais de crisântemo

RESUMO

Os carboidratos podem influenciar na longevidade floral, além de beneficiar a abertura, o tamanho e a cor das inflorescências de crisântemo. Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar a influência dos graus-dia de desenvolvimento (GDD) nas alterações dos níveis de carboidratos em folhas e inflorescências de *Dendranthema grandiflorum* cv. White Diamond entre o período de expansão até a senescência das inflorescências. As coletas foram realizadas a cada dois dias, entre 85 a 113 dias após o plantio, totalizando 15 coletas com 3 plantas por coleta. O material coletado foi utilizado para medida do diâmetro das inflorescências e para análise do teor de carboidratos. O desenvolvimento da inflorescência foi dividido em quatro estádios, com base nas características morfológicas como: inflorescências semiabertas (Estádio I), inflorescências com abertura plena (Estádio II), perda de turgor das língulas (Estádio III) e senescência da inflorescência (Estádio IV) associadas ao acúmulo de GDD. Nos estádios I e II, foram observados os maiores teores de açúcares redutores e sacarose, com redução dos seus teores no Estádio IV. Os teores de carboidratos em crisântemo variaram de acordo com o estágio de desenvolvimento e diâmetro das inflorescências, visto que os diferentes estádios foram regulados pelo GDD. No ponto de comercialização, atingida aos 1.774 GDD, as inflorescências apresentaram elevados teores de sacarose e açúcar redutor que as mantiveram túrgidas e completamente expandidas. O crisântemo apresentou um marcante redirecionamento de carboidratos das folhas (fonte) para as inflorescências (dreno), visando à produção de energia e manutenção do desenvolvimento da inflorescência em que a soma térmica exerceu influência direta na alocação dos carboidratos. As alterações bioquímicas das folhas e inflorescências do crisântemo foram influenciadas pelo acúmulo de GDD.

Palavras-chave: *Dendranthema grandiflorum*. Carboidratos. Acúmulo Térmico.

ABSTRACT

Carbohydrates can influence floral longevity, in addition to benefiting the opening, size and color of chrysanthemum inflorescences. Thus, we aimed at evaluating the influence of the degree-days development (DDD) in the alterations in carbohydrate levels in leaves and flowers of *Dendranthema grandiflorum* cv. White Diamond between the period of expansion to inflorescence senescence. The collections were performed every two days, between 85 and 113 days after planting, in a total of 15 evaluations, with 3 plants per collection. The material collected was used to measure the inflorescence diameter and for the analysis of carbohydrate content. The development of the inflorescence was divided into four stages, based on morphological characteristics such as: semi-open inflorescences (Stage I), fully open inflorescences (Stage II), loss of ligule turgor (Stage III) and inflorescence senescence (Stage IV) associated to the accumulation of DDD. In stages I and II, we observed the highest levels of reducing sugars and sucrose, with reduction of its levels in Stage IV. The carbohydrate content in chrysanthemum varied according to the developmental stage and inflorescence diameter, since the different stages were regulated by DDD. At the commercialization point, reached at 1774 DDD, the inflorescences presented high levels of sucrose and reducing sugar, which caused them to remain turgid and fully expanded. The chrysanthemum presented a marked redirection of carbohydrates from the leaves (source) to the inflorescences (drain), aimed at producing energy and maintaining the development of the inflorescence in which the thermal sum exerted direct influence on carbohydrate allocation. Biochemical changes in chrysanthemum leaves and inflorescences were influenced by the accumulation of DDD.

Keywords: *Dendranthema grandiflorum*. Carbohydrates. Thermal accumulation.

1 INTRODUÇÃO

Fatores como temperatura, umidade relativa do ar, luz e concentração de etileno influenciam na longevidade das inflorescências (HAVELY; MAYAK, 1979; DOORN; MEETEREN, 2003). Além desses fatores, em especial, os níveis de carboidratos podem influenciar a longevidade floral de diversas espécies, além de beneficiar a abertura, o tamanho e a cor das flores (MEIR et al., 1995).

A abertura floral é acompanhada pela mobilização dos carboidratos armazenados e/ou a importação de sacarose (PAULIN; JAMAIN, 1982). As fontes de carbono (carboidratos) são necessárias para a respiração, síntese de compostos orgânicos e manutenção do potencial osmótico das inflorescências (HALEVY; MAYAK, 1979; MOALEM-BENO et al., 1997; SOOD; VYAS; NAGAR, 2006). Estudos realizados em inflorescências de *Oncidium varicosum* 'Samurai' por Mattiuzet al. (2010) demonstraram que hastes armazenadas sob temperatura de 5°C apresentaram maior longevidade e qualidade quando mantinham as maiores reservas de carboidratos solúveis e açúcares redutores.

A assimilação de CO₂ pela maioria das folhas resulta em sacarose e amido, porém as rotas que os produzem são fisicamente separadas: sacarose é sintetizada no citosol e amido nos cloroplastos. Durante o dia, a sacarose é exportada para os órgãos drenos (folhas novas e inflorescências) (TAIZ; ZEIGER, 2013) e o amido transitório é degradado durante a noite para o suprimento contínuo de açúcares para a manutenção do metabolismo das folhas (ZEEMAN; SMITH; SMITH, 2007) e do restante da planta (ZEEMAN; KOSSMANN; SMITH, 2010). O amido é o carboidrato de armazenamento mais importante nas plantas, composto por polímeros de glicose (amilopectina e amilose) que se ligam de modo a formar grânulos densos osmoticamente inertes (ZEEMAN; SMITH; SMITH, 2007).

A sacarose é importante no metabolismo da planta, pois é um dos principais produtos da fotossíntese e representa uma porção significativa do CO₂ fixado; é a forma mais importante de translocação do carbono; é o principal açúcar de reserva (KRUGER, 1990), sendo a forma pela qual a maioria do carbono é transportada para os órgãos dreno como as folhas jovens, raízes, flores e sementes (ROLLAND; MOORE; SHEEN, 2002). Em órgãos não fotossintetizantes (raízes, caules, tubérculos e sementes), a sacarose é convertida em amido para armazenamento em longo prazo e, posteriormente, remobilizado para suprir o crescimento da planta (ZEEMAN; SMITH; SMITH, 2010).

Uma das maneiras de se relacionar o desenvolvimento de um vegetal com a temperatura média do ar é o uso do método de unidades térmicas ou graus-dia de desenvolvimento (GDD) (RUMIL; VUKOVIC; MILATOVIC, 2010). Baseando-se no fato de que, este método leva em consideração que, a planta necessita de certa quantidade de energia, representada pela soma de graus térmicos necessários para completar as diferentes fases fenológicas (GADIOLI et al., 2000), não há relatos sobre a influência do GDD nas concentrações de carboidratos em folhas e inflorescências de crisântemo de vaso.

Estudos que abordem a degradação e a redistribuição de carboidratos em folhas e inflorescências são essenciais para o melhor entendimento acerca da relação existente entre concentração de carboidratos e longevidade das inflorescências. Assim sendo, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de graus-dia de desenvolvimento (GDD) nas alterações dos níveis de carboidratos em folhas e inflorescências de *Dendranthema grandiflorum* cv. White Diamond entre o período de expansão das inflorescências até a senescência.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal e condições de cultivo

As plantas de crisântemo cv. White Diamond foram cultivadas em condições de casa de vegetação, no Setor de Floricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) – MG, com coordenadas geográficas de altitude de 937 m, latitude 21° 13' 44''S, longitude 44° 58' 27''W por 113 dias, no período entre agosto a dezembro de 2012. Os procedimentos de cultivo realizados basearam-se nos utilizados na produção comercial de crisântemo de vaso.

Estacas não enraizadas foram cultivadas em vasos com volume de 1,3 L de substrato e 12 cm de altura, contendo substrato comercial para plantas ornamentais composto de 75% de casca de pinus e 25% de vermiculita, pH 6,3 e condutividade elétrica de 0,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Foram dispostas três estacas por vaso, previamente tratadas com uma solução fúngica preventiva constituída de Ridomil Gold M2 (2,0 g L⁻¹) e com regulador de crescimento ácido indolbutírico (AIB) a 0,1%.

Após o plantio, os vasos foram irrigados. Durante o período de 21 dias, contados a partir da data de plantio, as estacas foram submetidas a dias longos (DL) (16 h.dia⁻¹ de luz) promovido com o uso de iluminação artificial, utilizando-se lâmpadas incandescentes de 60W, instaladas à altura de 1,20m do solo e espaçadas 2m entre si no sistema de luz cíclica (15 minutos de iluminação alternados com 15 minutos de escuro, no período das 21h às 4h). Após 15 dias do plantio, realizou-se o “pinch” (quebra da dominância apical e estímulo das brotações laterais), retirando-se aproximadamente 2 cm da extremidade do broto, deixando-se 3 pares de folhas por planta.

Após 21 dias da exposição a condições de DL na terceira semana de plantio, as mudas foram submetidas a condições de dias curtos (DC) com 16

h.dia⁻¹ de escuro das 16 h às 8 h do dia seguinte, realizado com o uso de cortinas de panos de cor preta dispostas a 1,00 m de altura. A aplicação de dias curtos foi interrompida tão logo os botões se tornaram visíveis.

As plantas foram adubadas via fertirrigação pelo sistema de gotejamento com “espaguetes” a partir de 21 dias após o plantio, sendo fornecidas três soluções nutritivas, uma para a fase vegetativa (A), outra para fase do florescimento (B) (iniciada com a visualização da inflorescência) e a terceira (C) para ambas as fases, sendo aplicadas em dias alternados, de acordo com a fase (A e C ou B e C) (Tabela 1). As plantas eram irrigadas de 2 a 3 vezes por dia, mantendo o substrato sempre úmido. A remoção dos botões laterais foi realizada assim que se tornaram visíveis, permanecendo somente o botão floral apical em cada haste.

Tabela 1 Soluções nutritivas utilizadas no cultivo de crisântemo de vaso cultivar White Diamond

FERTILIZANTE	QUANTIDADE		
	(A) Fase vegetativa ^[1]	(B) Fase de florescimento ^[1]	(C) Ambas as fases ^[1]
Nitrato de cálcio	125 g/250L	125g/250L	792,5 g/500L
Sulfato de magnésio	50 g/250L	50 g/250L	-----
MAP (10-52-0) ^[2]	-----	243g/250L	-----
MKP (0-51-33) ^[3]	37,5 g/250L	50g/250L	-----
NPK (15-3-30)	125 g/250L	-----	-----
QUANTIDADE (g/250 L)			
Ácido bórico	2,5 g/250L	2,5g/250L	-----
Ferro	7,5 g/250L	7,5g/250L	-----
QUANTIDADE (ml/250 L)			
Sulfato de cobre	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Sulfato de zinco	2,5ml/250L ^[4]	2,5ml/250L ^[4]	-----
Molibdato de sódio	2,5ml/250L ^[5]	2,5ml/250L ^[5]	-----

¹ Condutividade elétrica da solução ($1,8 \pm 2,0 \mu\text{S/cm}$)

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.

Analisaram-se folhas completamente expandidas e inflorescências no período desde o estágio de expansão até a senescência das inflorescências. As coletas foram realizadas, a cada dois dias, no período de 85 a 113 dias (12ª a 16ª semana) após o plantio, totalizando 15 coletas, com 3 plantas por coleta. O material coletado foi utilizado para medida do diâmetro das inflorescências e para análise do teor de carboidratos de folhas e inflorescências. O diâmetro da inflorescência foi avaliado com o auxílio de um paquímetro digital (Digmess,

São Paulo, Brasil) a cada dois dias durante os diferentes estádios de desenvolvimento da inflorescência.

As inflorescências coletadas tiveram o seu desenvolvimento dividido em quatro estádios, com base nas características morfológicas. Estas fases foram definidas como inflorescências semiabertas (Estádio I), inflorescências com abertura plena (Estádio II), perda de turgor das lígulas (Estádio III) e senescência da inflorescência associadas ao acúmulo de GDD (Estádio IV). Foi considerada abertura plena quando a inflorescência formava um ângulo de 90° com a haste floral.

2.2 Determinação dos teores de carboidratos

Para a determinação dos teores de carboidratos, folhas e inflorescências foram acondicionadas em sacos de papel do tipo Kraft e secos em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C até peso constante. Os carboidratos foram extraídos de acordo com a metodologia descrita por Zanandrea et al. (2009), pela homogeneização de 0,1 g de massa seca de cada tecido de três plantas por coleta que foram maceradas com 5 mL de tampão fosfato (100 mM, pH 7,0) e colocadas em tubo falcon em banho-maria por 30 minutos a 40°C. O homogenato foi centrifugado a 5.000g por 10 minutos, coletando-se o sobrenadante. O processo foi repetido por duas vezes, e os sobrenadantes combinados e armazenados para a quantificação de açúcares redutores e sacarose. Para extração do amido, o pellet da centrifugação anterior foi ressuspenso com 8 mL do tampão de acetato de potássio (200mM, pH 4,8). Em seguida, as amostras permaneceram em banho-maria a 40°C por 15 minutos. Após o descongelamento das amostras foram adicionados 2 mL da enzima amiloglicosidase (1mg/mL em tampão acetato de potássio). As amostras foram incubadas em banho-maria a 40 °C por 120 minutos e centrifugadas a 5.000 g

por 20 minutos, o sobrenadante foi coletado e o volume completado para 15 mL de água destilada e, em seguida, congelado até a quantificação.

Para a extração da sacarose, 800 μ L do extrato foram adicionados a 800 μ L de KOH 30%, sendo a amostra incubada em banho-maria a 37°C por 15 minutos (HANDEL, 1968). O extrato foi armazenado para posterior quantificação. As quantificações de amido e sacarose foram realizadas pelo método da antrona (DISCHE, 1962) e os açúcares redutores (AR) foram quantificados pelo método do ácido dinitrosalicílico (MILLER, 1959), por meio do método DNS.

2.3 Registro da temperatura

Os dados meteorológicos referentes à temperatura máxima e mínima, foram registrados diariamente, com o auxílio do termo-higrômetro digital (Minipa, Modelo MT-242, São Paulo, Brasil) instalado a 1,0 m de altura e no centro da área de cultivo. A temperatura base adotada para o crisântemo foi de 6°C de acordo com Mota (1989). Os dados foram utilizados na equação abaixo para a determinação do acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD), a partir da data de plantio, incluindo a fase de enraizamento. Os valores de GDD foram obtidos utilizando-se a expressão:

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

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); K = número de dias e i = dia.

2.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sendo 5 blocos, 15 épocas de coleta e 3 plantas por coleta. As equações ajustadas foram analisadas quanto à sua significância pelo teste F ($P < 0,05$) da análise de variância. Os resultados foram submetidos à análise de regressão, utilizando-se o ajuste sigmoidal ou polinomial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período entre 85 a 113 dias após o plantio (23/nov a 21/dez de 2012), foram registradas diariamente as temperaturas mínima e máxima, bem como o graus-dia de desenvolvimento (Figura 1). As temperaturas médias de mínima e máxima foram de 19,02 e 35,34 °C, respectivamente.

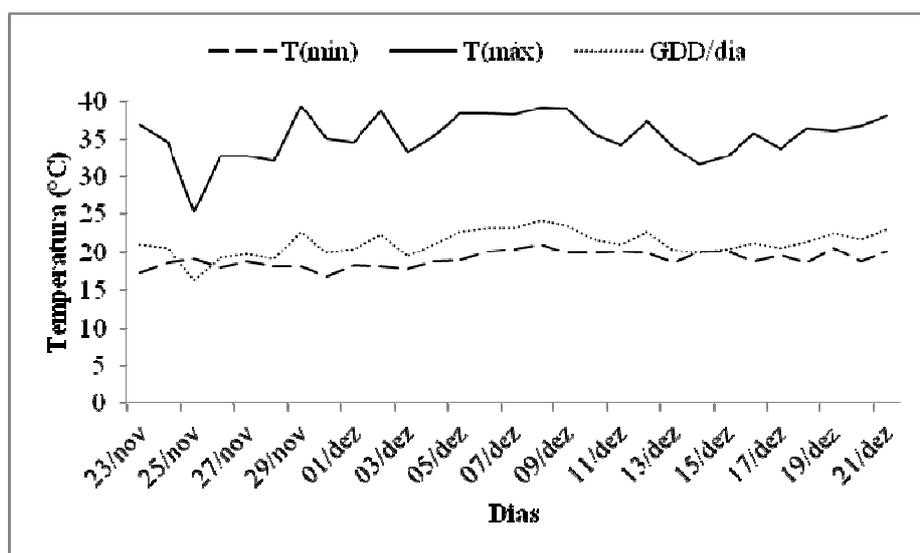


Figura 1 Valores diários de temperatura máxima (Tmáx), temperatura mínima (Tmin) e graus-dia de desenvolvimento (GDD), no período de 23/nov a 21/dez de 2012, correspondente ao período entre 85 a 113 dias após o plantio

O acúmulo de GDD registrado a cada 2 dias durante o período correspondente entre 85 a 113 dias após o plantio variou de 1615,6 a 2207,2 (Tabela 2).

Tabela 2 Dias após o plantio (DAP) e acúmulo de graus-dia de desenvolvimento (GDD) correspondente durante o período experimental

Dia	DAP	GDD
23/11	85	1615,6
25/11	87	1657,6
27/11	89	1692,7
29/11	91	1731,5
01/12	93	1774,0
03/12	95	1816,8
05/12	97	1857,3
07/12	99	1903,1
09/12	101	1950,5
11/12	103	1995,7
13/12	105	2039,4
15/12	107	2079,4
17/12	109	2121,0
19/12	111	2163,0
21/12	113	2207,2

Durante o estágio I (semiabertas) houve uma necessidade térmica de 1.615,6 a 1.774 GDD, com o diâmetro variando de 69 a 95,2 mm, no estágio II (1774 a 1995,7 GDD), com a abertura plena do capítulo, o diâmetro variou de 95,2 a 110,3 mm (Tabela 3). Com a perda de turgor das lígulas caracterizada pelo estágio III (1.995,7 a 2.079,4 GDD), o diâmetro reduziu, variando de 110,3 a 106,4 mm (Tabela 3).

Tabela 3 Estádios de desenvolvimento e diâmetro (mm) das inflorescências de crisântemo cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento

Estádios	I	II	III	IV
Características morfológicas	Semiabertas	Abertura plena	Perda de turgor das lígulas	Senescência
Diâmetro	69 - 95,2	95,2 - 110,3	110,3 - 106,4 1.995,7 a	106,4 - 96,9 2.079,4 a
GDD	1.615,6 a 1.774	1.774 a 1.995,7	2.079,4	2.207,2






Com o acúmulo térmico e diâmetro variando de 2.079,4 a 2.207,2 GDD e 106,4 a 96,9 mm, respectivamente, as inflorescências foram caracterizadas pelo estágio IV (senescentes) (Tabela 3). As figuras representam o estágio de desenvolvimento das inflorescências observado em cada acúmulo de GDD (Tabela 3).

Utilizando-se o material coletado, foram realizadas as análises de açúcares redutores (AR), amido e sacarose ao longo do período de florescimento, considerando o acúmulo de GDD.

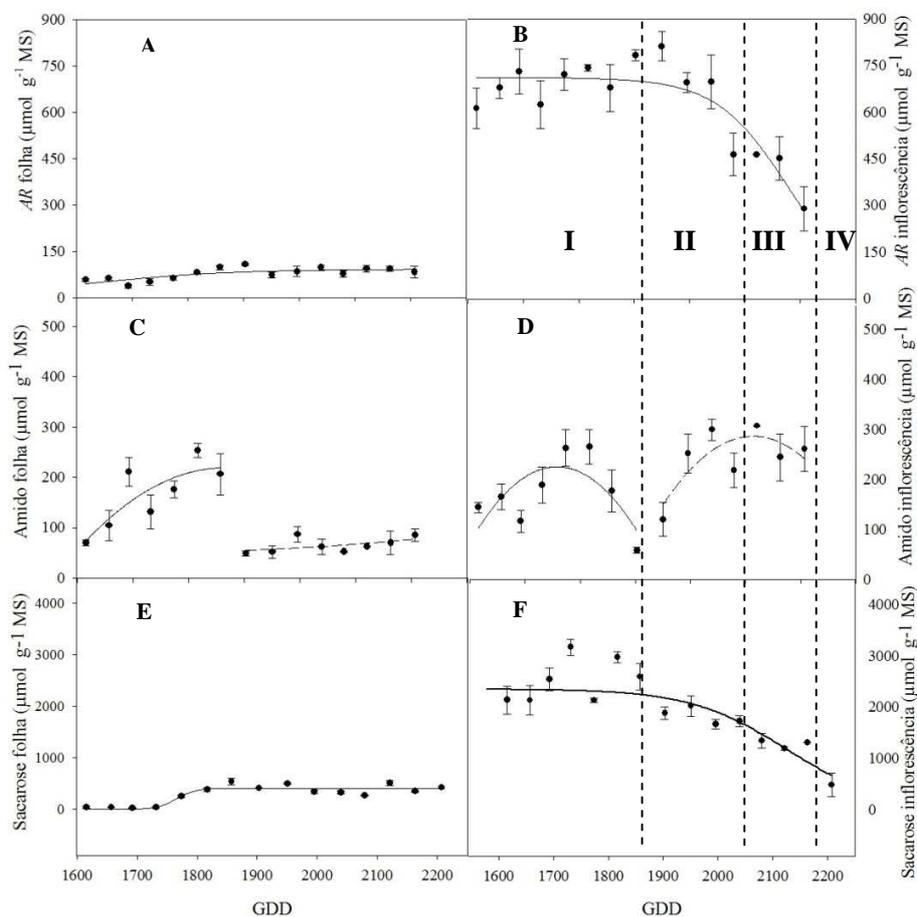


Figura 2 Teores de carboidratos em folhas e inflorescências de crisântemo cv. White Diamond coletados a cada 2 dias no período entre a 12^a e 16^a semana de plantio em função de graus-dia de desenvolvimento

Os teores de AR nas folhas de crisântemo pouco variaram com o acúmulo de GDD, mantendo-se teores médios de aproximadamente $78 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$, apresentando uma estimativa do teor máximo de $93,0 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$ (Figura 2A, Tabela). Para o teor de AR nas inflorescências, pela equação de regressão obtida, estimou-se um teor máximo de $711,1 \mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$ (Tabela 4) no período em que as inflorescências se encontravam semiabertas (1.615,6 a 1.774 GDD) e

com abertura plena (1.774 a 1.995,7 GDD) quando as plantas apresentavam 103 dias de cultivo, permanecendo neste estágio por 10 dias e, apresentou um decréscimo assintótico na 16ª semana, com o maior decréscimo próximo aos 2.179,6 GDD (Figura 2B, Tabela 4). De acordo com Van Door; Van Meeteren (2003), durante a abertura floral, os níveis de solutos aumentam, devido à conversão de polissacarídeos (amido) a monossacarídeos.

Tabela 4 Equações geradas a partir dos valores obtidos de açúcar redutor (AR), amido e sacarose de folhas e inflorescências de crisântemo cv. White Diamond em função de graus-dia de desenvolvimento

Carboidratos ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{MS}$)	Equação	F	R ²
AR folha	$f = 93,0/(1 + \exp(x-1621,3)/124,9))$	7,74 **	0,56
AR inflorescência	$f = 711,1/(1+\exp(-(x-2179,6)/65,5))$	21,90 **	0,78
Amido folha	$f = -0,002x^2 + 8,6x - 7832,7$	4,13 ^{ns}	0,67
Amido folha	$f = 0,0001x^2 - 0,3x + 337,0$	1,01 ^{ns}	0,29
Amido inflorescência	$f = -0,006x^2 + 21,37x - 18560,57$	2,63 ^{ns}	0,51
Amido inflorescência	$f = -0,005x^2 + 21,83x - 22783,24$	2,93 ^{ns}	0,60
Sacarose folha	$f = 406,8/(1 + \exp(x - 1766,2)/15,9)$	30,6 ***	0,83
Sacarose inflorescência	$f = 2557,6/(1 + \exp(-(x - 2105,7)/105,4$	19,7 ***	0,76

As equações ajustadas foram analisadas quanto à sua significância pelo teste F ($P < 0,05$) da análise de variância.

Segundo Havelly (1976); Saradhi e Ram (1987); Doorn; Meeteren (2003); Yap, Loh e Ong (2008), o acúmulo de açúcares nas inflorescências pode ser um mecanismo que resulta no aumento da concentração osmótica e da capacidade de absorção de água, que fazem com que as inflorescências se mantenham túrgidas, resultando em uma maior longevidade. Estes resultados corroboram com os encontrados por Trusty e Miller (1991) ao estudarem as alterações dos níveis de carboidratos em folhas, haste e inflorescência de crisântemo Kitamura 'Favor' e observaram que os açúcares redutores representaram 84% dos carboidratos solúveis totais em estágios iniciais da

inflorescência, sendo que as inflorescências continham oito vezes mais açúcar redutor em relação às folhas.

Estudos realizados por Sarandhi e Ram (1987) em crisântemo, demonstraram que houve o aumento de AR quando o raio dos floretes atingiu a máxima expansão. Resultados semelhantes foram encontrados em *Helleborus orientalis* por Shahriet al. (2011) que observaram o aumento do teor de açúcares nos tecidos das sépalas durante a abertura floral e Yap et al. (2008) que observaram em *Dendrobium crumenatum*, alterações no metabolismo de carboidratos e na osmolaridade celular. Estas alterações são consideradas forças motrizes importantes durante a abertura floral (DOOR; MEETEREN, 2003; YAP; LOH; ONG, 2008).

Com a perda de turgor das lígulas da inflorescência ocorrida a partir de 1.995,7 até 2.079,4 GDD (Estádio III) e com a senescência das inflorescências ocorrida a partir de 2.079,4 até 2.207,2 GDD (Estádio IV), os teores de AR foram reduzidos em relação aos teores acumulados durante os estádios de inflorescências semiabertas e abertura plena (Figura 2B). Na fase de senescência, as inflorescências apresentavam lígulas flácidas e necrosadas, contribuindo para a ocorrência de eventos metabólicos tais como, hidrólise de componentes celulares, aumento das peroxidases (HAVELY; MAYAK, 1979), degradação das enzimas hidrolíticas da parede celular que degradam as substâncias pécnicas, reduzindo a capacidade de absorver água (ELANCHEZHIAN; SRIVASTAVA, 2001).

Em relação aos teores de amido nas folhas, houve aumento deste carboidrato até 1.857,3 GDD, atingindo 206,63 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS quando as plantas apresentavam 97 dias de cultivo e as inflorescências se encontravam em plena abertura. A biossíntese de amido em folhas é estimulada quando o acúmulo de sacarose excede a capacidade de armazenamento na folha ou a demanda pelos

tecidos dreno (TAIZ; ZEIGER, 2013). A partir de 1.857,3 GDD, os teores de amido foram reduzidos em cerca de 68,3% com o acúmulo térmico (Figura 2C).

Para aos teores de amido nas inflorescências, foi possível observar que ocorreram dois picos de síntese, o primeiro pico observado antes da abertura plena da inflorescência e o outro durante o início do processo de senescência (Figura 2D). Van der Meulen-Muisers et al. (2001) também observaram grande produção de amido antes da abertura plena de lírio, declinando durante a abertura floral. Ho e Nichols (1977) e Hammond (1982) encontraram resultados semelhantes em rosas e atribuíram este comportamento, ao fato de que, células de pétalas jovens contêm uma considerável quantidade de amido que, logo após da abertura plena, é degradado. Segundo Taiz e Zeiger (2013), a retenção de amido no cloroplasto garante que haverá carboidrato disponível para converter em sacarose. Tal consideração pode explicar o teor elevado de amido observado antes da expansão das inflorescências.

O segundo pico de produção do amido observado no início do processo de senescência das inflorescências atingida aos 2.079,4 GDD pode ser atribuído à baixa hidrólise deste carboidrato devido ao declínio da respiração em função da inabilidade da mitocôndria em utilizar o substrato (HO; NICHOLS, 1977). Além disso, por não haver mais expansão celular, este carboidrato não é degradado e se acumula nas inflorescências senescentes, que se tornam órgãos fonte. Pelo fato do suprimento de açúcares superar a demanda celular para o crescimento e a respiração, os açúcares reconstituem-se novamente em grânulos de amido, em um processo metabólico chamado de ressíntese de amido (SCHRADER; SAUTER, 2002). Resultados semelhantes foram observados por Mapeli (2009) em inflorescências de *Epidendrum ibaguense*.

Após as inflorescências atingirem a abertura plena (Estádio II) e estágio final da senescência, com o aparecimento de lígulas necrosadas (Estádio IV) houve degradação do amido (Figura 2D). Resultados semelhantes foram

encontrados por Walton et al. (2010) em *Paeonia lactiflora* em que, no estágio de plena abertura floral, houve declínio da concentração de amido, seguido de um aumento da concentração de açúcares, sugerindo que o amido foi a principal fonte de carboidrato utilizado. De acordo com Sood, Vyas e Nagar (2006), a degradação do amido está associada à abertura floral em decorrência da diminuição do potencial hídrico celular que favorece a entrada de água nos tecidos florais.

No que se refere aos teores de sacarose nas folhas, houve pouca variação nos seus teores com o acúmulo do GDD, apresentando o máximo teor de 406,8 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS atingido aos 1.766,2 GDD (Figura 2 E). Os menores teores de sacarose observados nas folhas em relação às inflorescências estão relacionados à translocação da sacarose para os órgãos dreno (inflorescências) que apresentaram aproximadamente 5 vezes mais sacarose em relação às folhas (Figura 2E, F).

Os maiores teores de sacarose nas inflorescências foram observados no Estádio I (semiabertas) e II (abertura plena) quando o acúmulo térmico variou de 1.615,6 a 1.950,5 GDD (Figura 2F). Pela equação de regressão obtida estimou-se um teor máximo de sacarose de 2.557,6 $\mu\text{mol g}^{-1}$ MS, apresentando decréscimo assintótico aos 2.105,7 GDD. Segundo Truernit (2001), a sacarose é a principal forma de transporte de carboidratos em plantas, sendo a principal constituinte do *pool* de açúcares em lígulas maduras (NICHOLS, 1973), necessária para suprir as exigências metabólicas da inflorescência em crescimento (CONEVA et al., 2012).

A partir do acúmulo de 1.950,5 GDD e com a perda de turgor das lígulas das inflorescências, os teores de sacarose foram reduzidos, sendo esta redução mais proeminente durante a senescência das inflorescências quando foram acumulados de 2.079,4 a 2.207,2 GDD (Figura 2F), assim como foi observado para os teores de AR nas inflorescências (Figura 2B).

Os teores de carboidratos em crisântemo variaram de acordo com o estágio de desenvolvimento e diâmetro das inflorescências, sendo que, estas alterações bioquímicas foram controladas pelo graus-dia de desenvolvimento.

Acúmulos superiores a 1.995,7 GDD, com a perda de turgescência das língulas da inflorescência e menores teores de sacarose e açúcar redutor, as plantas de crisântemo perderam a sua qualidade comercial.

No ponto de comercialização do crisântemo ocorreu a plena abertura das inflorescências de crisântemo em função do acúmulo de sacarose e açúcares redutores, que pelo fato de serem osmoticamente ativos, estão mais correlacionados ao processo de abertura das inflorescências.

4 CONCLUSÕES

- a) As alterações bioquímicas das folhas e inflorescências do crisântemo foram influenciadas pelo acúmulo de GDD;
- b) Nos estádios I (inflorescências semiabertas) e II (inflorescências com abertura plena), o cultivar apresentou os maiores teores de açúcares redutores e sacarose;
- c) Aos 1.774 GDD, quando foi atingido o ponto inicial de comercialização, o acúmulo de sacarose e açúcar redutor foi essencial para que as inflorescências se mantivessem túrgidas e completamente expandidas.

REFERÊNCIAS

- CONEVA, V. et al. Transcript and metabolite signature of maize source leaves suggests a link between transitory starch to sucrose balance and the autonomous floral transition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 63, n. 14, p. 5079-5092, July 2012.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. (Ed.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-520.
- DOOR, W. G. van; MEETEREN, U van. Flower opening and closure: a review. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 389, p. 1801-1812, Aug. 2003.
- ELANCHEZHIAN, R.; SRIVASTAVA, G. C. Physiological responses of chrysanthemum petals during senescence. **Biologia Plantarum**, Dordrecht, v. 44, n. 3, p. 411-415, Jan. 2001.
- GADIOLI, J. L. et al. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 377-383, jul./set. 2000.
- HAMMOND, J. B. W. Changes in amylase activity during rose bud opening. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 16, n. 3, p. 283-289, Mar. 1982.
- HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 22, n. 2, p. 280-283, Feb. 1968.
- HAVELY, A. H. Treatments to improve water balance of cut flowers. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 64, p. 223-230, Dec. 1976.
- HAVELY, A. H.; MAYAK, S. Senescence and postharvest physiology of cut flowers, part 1. **Horticultural Reviews**, Haboken, v. 1, n.6, p. 204-236, Mar. 1979.
- HO, L. C. NICHOLS, R. Translocation of ¹⁴C-sucrose in relations to changes in carbohydrate content in rose corollas cut at different stages of development. **Annals of Botany**, Oxford, v. 41, n. 1, p. 227-242, Jan. 1977.

KRUGER, N. J. Carbohydrate synthesis and degradation. In: DENNIS, D. T.; TURPIN, D. H. (Ed.). **Plant physiology, biochemistry and molecular biology**. Essex: Longman Scientific & Technical, 1990. p. 59-76.

MAPELI, A. M. **Influência de substâncias preservativas, anti-etilênicas e da refrigeração na conservação pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth (Orchidaceae)**. 2009. 107 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

MATTIUZ, C. F. M. et al. Armazenamento refrigerado de inflorescências cortadas de *Oncidium varicosum* ‘Samurai’. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 11, p. 2288-2293, nov. 2010.

MEIR, S. et al. Improvement of the keeping quality of mini-gladiolus spikes during prolonged storage by sucrose pulsing and modified atmosphere packaging. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 405, p. 335-342, Oct. 1995.

MEULEN-MUISERS, van der et al. Postharvest flower development in Asiatic hybrid lilies as related to tepal carbohydrate status. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 201-211, Jan. 2001.

MILLER, G. L. Use dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Biochemistry**, Washington, v. 31, n. 3, p. 426-428, Mar. 1959.

MOALEM-BENO, D. et al. Sugar-dependent gibberellin-induced chalcone synthase gene expression in *Petunia corollas*. **Plant Physiology**, Rockville, v. 113, n. 2, p. 419-424, Feb. 1997.

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

NICHOLS, R. Senescence of the cut carnation flower: respiration and sugar status. The **Journal of Horticultural Science Biotechnology**, London, v. 48, n. 1, p. 111-121, Jan. 1973.

PAULIN, A.; JAMAIN, C. Development of flowers and changes in various sugars during opening of cut carnations. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 6, p. 258-261, Nov. 1982.

ROLLAND, F.; MOORE, B.; SHEEN, J. Sugar sensing and signaling in plants. **Plant Cell**, Bethesda, v. 14, n. 1, p. 185-205, May 2002.

RUML, M.; VUKOVIC, A.; MILATOVIC, D. Evaluation of different methods for determining growing degree-day thresholds in apricot cultivars.

International Journal of Biometeorology, New York, v. 54, n. 4, p. 411-422, July 2010.

SARADHI, P. P.; RAM, H. Y. M. Correlated changes in carbohydrate levels and associated enzyme activities during development and senescence of ray florets in *Chrysanthemum*. **Plant Science**, Davies, v. 97, n. 5, p. 377-384, Oct. 1987.

SHAHRI, W. et al. Physiological and biochemical changes associated with flower development and senescence in so far unexplored *Helleborus orientalis* Lam. cv. Olympicus. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, Heidelberg, v. 17, n. 1, p. 33-39, Mar. 2011.

SCHRADER, S.; SAUTER J.J. Seasonal changes of sucrose-phosphate synthase and sucrose synthase activities in poplar wood (*Populusx Canadensis Moench* "robusta") and their possible role in carbohydrate metabolism. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 159, n. 8, p. 833-843, Aug. 2002.

SOOD, S.; VYAS, D.; NAGAR, P. K. Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 108, n. 4, p. 390-396, May 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 167 p.

TRUERNIT, E. Plant physiology: the importance of sucrose transporters. **Current Biology**, London, v. 11, n. 5, p. 169-171, Mar. 2001.

TRUSTY, S. E.; MILLER, W. B. Postproduction carbohydrate levels in pot chrysanthemums. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 116, n. 6, p. 1013-1018, Nov. 1991.

ZEEMAN, S. C.; KOSSMANN, J.; SMITH, A. M. Starch: its metabolism, evolution, and biotechnological modification in plants. **Annual Review Plant Biology**, Palo Alto, v. 61, n. 1, p. 209-234, June 2010.

ZEEMAN, S. C.; SMITH, S. M.; SMITH, A. M. The diurnal metabolism of leaf starch. **Biochemical Journal**, London, v. 401, n.1, p. 13-28, Jan. 2007.

WALTON, E. F. et al. The dynamics of starch and sugar utilization in cut peony (*Paeonia lactiflora* Pall.) stems during storage and vase life. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 58, n. 2, p. 142-146, Nov. 2010.

YAP, Y-M.LOH, C-S.; ONG, B-L. Regulation of flower development in *Dendrobium crumenatum* by changes in carbohydrate contents, water status and cell wall metabolism. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 1, p. 59-66, Dec. 2008.

ZANANDREA, I. et al. Tolerance of *Sesbania virgata* plants to flooding. **Australian Journal of Botany**, Collingwood, v. 57, n. 8, p. 661-669, Feb. 2009.