

**ANA MARIA MAPELI**

**Influência de substâncias preservativas, anti-etilênicas e da refrigeração na conservação pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth (Orchidaceae)**

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

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009**

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

T

M297i  
2009

Mapeli, Ana Maria, 1981-

Influência de substância preservativas, anti-tênicas e da  
refrigeração na conservação pós-colheita de flores de  
*Epidendrum ibaguense* Kunth (Orchidaceae) / Ana Maria

Mapeli. – Viçosa, MG, 2009.

ix, 107f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Fernando Luiz Finger.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. *Epidendrum ibaguense* - Fisiologia pós-colheita.
  2. *Epidendrum ibaguense* - Conservação. 3. Carboidratos -  
Metabolismo. 4. *Epidendrum ibaguense* - Efeito do etileno.
- I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 635.93415

ANA MARIA MAPELI

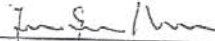
Influência de substâncias preservativas, anti-etilênicas e da refrigeração na conservação pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth (Orchidaceae)

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

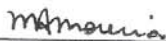
APROVADA: 05 de fevereiro de 2009



Prof. Raimundo Santos Barros  
(Coorientador)



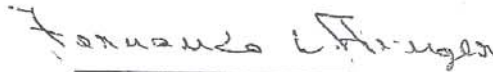
Prof. José Geraldo Barbosa  
(Coorientador)



Pesq. Marialva Alvarenga Moreira



Pesq. Elka Fabiana Aparecida Almeida



Prof. Fernando Luiz Finger  
(Orientador)

Aos meus queridos pais Devanil e Idalina e  
à minha irmã Nilbe Carla.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, nosso Pai, pela sua infinita graça e constante proteção para o desenvolvimento deste trabalho.

À minha família pelo apoio, afeto, reconhecimento e compreensão por tantos momentos de ausência.

À Universidade Federal de Viçosa, em particular ao curso de Fisiologia Vegetal, pela acolhida, e à FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudo.

Aos funcionários e amigos do departamento de Fitotecnia, pela excelente recepção e apoio na realização das pesquisas.

Ao professor Fernando L. Finger que sempre me estimulou a crescer científica, ética, profissional e pessoalmente.

Aos professores Raimundo Santos Barros e José Geraldo Barbosa pela amizade, orientação, ensinamentos e confiança.

Aos “irmãos” Ana Paula, Camila, Clarice, Cleiton, Daniel, Eber, Eulene, Fernanda, pequenino Giovanni, Hermes, Luciana, Larissa, Marialva, Ray e Roseli, os quais são pessoas que me deixaram felizes pelo simples fato de terem cruzado o meu caminho, percorrendo sempre ao meu lado, proporcionando excelentes momentos de diversão durante o tempo que estivemos juntos, pois estávamos todos longe da família em busca de um ideal comum. Além disso, agradeço pela sinceridade de uma amizade, onde vimos que a distância não é suficiente para separar os amigos.

Aos amigos distantes, que sempre me proporcionam lembranças de momentos maravilhosos, especialmente Vanessa, Bruna, Leandro e Jurandir.

Aos amigos do curso de Fisiologia, especialmente Dimas, Carol, Letícia, Teresa e Gisele, pelas conversas e momentos de descontração.

Aos amigos de laboratório e aos técnicos Geraldo e Sebastião pelo valioso auxílio, colaboração e companheirismo, o que facilitou o desenvolvimento deste trabalho.

À Lucilene, que esteve constantemente me auxiliando nas análises, sendo uma amiga não apenas no laboratório, mas também fora da universidade.

O meu sincero reconhecimento e a minha gratidão a todos que, direta ou indiretamente, deram a sua contribuição para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Ana Maria Mapeli, filha de Devanil Mapeli e Idalina Maria da Silva Mapeli, nasceu em São Paulo, Estado de São Paulo, no dia 07 de junho de 1981. Em abril de 2003, graduou-se em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, *Campus* de Dourados. Durante os anos de 1999 a 2002

Em março de 2003, iniciou o curso de Mestrado em Fisiologia Vegetal na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em 17 de fevereiro de 2005. Em março do mesmo ano, ingressou no curso de Doutorado, na mesma instituição, o qual foi concluído em 05 de fevereiro de 2009.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	5
<b>Ação de inibidores da síntese de etileno e de soluções conservantes sobre a longevidade de inflorescências de <i>Epidendrum ibaguense</i></b> .....	
<b>1.1 Longevidade de inflorescências de <i>Epidendrum ibaguense</i> Kunth tratadas com ácido aminooxiacético</b> .....	6
RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	6
1. INTRODUÇÃO .....	7
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	9
4. CONCLUSÕES .....	13
5. REFERÊNCIAS .....	14
<b>1.2 Longevidade de inflorescências de <i>Epidendrum ibaguense</i> Kunth afetada por aminoetoxivinilglicina</b> .....	16
RESUMO .....	16
ABSTRACT .....	17
1. INTRODUÇÃO .....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4. CONCLUSÕES .....	23
5. REFERÊNCIAS .....	24

<b>1.3 Influência de soluções preservativas sobre a longevidade da orquídea <i>Epidendrum ibaguense</i></b> .....	27
RESUMO .....	27
ABSTRACT .....	28
1. INTRODUÇÃO .....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4. CONCLUSÕES .....	35
5. REFERÊNCIAS .....	35
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>39</b>
<b>Caracterização fisiológica dos estádios florais de <i>Epidendrum ibaguense</i></b>	
<b>2.1 Caracterização dos estádios florais de <i>Epidendrum ibaguense</i> Kunth ....</b>	<b>40</b>
RESUMO .....	40
ABSTRACT .....	41
1. INTRODUÇÃO .....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4. CONCLUSÕES .....	51
5. REFERÊNCIAS .....	51
<b>2.2 Metabolismo de carboidratos em inflorescências de <i>Epidendrum ibaguense</i></b> .....	<b>57</b>
RESUMO .....	57
ABSTRACT .....	58
1. INTRODUÇÃO .....	58
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	60
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62



4. CONCLUSÕES .....	68
5. REFERÊNCIAS .....	69
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	
<b>Efeito da refrigeração sobre o metabolismo e longevidade de inflorescências de <i>Epidendrum ibaguense</i></b>	<b>73</b>
<b>3.1 Influência da temperatura sobre a respiração, produção de etileno e longevidade de flores de orquídeas de corte (<i>Epidendrum ibaguense</i>).....</b>	<b>74</b>
RESUMO .....	74
ABSTRACT .....	75
1. INTRODUCTION.....	76
2. MATERIAL AND METHODS.....	77
3. RESULTS AND DISCUSSION.....	77
4. CONCLUSION.....	81
5. REFERENCE.....	82
<b>3.2 Armazenamento refrigerado, metabolismo dos carboidratos e manutenção da qualidade pós-colheita de inflorescências de <i>Epidendrum ibaguense</i> Kunth .....</b>	<b>83</b>
RESUMO .....	83
ABSTRACT .....	84
1. INTRODUÇÃO .....	85
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	86
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	88
4. CONCLUSÕES .....	100
5. REFERÊNCIAS .....	100
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>106</b>

## RESUMO

MAPELI, Ana Maria, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009, **Influência de substâncias preservativas, anti-etilênicas e da refrigeração na conservação pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth (Orchidaceae)**. Orientador: Fernando Luiz Finger. Coorientadores: Raimundo Santos Barros e José Geraldo Barbosa.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar a influência da aplicação do ácido aminoacético – AOA – e do ácido aminoetoxivinilglicina - AVG – sobre a longevidade das flores cortadas de *E. ibaguense*; verificar o efeito de soluções preservativas sobre a vida de vaso da referida espécie; caracterizar fisiologicamente os diversos estádios florais das inflorescências de *E. ibaguense*, quanto à produção de etileno, respiração e metabolismo de carboidratos; avaliar o efeito da temperatura, condição e duração do armazenamento sobre a conservação e indução da injúria por frio. Independentemente do tempo e da concentração de AOA, o condicionamento das hastes não prolongou a longevidade das flores, sendo que a pulverização com 1,5 mM de AOA causou uma vida de vaso de 8 dias. A aplicação de AVG, na forma de *pulsing* e pulverização, prolongou a longevidade e reduziu a abscisão de flores de *Epidendrum ibaguense*. Inflorescências tratadas com solução de vaso (20 g/L sacarose, 150 mg/L<sup>-1</sup> ácido cítrico, 200 mg/L 8-hidroxiquinolina citrato – 8-HQC + 0,2 mM tiosulfato de sódio - STS) e *pulsing* de 12h com 20% sacarose promoveram abertura floral, redução na porcentagem de abscisão e prolongamento da vida de vaso, diferentemente das soluções comerciais Floralife<sup>®</sup>, Florissant<sup>®</sup> e Flower<sup>®</sup>. As flores de *E. ibaguense* apresentaram comportamento climatérico para respiração e produção de etileno, havendo diferença quanto ao metabolismo de carboidratos e estágio de desenvolvimento, tanto na colheita quanto durante a vida pós-colheita. Um aumento linear na respiração entre as temperaturas de 5 e 30°C foi observado para as flores mantidas em água, enquanto que nas inflorescências mantidas a seco, o aumento na respiração foi exponencial entre as temperaturas de 5 e 25 °C, não havendo diferenças entre as condições de armazenamento e as taxas respiratórias. A produção de etileno foi máxima à 20°C nas flores armazenadas em água, e à 35°C nas mantidas a seco, seguido pela queda acentuada em ambos os tratamentos. A longevidade máxima das flores de corte foi obtida quando as inflorescências foram mantidas em armazenamento úmido, a 10°C. A duração do armazenamento refrigerado promoveu diferenças significativas nos parâmetros fisiológicos durante a abertura e senescência floral de *E. ibaguense*.

## ABSTRACT

MAPELI, Ana Maria, D.Sc. Universidade Federal de Viçosa, February, 2009. **Influence of preservative solutions, anti-ethylene and cooling in the postharvest preservation of flowers *Epidendrum ibaguense* Kunth (Orchidaceae).** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-advisers: Raimundo Santos Barros and José Geraldo Barbosa.

The goals of this work were to evaluate the influence of AOA and AVG on the longevity of cut flowers of *E. ibaguense*; determine the effect of preservative solutions on the vase life of the specie; characterize physiologically the various stages of development in inflorescences of *E. ibaguense*, as well as the ethylene production, respiration and carbohydrates metabolism. Evaluate the effect of temperature, condition and duration of storage on the preservation and induction of chilling injury. Regardless the time and concentration, pulsing with AOA did not prolong the longevity of flowers, and the spraying with 1.5 mM AOA gave a vase life of 8 days. The use of AVG, in pulsing or spraying extended the longevity and reduced the abscission of flowers *E. ibaguense*. Inflorescences treated with vase solution (20 g/L sucrose, 150 mg/L<sup>-1</sup> citric acid, 200 mg/L 8-HQC + 0.2 mM STS) or 20% sucrose pulsing for 12 hours promoted flower opening, reduced the percentage of abscission and prolonged the vase life, unlike the solutions Floralife<sup>®</sup>, Florissant<sup>®</sup> and Flower<sup>®</sup> as vase solutions. The flowers of *E. ibaguense* showed climacteric behavior for respiration and ethylene production. During vase life occurred differences in the carbohydrate metabolism as well as at stages of development. A linear increase in respiration between the temperatures of 5 and 30 °C was observed for the flowers kept in water, while for flowers stored under dry conditions, the increase in respiration was exponential between the temperatures of 5 and 25 °C, with similar rates to those determined in wet stored flowers. Production of ethylene by the inflorescence was maximal at 20 °C for flowers maintained in water, and at 35 °C for those flowers kept dry, followed by a sharp drop in both treatments. A maximal shelf life for the cut flower was obtained when the inflorescences were stored wet at 10 °C. The duration of cold storage promoted significant differences in physiological parameters during the opening and flower senescence of *E. ibaguense*.

## INTRODUÇÃO

A floricultura empresarial brasileira vem adquirindo notável desenvolvimento nos últimos anos e se caracteriza já como um dos mais promissores segmentos da horticultura intensiva no campo dos agronegócios nacionais. Observa-se, em todo o Brasil, um movimento marcado por fortes índices de crescimento da base produtiva e inclusão de novos pólos geográficos regionais na produção de flores e plantas ornamentais. Segundo estimativas, nos últimos anos, a atividade passou a agregar 5.152 produtores, os quais cultivam uma área de 8.423 hectares. A sustentação econômica essencial da atividade é garantida pelo vigor do mercado interno que atingiu, em 2007, a movimentação anual de US\$ 1,3 bilhão. As exportações, ainda que conquistando sucessivos recordes observados ao longo da presente década, ainda pouco ultrapassa a cifra US\$ 35 milhões em vendas anuais, ou o equivalente a 2,7 % do valor total da produção, com crescentes embarques para a Holanda, EUA, Japão, Espanha, França e mais outros 30 diferentes destinos em todo o mundo (Junqueira & Peetz, 2008).

Dentre as espécies ornamentais com capacidade de se destacar na comercialização de flores de corte está o *Epidendrum ibaguense* Kunth, pertencente à família Orchidaceae, uma planta terrestre ou rupícola, raramente epífita, de crescimento cespitoso, mas com brotação em muitos pontos do caule, dando-lhe também um crescimento desordenado. Os caules são do tipo “cana”, multifoliado, sendo que as flores se agrupam em inflorescências compactas, umbeladas, crescendo continuamente para cima, com flores abrindo-se uma após outra, por longo período de tempo. A cor das flores varia desde alaranjada até vermelha, sendo o labelo avermelhado com mancha amarela e as pétalas, bem como as sépalas, totalmente avermelhadas. No Brasil, há registros de incidência dessa espécie em diversos estados, incluindo Minas Gerais, sendo também cultivada em outros países (Suttleworth *et al.*, 1991).

Apesar da evolução na produção e comercialização das orquídeas, grande parte do produto colhido é perdida antes que o consumidor seja atingido, devido aos danos decorrentes do manuseio inadequado, às dificuldades de transporte e principalmente ao armazenamento ineficiente. A adoção de medidas de controle dessas perdas torna-se indispensável, principalmente para a manutenção da qualidade das flores cortadas destinadas à exportação. Segundo Halevy e Mayak (1974), não existe um tratamento pós-colheita universal eficiente para todos os tipos de flores, mas alguns tratamentos específicos podem contribuir para a manutenção da qualidade de certas espécies, afetando alguns importantes fatores, tais como,

reservas de carboidratos e de outros nutrientes, balanço hídrico das hastes e controle hormonal envolvido no desenvolvimento e senescência floral.

Inúmeros trabalhos têm demonstrado o efeito benéfico da adição de produtos químicos conservantes nas soluções de manutenção das flores de corte. Esses produtos são constituídos principalmente por açúcares, íons minerais, germicidas, inibidores da síntese e ação de etileno, reguladores de crescimento e antioxidantes (Nowak e Rudnicki, 1990).

Em diversas espécies ornamentais o etileno exerce importante papel na aceleração da abscisão, senescência e morte prematura de gemas florais, resultando na deterioração dos tecidos e conseqüente redução da vida pós-colheita das flores (Abeles *et al.*, 1992). A resposta a esse gás se dá pela sua ligação a um receptor específico, responsável por enviar o sinal para a ativação e resposta fisiológica. Assim, vários trabalhos são realizados utilizando inibidores da ação deste hormônio (Han e Miller, 2003; Barbosa *et al.*, 2006; Finger *et al.*, 2004). A flor de *Epidendrum ibaguense* é considerada sensível ao etileno, visto que apresenta alta taxa de abscisão e redução na longevidade em concentrações relativamente baixas de ethephon (Moraes, 2007). Nos últimos anos, várias técnicas têm sido desenvolvidas para diminuir o efeito do etileno, destacando-se o uso de inibidores da síntese (ácido aminooxiacético – AOA - e o ácido aminoetoxivinilglicina - AVG – registrado comercialmente como ReTain® - Valent BioSciences Corporation, Libertyville, Illinois, USA) e da ação deste fitohormônio (Ag<sup>+</sup>, tiossulfato de prata- STS- e 1-metilciclopropeno – 1-MCP) os quais apresentam potencial para utilização. De acordo com Finger *et al.* (2008), a longevidade pós-colheita de flores cortadas de *Epidendrum ibaguense* aumentou quando foram tratadas com 1 g m<sup>-3</sup> Ethylbloc® (0.14% 1-MCP), seguido ou não pelo *pulsing* com 20% de sacarose, assim como com 2.0 mM de STS.

O armazenamento refrigerado é outro parâmetro que deve ser considerado na pós-colheita de flores, visto que tem por finalidade minimizar a intensidade da respiração, por meio de modificações das condições ambientais naturais, permitindo redução no metabolismo, sem alterações fisiológicas (Sakamoto, 2005). A sensibilidade de uma planta ou parte dela à injúria por frio varia em função da espécie, cultivar, parte da planta e do tempo de exposição à baixa temperatura (Kays, 1991). Nowak e Rudnicki (1990) advertem que a baixa temperatura pode causar injúrias, como descoloração de flores, lesões necróticas de pétalas e folhas e atraso na abertura do botão após o armazenamento, acelerando, assim, a perda de água e aumentando a susceptibilidade ao ataque de patógenos e saprófitas (Reid, 1991).

O armazenamento a frio (seco ou úmido) é o método mais utilizado na pós-colheita, sendo que na armazenagem úmida, a base das hastes florais fica imersa em água ou solução

preservativa, prestando-se à curtos períodos de armazenamento. Já na armazenagem a seco, destinada aos maiores períodos de tempo, as flores não ficam em solução, sendo que normalmente são enroladas em papel pardo e revestidas com sacos de polietileno antes de serem inseridas dentro das caixas de papelão corrugado. Em tais condições, a respiração das flores cria uma atmosfera modificada com baixo nível de O<sub>2</sub> e alto nível de CO<sub>2</sub>, favorecendo a extensão do período de armazenamento (Rudnicki *et al.*, 1991).

Como as flores são órgãos efêmeros, torna-se importante desenvolver técnicas de manejo pós-colheita que promovam atraso na senescência e abscisão. Mesmo as flores de *E. ibaguense* apresentando potencial para comercialização, há poucas informações disponíveis sobre tais técnicas, principalmente no que se refere à interação entre substâncias anti-etilênicas, refrigeração, condições e período de armazenamento, sensibilidade da espécie à injúria por frio e potencial de armazenamento sob temperatura não causadora de danos por frio.

Dessa forma, o trabalho teve por objetivo:

- avaliar a influência do AOA e de AVG sobre a longevidade das flores cortadas de *E. ibaguense*;
- verificar o efeito de soluções preservativas sobre a vida de vaso da referida espécie;
- caracterizar fisiologicamente os diversos estádios florais nas inflorescências de *E. ibaguense*, quanto à produção de etileno, respiração e metabolismo de carboidratos;
- avaliar o efeito da temperatura, condição e duração do armazenamento sobre a conservação e indução da injúria por frio.

## REFERÊNCIAS

ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT JUNIOR, M. E. *Ethylene in plant biology*. 2. ed. San Diego: Academic, 414 p, 1992.

BARBOSA, J.G.; MEDEIROS, A.R.S.; FINGER, F.L.; REIS, F.P.; ÁLVARES, V.S.; BARBOSA, M.S. Longevidade de inflorescências de lírio, de diferentes estádios de colheita, pré-tratadas com sacarose e tiosulfato de prata (STS). *Ciência Rural*, 36: 99-104, 2006.

- FINGER, F.L.; CARNEIRO, T.F.; BARBOSA, J.G. Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 533-537, 2004.
- FINGER, F.L.; MORAES, P.J. de; MAPELI, A.M.; BARBOSA, J.G.; CECON, P.R. Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 83: 144–147, 2008.
- HALEVY, A.H.; MAYAK, S. Improvement of cut flowers quality opening and longevity by pre-shipment treatments. *Acta Horticulturae*, 43: 335-347, 1974.
- HAN, S.S.; MILLER, J.A. Role of ethylene in postharvest quality of cut oriental lily ‘Stargazer’. *Plant Growth Regulation*, 40: 213–222, 2003.
- JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Mercado interno para os produtos da floricultura brasileira: características, tendências e importância socioeconômica recente. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 14: 37-52, 2008.
- KAYS, S.J. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: Van Nostrand Reinhold, 532p., 1991.
- MORAES, P.J., FINGER, F. L., BARBOSA, J. G., CECON, P. R. Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense*. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 13: 31–37, 2007.
- NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M. *Postharvest handling and storage of cut flowers, floristgreens and potted plant*. Portland: Timber Press, 210p, 1990.
- REID, M.S. Effects of low temperatures on ornamental plants. *Acta Horticulturae*. 298: 215-223, 1991.
- RUDNICKI, R.M.; NOWAK, J.; GOSZCZYNSKA, D.M. Cold storage and transportation conditions for cut flowers cuttings and potted plants. *Acta Horticulturae*, 298: 225-236, 1991.
- SAKAMOTO, N.M. (2005). *Sazonalidade, refrigeração e diferentes tipos de recobrimento na conservação pós-colheita de estacas de cordilina (Cordyline rubra Hügel)*. Piracicaba, ESALQ. 63p. (Dissertação de Mestrado).
- SUTTLEWORTH, F.S.; ZIM, H.S.; DILLON, G.W. *Orquídeas, guia dos orquidófilos*. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 3.ed., p.158, 1991.

**CAPÍTULO 1: Ação de inibidores da síntese de etileno e de soluções conservantes  
sobre a longevidade de inflorescências de *Epidendrum ibaguense***



## **Longevidade de inflorescências de *Epidendrum ibaguense* Kunth tratadas com ácido aminooxiacético<sup>1</sup>**

ANA MARIA MAPELI<sup>(2)</sup>; LUCILENE SILVA DE OLIVEIRA<sup>(3)</sup>; FERNANDO LUIZ FINGER<sup>(3)</sup>, JOSÉ GERALDO BARBOSA<sup>(3)</sup> e RAIMUNDO SANTOS BARROS<sup>(4)</sup>

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do inibidor da síntese de etileno, ácido aminooxiacético (AOA), aplicado em solução de condicionamento e pulverização, sobre a longevidade de inflorescências de *Epidendrum ibaguense*. As hastes foram colhidas e imediatamente condicionadas em 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA por 6, 12, 18 e 24 h, ou pulverizadas com as mesmas soluções até o molhamento completo da inflorescência. Independentemente do tempo e da concentração de AOA, o condicionamento das hastes não prolongou a longevidade das flores em vaso. A pulverização das inflorescências de *E. ibaguense* com AOA aumentou a vida de vaso, em aproximadamente 26 % em comparação ao tratamento de condicionamento e ao controle, sendo que a pulverização com 1,0 mM de AOA causou uma vida de vaso de 8 dias.

**Palavras-chave:** vida de vaso, inibidor da síntese de etileno, condicionamento, pulverização.

### **ABSTRACT**

#### **Longevity of *Epidendrum ibaguense* Kunth inflorescences influenced by aminooxyacetic acid**

The goal of this work was to evaluate the effect of the ethylene biosynthesis inhibitor aminooxyacetic acid (AOA), applied as pulsing solution or sprayed on the longevity of *Epidendrum ibaguense* inflorescences. The stalks were harvested and immediately pulsed with 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mM AOA for 6, 12, 18 and 24 hours or the inflorescences were sprayed until full wetting of the raceme. Regardless the time and concentration of the pulsing solution, AOA had no influence on the flower longevity. However, when sprayed, the AOA

---

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Vegetal – UFV. Av. P. H. Rolfs, s/n: Centro – Viçosa, MG. CEP: 36570-000. E-mail: amapeli@pop.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

increased the longevity by about 26% as compared to pulsing or with control the flowers, estimating 8 days of vase life when sprayed with 1.0 mM AOA.

**Key-words:** vase life, ethylene synthesis inhibitor, pulsing, spraying.

## 1. INTRODUÇÃO

A floricultura é hoje considerada a forma mais avançada de agricultura, fazendo uso de técnicas modernas, sendo um dos setores de maior rentabilidade por área cultivada. Dentre as espécies ornamentais com capacidade de destacar-se na comercialização de flores de corte está a Orquidácea *Epidendrum ibaguense*, planta rústica, que adapta-se plenamente ao cultivo no solo a pleno sol, floresce praticamente o ano todo e possui hastes florais longas. Porém, esta espécie é altamente sensível ao etileno, que induz a abscisão e senescência prematura das flores (MORAES et al., 2007). Dessa forma, para maximizar a longevidade há necessidade de se utilizarem métodos eficientes de redução da síntese e/ou ação desse hormônio.

A rota de produção de etileno nas plantas superiores pode ser resumida nos seguintes passos: metionina → S-adenosil metionina → ácido 1-carboxílico-l-aminociclopropano (ACC), → etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). Dentre todas as enzimas que participam da biossíntese, duas enzimas chaves são regulatórias, a sintase do ACC e a oxidase do ACC (BURG, 2004). A enzima sintase do ACC pode ser inibida por análogos das rizóbio toxinas, como a aminoetoxivinilglicina (AVG) e o ácido aminooxiacético (AOA) (YANG & HOFFMAN, 1984). Na literatura, há alguns relatos do uso do AOA como agente para aumentar a longevidade das flores de corte. FINGER et al. (2004) trabalhando com flores de esporinha (*Consolida ajacis*) observaram que a pulverização com 2 mM de AOA não afetou a longevidade, enquanto em rosas a adição de 0,5 mM de AOA associada a 5% de sacarose, em solução de vaso, elevou a longevidade de 3 para 6,2 dias (KETSA & NARKBUA, 2001). Na Holanda, o AOA vem sendo utilizado comercialmente na forma de solução de condicionamento como tratamento preservativo de cravos para reduzir a murcha prematura das pétalas (SERRANO et al., 2001). Também foi observado que em orquídeas do gênero *Dendrobium*, a aplicação preventiva de 1,0 mM de AOA foi efetiva em inibir, em aproximadamente 55%, a produção de etileno induzida pela polinização das flores (KETSA & LUANGSUWALAI, 1996). Portanto, a efetividade do AOA parece depender da espécie e

modo de aplicação. Para o *Epidendrum* não há relatos sobre a influência do AOA na abscisão e longevidade das flores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito e o modo de aplicação do AOA sobre a abscisão e longevidade de inflorescências cortadas de *Epidendrum ibaguense*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *E. ibaguense* foram cultivadas no campo de produção do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa –MG- (20°45' latitude sul; 45°51' longitude oeste; altitude de 642 m) e as hastes colhidas no período da manhã (8:00 H) no estágio 10 de abertura do desenvolvimento floral (mínimo de 20 flores abertas no racemo) conforme estabelecido por MORAES (2003). Após a colheita, as hastes foram colocadas em baldes contendo água destilada e levadas ao laboratório, onde foram padronizadas com comprimento em 30 cm. Em seguida, as hastes foram submetidas a dois modos de aplicação: condicionamento (“pulsing”) e pulverização. As inflorescências foram tratadas por 6, 12, 18 e 24 h com solução de condicionamento, nas concentrações de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA ou pulverizadas, nas mesmas concentrações, até o completo umedecimento da haste (50 mL de cada solução/repetição). Após os tratamentos, as hastes foram mantidas em vasos com água desionizada, sendo realizada troca da mesma a cada dois dias. Os experimentos foram conduzidos a temperatura de 25°C, umidade relativa de 50-70 % e intensidade luminosa de 7-10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Diariamente, avaliou-se longevidade e abscisão das flores. Foi estabelecido como fim da longevidade quando as inflorescências apresentavam mais de 50 % de abscisão ou de murcha das flores (MORAES et al., 2007).

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, tendo-se três hastes por unidade experimental.

Os dados foram interpretados usando-se análise de variância e de regressão. As médias referentes aos tratamentos qualitativos foram comparadas por meio do teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Os valores obtidos a partir de tratamentos quantitativos foram submetidos à análise de regressão, sendo o modelo escolhido com base no coeficiente de determinação, no desvio-padrão dos coeficientes de regressão e no fenômeno biológico.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A longevidade da inflorescência não foi afetada pelo condicionamento com solução aquosa contendo de 0,5 a 2,0 mM de AOA ou pelo tempo de condicionamento utilizado (Tabela 1). Independentemente do tratamento, a longevidade média das flores foi de 6,48 dias, indicando que as condições de uso do AOA foram insuficientes para induzir uma resposta fisiológica pelos tecidos, e que a provável redução do pH pela adição do AOA, mencionada por KETSA & NARKBUA (2001) não teve efeito sobre a longevidade de *E. ibaguense*. A taxa de abertura das flores também não foi afetada pelas soluções de condicionamento (dados não mostrados), mostrando que as elevadas concentrações de AOA ou tempo demasiadamente longo de “pulsing” não causaram a perda de turgor, dessecação e deterioração prematura de flores.

A falta de efeito do AOA, aplicado na forma de solução de condicionamento, indica que, possivelmente, a substância não foi absorvida em quantidade suficiente para reduzir a atividade da sintase do ACC ou que a quantidade de etileno produzida foi suficiente para promover a senescência, já que esta espécie apresenta alta sensibilidade ao gás (FINGER & BARBOSA, 2006). Como em *E. ibaguense*, a abscisão de flores de *Plectranthus* não foi influenciada por 1,0 mM de AOA (ASCOUGH et al., 2006), enquanto flores de *Ranunculus asiaticus* não apresentaram aumento na longevidade quando condicionadas com até 1,83 mM de AOA (KENZA et al., 2000). Resultados semelhantes foram encontrados por BARTOLI et al. (1997), os quais não constataram efeito significativo do AOA (1,0 mM), incluído em solução contendo ampicilina, sobre a senescência associada à deterioração da membrana plasmática de *Chrysanthemum morifolium* RAM cv. Unsei. Resposta não significativa também foi constatada em ramos cortados de *Eucalyptus parvifolia* quando condicionados em solução de 1 mM de AOA (FERRANTE et al., 2002). Em *E. ibaguense* não foram observados sintomas de toxicidade pelo uso de AOA.

**Tabela 1.** Longevidade das flores de *Epidendrum ibaguense* acondicionadas na forma de “pulsing” com 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA, por diferentes períodos.

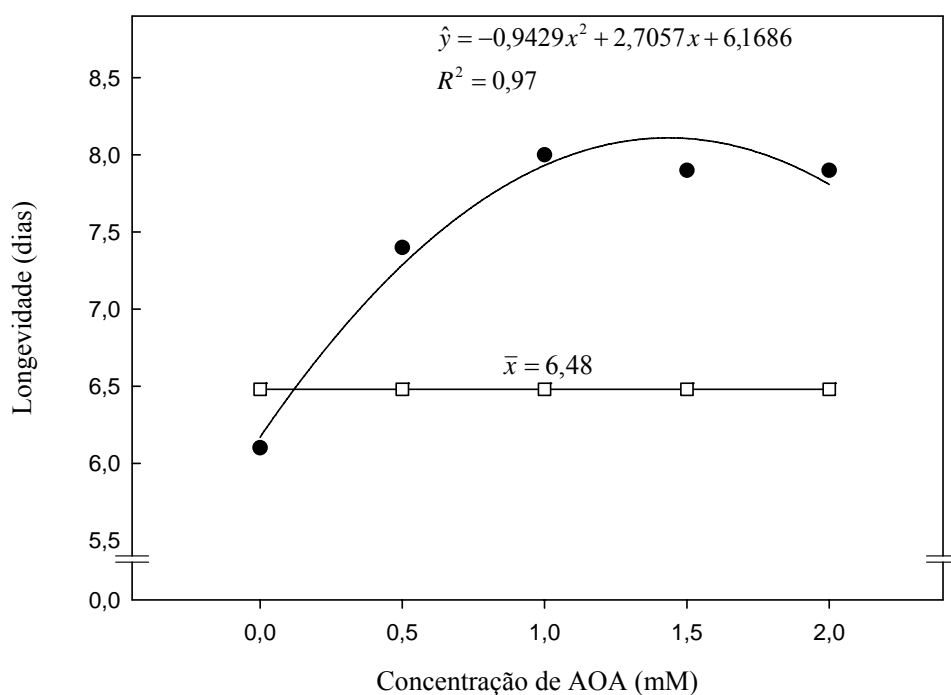
Tempo (horas)	Concentração (mM)	Longevidade (dias)*
6	0,0	6,5 ± 0,39
	0,5	6,9 ± 0,33
	1,0	6,1 ± 0,19
	1,5	6,2 ± 0,2
	2,0	6,3 ± 0,2
12	0,0	6,2 ± 0,25
	0,5	6,4 ± 0,24
	1,0	6,5 ± 0,16
	1,5	6,4 ± 0,40
	2,0	6,2 ± 0,20
18	0,0	7,0 ± 0,47
	0,5	6,5 ± 0,32
	1,0	6,5 ± 0,42
	1,5	6,5 ± 0,22
	2,0	6,8 ± 0,34
24	0,0	7,0 ± 0,35
	0,5	6,5 ± 0,40
	1,0	6,5 ± 0,19
	1,5	6,5 ± 0,20
	2,0	6,8 ± 0,19

\* Média ± erro padrão

Existe a proposição de que o AOA prolonga a longevidade floral não como inibidor da biossíntese de etileno, mas por favorecer o balanço hídrico decorrente da não-obstrução dos vasos xilemáticos das hastes cortadas, visto que o AOA reduz o pH da solução, aumentando a longevidade, provavelmente por reduzir o crescimento microbiano, diminuir a viscosidade da água e reduzir a atividade das enzimas oxidativas (KETSU & NARKBUA, 2001). Em flores de *Adiantum raddianum*, o AOA inibiu o crescimento bacteriano e preveniu o murchamento precoce, quando em pH igual ou menor que 3,0 (VAN DOORN et al., 1991). Entretanto, este efeito não foi observado nas inflorescências de *E. ibaguense*, visto que as soluções de 0,5;

1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA apresentaram os respectivos pHs: 3,9; 3,6; 3,4 e 3,3, sendo mais ácidos que a água (7,3). Assim, o baixo pH, por até 24 horas de tratamento de condicionamento, não foi suficiente para melhorar a absorção de água e o balanço hídrico.

A aplicação de AOA por meio de pulverização aumentou a longevidade das flores de *E. ibaguense* quando comparada ao tratamento na solução de condicionamento, sendo que o efeito variou em função de concentração empregada, observando-se um comportamento quadrático, atingindo o valor máximo de 1,43 mM o qual proporcionaria uma longevidade de 8,11 dias (Figuras 1 e 2; Tabela 2). O tratamento das flores por pulverização resultou em aumento na longevidade de 6,5 para 8,0 dias, representando um acréscimo de 26%. Este efeito pode ser explicado pelo fato do ingrediente ativo se espalhar uniformemente sobre a superfície das pétalas e folhas (GLANDON & DAVID, 1986). Pulverizações com concentrações de AOA superiores a 1,0 mM foram saturantes, não havendo efeito adicional sobre a longevidade floral.



**Figura 1.** Longevidade das flores de *E. ibaguense* tratadas com 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA por meio de pulverização (●) ou pulsing (□).



**Figura 2.** Efeito de diferentes concentrações de AOA, via pulverização, sobre a longevidade de inflorescências de *E. ibaguense*, após 5 dias de vaso.

**Tabela 2.** Longevidade, em dias, das flores de *Epidendrum ibaguense* tratadas com 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA por meio de pulverização ou *pulsing*.

Modo de aplicação	Concentração de AOA (mM)				
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Pulverização	6,3 A	7,4 A	8,0 A	7,9 A	7,9 A
<i>Pulsing</i>	6,3 A	6,6 B	6,3 B	6,5 B	6,5 B

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos não corroboram com os encontrados quando inflorescências de *Consolida ajacis* foram pulverizadas com as mesmas concentrações de AOA, pois não se verificou o prolongamento da vida de vaso pela inibição da taxa de abscisão e murchamento das flores (FINGER et al., 2004). Em orquídeas do gênero *Cattleya*, tratadas com AOA também não verificou-se efeito significativo do inibidor (GOH et al., 1985).

Contudo, flores de *New Guinea impatiens*, após pulverizadas com AOA às concentrações de 0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 mM tiveram a abscisão da corola reduzida e a vida em vaso das hastes prolongada (DOSTAL et al., 1991). Em orquídeas do gênero *Dendrobium*, a aplicação preventiva de 1,0 mM de AOA foi efetiva em inibir a produção de etileno induzida pela polinização das flores (KETSU & LUANGSUWALAI, 1996).

Os sintomas de senescência, tais como labelos enrolados e alaranjados, descoloração das pétalas, murchamento e abscisão das flores ocorreram mais tardiamente nas hastes pulverizadas com AOA em relação às submetidas ao *pulsing* (Figura 2). Decorridos 5 dias da colheita, as hastes que sofreram pulverização ainda apresentavam-se comercializáveis, diferentemente do que foi observado por CARNEIRO (2001), em que os sintomas de descoloração das pétalas de esporinha ocorreram em todos os tratamentos, no dia seguinte ao da pulverização, com exceção do controle. No momento de descarte, os botões das inflorescências de *E. ibaguense* que foram pulverizadas estavam necrosados, enquanto que nas hastes que foram submetidas ao *pulsing*, os mesmos já haviam caído antes do término do experimento.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O condicionamento das hastes de *Epidendrum ibaguense* em solução de ácido aminooxiacético não prolongou a longevidade das flores, independente da concentração e duração utilizadas.

2. A pulverização das inflorescências com AOA estendeu a vida pós-colheita das flores em até 26%, sendo a concentração 1,0 mM considerada saturante.



## 5. REFERÊNCIAS

- ASCOUGH, G.D., MTSALI, N.P., NOGEMANE, N., VAN STADEN, J. Flower abscission in excised inflorescences of three *Plectranthus* cultivars. **Plant Growth Regulation**, v.48, p.229–235, 2006.
- BARTOLI, C.G., GUIAMET, J.J., MONTALDI, E.R. Ethylene production and responses to exogenous ethylene in senescing petals of *Chrysanthemum morifolium* RAM cv. Unsei. **Plant Science**, v.17, p.15-21, 1997.
- BURG, S.P. Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh produce. CABI: Wallingford, 2004, 654p.
- CARNEIRO, T.F. **Manejo pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis* Nieuwl.)**. 2001, 66f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).
- DOSTAL, D.L., AGNEW, N.H., GLADON, R.J., WEIGLE, J.L. Ethylene, simulated shipping, STS, and AOA affect corolla abscission of New Guinea impatiens. **HortScience**, v.26, p.47-49, 1991.
- FERRANTE, A., MENSUALI-SODI, A., SERRA, G., TOGNONI, F. Effects of ethylene and cytokinins on vase life of cut *Eucalyptus parvifolia* Cabbage branches. **Plant Growth Regulation**, v.38, p.119–125, 2002.
- FINGER, F.L., BARBOSA, J.G. Postharvest physiology of cut flowers. In: NOUREDDINE, B., NORIO, S. (eds.). *Advances in Postharvest Technologies for Horticultural Crops*. Kerala, India: Research Signpost, 2006, p. 373-393.
- FINGER, F.L., CARNEIRO, T.F., BARBOSA, J.G. Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, p.533-537, 2004.
- GLANDON, R.J., DAVID, S.K. Aminoxyacetic acid (AOA) as a plant growth inhibitor. **Iowa State University Research Foundation Incorporation**: Ames, p. 1-4, 1986.

GOH, C.J., HALEVY, A.H., ENGEL, R., KOFRANEK, A.M. Ethylene evolution and sensitivity of orchid flowers. **Scientia Horticulturae**, v.26, p.57-67, 1985.

KENZA, M., UMIEL, N., BOROCHOV, A. The involvement of ethylene in the senescence of ranunculus cut flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v.19, p.287-290, 2000.

KETSA, S., LUANGSUWALAI, K. The relationship between 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in pollinia, ethylene production and senescence of pollinated *Dendrobium* orchid flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v.8, p.57-64, 1996.

KETSA, S., NARKBUA, N. Effect of aminooxyacetic acid and sucrose on vase life of cut roses. **Acta Horticulturae**, v.543, p.227-234, 2001.

MORAES, P.J. **Crescimento, caracterização da abertura floral e manejo pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth**. 2003, 110f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).

MORAES, P.J., FINGER, F. L., BARBOSA, J. G., CECON, P. R. Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.13, p.31-37, 2007.

SERRANO, M., AMORÓS, A., PRETEL, M.T., MARTÍNEZ-MADRID M.C., ROMOJARO, F. Preservative solutions containing boric acid delay senescence of carnation flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v.23, p.133-142, 2001.

VAN DOORN, W.G., ZAGORY, D., REID, M.S. Role of ethylene and bacteria in vascular blockage of cut fronds from the fern *Adiantum raddianum*. **Scientia Horticulturae**, v.46, p.161-169, 1991.

YANG, S.F., HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.35, p.155-189, 1984.

## Longevidade de inflorescências de *Epidendrum ibaguense* Kunth afetada por aminoetoxivinilglicina<sup>(1)</sup>

ANA MARIA MAPELI<sup>(2)</sup>; LUCILENE SILVA DE OLIVEIRA<sup>(3)</sup>; FERNANDO LUIZ FINGER<sup>(3)</sup>, JOSÉ GERALDO BARBOSA<sup>(3)</sup> e RAIMUNDO SANTOS BARROS<sup>(4)</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do inibidor da síntese de etileno, aminoetoxivinilglicina (AVG) presente na formulação comercial de ReTain<sup>®</sup>, aplicado na forma de solução de condicionamento e de pulverização sobre a abscisão e longevidade de inflorescências cortadas de *Epidendrum ibaguense*. As hastes foram colhidas e imediatamente condicionadas em solução contendo 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AVG por 6, 12, 18 e 24 horas. Alternativamente, os mesmos tratamentos foram aplicados na forma de pulverização até o umedecimento completo da inflorescência. Independentemente do modo de aplicação do AVG, as concentrações utilizadas foram eficazes em promover aumento da longevidade das flores em aproximadamente 70% quando comparada ao controle, com resposta máxima nas concentrações de 1,5 e 2,0 mM. A porcentagem de abscisão de flores foi reduzida em todos os tratamentos contendo AVG, principalmente quando se utilizou pulverização, com decréscimo na abscisão acumulada superior a 80% nas concentrações entre 1,0 e 2,0 mM de AVG. A aplicação de AVG prolongou a longevidade e reduziu a abscisão de flores de *Epidendrum ibaguense*.

**Palavras-chave:** vida de vaso, AVG, condicionamento, pulverização, *Epidendrum ibaguense*.

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Vegetal – UFV. Av. P. H. Rolfs, s/n: Centro – Viçosa, MG. CEP: 36570-000. E-mail: amapeli@pop.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

## ABSTRACT

### Longevity of *Epidendrum ibaguense* Kunth inflorescences as affected by aminoethoxyvinylglycine

The goal of this work was to determine the influence of the inhibitor of ethylene biosynthesis aminoethoxyvinylglycine –AVG- (commercial name ReTain<sup>®</sup>), as applied in pulsing solution or sprayed on the inflorescence on the abscission and longevity of cut *Epidendrum ibaguense*. After harvesting inflorescences were immediately pulsed with 0, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mM AVG for a period of 6, 12, 18 and 24 hours. Alternatively, the same treatments were sprayed in the inflorescences until run off. Regardless the way of AVG was applied, the inhibitor was able to prolong the flower longevity by approximately 70% compared to control treatment, with the maximum effect at 1.5 and 2.0 mM AVG. The percentage of abscised flowers was diminished in all treatments containing AVG, with higher efficiency when the product was sprayed on the inflorescence, which decreased the abscission by 80% at concentrations between 1.0 and 2.0 mM AVG.

**Key-words:** vase life, AVG, pulsing, spraying, *Epidendrum ibaguense*

## 1. INTRODUÇÃO

A orquídea *Epidendrum ibaguense* é uma planta rústica, adaptando-se plenamente ao cultivo de solo em condições de pleno sol ou cultivo protegido, ampliando desta forma as possibilidades de produção das flores ao longo do ano (Pridgeon, 2003). Após o estabelecimento vegetativo da planta, as flores são colhidas entre 5 e 7 semanas de cultivo (Moraes, 2003), apresentando inflorescências com hastes longas e flores com coloração vermelha e alaranjada, podendo ser utilizada tanto como flor de corte, de vaso ou para paisagismo.

A senescência pós-colheita de flores é regulada por muitos fatores de natureza endógena ou externa que podem agir sinergicamente. Dentre as mudanças bioquímicas, o aumento da atividade de enzimas hidrolíticas, degradação do amido e clorofila, perda da compartimentalização celular, produção climatérica do etileno e aumento da respiração são as mais afetadas. O etileno regula várias respostas durante o crescimento e desenvolvimento vegetal, incluindo florescimento, abscisão e senescência de flores (Dukovski et al., 2006). As inflorescências cortadas de *Epidendrum*, em presença de etileno, apresentam queda prematura das flores e estímulo da produção de etileno em concentrações iguais ou superiores a 10 mg L<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de ethephon (Moraes et al., 2007), sendo, portanto, uma espécie altamente sensível ao etileno, semelhantemente às dos gêneros *Dendrobium* e *Phalaenopsis* (Porat et al., 1994; Porat et al., 1995; Van Doorn, 2002; Finger & Barbosa, 2006).

A aplicação de compostos anti-etilênicos tem sido muito eficaz na floricultura, uma vez que permite o controle e retardo do início da senescência floral, principalmente das espécies sensíveis ao gás. Dentre os compostos utilizados destacam-se os inibidores da biossíntese, como análogos das rizóbio toxinas (aminoetoxivinilglicina - AVG) e o ácido aminooxiacético (AOA) bem como os inibidores da ação do etileno tiosulfato de prata (STS) e o 1-metilciclopropeno (1-MCP).

O AVG é um aminoácido não-protéico, que inibe de forma competitiva e irreversível a sintase do ACC, diminuindo a quantidade de substrato para a oxidase do ACC e, portanto, a taxa de conversão do ACC para etileno (Abeles et al., 1992), porém a magnitude da eficiência do inibidor depende da concentração utilizada. O AVG é comercialmente registrado como regulador de crescimento ReTain<sup>®</sup> (Valent BioSciences Corporation, Libertyville, Illinois, USA) para aplicação em pré- ou pós-colheita, na indução floral de *Guzmania* (Dukovski et al., 2006), senescência (Wang et al., 2001) e na pós-produção.

Há alguns relatos do uso do AVG como agente para aumentar a vida pós-colheita, sendo que as formas de aplicação são variadas, incluindo-se pulverização e *pulsing*. A pulverização pós-colheita de flores de gerânio com 0,5 a 2,0 mM de AVG reduziu a queda prematura dos floretes, estendendo-lhe a vida de vaso (Anderson et al., 1993). Além disso, pulverizações pré-colheita com ReTain<sup>®</sup> em maçãs diminuiu a queda prematura dos frutos, a concentração interna e a produção de etileno climatérico, estendendo o período de colheita (Schupp & Greene, 2004; Greene & Schupp, 2004). Entretanto, Johnson & Colgan (2003) observaram que o aumento na concentração de Retain<sup>®</sup> não mantém a firmeza de maçãs, pulverizadas na pré-colheita, mas sim promove a incidência interna de *breakdown*, indicando que a resposta causada por este regulador depende da espécie a ser utilizada.

A pulverização com AVG (1,0 mM) atrasou, porém não impediu a abscisão de flores de *Theobroma cacao* L. (Aneja et al., 1999). Além disso, Brackmann et al. (2000), usando AVG combinado com sacarose, na solução conservante, observaram aumento na senescência do crisântemo 'Snowdon'. No entanto, para *Epidendrum* não há relatos sobre a influência da aplicação de ReTain<sup>®</sup> sobre a abscisão e longevidade pós-colheita.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito e o modo de aplicação do AVG sobre a abscisão e longevidade de inflorescências cortadas de *Epidendrum ibaguense*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *E. ibaguense* foram cultivadas no campo de produção do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa – MG- (20°45' latitude sul; 45°51' longitude oeste; altitude de 642 m), sendo as hastes colhidas no período da manhã (8 h) no estágio 10 de abertura floral (mínimo de 20 flores abertas no racemo) conforme previamente estabelecido por Moraes (2003). Após a colheita, as hastes foram colocadas em baldes contendo água destilada e levadas ao laboratório, onde foram padronizadas com comprimento em 30 cm. Em seguida, as hastes foram submetidas a dois modos de aplicação: condicionamento (“pulsing”) e pulverização com AVG, presente na formulação comercial não comercial Retain®. As inflorescências foram tratadas por 6, 12, 18 e 24 h com solução de condicionamento, nas concentrações de 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AVG ou pulverizadas, nas mesmas concentrações, até o completo umedecimento da haste (50 mL de cada solução/repetição). Após os tratamentos, as hastes foram mantidas em vasos com água desionizada, sendo realizada troca da mesma a cada dois dias, para evitar o desenvolvimento de microorganismos. Os experimentos foram conduzidos à temperatura de 25°C, umidade relativa de 50-70 % e intensidade luminosa de 7-10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Diariamente, avaliou-se longevidade e abscisão das flores. Foi estabelecido o fim da longevidade quando as inflorescências apresentavam mais de 50 % de abscisão ou de murcha das flores (Moraes et al., 2007).

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com cinco repetições, tendo-se três hastes por unidade experimental. Os dados foram interpretados usando-se análise de variância e de regressão. As médias referentes aos tratamentos qualitativos foram comparadas por meio do teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Os valores obtidos a partir de tratamento quantitativos foram submetidos à análise de regressão, sendo o modelo escolhido com base no coeficiente de determinação, no desvio-padrão dos coeficientes de regressão e no fenômeno biológico.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos promovidos pelo AVG dependeram da concentração utilizada, tempo de exposição e modo de aplicação. As doses de AVG empregadas na forma de *pulsing* prolongaram a longevidade de inflorescências de *E. ibaguense*, sendo que as concentrações de

1,5 e 2,0 mM tiveram maior efeito em prolongar a vida de vaso, principalmente após 6 e 24 horas de condicionamento (Tabela 1). Os diversos estádios de abertura floral presentes na inflorescência de *E. ibaguense* demonstraram comportamento diferente quanto à atividade *in vivo* da oxidase do ACC, pois botão colorido, flor aberta e flor no início da senescência, mas com valor comercial e flor senescente apresentaram valores de 4,1; 5,6; 27,9 e 2,7  $\mu\text{L etileno kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , respectivamente. Assim, a flor no início da senescência apresentou valores de 6,8; 5 e 10 vezes maiores quando comparados ao estágio de botão, flor aberta e flor senescente, respectivamente. Tal fato demonstra que houve maior disponibilidade de ACC no estágio de flor aberta e no início da senescência para a ação da oxidase do ACC, e que neste estágio ocorreu ativação da sintase do ACC em relação aos demais estádios avaliados. Desta forma, em *E. ibaguense*, a atividade da sintase do ACC parece ser o principal ponto no controle da senescência da flor e do acúmulo de ACC. Em flores de *Alstroemeria* cv. Rebbeca e *Dendrobium* houve estreita correlação entre ACC e senescência, indicando que a sintase do ACC é limitante para estas espécies (Chanasut et al., 2003; Ketsa & Luangsuwalai, 1996). O tratamento com AVG prolongou a vida de vaso de flores de cravo ‘Sandrosa’ (Tanase et al., 2008), semelhante ao obtido na espécie em estudo. Como a aplicação de AVG prolongou a vida de vaso da flor de *E. ibaguense*, provavelmente houve inibição da atividade da sintase do ACC, porém estudos futuros do comportamento da enzima devem ser realizados para avaliar o efeito do AVG.

**Tabela 1.** Longevidade das flores de *Epidendrum ibaguense* tratadas com 0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM de AOA por meio de *pulsing*.

AVG (mM)	Tempo de <i>pulsing</i>			
	6	12	18	24
0,0	6,2 C b	6,1 D b	7,7 B a	7,5 C a
0,5	7,7 B ab	7,3 CD b	8,6 B ab	8,7 BC ab
1,0	9,1 A ab	7,8 BCD b	8,8 AB ab	9,5 BC ab
1,5	9,3 A b	8,9 ABC b	10,0 AB b	12,8 A a
2,0	9,3 A b	9,1 AB b	10,0 AB b	12,8 A a

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As inflorescências de *E. ibaguense* necessitaram de concentrações mais elevadas do que outras espécies para que ocorresse inibição da atividade ACC sintase, visto que Lopez et al. (2008) ao avaliarem o efeito do *pulsing* com AVG sobre a longevidade e abertura de rosas 'Royalty' verificaram que no tratamento com 0,25 mM de AVG a vida de vaso foi de 18 dias e abertura total das flores aos 13 dias em comparação ao controle, que tiveram 12-13 dias de vida pós-colheita e abertura floral aos 10 dias. Essa diferença pode ser devida à interferência na resposta das plantas à ação do etileno, promovida pela alteração da produção e percepção ao etileno *per si* (Serek et al., 2006). Contudo, o bloqueio dos efeitos do etileno diretamente em nível de receptor, via inibidores da ação, é mais efetivo, uma vez que impede a atuação tanto do etileno exógeno quanto endógeno (Serek & Reid, 1993). Assim, quando inflorescências de *E. ibaguense* foram tratadas com 1-MCP observou-se um aumento da vida de vaso de 5,5 para 12 dias (Finger et al., 2008).

Em relação ao tempo de exposição ao AVG, a duração de 18 e 24 horas, aumentaram a durabilidade das flores, principalmente quando as concentrações utilizadas foram 1,5 e 2,0 mM. O condicionamento por 24 horas foi o mais efetivo, visto que a longevidade foi superior a 12 dias, diferindo significativamente dos demais (Tabela 1).

No quarto dia pós-colheita, as inflorescências condicionadas por 12 horas com AVG, sob todas as concentrações, apresentaram início da senescência, pois o labelo encontrava-se enrolado e avermelhado e as pétalas descoloridas. As inflorescências tratadas por 18 horas, em todas as concentrações, não apresentaram abscisão das flores, apenas murchamento, o que determinou o fim da vida de vaso, já que não havia valor comercial ou ornamental. O condicionamento com 1,5 e 2,0 mM de AVG por 24 horas foi eficaz em atrasar o murchamento das mesmas.

A pulverização das inflorescências com AVG causou efeitos diferentes a este produto aplicado na forma de solução de condicionamento ou *pulsing*, entretanto ambos os métodos de aplicação são eficazes (Tabela 2). Assim, houve diferença significativa quanto às concentrações, já que quando utilizou-se solução de condicionamento apenas 1,5 e 2,0 mM de AVG promoveram resultados positivos, com aumento de 70% na longevidade em relação ao controle. Contudo, independentemente da concentração utilizada, o tratamento de pulverização prolongou em 73% a longevidade de *E. ibaguense* em relação ao controle (Tabela 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Anderson et al. (1993), ao pulverizarem flores de gerânio com 0,5 a 2,0 mM de AVG, o que reduziu em 92% a queda prematura dos floretes, estendendo a sua vida de vaso. Brackmann et al. (2004) avaliaram o efeito da pulverização pré-colheita de AVG (0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 mM) durante o crescimento



das plantas, sobre a qualidade pré-colheita e prolongamento da vida de vaso de crisântemo cv. Bronze Repin. Estes autores observaram que houve alteração na coloração, redução do comprimento da lígula e diâmetro das flores, seguido do prolongamento da vida de vaso das inflorescências, sendo que a dose 0,75 mM foi a mais efetiva em retardar a senescência floral. As inflorescências de *E. ibaguense* quando pulverizadas com 1,0 mM de AVG apresentaram redução de 55% da porcentagem de abscisão, em relação ao controle, diferentemente do comportamento observado em *Theobroma cacao* L., que quando foram pulverizadas com 1,0 mM de AVG houve apenas atraso da abscisão, mas não inibição da mesma (Aneja et al., 1999).

**Tabela 2.** Longevidade das flores de *Epidendrum ibaguense* tratadas com AVG na forma de *pulsing* e pulverização em diferentes concentrações.

Concentração AVG (mM)	Modo de aplicação	
	<i>Pulsing</i> 24 h	Pulverização
0,0	7,5 C a	6,3 B b
0,5	8,7 B b	10,9 A a
1,0	9,5 B b	11,0 A a
1,5	12,8 A a	10,9 A b
2,0	12,8 A a	10,7 A b

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O AVG aplicado na forma de pulverização foi mais efetivo em postergar o aparecimento de sintomas de senescência em relação ao *pulsing*, nas flores de *E. ibaguense*. Visto que a senescência se iniciou após o sétimo dia de vida pós-colheita, sendo que em nenhum tratamento com AVG houve 50% de abscisão, haja vista que as hastes foram descartadas devido ao murchamento e à necrose das pétalas.

O tratamento das inflorescências de *E. ibaguense* com AVG reduziu a proporção de abscisão de flores quando comparado às flores controle, sendo o efeito mais efetivo quando o AVG foi pulverizado, com redução de 81,5% para as concentrações de 1,5 e 2,0 mM de AVG (Tabela 3). Quando se utilizou solução de condicionamento, pode-se perceber efeito semelhante, porém menos expressivo, visto que a redução variou de 54 a 56%, para as

mesmas concentrações, todavia, este composto mostrou ser eficaz em impedir a queda das flores.

**Tabela 3.** Porcentagem de abscisão, em relação ao controle, de flores de *E. ibaguense* submetidas ao *pulsing* ou pulverização com AVG sob diferentes concentrações.

Concentração	Modo de aplicação	
	AVG (mM)	Pulsing <sup>(1)</sup>
0,5	69,7 Ba	45,8 Ab
1,0	84,5 Aa	20,5 Bb
1,5	56,1 Ca	18,6 Cb
2,0	54,0 Da	18,5 Cb

<sup>(1)</sup> Média geral de todos os tempos de *pulsing*. <sup>(2)</sup> Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O condicionamento das hastes de *Epidendrum ibaguense* na solução 1,5 mM de aminoetoxivinilglicina, por 24h, prolongou a longevidade das flores.
2. A pulverização das inflorescências com AVG estendeu significativamente a vida pós-colheita, independentemente da concentração utilizada.
3. Todos os modos de aplicação, condicionamento e pulverização, foram efetivos em prolongar a longevidade de inflorescências de *E. ibaguense*.
4. As inflorescências de *E. ibaguense* quando pulverizadas com AVG apresentaram redução na taxa de abscisão de suas flores.

## 5. REFERÊNCIAS

- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT Jr.; M.E. **Ethylene in plant biology**. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, London, 1992. 414p.
- ANDERSON, R.D.; SANDERSON, K.C.; SMITH, D.; WILLIAMS, J.C. Reduction of induced abscission of geranium (*Pelargonium hortorum*) petals and snapdragon (*Anthirrinum majus*) florets using three anti-ethylene compounds. **PGRSA Quarterly**, v.21, p.144-150, 1993.
- ANEJA, M.; GIANFAGNA, T.; NG, E. The roles of abscisic acid and ethylene in the abscission and senescence of cocoa flowers. **Plant Growth Regulation**, v.27, p.149–155, 1999.
- BRACKMANN, A.; BELLÉ, R.A.; FREITAS, S.T. de; MELLO, A.M. de. Qualidade de pré-colheita e vida de vaso de inflorescências de crisântemo ‘Bronze Repin’ com aplicação de aminoetoxivinilglicina. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v.11, p.206-214, 2004.
- BRACKMANN, A.; BELLÉ, R.A.; VIZZOTTO, M.; LUNARDI, R.. Armazenamento de crisântemos *Dedranthema grandiflora* cv. Red Refocus em diferentes temperaturas e soluções conservantes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, p.19-23, 2000.
- CHANASUT, U.; ROGERS, H.J.; LEVERENTZ, M.K.; GRIFFITHS, G.; THOMAS, B.; WAGSTAFF, C.; STEAD, A.D. Increasing flower longevity in *Alstroemeria*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, p. 324-332, 2003.
- DUKOVSKI, D.; BERNATZKY, R.; HAN, S. Flowering induction of *Guzmania* by ethylene. **Scientia Horticulturae**, v.110, p.104–108, 2006.
- FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G. Postharvest physiology of cut flowers. In: NOUREDDINE, B.; NORIO, S. (Eds.). **Advances in Postharvest Technologies for Horticultural Crops**. Research Signpost, Kerala, Índia, 2006. p.373–393.
- FINGER, F.L.; MORAES, P.J. de; MAPELI, A.M.; BARBOSA, J.G.; CECON, P.R. Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.83, p.144–147, 2008.

GREENE, D.W.; SCHUPP, J.R. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples. II. Effect of timing and concentration relationships and spray volume. **HortScience**, v.39, p.1036-1041, 2004.

JOHNSON, D.S.; COLGAN, R.J. Low ethylene controlled atmosphere induces adverse effects on the quality of 'Cox's Orange Pippin' apples treated with aminoethoxyvinylglycine during fruit development. **Postharvest Biology and Technology**, v.27, p.59-68, 2003.

KETSA, S., LUANGSUWALAI, K. The relationship between 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content in pollinia, ethylene production and senescence of pollinated *Dendrobium* orchid flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v.8, p.57-64, 1996.

LOPEZ, A.R.; MELO, A.C.E.; SOLIS, E.R. **Evaluación de aminoethoxyvinyl glycine (AVG) como promotor de vida de florero en rosa (*Rosa* sp)**. Disponível em: <[http://www.uaaan.mx/DirInv/Resul\\_PI-04/MEMORIA\\_2004/Ornamentales/AReyes-4.doc](http://www.uaaan.mx/DirInv/Resul_PI-04/MEMORIA_2004/Ornamentales/AReyes-4.doc)> Acesso em 09/05/2008.

MORAES, P.J. **Crescimento, caracterização da abertura floral e manejo pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth**. 2003. 110f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).

MORAES, P.J.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; CECON, P. R. Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.13, p.31–37, 2007.

PORAT, R.; BOROCHOV, A.; HALEVY, A.H. 1994. Pollination-induced in ethylene production and sensitivity to ethylene in cut dendrobium orchid flowers. **Scientia Horticulturae**, v.58, p.215-221, 1994.

PORAT, R.; HALEVY, A.H.; SEREK, M.; BOROCHOV, A. An increase in ethylene sensitivity following pollination is the initial event triggering an increase in ethylene production and enhanced senescence of *Phalaenopsis* orchid flowers. **Physiologia Plantarum**, v.93, p.778-784, 1995.

PRIDGEON, A. **The illustrated encyclopedia of orchids**. Timber Press, Portland. 2003. 304p.

SCHUPP, J.R.; GREENE, D.W. Effect of aminoethoxyvinylglycine (AVG) on preharvest drop, fruit quality, and maturation of 'McIntosh' apples. I. Concentration and timing of diluted applications of AVG. **HortScience**, v.39, p.1030-1035, 2004.

SEREK M.; REID, M.S. Anti-ethylene treatments for potted *Christmas cactus*—efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. **HortScience**, v.28, p.1180–1181, 1993.

SEREK, M.; WOLTERING, E.J.; SISLER, E.C.; FRELLO, S.; SRISKANDARAJAH, S. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. **Biotechnology Advances**, v.24, p.368–3814, 2006.

TANASE, K.; ONOSAKI, T.; SATOH, S.; SHIBATA, M.; ICHIMURA, K. Differential expression levels of ethylene biosynthetic pathway genes during senescence of long-lived carnation cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v.47, p. 210–217, 2008.

VAN DOORN, W.G. Effect of ethylene on flower abscission: a survey. **Annals of Botany**, v.89, p.689-693, 2002.

WANG, N.N.; YANG, S.F.; CHARNG, Y. Differential expression of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase genes during orchid flower senescence induced by the protein phosphatase inhibitor okadaic acid. **Plant Physiology**, v.126, p.253–260, 2001.

**Influência de soluções preservativas sobre a longevidade da orquídea *Epidendrum ibaguense*<sup>(1)</sup>**

ANA MARIA MAPELI<sup>(2)</sup>; LUCILENE SILVA DE OLIVEIRA<sup>(3)</sup>; FERNANDO LUIZ FINGER<sup>(3)</sup>, JOSÉ GERALDO BARBOSA<sup>(3)</sup> e RAIMUNDO SANTOS BARROS<sup>(4)</sup>

**RESUMO**

Originalmente usada como flor de jardim, a orquídea *Epidendrum ibaguense* foi introduzida no Brasil como flor de corte, por apresentar haste floral longa e flores coloridas. Contudo, as flores são altamente sensíveis ao etileno, que causa intensa abscisão e murchamento após a colheita. O objetivo deste trabalho foi determinar os efeitos de algumas soluções conservantes sobre a abscisão e murchamento das flores. Os tratamentos foram Floralife<sup>®</sup> (1 g/100 mL água), Florissant<sup>®</sup> (1,25 mL/10mL água, seguida por diluição 100×), Flower<sup>®</sup> (14 mL/L água), solução de vaso (20 g/L sacarose, 150 mg/L<sup>-1</sup> ácido cítrico, 200 mg/L 8-hidroxiquinolina citrato -8-HQC + 0,2 mM tiossulfto de sódio -STS), *pulsing* de 12h com 20% sacarose e controle. O fim da vida de vaso foi considerado quando as inflorescências apresentaram 50% de abscisão e/ou murcha das flores. Nenhuma diferença significativa foi detectada entre os tratamentos em relação ao número de flores abertas e murchamento durante a vida de vaso, exceto no quarto dia, quando as inflorescências pré-tratadas com sacarose 20% e aquelas mantidas em solução de vaso apresentaram uma redução no murchamento de 27 e 19 vezes comparado ao controle, respectivamente. Além disso, no quarto dia de vida de vaso, a porcentagem de abscisão das flores foi reduzida em 40 vezes, naquelas tratadas com sacarose 20% (*pulsing*) e 19 vezes nas inflorescências mantidas em solução de vaso. A vida de vaso final foi 1,6 vezes maior, em relação ao controle, quando as inflorescências foram tratadas com *pulsing* com sacarose 20% e mantidas em solução de vaso.

**Palavras-chave:** vida de vaso, solução de vaso, *Epidendrum ibaguense*.

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Vegetal – UFV. Av. P. H. Rolfs, s/n: Centro – Viçosa, MG. CEP: 36570-000. E-mail: amapeli@pop.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

## ABSTRACT

### **Influence of preservative solutions on the longevity of *Epidendrum ibaguense* orchid**

Originally used in landscaping the ground orchid *E. ibaguense* was introduced as cut flowers in Brazil, due to its relatively long stem and colorful flowers. However, the flower is highly sensitive to ethylene, which causes intense abscission and wilting once harvested. The goal of this experiment was to determine the effects of some commercial preservative products on the abscission and wilting of flowers. The vase solutions were composed by Floralife<sup>®</sup> (1 g/100 mL water), Florissant<sup>®</sup> (1.25 mL/10mL water, followed by 100× dilution), Flower<sup>®</sup> (14 mL/1L water), the vase solution (20 g/L sucrose, 150 mg/L<sup>-1</sup> citric acid, 200 mg/L 8-hydroxyquinoline citrate -8-HQC + 0.2 mM sodium thiosulfate - STS), a 20% sucrose pulsing for 12 hours and control with distilled water. The end of vase life was considered when the inflorescences showed at least 50% abscission and/or wilted flowers. No significant differences were detected amongst the treatments regarding the number of open flowers and wilting throughout the vase life, except at the fourth day, where the inflorescences pre-treated with 20% sucrose and those kept in vase solution had 27 and 19-fold lower wilting as compared to the control, respectively. Also, at the fourth day of vase life, the percentage of abscised flowers was reduced by 40-fold for the 20% sucrose pulsing treatment and by 19-fold for the inflorescences kept in vase solution. The final vase life was 1.6-fold higher than the control treatment, when the inflorescences were pulsed with 20% sucrose or kept in the vase solution.

**Key-words:** vase life, vase solution, *Epidendrum ibaguense*.

## 1. INTRODUÇÃO

*Epidendrum ibaguense* Kunth, pertencente à família das Orchidaceae, é uma espécie ornamental com capacidade de se destacar na comercialização de flores de corte, por apresentar haste longa e compactas inflorescências coloridas, com flores cuja cor varia desde alaranjada até vermelha, sendo o labelo avermelhado com mancha amarela e as pétalas bem como as sépalas, totalmente avermelhadas. No Brasil, há registros de incidência dessa espécie em diversos estados, incluindo-se Minas Gerais, sendo também cultivada em outros países (Suttleworth *et al.*, 1991).

Apesar da evolução na produção e comercialização das orquídeas, grande parte do produto colhido é perdida antes que o consumidor seja atingido, devido aos danos decorrentes

do manuseio inadequado, às dificuldades de transporte e, principalmente, ao armazenamento ineficiente. A adoção de medidas de controle dessas perdas se torna indispensável, principalmente para a manutenção da qualidade de flores cortadas destinadas à exportação. Não existe tratamento pós-colheita universal eficiente para todos os tipos de flores, mas alguns podem contribuir para a manutenção da qualidade de certas espécies, afetando alguns importantes fatores, tais como, reservas de carboidratos ou de outros nutrientes, balanço hídrico e controle hormonal envolvido no desenvolvimento e senescência floral (Halevy e Mayak, 1974).

Procedimento eficiente usado para prolongar a longevidade das flores de corte é o fornecimento de açúcares nas soluções conservantes visando repor os carboidratos consumidos durante a respiração, melhorando a capacidade de absorção, favorecendo a manutenção da turgidez das pétalas (Doi e Reid, 1995), além de baixar o ponto de congelamento e sensibilidade dos tecidos ao *chilling* e auxiliar no fechamento estomatal (Halevy e Mayak, 1981). Dessa forma, flores de boca-de-leão mantidas em solução de vaso contendo de 2,5 a 10% de sacarose apresentaram maior abertura floral e longevidade, enquanto efeitos mais pronunciados foram proporcionados pelo tratamento 5% sacarose e 200 mgL<sup>-1</sup> de 8-hidroxiquinolina citrato (8-HQC), o qual atrasou a produção de etileno associados à abscisão das flores (Ichimura e Hisamatsu, 1999). *Pulsing* de 12 horas com 5% sacarose proporcionou efeitos benéficos tanto à longevidade quanto à abertura de flores de lírio (Barbosa et al., 2006). Verlinder e Garcia (2004) verificaram que a manutenção de cravo em solução de vaso contendo 2 e 5% de sacarose atrasou a senescência e reduziu a resposta das flores ao etileno. *Pulsing* de flores de cravo com 10% de sacarose, por 24 horas, produziu maior efeito sobre o início da produção autocatalítica de etileno, principalmente por reduzir a atividade de duas enzimas-chave na biossíntese desse hormônio, a sintase do ACC e oxidase do ACC. Contudo, em flores de *Zinnia elegans* ‘Scarlet’ não é recomendável o uso de soluções de sacarose (1, 2, 3, 4 e 5%), pois prejudicam a qualidade, durante a conservação, em temperatura ambiente, sob intensa luminosidade (Brackmann et al., 2004).

Quanto ao balanço hídrico, um dos problemas mais frequentes é o bloqueio microbiano, sendo que a solução mais viável parece ser evitar a obstrução dos vasos do xilema. Entre os agentes bactericidas mais usados estão sais de prata, hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio, 8-hidroxiquinolina (8-HQC), clorofenicol e outros. Os germicidas são aplicados para inibir o crescimento de microorganismos nos vasos condutores. Desta forma, estimula-se a absorção de água, pela redução do bloqueio vascular, contribuindo para a manutenção da turgidez das flores e, conseqüentemente, o prolongamento da vida pós-colheita. O ácido



cítrico também tem sido utilizado nas soluções preservativas, uma vez que reduz o pH da água, afetando a proliferação de bactérias, as quais bloqueiam os vasos do xilema na região do corte (Nowak e Rudnicki, 1990). Efeitos benéficos foram observados em espécies como *Polianthes tuberosa* (Jowkar e Salehi, 2005), cravo e *Alstroemeria* (Knee, 2000). A associação 30 gL<sup>-1</sup> de sacarose e 200 mgL<sup>-1</sup> de HQS prolongou a vida de vaso de flores de rosa duas vezes, quando mantidas a 25°C (Ichimura et al., 1999). Em flores de *Zinnia elegans* a aplicação de sacarose acelerou o processo de senescência das flores (Brackmann et al., 2004).

A aplicação de compostos anti-etileno é efetiva em bloquear os efeitos danosos da produção e presença do gás, especialmente nas flores sensíveis ao regulador de crescimento, como *E. ibaguense*. A pulverização desta espécie com ethefon aumentou a taxa de abscisão das flores e reduziu a longevidade, sendo que concentrações crescentes a partir de 0,1 mgL<sup>-1</sup> aumentaram exponencialmente a taxa de abscisão, ocorrendo saturação sob 10 mgL<sup>-1</sup>, decrescendo a longevidade de 6,8 (controle) para 3 dias em plantas tratadas com 100 e 1000 mgL<sup>-1</sup> de ethefon (MORAES et al., 2007). Assim, inibidores da síntese e ação desse regulador podem ser usados para prolongar a vida pós-colheita. Entre as substâncias mais utilizadas estão os inibidores da ação do etileno tiosulfato de prata (STS) e o 1-metilciclopropeno (1-MCP) (Finger et al., 2004; Finger e Barbosa, 2006).

Dentre os produtos comerciais, os mais conhecidos e utilizados são: Floralife<sup>®</sup> (com as opções: Original Floralife, Crystal Clear e Hydraflor), Roselife<sup>®</sup>, Everbloom<sup>®</sup>, Chrysal<sup>®</sup> e Petallife<sup>®</sup> (Nowak e Rudnicki, 1990). Todos são importados e estão disponíveis no mercado. No entanto, já existe um conservante comercial produzido no país, denominado Flower<sup>®</sup>. Todavia, o efeito de tais soluções sobre a longevidade floral é desconhecido, visto que pode variar de acordo com espécie e cultivar. No entanto, em flores *Epidendrum ibaguense*, não foi testado se a aplicação desses compostos, na pós-colheita, teria efeito sobre a redução do murchamento e abscisão bem como no aumento da longevidade floral.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de diversas soluções conservantes sobre a longevidade floral de *Epidendrum ibaguense*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *E. ibaguense* foram cultivadas no campo de produção do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa - MG - (20°45' latitude sul; 45°51' longitude oeste; altitude de 642 m) e as hastes colhidas no período da manhã (8:00 h) no estádio 10 de abertura do desenvolvimento floral (mínimo de 20 flores abertas no racemo) conforme estabelecido por Moraes (2003). Após a colheita, as hastes foram colocadas em baldes contendo água destilada e levadas ao laboratório, onde foram padronizadas com comprimento em 30 cm. Em seguida, as hastes foram tratadas com água desionizada, Floralife<sup>®</sup> (1g/100 mL de água), Florissant<sup>®</sup> (1,25 mL em 10 mL, seguido por diluição de 100x), Flower<sup>®</sup> (14 mL/L de água), solução de vaso (20 g/L sacarose, 150 mg/L<sup>-1</sup> ácido cítrico, 200 mg/L 8-hidroxiquinolina citrato -8-HQC + 0,2 mM tiossulafato de sódio -STS) e *pulsing* de 12 horas com sacarose 20%. A temperatura média de armazenamento foi de 25°C, umidade relativa de 50-70% e luminosidade entre 7-10  $\mu\text{mol}^{-1}\text{s}^{-1}$ . Diariamente, foram avaliados o número de flores abertas, murchas caídas, bem como a longevidade, caracterizada pelo número de dias entre a colheita até as hastes florais apresentarem 50% de murchamento ou abscisão floral.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com seis tratamentos e três repetições, composta por três hastes florais. Os dados foram interpretados usando-se análise de variância. As médias foram comparadas por meio do teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante todo o período de avaliação, não houve diferença significativa entre as soluções utilizadas, exceto no segundo dia, quando os tratamentos comerciais promoveram menor abertura, sendo esta redução de 4,7; 3 e 4,7 vezes para Flower, Floralife e Florissant, respectivamente, em relação ao controle. Após o terceiro dia de vida pós-colheita, todas as inflorescências já apresentavam aproximadamente 100% de abertura das flores. O *pulsing* com 20% de sacarose foi o único tratamento em que se verificou abertura floral nos últimos dias de conservação (Tabela 1). Provavelmente, a não significância foi devida a todas as soluções apresentarem carboidratos e/ou bactericidas, os quais melhoram as relações hídricas por aumentarem a taxa de absorção e reduzir o crescimento bacteriano na água de vaso.

**Tabela 1.** Efeito de diferentes soluções conservantes sobre a porcentagem de abertura floral de *Epidendrum ibaguense*.

<b>Solução</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 5</b>	<b>Dia 6</b>	<b>Dia 7</b>	<b>Dia 8</b>
<b>Controle</b>	33 <sup>ns</sup>	66 AB	99 <sup>ns</sup>	99 <sup>ns</sup>	99 <sup>ns</sup>	99 <sup>ns</sup>	99 <sup>ns</sup>	99 <sup>ns</sup>
<b>Flower®</b>	0 <sup>ns</sup>	14 B	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
<b>Floralife®</b>	22 <sup>ns</sup>	22 B	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
<b>Florissant®</b>	14 <sup>ns</sup>	14 B	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
<b>Solução de vaso</b>	24,7 <sup>ns</sup>	49,4 AB	93,2 <sup>ns</sup>	99,4 <sup>ns</sup>	99,4 <sup>ns</sup>	99,4 <sup>ns</sup>	99,4 <sup>ns</sup>	99,4 <sup>ns</sup>
<b>Sacarose 20%</b>	47,6 <sup>ns</sup>	85,8 A	85,8 <sup>ns</sup>	85,8 <sup>ns</sup>	85,8 <sup>ns</sup>	98,2 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Valores médios, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan 5% de probabilidade.

A porcentagem de murchamento foi elevada somente no quarto dia de armazenamento, sendo que apenas a associação solução de vaso + STS e o condicionamento com sacarose 20% promoveram diferença significativa, pois houve uma redução de 11 e 14 vezes em relação ao controle, respectivamente (Tabela 2). Flores de cravo mantidas em solução contendo 0,1 M de sacarose e 200 mg/L de HQS aumentaram o número de flores abertas e atrasaram o murchamento e senescência (Sato et al., 2005).

**Tabela 2.** Efeito de diferentes soluções conservantes sobre a porcentagem de murchamento de *Epidendrum ibaguense*.

<b>Solução</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 5</b>	<b>Dia 6</b>	<b>Dia 7</b>	<b>Dia 8</b>
<b>Controle</b>	9 <sup>ns</sup>	13 <sup>ns</sup>	15 <sup>ns</sup>	100 A	100 A	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
<b>Flower</b>	11 <sup>ns</sup>	20 <sup>ns</sup>	29 <sup>ns</sup>	98 A	100 A	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
<b>Floralife</b>	20 <sup>ns</sup>	24 <sup>ns</sup>	31 <sup>ns</sup>	100 A	100 A	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
<b>Florissant</b>	23 <sup>ns</sup>	23 <sup>ns</sup>	35 <sup>ns</sup>	100 A	100 A	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>
<b>SV + STS</b>	3 <sup>ns</sup>	5 <sup>ns</sup>	5 <sup>ns</sup>	9 B	15 B	55 <sup>ns</sup>	55 <sup>ns</sup>	62 <sup>ns</sup>
<b>Sacarose 20%</b>	0 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	4 <sup>ns</sup>	7 B	11 B	23 <sup>ns</sup>	57 <sup>ns</sup>	74 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Valores médios, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A porcentagem de abscisão teve comportamento semelhante ao murchamento, pois houve diferença significativa apenas no quarto dia pós-colheita, com destaque para os efeitos promovidos pela solução de vaso e *pulsing* com sacarose 20%, sendo a redução de 3 e 12,6 vezes, respectivamente, comparado ao controle. Semelhantemente, quando flores de *Alstroemeria* foram mantidas em solução de sacarose a 0,5; 1,0; 2,0 e 5,0% tiveram a taxa de abscisão reduzida em 1,2 vezes na maior concentração. Contudo, a combinação 2,0 mM de STS + 5% de sacarose não aumentou a vida de vaso dessa espécie em relação ao uso isolado desses produtos (Chanasut et al., 2003). No mesmo período, embora não houvesse diferença significativa, verificou-se um incremento na porcentagem de abscisão decorrente da manutenção das hastes em solução de Flower<sup>®</sup>, Floralife e Florissant de aproximadamente 1,6; 1,4 e 1,9 vezes, respectivamente, comparado ao controle (Tabela 3). Isto provavelmente explica a reduzida longevidade das inflorescências tratadas com soluções comerciais.

**Tabela 3.** Efeito de diferentes soluções conservantes sobre a porcentagem de abscisão de *Epidendrum ibaguense*.

<b>Solução</b>	<b>Dia 1</b>	<b>Dia 2</b>	<b>Dia 3</b>	<b>Dia 4</b>	<b>Dia 5</b>	<b>Dia 6</b>	<b>Dia 7</b>	<b>Dia 8</b>
<b>Controle</b>	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	4 <sup>ns</sup>	38 AB	100 A	100 A	100 A	100 <sup>ns</sup>
<b>Flower<sup>®</sup></b>	2 <sup>ns</sup>	7 <sup>ns</sup>	8 <sup>ns</sup>	62 A	100 A	100 A	100 A	100 <sup>ns</sup>
<b>Floralife<sup>®</sup></b>	1 <sup>ns</sup>	10 <sup>ns</sup>	11 <sup>ns</sup>	53 A	100 A	100 A	100 A	100 <sup>ns</sup>
<b>Florissant<sup>®</sup></b>	1 <sup>ns</sup>	5 <sup>ns</sup>	10 <sup>ns</sup>	73 A	100 A	100 A	100 A	100 <sup>ns</sup>
<b>SV + STS</b>	4 <sup>ns</sup>	7 <sup>ns</sup>	10 <sup>ns</sup>	12 BC	13 B	42 B	55 AB	100 <sup>ns</sup>
<b>Sacarose 20%</b>	0 <sup>ns</sup>	1 <sup>ns</sup>	2 <sup>ns</sup>	3 C	3 B	6 B	15 B	100 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> Valores médios, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Ao final do experimento, verificou-se que não houve diferença significativa em relação ao número de flor aberta e caída, sendo praticamente de 100% para os dois parâmetros avaliados, independentemente do tratamento (Tabela 4). Este fato é muito importante para comercialização, pois o mercado consumidor exige inflorescências que possuam flores em estágio de abertura inicial, com capacidade de desenvolvimento. *Pulsing* com concentrações de sacarose (0, 10, 20, 30, 40 e 50 %), por 24h, promoveu a longevidade e abertura dos floretes de ave-do-paraíso, sendo que as plantas tratadas com 40% de sacarose tiveram aumento de 1,6 e 1,7 vezes na longevidade e abertura floral, respectivamente, comparado ao

controle (Finger et al., 1999). Contudo, solução de vaso contendo 2% de sacarose não teve efeito sobre a qualidade floral de lírio Oriental, apenas aumentou o conteúdo de antocianina, melhorando a intensidade da coloração das pétalas (Han, 2003).

**Tabela 4.** Efeito de soluções conservantes sobre qualidade e longevidade de inflorescências de *Epidendrum ibaguense*.

<b>Tratamento</b>	<b>Nº flor aberta</b>	<b>Nº flor murcha</b>	<b>Nº flor caída</b>	<b>Longevidade</b>
<b>Controle</b>	99 <sup>ns</sup>	99,8 <sup>ns</sup>	99,9 <sup>ns</sup>	4,89 B
<b>Flower<sup>®</sup></b>	100 <sup>ns</sup>	99,8 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	4,44 B
<b>Floralife<sup>®</sup></b>	100 <sup>ns</sup>	99,8 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	4,67 B
<b>Florissant<sup>®</sup></b>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	4,33 B
<b>SV + STS</b>	99,4 <sup>ns</sup>	99,97 <sup>ns</sup>	100 <sup>ns</sup>	8,00 A
<b>Sacarose 20%</b>	100 <sup>ns</sup>	99 <sup>ns</sup>	99,26 <sup>ns</sup>	8,00 A

<sup>ns</sup> Valores médios, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Duncan 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A solução de vaso e *pulsing* com 20% de sacarose promoveram aumento de 64% na longevidade total comparado ao controle, e incremento de 79% em relação às soluções comerciais; isso porque o murchamento e a abscisão ocorreram mais intensamente no 8º dia, quando foi determinado fim da longevidade (Tabelas 2 e 3). Estes valores são superiores aos verificados quando flores de lírio ‘Avignon’ foram mantidas em solução de vaso contendo 150 mg/L de HQS + 2% de sacarose + 0,3 mM de AgNO<sub>3</sub>, pois o aumento comparado ao controle foi de 33,8%, sendo que quando a cultivar ‘Cordelia’ foi tratada com a mesma solução o prolongamento foi de 66,7%, indicando que os efeitos dessas soluções variam de acordo com a espécie, cultivar e condições pós-colheita (Song et al., 1996). Os efeitos mais acentuados encontrados no presente trabalho pode ter sido devido à utilização de STS em vez de AgNO<sub>3</sub>, pois esse tem menor mobilidade e estabilidade dentro dos tecidos vegetais, sendo considerado mais fitotóxico e menos efetivo em concentrações menores. Além disso, o uso de sacarose em solução na forma de condicionamento prolongou a longevidade das flores de *Gypsophila paniculata* e *Strelitzia reginae* (Dows et al., 1988; van Doorn e Reid, 1992; Finger et al., 1999), porém o efeito de soluções de sacarose, tanto na forma de condicionamento como na forma de solução em vaso, pode variar consideravelmente entre as espécies. Ichimura e Suto (1999) observaram que a sacarose aplicada na forma de solução de

condicionamento ou em solução de vaso reduziu a longevidade de flores de ervilha, causando rachaduras nas pétalas, decréscimo na absorção de água, e aumento da produção de etileno. A aplicação de sacarose não resultou na extensão da longevidade das flores de orquídeas do gênero *Oncidium* (Young e Ong, 1979). O condicionamento das flores de *Zinnia elegans*, por seis horas, com sacarose 5, 10, 15 e 20% não resultou em aumento da longevidade das flores, sendo que a aplicação de sacarose 10%, por 18 ou 24 horas, reduziu significativamente a vida em vaso (Carneiro et al., 2002). A utilização de 2, 4, 6 e 8% de sacarose, em solução de manutenção, reduziu significativamente, a vida de vaso de inflorescências de *Curcuma alismatifolia* em 55,5; 60,7; 63,6 e 65,9%, respectivamente, comparado ao controle. Quando as hastes foram tratadas com 25 mg/L de HQS + 2% de sacarose houve decréscimo de 1,6 vezes tanto na vida de vaso quanto na abertura floral (Bunya-atichart et al., 2004).

#### 4. CONCLUSÕES

1. As inflorescências de *E. ibaguense* pré-tratadas com sacarose 20% e aquelas mantidas em solução de vaso apresentaram uma redução no número de flores abertas, murchamento e abscisão no quarto dia pós-colheita;
2. As inflorescências tratadas com *pulsing* com sacarose 20% ou mantidas em solução de vaso apresentaram prolongamento da longevidade.

#### 5. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.G.; MEDEIROS, A.R.S.; FINGER, F.L.; REIS, F.P.; ÁLVARES, V.S.; BARBOSA, M.S. Longevidade de inflorescências de lírio, de diferentes estádios de colheita, pré-tratadas com sacarose e tiosulfato de prata (STS). *Ciência Rural*, 36: 99-104, 2006.
- BRACKMANN, A.; BELLÉ, R.A.; STEFFENS, C.A.; SESTARI, I.; MELLO, A.M. Qualidade de *Zinnia elegans* 'Scarlet' em soluções conservantes com sacarose. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 10, p. 127-129, 2004.

BUNYA-ATICHART, K.; KETSA, S.; VAN DOORN, W.G. Postharvest physiology of *Curcuma alismatifolia* flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, p. 219–226, 2004.

CARNEIRO, T.F.; FINGER, F.L.; SANTOS, V.R.; NEVES, L.L.M.; BARBOSA, J.G. Influência da sacarose e do corte da base da haste na longevidade de inflorescências de *Zinnia elegans*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1065-1070, 2002.

CHANASUT, U.; ROGERS, H.J.; LEVERENTZ, M.K.; GRIFFITHS, G.; THOMAS, B.; WAGSTAFF, C.; STEAD, A.D. Increasing flower longevity in *Alstroemeria*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, p. 324-332, 2003.

DOI, M.; REID, M. S. Sucrose improves the postharvest life of cut flowers of a hybrid *Limonium*. **HortScience**, v. 30, p. 1058-1060, 1995.

DOORN, W. G. van; REID, M. S. Role of ethylene in flower senescence of *Gypsophila paniculata* L. **Postharvest Biology and Technology**, v. 1, p. 265-272, 1992.

DOWS, C. G.; REIHANA, M.; DICK, H. Bud opening treatments to improve *Gypsophila* quality after transport. **Scientia Horticulturae**, v. 34, p. 301-310, 1988.

FINGER, F.L.; CARNEIRO, T.F.; BARBOSA, J.G. Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 533-537, 2004.

FINGER, F. L.; CAMPANHA, M. M.; BARBOSA, J. G.; FONTES, P. C. R. Influence of ethephon, silver thiosulfate and sucrose pulsing on bird-of-paradise vase life. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, p. 119-122, 1999.

FINGER, F.L., BARBOSA, J.G. Postharvest physiology of cut flowers. In: NOUREDDINE, B., NORIO, S. (eds.). **Advances in Postharvest Technologies for Horticultural Crops**. Kerala, India: Research Signpost, 2006, p. 373-393.

FINGER, F. L.; CAMPANHA, M. M.; BARBOSA, J. G.; FONTES, P. C. R. Influence of ethephon, silver thiosulfate and sucrose pulsing on bird-of-paradise vase life. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, p. 119-122, 1999.

HALEVY, A.H.; MAYAK, S. Improvement of cut flowers quality opening and longevity by pre-shipment treatments. **Acta Horticulturae**, v. 43, p. 335-347, 1974.

HALEVY, A.H.; MAYAK, S. Senescence and postharvest physiology of cut flowers. Part 2. **Horticultural Reviews**, v. 3, p. 59–143, 1981.

HAN, S.S. Role of sugar in the vase solution on postharvest flower and leaf quality of oriental lily 'stargazer'. **HortScience**, v. 38, p. 412-416, 2003.

ICHIMURA, K.; KOJIMA, K.; GOTO, R. Effects of temperature, 8-hydroxyquinoline sulphate and sucrose on the vase life of cut rose flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, p. 33-40, 1999.

ICHIMURA, K.; HISAMATSU, T. Effects of continuous treatment with sucrose on the vase life, soluble carbohydrate concentrations, and ethylene production of cut snapdragon flowers. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 68, p. 61-66, 1999.

ICHIMURA, K.; SUTO, K. Effects of the time of sucrose treatment on vase life, soluble carbohydrate concentrations and ethylene production in cut sweet pea flowers. **Plant Growth Regulation**, v. 28, p. 117-122, 1999.

JOWKAR, M.M.; SALEHI, H. Effects of different preservative solutions on the vase life of cut tuberose flowers at usual home conditions. **Acta Horticulturae**, v. 669, p. 411-416, 2005

KNEE, M. Selection of biocides for use in floral preservatives. **Postharvest Biology and Technology**, v. 18, p. 227-234, 2000.

MORAES, P.J.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; CECON, P. R. Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 13, n.1, p. 31–37, 2007.

MORAES, P.J. **Crescimento, caracterização da abertura floral e manejo pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth**. 2003, 110f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).

NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant**. Portland: Timber Press, 1990. 210p.



SATOH, S.; NUKUI, H.; INOKUMA, T. A method for determining the vase life of cut spray carnation flowers. **Journal of Applied Horticulture**, v. 7, p. 8-10, 2005.

SONG, C.; BANG, C.; CHUNG, S.; KIM, Y.; LEE, J.; LEE, D. Effects of postharvest pretreatments and preservative solutions on vase life and flower quality of asiatic hybrid lily. **Acta Horticulturae**, v. 414, p. 277-285, 1996.

SUTTLEWORTH, F.S.; ZIM, H.S.; DILLON, G.W. **Orquídeas, guia dos orquidófilos**. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 3.ed., p.158, 1991.

VERLINDEN, S.; GARCIA, J.J.V. Sucrose loading decreases ethylene responsiveness in carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. White Sim) petals. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 305–312, 2004.

YOUNG, H. C.; ONG, H. T. Effects of chemical applied to cut stalks on the shelf life on *Oncidium goldiana* flowers. **Orchid Reviews**, v. 87, p. 292-295, 1979.

**CAPÍTULO 2: Caracterização fisiológica dos estádios florais de *Epidendrum  
ibaguense***

## Caracterização dos estádios florais de *Epidendrum ibaguense* Kunth<sup>(1)</sup>

ANA MARIA MAPELI<sup>(2)</sup>; LUCILENE SILVA DE OLIVEIRA<sup>(3)</sup>; CLARICE APARECIDA MEGGUER<sup>(4)</sup>, FERNANDO LUIZ FINGER<sup>(3)</sup>, JOSÉ GERALDO BARBOSA<sup>(3)</sup> e RAIMUNDO SANTOS BARROS<sup>(4)</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi caracterizar fisiologicamente os estádios de desenvolvimento floral de *Epidendrum ibaguense*. As inflorescências foram colhidas e separadas nos seguintes estádios de desenvolvimento: 0: botão sem coloração; 1: botão com início da coloração alaranjada; 2: botão totalmente colorido; 3: flor aberta; 4: flor no início da senescência (pétalas e labelos avermelhados e enrolados) e 5: flor senescente. Estes estádios foram colocados em frascos selados para quantificação de etileno, CO<sub>2</sub> e atividade *in vivo* da oxidase do ACC. Os teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não-redutores e amido, bem como a atividade das invertases ácida e alcalina e da sacarose sintase, também foram determinados nos respectivos estádios de abertura floral. A produção de CO<sub>2</sub> mostrou-se decrescente ao longo dos estádios de desenvolvimento, exceto nas flores que estavam no início da senescência, que apresentaram pico de liberação de CO<sub>2</sub>. Comportamento semelhante foi observado para a atividade da oxidase do ACC e produção de etileno. A elevação da produção de etileno coincidiu com o aumento climatérico da respiração, seguido por rápido declínio em ambos. Os teores de carboidratos solúveis totais, açúcares não redutores, e atividade da invertase ácida e alcalina foram elevados durante a senescência, enquanto o conteúdo de açúcar redutor e amido foram mais elevados na transição de botão para flor aberta. Já a atividade da sintase da sacarose foi superior no estágio inicial de botão. A flor de *E. ibaguense* apresentou comportamento climatérico para respiração e produção de etileno, havendo diferença quanto ao metabolismo de carboidratos e estágio de desenvolvimento.

**Palavras-chave:** estádios florais, etileno, respiração, oxidase do ACC, metabolismo de carboidrato.

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Vegetal – UFV. Av. P. H. Rolfs, s/n: Centro – Viçosa, MG. CEP: 36570-000. E-mail: amapeli@pop.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

## ABSTRACT

### Characterization of the floral stages of *Epidendrum ibaguense*

The goal of this work was to characterize physiologically the stages of floral development in *Epidendrum ibaguense*. Inflorescences were harvested and characterized in the following stages of development: 0: bud without color; 1: beginning of the color of the bud; 2: full color bud; 3: opening flower, 4: senescence onset (red petals and twisted red labellum) and 5: floral senescence. Buds or flowers were in sealed vials for quantification of ethylene, CO<sub>2</sub> and *in vivo* ACC oxidase activity. The levels of total soluble sugars, reducing and non-reducing sugars and starch as well as acid and alkaline invertase and sucrose synthase activities were measured in all stages of floral opening. The production of CO<sub>2</sub> was reduced in all the stages of development, except for flowers that were at the senescence onset, which showed a peak of CO<sub>2</sub> production. Similar behavior was observed for the ACC oxidase activity and ethylene production. The increase in ethylene production coincided with the raise in climacteric respiration, followed by rapid decline of both. The levels of total soluble carbohydrates, non-reducing sugars, and activity of acid and alkaline invertases were high during senescence, while the content of reducing sugar and starch were higher in the full open flower, while the activity of sucrose synthase was higher in early stage of bud. The flower of *E. ibaguense* showed a climacteric increase in respiration and ethylene production, occurring difference on the carbohydrates metabolism and stage of development.

**Key-words:** floral stages, ethylene, respiration, ACC oxidase, sugar metabolism.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor da floricultura está em constante expansão, incluindo-se significativamente no setor econômico. Apesar desse crescimento na produção e comercialização, grande parte do produto é perdido antes mesmo de chegar ao consumidor, pelo manuseio inadequado e pela natureza essencialmente efêmera das flores. Diversos são os fatores que contribuem para a senescência floral, principalmente a alta taxa respiratória, produção de etileno e bloqueio dos vasos xilemáticos.

O etileno é um fitohormônio gasoso que tem papel importante em vários processos do desenvolvimento das plantas, estando envolvido na indução da senescência dos órgãos vegetais, e, principalmente na redução da longevidade de muitas espécies de flores. A via de

biossíntese do etileno foi descrita por YANG e HOFFMAN (1984). O aminoácido metionina é o precursor biológico deste gás nas plantas superiores, sendo convertido a etileno pela via que compreende dois passos com reações enzimáticas. Na primeira reação, o S-adenosil-metionina (SAM) é convertido em ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano (ACC), pela ação da enzima sintase do ACC. O ACC é então metabolizado pela enzima oxidase do ACC, por uma reação de oxidação que necessita de O<sub>2</sub> e ferro como co-fator. É bem conhecido que a quantidade de etileno produzida e a sensibilidade das plantas a esse hormônio variam de acordo com a espécie e cultivar.

Baseado no comportamento da respiração e produção de etileno, as flores e frutos carnosos são classificados como climatéricos ou não-climatéricos. Em flores sensíveis ao etileno e climatéricas, tais como cravo, mosquitinho e orquídeas, a senescência é acompanhada por aumento na produção de etileno e na respiração, sendo que a exposição de flores não senescentes a este hormônio rapidamente induz tal processo. Em flores não-climatéricas, como gladiolo, tulipa e íris, nenhum acréscimo na produção de etileno ou na respiração são aparentes durante a senescência floral, e a presença do regulador tem pouco ou nenhum efeito sobre a vida de vaso (SEREK et al., 2006). Dois sistemas de regulação da produção de etileno atuam sobre a mesma rota biossintética: o sistema I, responsável pela produção de níveis baixos de etileno durante a fase que antecede o início do climatérico e, está presente em frutos e flores com comportamento climatérico ou não da respiração e nos tecidos vegetativos, e o sistema II, responsável pela produção massiva de etileno que acompanha a senescência das flores e frutos climatéricos. Este sistema é conhecido como autocatalítico, por meio do aumento na transcrição do RNA mensageiro da sintase do ACC e oxidase do ACC (FINGER e BARBOSA, 2005).

O sintoma inicial de senescência em resposta ao etileno é muito variável. Dentre as espécies classificadas como sensíveis ao etileno, inclui-se *Epidendrum ibaguense*, uma orquídea que se destaca por apresentar inflorescência com considerável potencial para flor de corte, devido à floração ocorrer praticamente o ano todo, e também pela sua rara beleza. Todavia, esta espécie apresenta acentuada elevação da taxa de abscisão das flores quando pulverizada com ethephon (MORAES et al., 2007). Entretanto, não há informações sobre a evolução de etileno e CO<sub>2</sub> durante o desenvolvimento dos diversos estádios florais da referida espécie.

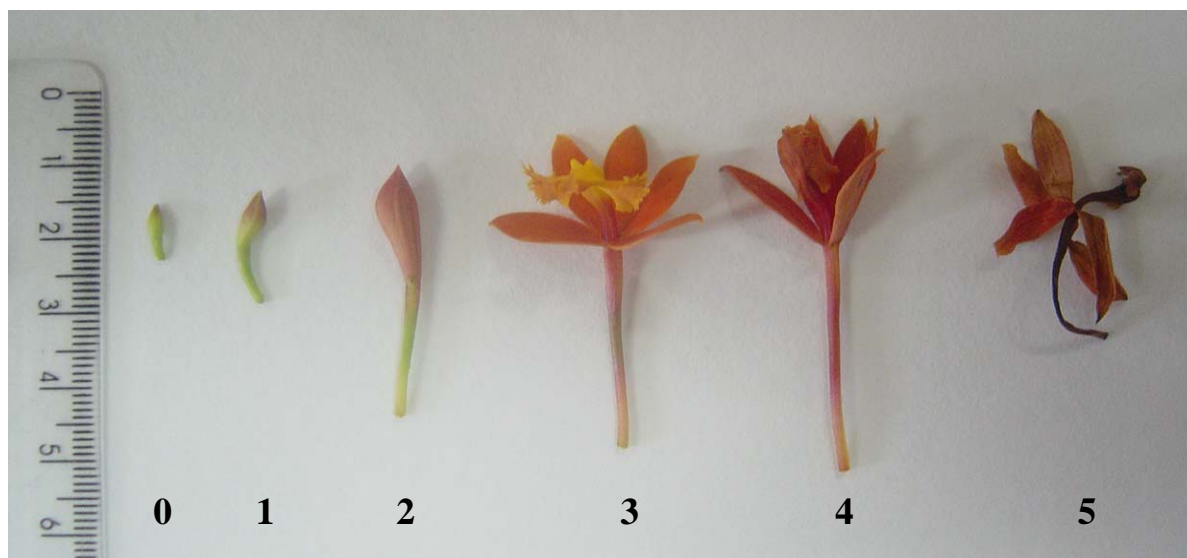
Outro importante fator que influencia a longevidade pós-colheita são os níveis de carboidratos, pois, além de possuírem funções básicas no fornecimento de energia, ainda fornecem esqueleto carbônico, regulam o potencial osmótico e atuam como mensageiros na

transdução de sinais e expressão gênica (SHEEN et al., 1999; SMEEKENS, 2000). Vários trabalhos indicam que os carboidratos interagem com a sinalização do etileno (LEON e SHEEN, 2003; YANAGISAWA et al., 2003). Estudos recentes utilizando brócolis e cravo demonstraram aumento nos níveis de carboidratos e redução da resposta ao etileno, quando sacarose foi fornecida (VERLINDEN e GARCIA, 2004; NISHIKAWA et al., 2005). VAN DER MEULEN-MUISERS et al. (2001) estudaram a performance pós-colheita das gemas florais de lírio durante o crescimento, antese e longevidade em relação ao *status* de carboidrato das tépalas. A longevidade das flores, após a antese de gemas destacadas, correlacionou-se com o conteúdo de carboidratos totais das tépalas na colheita, enquanto nas inflorescências não-colhidas permaneceu constante, comumente devido à redistribuição de carboidratos nas tépalas. Contudo, publicações sobre o metabolismo de carboidratos em espécies tropicais, como *Epidendrum ibaguense* são limitadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o perfil da produção de CO<sub>2</sub>, etileno e metabolismo dos carboidratos não-estruturais nos estádios de desenvolvimento da inflorescência de *E. ibaguense*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *E. ibaguense* foram cultivadas no campo de produção do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa – MG - (20°45' latitude sul; 45°51' longitude oeste; altitude de 642 m) e as hastes colhidas no período da manhã (8:00 h) no estádio 10 de abertura do desenvolvimento floral (mínimo de 20 flores abertas no racemo), conforme estabelecido por MORAES (2003). Após a colheita, as hastes foram colocadas em baldes contendo água destilada e levadas ao laboratório. Em seguida, as estruturas exibindo os diversos estádios foram separadas: 0: botão sem coloração; 1: botão com início da coloração alaranjada; 2: botão totalmente colorido; 3: flor aberta; 4: flor no início da senescência (pétalas e labelos avermelhados e enrolados) e 5: flor senescente (Figura 1). Elas foram colocadas em frascos selados contendo papel filtro umedecido com água desionizada, para evitar estresse durante o acúmulo do gás, e mantidas em BOD, a 30°C por 1 hora. As amostras foram retiradas da atmosfera interna dos frascos, com auxílio de seringa de 1 mL.



**Figura 1.** Estádios sucessivos de desenvolvimento floral de *Epidendrum ibaguense*.

A atividade da oxidase do ACC nos diversos estádios de desenvolvimento de *E. ibaguense* foi determinada *in vivo* (WHITEHEAD et al., 1984). O material vegetal foi infiltrado (40 mm Hg de vácuo) com 1,0 mM de ACC, por 2 min, sob agitação. O controle foi infiltrado com água desionizada. Em seguida, o material foi transferido para um tubo com papel filtro e selado, sendo armazenado a 30°C, por 1 hora, quando as amostras de etileno foram retiradas. A determinação do etileno e CO<sub>2</sub> foi realizada 1 hora após de acúmulo dos gases. A concentração acumulada nos frascos de etileno foi determinada em cromatógrafo a gás, modelo GC-14B (SHIMADZU, Kyoto), equipado com detector de ionização de chama e coluna empacotada com Porapak-Q. Para a medição do CO<sub>2</sub>, utilizou-se o mesmo cromatógrafo, porém equipado com detector de condutividade térmica e com a mesma coluna descrita anteriormente.

Para a quantificação dos açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e amido, amostras vegetais foram maceradas em etanol 80%, seguida de centrifugação e três novas extrações, quando o volume combinado foi completado em balão volumétrico com etanol 80%. O extrato alcoólico foi armazenado em geladeira, em vidros vedados com parafilme, visando a quantificação dos açúcares solúveis totais e açúcares redutores. O resíduo retido em papel de filtro foi secado em estufa a 65 °C por 24 horas e armazenado em dessecador, sendo posteriormente feita a determinação do amido. Para quantificação dos açúcares solúveis totais foi empregado o método fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). A determinação dos açúcares redutores foi realizada pelo método de Somogy-Nelson

(NELSON, 1944). Os açúcares não redutores (ANR) foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais. A hidrólise de amido foi mediante técnica descrita por McCREADY et al. (1950), sendo que a determinação da concentração foi efetuada seguindo o mesmo procedimento para quantificar o teor de açúcares solúveis totais, sendo o resultado final multiplicado por 0,9.

A atividade da invertase foi determinada pela técnica de GOLDSTEIN e LAMPEN (1975) com algumas modificações. Para as invertases solúveis, 50 µL do extrato foi incubado por 30 min, a 37°C, com 100 mM tampão e 100 mM sacarose, em um volume total de 200 µL. Os tampões para os ensaios com invertase ácida e alcalina foram NaOAc, pH 4,7 e MOPS, pH 7,0, respectivamente. A atividade da sintase da sacarose realizou-se segundo KLOTZ et al. (2003) e KLOTZ e FINGER (2002), com modificações. As avaliações foram realizadas pela incubação de 20 a 50 µL de extrato, a 35°C por 30 min, com 250 mM de sacarose, 2 mM UDP e 100 mM MES, pH 6,5, em um volume final de 200 µL. Reações-controle foram realizadas na ausência de UDP para descontar a atividade das invertases. Para todas as avaliações enzimáticas, a glicose foi quantificada pelo método de Somogy-Nelson (NELSON, 1944), usando reagente cobre alcalino para interromper a reação, sendo a leitura feita a 540 nm. As proteínas totais foram determinadas pelo método de BRADFORD (1976), usando albumina de soro bovino como padrão.

Os experimentos foram dispostos em blocos ao acaso, com cinco repetições, exceto ao avaliar o metabolismo de carboidratos, que se utilizou três repetições.

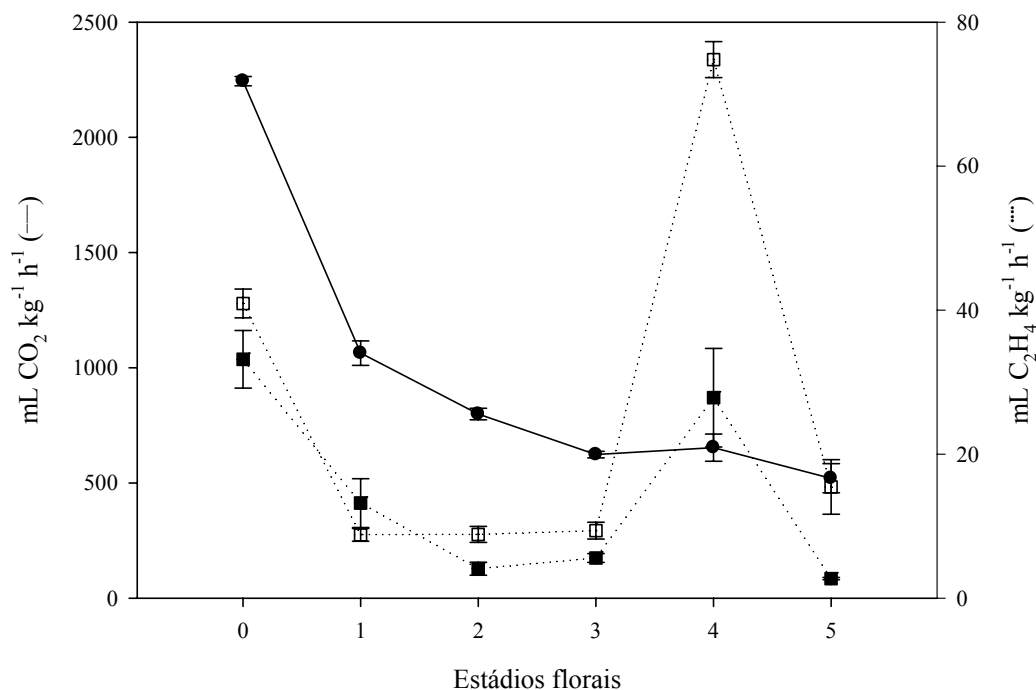
Os dados foram interpretados usando-se análise de variância. As médias referentes aos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A produção de CO<sub>2</sub> mostrou-se decrescente durante o desenvolvimento floral de *E. ibaguense*, sendo essa redução de 4,3 vezes entre o início da formação do botão e as flores senescentes (Figura 2). No início da senescência (estádio 4) houve um incremento de 5% na respiração comparado à flor aberta, valor inferior ao observado em flores de *Hemerocallis hybrid* cv Cradle Song, pois houve aumento de 20% (BIELESKI e REID, 1992). Esse comportamento também foi verificado com a produção de etileno, com decréscimo de 88% no final da formação do botão em relação ao estágio 0. Ao compararem-se os estádios 3 e 4,



pode-se perceber um incremento de aproximadamente 5 vezes, sendo inferior ao verificado em maçã (250 vezes) e tomate (70 vezes) (SILVA, 2008). A atividade da ACC oxidase foi reduzida com o desenvolvimento floral, exceto no início da senescência, cuja elevação foi de 83% comparado ao início da formação do botão e de 697% em relação ao estágio 3 (Figura 2). Provavelmente, essa elevação na biossíntese de etileno ocorreu em virtude do aumento na expressão de genes que codificam para sintase do ACC e oxidase do ACC necessários para a ativação do sistema II de produção (PARK et al., 1992; WOODSON et al., 1992; HENSKENS et al., 1994; JONES e WOODSON, 1999).



**Figura 2.** Respiração (—●—), produção de etileno (...■...) e atividade *in vivo* da oxidase do ACC (...□...) de inflorescências de *Epidendrum ibaguense*. Média ± erro padrão.

O comportamento quanto à produção de etileno e CO<sub>2</sub> caracteriza o padrão climatérico, visto que as flores passaram do estágio pré-climatérico para o climatérico, e por um decréscimo na fase final, pós-climatérica, quando já apresentavam sinais evidentes de senescência. Assim, essa respiração climatérica é interpretada como uma resposta fisiológica à produção autocatalítica de etileno, acompanhada de murchamento e catabolismo das pétalas devido às alterações metabólicas, tais como, dissolução de pectinas da parede celular, hidrólise de amido e mudança de pigmentação. Portanto, em *E. ibaguense* a senescência das flores é similar àquela de *Hemerocallis hybrid*, cravos e esporinha, caracterizadas por picos na

respiração e produção de etileno que coincidem com o início da senescência (BIELESKI e REID, 1992; ALTVORST e BOVY, 1995; FINGER et al., 2004).

As flores de *E. ibaguense*, após o climatério respiratório, estavam em estágio avançado de senescência, caracterizado pelo aparecimento de regiões escuras e enrolamento do labelo, provavelmente porque o etileno, como foi em outras flores climatéricas, promove aumento na atividade de enzimas hidrolíticas, permeabilidade de membranas e perda de compartimentalização celular (MARANGONI et al., 1996). Assim, a longevidade pode ser prolongada por inibidores da síntese e ação do etileno, como foi verificado quando a referida espécie foi quando tratada com 1-MCP, pois a vida de vaso aumentou de 5,5 para 12 dias (FINGER et al., 2008). Comportamento similar foi verificado em outras espécies climatéricas como flores polinizadas de *Phalaeonopsis* (PORAT et al., 1995) bem como gemas florais e flores abertas de *Dendrobium* (UTHAICHAY et al., 2007).

A porcentagem de açúcar solúvel total aumentou com o desenvolvimento das flores de *E. ibaguense*, principalmente durante os estádios 4 e 5, quando os incrementos foram de 41 e 45%, em relação ao início da formação do botão. Para a abertura floral, houve acúmulo de carboidratos, visto que o aumento foi de aproximadamente 30% (Tabela 1). Durante a iniciação e diferenciação de flores de *Boronia megastigma* ocorreu aumento no conteúdo dos açúcares solúveis (ROBERTS e MENARY, 1990; ROBERTS et al., 1991), semelhantemente às flores de *Epidendrum*. O acúmulo de carboidratos nas células pode também ser um mecanismo para reduzir o potencial hídrico celular, promover a absorção de água e, conseqüentemente, a turgescência, sendo necessário alto nível de água para o desenvolvimento de botões florais até o estágio de completa abertura. Como a abertura floral é um processo rápido, sendo acompanhada por uma elevada taxa de divisão e expansão celular, há alta demanda por carboidratos de reserva, provocando alterações nas relações hídricas entre os botões florais e o resto da planta. Com o abaixamento abrupto do potencial osmótico e conseqüentemente do potencial hídrico dos botões florais, ocorre aumento da pressão hidrostática dentro das células, provocando a expansão celular, quando os outros fatores são favoráveis para que ocorra tal expansão.

**Tabela 1.** Teores de carboidratos de *E. ibaguense* em diferentes estádios de desenvolvimento.

Estádio	AST (%)	AR (%)	ANR (%)	AMIDO (%)
0	20,82 BC	0,02 B	20,80 BC	2,72 A
1	21,66 BC	0,45 B	21,21 BC	2,76 A
2	19,79 C	1,72 A	18,07 C	3,84 A
3	25,72 AB	1,84 A	23,88 B	2,76 A
4	29,32 A	0,06 B	29,26 A	3,02 A
5	30,18 A	0,12 B	30,05 A	3,50 A

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os níveis de açúcares redutores foram transientes, atingindo máximo nos estádios 2 e 3, cujos aumentos foram de 86 e 92 vezes comparados ao botão sem coloração (Tabela 1), apresentando níveis muito baixos na senescência, diferindo do observado em pétalas de rosa, pois os níveis de glicose e frutose aumentaram no estádio III (sépalas exteriores expandidas e iniciando o *bend back*) comparado aos do estádio I (sépalas fechadas e pétalas pigmentadas) (YAMADA et al., 2007). Entretanto, em lírio, quantidades de frutose e glicose foram quase idênticas em todos os estádios do desenvolvimento da gema floral, aumentando, gradualmente, em seguida, com incremento de 1,6 vezes (VAN DER MEULEN-MUISERS et al., 2001).

Diferenças significativas foram observadas na concentração de açúcares não-redutores, ocorrendo acréscimo de 32% durante a abertura floral, seguido por elevação na senescência (Tabela 1). Em lírio, o conteúdo de sacarose aumentou gradualmente com o desenvolvimento, mas permaneceu baixo (7%) em todos os estádios de gema, com aumento de 12-15% na abertura floral (VAN DOORN e VAN MEETEREN, 2003), inferior ao observado em *E. ibaguense*.

Os níveis de amido não apresentaram diferenças significativas, embora houvesse uma redução de 1,4 vezes durante a transição de botão para flor, simultaneamente ao aumento no conteúdo de açúcares solúveis totais e açúcares redutores (Tabela 1). A hidrólise de amido também é importante na promoção do crescimento das pétalas sugerindo que a abertura floral pode ser devida à combinação da absorção de açúcar e degradação de vários polissacarídeos (VAN DOORN e VAN MEETEREN, 2003). Segundo HO e NICHOLS (1977) e HAMMOND (1982), as células de muitas pétalas jovens contêm considerável quantidade de amido que, logo antes da abertura, é degradado. Em lírio, o conteúdo de amido aumentou com

o desenvolvimento das gemas, alcançando valores máximos antes da antese, declinando cerca de 12 vezes durante a abertura floral (VAN DER MEULEN-MUISERS et al., 2001), sendo superior à redução verificada no presente trabalho.

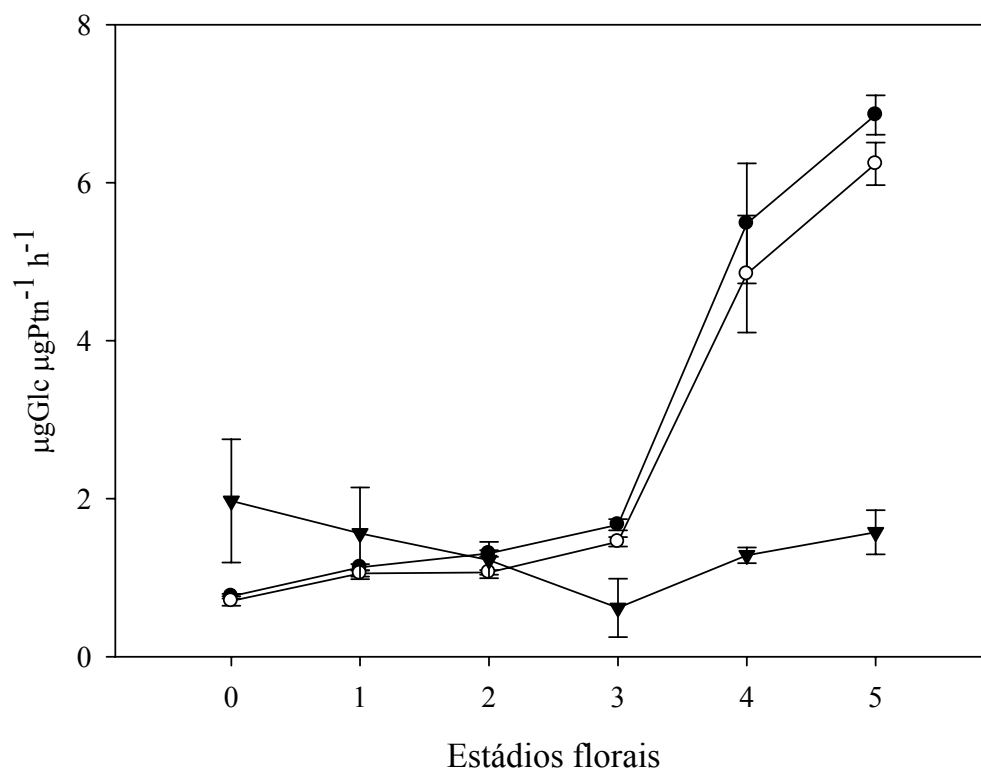
A elevação da porcentagem de carboidrato total, açúcares redutores e não-redutores, durante a abertura floral, coincidiu com o decréscimo nos níveis de amido, sugerindo que este é a principal fonte de carboidrato, como verificado para gladiolo, pois o amido das pétalas foi a principal fonte de açúcar requerido para expansão inicial das flores dessa espécie (YAMANE et al., 1991). Portanto, deve existir em *E. ibaguense*, uma faixa ideal de carboidratos nos botões florais para a ocorrência do florescimento, sendo que fatores como o estado hídrico da planta, temperatura, fatores nutricionais, fotossíntese são essenciais para o processo.

Houve correlação entre redução da taxa respiratória, aumento nos teores de carboidrato solúvel total e açúcares não-redutores, mostrando que não houve degradação de sacarose, a qual se acumulou, reduzindo o conteúdo de substrato respiratório. Em floretes de brócolis, o aumento da respiração pode ser explicado pela alta demanda de sacarose para as células (KING e MORRIS, 1994; DOWNS et al., 1997).

A atividade das enzimas sacarolíticas aumentou significativamente com o processo de desenvolvimento. A invertase solúvel ácida e alcalina apresentaram níveis máximos na senescência, com incrementos maiores que 3,0 e 4,0 vezes nos estádios 4 e 5, em comparação à flor aberta (Figura 3). Esses níveis são inferiores aos encontrados em rosas, onde a atividade das invertases de gemas anexadas aumentou marcadamente no estágio II, de 6.0 e 8.0 para as formas insolúvel e ácida solúvel, respectivamente, permanecendo alto no estágio III (sépalas exteriores expandidas e iniciando o *bend back*) (YAMADA et al., 2007). YAMANE et al. (1991) também verificaram alta atividade da invertase ácida em floretes abertos de gladiolo, indicando que mudanças osmóticas requeridas para expansão celular podem ser promovidas pela hidrólise da sacarose nas gemas, ou transporte da mesma para as gemas em desenvolvimento.

A atividade da sintase da sacarose foi superior no botão sem coloração, indicando que essa enzima é atuante nos estádios iniciais, visto que houve decréscimo de 69% em relação à flor aberta. Durante a senescência, verificou-se elevação da atividade sacarolítica, porém inferior àquela do estágio 0 (Figura 3). Similarmente, em tomate (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn.), a maior atividade da invertase solúvel ácida mostrou-se associada ao amadurecimento de frutos, enquanto a atividade da sintase da sacarose foi elevada em frutos jovens, declinando com o desenvolvimento (ORDÓÑEZ et al., 2005). Considerando-se o

início do desenvolvimento floral, pode-se perceber que a atividade da sintase da sacarose foi 2,6 e 2,8 vezes maior que aquela observada para invertase solúvel ácida e alcalina, respectivamente. Contudo, ao observar o estágio 3, verifica-se que ocorreu o inverso, pois a atividade da invertase ácida e alcalina foi, respectivamente, 2,7 e 2,3 vezes maior do que da sintase da sacarose, sendo superior ao encontrado em pétalas de cravo, visto que a atividade da invertase foi 1,5 vezes maior do que da sintase da sacarose (HAWKER et al., 1976). Este incremento é mais acentuado durante a senescência, atingindo valores de 4,3 e 3,8, considerando invertase ácida e alcalina, respectivamente, em comparação à sacarose sintase.



**Figura 3.** Atividade da invertase ácida (—●—), invertase alcalina (—○—) e sintase da sintase da sacarose(—▼—) de diversos estádios florais de *E. ibaguense*. . Média ± erro padrão.

A atividade das invertases mostrou pico a partir do estágio 4 de desenvolvimento, coincidente com o período da hidrólise da sacarose, no pico respiratório. Apenas com esses dados não se pode afirmar se há ou não correlação entre ambos. Todavia, a sintase da sacarose não apresentou, durante a senescência, atividade tal que possa estar relacionada à hidrólise da sacarose, fortalecendo a hipótese de que as invertases são as responsáveis pela degradação, nessa fase. Esses resultados contradizem os encontrados por NIELSEN et al. (1991), pois demonstraram que, em pimenta doce, ocorre uma degradação da sacarose no período final do

crescimento do fruto, provavelmente originada pela ação da sacarose sintase. Além disso, não houve correlação entre a atividade sacarolítica e o conteúdo de açúcar redutor, indicando que a sintase da sacarose pode estar desempenhando uma função glicolítica, estando envolvida no aumento dos níveis de sacarose durante a senescência, já que pode atuar reversivelmente tanto na síntese como na hidrólise da sacarose.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A produção de etileno e CO<sub>2</sub> bem como a atividade in vivo da oxidase do ACC foram decrescentes ao longo dos estádios de desenvolvimento, exceto para flores que estavam no início da senescência;

2. Inflorescências de *Epidendrum ibaguense* apresentaram padrão climatérico de respiração e produção de etileno;

3. Durante a senescência houve um maior acúmulo de carboidratos solúveis totais e açúcares não-redutores;

4. Durante a abertura floral observou-se maiores níveis de açúcares redutores;

5. Nenhuma diferença significativa foi verificada entre o teor de amido e os diversos estádios de desenvolvimento;

6. As invertases ácida e alcalina foram as enzimas mais atuantes durante a senescência;

7. A sintase da sacarose foi a enzima com maior atividade sacarolítica durante a formação do botão.

#### 5. REFERÊNCIAS

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT JR., M.E. (Eds.), 1992. **Ethylene in Plant Biology**, second ed. Academic Press, San Deigo, CA.

BIELESKI, R.L.; REID, M.S. Physiological Changes accompanying senescence in the ephemeral daylily flower. **Plant Physiology**, v. 98, p. 1042-1049, 1992.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248–254, 1976.

DOWNS, C.G.; SOMERFIELD, S.D.; DAVEY, M.C. Cytokinin treatment delays senescence but not sucrose loss in harvested broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, p. 93-100, 1997.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**. v. 28, p. 350-356, 1956.

FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G. Fisiologia e manejo pós-colheita de flores tropicais. 2005. In: NOGUEIRA, R.J.M.C., ARAÚJO, E.L., WILLADINO, L.G., CAVALCANTE, U.M.T. (Eds.). **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**, 1<sup>a</sup> ed. Imprensa Universitária, Recife.

FINGER, F.L.; CARNEIRO, T.F.; BARBOSA, J.G. Senescência pós-colheita de inflorescências de esporinha (*Consolida ajacis*). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 533-537, 2004.

FINGER, F.L.; MORAES, P.J.; MAPELI, A.M.; BARBOSA, J.G.; CECON, P.R. Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, 83, p. 144–147, 2008.

GOLDSTEIN, A.; LAMPEN, J.O.  $\beta$ -D-Fructofuranoside fructohydrolase from yeast. **Methods in Enzymology**, v. 42, p. 504-511, 1975.

HAMMOND, J.B.W. Changes in amylase activity during rose bud opening. **Scientia Horticulturae**, v. 16, p. 283–289, 1982.

HAWKER, J.S.; WALKER, R.R.; RUFFNER, H.P. Invertase and sucrose synthase in flowers. *Phytochemistry*, v.15, p. 1441-1443, 1976.

HENSKENS, J.A.M., ROUWENDAL, G.J.A., TEN HAVE, A., WOLTERING, E.J. Molecular cloning of two different ACC synthase PCR fragments in carnation flowers and

organ-specific expression of corresponding genes. **Plant Molecular Biology**, v. 26, p. 453–458, 1994.

HO, L.C.; NICHOLS, R. Translocation of  $^{14}\text{C}$ -sucrose in relation to changes in carbohydrate content in rose corollas cut at different stages of development. **Annals of Botany**, v. 41, p. 227–242, 1977.

JONES, M.L.; WOODSON, W.R. Differential expression of three members of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene family in carnation. **Plant Physiology**, v. 119, p. 755–764, 1999.

KING, G.; MORRIS, S. Physiological changes of broccoli florets, stalks and heads during early postharvest senescence and through the preharvest / postharvest continuum. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, p. 270-275, 1994.

KLOTZ, K.; FINGER, F. Contribution of invertase and sucrose synthase isoforms to sucrose catabolism in developing sugarbeet roots. **Journal of Sugar Beet Research**, v. 39, p. 1–24, 2002.

KLOTZ, K.L.; FINGER, F.L.; SHELVER, W.L. Characterization of two sucrose synthase isoforms in sugarbeet root. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 41, p. 107-115, 2003.

LEON, P.; SHEEN, J. Sugar and hormone connections. **Trends in Plant Science**, v. 8, p. 110–116, 2003.

MARANGONI, A.G.; PALMA, T.; STANLEY, D.W. Membrane effects postharvest physiology. **Postharvest Biology and Technology**, v. 7, p. 193-207, 1996.

McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; WENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MORAES, P.J. **Crescimento, caracterização da abertura floral e manejo pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth**. 2003, 110f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).



MORAES, P.J.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; CECON, P. R. Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 13, p. 31–37, 2007.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, v. 135, p. 136-75, 1944.

NIELSEN, T. H.; SKJAERBAEK, H. C.; KARLSEN, P. Carbohydrate metabolism during fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants. **Physiologia Plantarum**, v. 82, p. 311-319, 1991.

NISHIKAWA, F.; IWAMA, T.; KATO, M.; HYODO, H.; IKOMA, Y.; YANO, M. Effect of sugars on ethylene synthesis and responsiveness in harvested broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p. 157–165, 2005.

ORDÓÑEZ, R.M.; VATTUONE, M.A., ISLA M.I. Changes in carbohydrate content and related enzyme activity during *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn. fruit maturation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 293–301, 2005.

PARK, K.Y.; DRORY, A.; WOODSON, W.R. Molecular cloning of an 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase from senescing carnation flower petals. **Plant Molecular Biology**, v. 18, p. 377–386, 1992.

PORAT, R.; HALEVY, A.H.; SEREK, M.; BOROCHOV, A. An increase in ethylene sensitivity following pollination in the initial event triggering an increase in ethylene production and enhanced senescence of *Phalaenopsis* orchid flowers. **Physiologia Plantarum**, v. 9, p. 778-784, 1995.

ROBERTS, N. J.; MENARY, R. C. Partitioning and distribution of <sup>14</sup>C in *Boronia megastigma* Nees. **Journal of Plant Physiology**, v. 137, p. 135-139, 1990.

ROBERTS, N. J.; MENARY, R. C.; HOFMAN, P. J. Plant growth substances in *Boronia megastigma* Nees during flowering. **Journal of Horticultural Science**, v. 66, p. 327-334, 1991.

SEREK, M.; WOLTERING, E.J.; SISLER, E.C.; FRELLO, S.; SRISKANDARAJAH, S. Controlling ethylene responses in flowers at the receptor level. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 368–3814, 2006.

SHEEN, J.; ZHOU, L.; JANG, J. Sugars as signaling molecules. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 2, p. 410–418, 1999.

SILVA, J.A. **Caracterização imunoquímica da acc (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) oxidase em frutos climatéricos**. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos2/caracterizacao-imunoquimica-acc/caracterizacao-imunoquimica-acc.shtml>>. Acesso em: 04/12/2008.

SMEEKENS, S. Sugar-induced signal transduction in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 49–81, 2000.

UTHAICHAY, N.; KETSA, S.; VAN DOORN, W.G. 1-MCP pretreatment prevents bud and flower abscission in *Dendrobium* orchids. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 374–380, 2007.

VAN DER MEULEN-MUISERS, J.J.M.; VAN OEVEREN, J.C.; VAN DER PLAS, L.H.W.; VAN TUYL, J.M. Postharvest flower development in Asiatic hybrid lilies as related to tepal carbohydrate status. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 201–211, 2001.

VAN DOORN, W.G.; VAN MEETEREN, U. Flower opening and closure: a review. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, p. 1801–1812, 2003.

VERLINDEN, S.; GARCIA, J.J.V. Sucrose loading decreases ethylene responsiveness in carnation (*Dianthus caryophyllus* cv. White Sim) petals. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 305–312, 2004.

WHITEHEAD, C.S.; HALEVY, A. H.; REID, M.S. Control of ethylene synthesis during development and senescence of carnation petals. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 109, p. 473–475, 1984.

WOODSON, W.R.; PARK, K.Y.; DRORY, A.; LARSEN, P.B.; WANG, H. Expression of ethylene biosynthetic pathway transcripts in senescing carnation flowers. **Plant Physiology**, v. 99, p. 526–532, 1992.

YAMADA, K.; ITO, M.; OYAMA, T.; NAKADA, M.; MAESAKA, M.; YAMAKI, S. Analysis of sucrose metabolism during petal growth of cut roses. **Postharvest Biology and Technology**, v.43, p. 174–177, 2007.

YAMANE, K.; KAWABATA, S.; SAKIYAMA, R. Changes in water relations, carbohydrate contents and acid invertase activity associated with perianth elongation during anthesis of cut gladiolus flowers. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 60, p. 421-428, 1991.

YANAGISAWA, S.; YOO, S.D.; SHEEN, J. Differential regulation of EIN3 stability by glucose and ethylene signaling in plants. **Nature**, v. 425, p. 521–525, 2003.

YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 155-189, 1984.

## **Metabolismo de carboidratos em inflorescências de *Epidendrum ibaguense*<sup>(1)</sup>**

ANA MARIA MAPELI<sup>(2)</sup>; LUCILENE SILVA DE OLIVEIRA<sup>(3)</sup>; CLARICE APARECIDA MEGGUER<sup>(4)</sup>, FERNANDO LUIZ FINGER<sup>(3)</sup>, JOSÉ GERALDO BARBOSA<sup>(3)</sup> e RAIMUNDO SANTOS BARROS<sup>(4)</sup>

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi investigar mudanças diárias nos níveis de carboidratos e na atividade enzimática em estruturas florais de *Epidendrum ibaguense* em diversos estádios de desenvolvimento de. As inflorescências foram colhidas e classificadas nos seguintes estádios de desenvolvimento: 2: botão totalmente colorido; 3: flor aberta; 4: flor em início da senescência (pétalas e labelos avermelhados e enrolados) e 5: flor senescente. Os estádios 0 e 1 (botão sem coloração e botão com início da coloração alaranjada, respectivamente) não foram analisados, visto que após a colheita não continuam o desenvolvimento, não interferindo na comercialização. Os teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não-redutores e amido bem como a atividade das invertases ácida e alcalina e da sintase da sacarose também foram determinados nos respectivos estádios de abertura floral. O conteúdo de açúcares solúveis totais e açúcares não-redutores aumentou durante a vida pós-colheita, atingindo níveis máximos no segundo dia após a colheita, independentemente do estádio de desenvolvimento. Comportamento inverso foi observado com os açúcares redutores, sendo superior no estádio de botão totalmente colorido. A porcentagem de amido não apresentou diferença significativa durante os estádios 2 e 4 de desenvolvimento, sendo reduzido nos demais estádios, destacando-se nas flores senescentes. A invertase solúvel ácida foi a principal enzima atuante durante a longevidade de *E. ibaguense*. A atividade da sintase da sacarose foi baixa, com incrementos durante a senescência, coincidindo com os elevados teores de amido. Assim, pode-se inferir que o metabolismo de carboidratos variou de acordo com o estádio de desenvolvimento e vida pós-colheita das inflorescências de *E. ibaguense*.

**Palavras-chave:** estádios florais, pós-colheita, metabolismo de carboidrato.

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Vegetal – UFV. Av. P. H. Rolfs, s/n: Centro – Viçosa, MG. CEP: 36570-000. E-mail: amapeli@pop.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

## ABSTRACT

### **Carbohydrate metabolism in inflorescences of *Epidendrum ibaguense***

The goal of this work was to investigate daily changes in the carbohydrate contents and sucrolytic activity in flower structures of *Epidendrum ibaguense* in different developmental stages. Inflorescences were harvested and classified in the following stages of development: 2: full color bud; 3: full opened flower; 4: senescence onset (red petals and twisted red labellum) and 5: senescing flower. The stages 0 and 1 (bud without color and beginning of the color of the bud without color, respectively) were not analyzed because after harvest they do not continue the development, not interfering with the commercialization. The levels of total soluble sugars, reducing and non-reducing sugars and starch as well as the activity of acid and alkaline invertase and sucrose synthase activities were determined at different stages of floral development. The content of total soluble sugar and non-reducing sugar increased during the postharvest phase, reaching maximum levels in the second day, regardless the stage of development. A contrary behavior was shown by reducing sugar, with levels higher at full color bud stage. No significant differences were detected between the stages 2 and 4 regarding the content of starch, and it was reduced in the other stages, especially in senescing flowers. The soluble acid invertase was the main enzyme active in the longevity of *E. ibaguense*. Sucrose synthase activity was low, increasing during senescence, which coincided with the highest levels of starch. Therefore, the carbohydrate metabolism differed with the stage of development and postharvest life of inflorescences of *E. ibaguense*.

**Key-words:** floral stages, postharvest, sugar metabolism

## 1. INTRODUÇÃO

*Epidendrum ibaguense* é uma planta rústica, que apresenta adequado crescimento vegetativo e de produção de flores nas condições de clima subtropical, ou em condições de clima temperado em cultivo protegido, ampliando desta forma as possibilidades de fornecimento das flores ao longo de todo ano (PRIDGEON, 2003). Além disso, possui hastes florais longas, o que a qualifica como uma nova opção como flor de corte. Após o estabelecimento vegetativo da planta, as flores são colhidas entre 5 e 7 semanas de cultivo quando as inflorescências encontram-se no estágio 10 de desenvolvimento, o qual corresponde a pelo menos 20 flores abertas e várias gemas, sendo que a abertura dessas

depende de uma grande quantidade de açúcar solúvel, os quais são requeridos como osmólitos e substratos para respiração e atividade biossintética (MORAES, 2003).

Estudos quanto à degradação e redistribuição de carboidratos nas flores e inflorescências são necessários para melhor entender-se a relação entre açúcar e longevidade. Durante o florescimento de orquídeas, a partição de assimilados promove decréscimo na seguinte ordem: inflorescências – folhas jovens – parte aérea (HEW e YONG, 2004). Antes do início da abertura floral em *Dendrobium crumenatum*, a degradação significativa de carboidratos de reserva e aumento nos níveis de açúcar solúvel resultou em potencial hídrico mais elevado e, conseqüentemente, gradiente de potencial hídrico, provavelmente causando maior influxo de água para expansão das células e subseqüentes alterações no turgor, sugerindo ser a principal força para abertura floral (VAN DOORN e VAN MEETEREN, 2003). A rápida abertura das flores de muitas espécies, incluindo rosas (HO e NICHOLS, 1977), *Hemerocallis* sp. (BIELESKI, 1993), lírio (BIELESKI et al., 2000) e *Campanula rapunculoides* (VERGAUWEN et al., 2000), mostrou-se relacionada à hidrólise dos carboidratos de reserva. YAMANE et al. (1991) mostraram que os açúcares predominantes no perianto de gladiolo foram glicose e frutose, e consideraram que o amido em fletres foi a primeira fonte de açúcar solúvel que contribuiu para a expansão dos estádios iniciais.

A utilização da sacarose requer a atividade de enzimas sacarolíticas e glicolíticas para produzir hexose fosfato e ácidos orgânicos que são, subseqüentemente, usados em reações respiratórias e biossintéticas. Três enzimas sacarolíticas, sintase da sacarose, invertase alcalina e invertase ácida, podem ser encontradas nos vegetais e contribuem para a formação de hexoses. A sintase da sacarose catalisa a reação reversível da sacarose com uridina 5-difosfato (UDP) para formar frutose e UDP-glicose, uma forma metabolicamente ativa de glicose, que é um substrato para biossíntese de parede celular ou glicólise após sua conversão para glicose-6-fosfato (BERGHALL et al., 1997; KLOTZ e FINGER, 2002). As invertases em plantas superiores são um grupo de enzimas que pode ser distinguido pelo ponto isoelétrico, solubilidade, pH ótimo e localização sub-celular. As formas solúveis intracelulares estão localizadas no vacúolo ou citossol e possuem pH ácido ou alcalino ótimo, enquanto as formas insolúveis extracelulares estão na parede celular, tendo pH alcalino ótimo. Assim, a invertase alcalina é uma enzima citoplasmática solúvel com atividade máxima em pH 7,0 – 8,0; já a invertase ácida ocorre como enzima solúvel no vacúolo ou insolúvel na parede celular, com atividade máxima na faixa de pH 4,5 – 5,0. Para cada tipo de invertase, várias isoformas têm sido descritas, ocorrendo diversidade quanto aos tecidos. Isto pode ser vantajoso para as

plantas, visto que otimiza o controle do metabolismo de sacarose, partição e armazenamento em diversas células, estádios de desenvolvimento e condições fisiológicas (STURM, 1999).

Em geral, as hexoses favorecem a divisão e expansão celular, enquanto a sacarose favorece a diferenciação e maturação. Esses efeitos, junto com informações de análises de diferentes sistemas, têm levado ao controle da invertase e sintase da sacarose ao longo dos estádios de desenvolvimento (KOCH, 2004). Em frutos de tomate (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn.), a maior atividade da invertase solúvel ácida esteve associada ao amadurecimento de frutos e durante os estádios iniciais de desenvolvimento; contudo, a atividade da sintase da sacarose mostrou-se elevada em frutos jovens, declinando com o desenvolvimento, sendo essa a enzima dominante na metabolização da sacarose importada (ORDÓÑEZ et al., 2005). Além disso, a invertase ácida e sintase da sacarose foram determinadas em gemas florais de pimenta, sendo que não houve diferença significativa na atividade da invertase ácida entre diferentes partes da planta, exceto nas sépalas, que apresentaram atividade enzimática baixíssima (ALONI et al., 1996). Assim, diversas evidências suportam a idéia de que o balanço entre invertases e sintase da sacarose podem alterar o desenvolvimento vegetal durante os efeitos diferenciais sobre os sistemas de sinalização de açúcar. Entretanto, não há relatos sobre o metabolismo de carboidratos em *E. ibaguense*.

O objetivo do presente trabalho foi investigar as mudanças diárias na concentração de carboidratos e atividade enzimática em estruturas florais de *Epidendrum ibaguense* em diversos estádios de desenvolvimento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *E. ibaguense* foram cultivadas no campo de produção do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa – MG – (20°45' latitude sul; 45°51' longitude oeste; altitude de 642 m) e as hastes colhidas no período da manhã (8:00 h) no estádio 10, isto é com um mínimo de 20 flores abertas no racemo conforme estabelecido por MORAES (2003). Após a colheita, as hastes foram colocadas em baldes contendo água destilada e levadas ao laboratório, onde foram padronizadas com comprimento de 30 cm e colocadas em vasos com água desionizada, sendo realizada troca da mesma a cada dois dias, para evitar o desenvolvimento de microorganismos. Os experimentos foram conduzidos à temperatura de 25°C, umidade relativa de 50-70 % e intensidade luminosa de 7-10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Para realizar

as análises, foram classificados os diversos estádios: 2: botão totalmente colorido; 3: flor aberta; 4: flor no início da senescência (pétalas e labelos avermelhados e enrolados) e 5: flor senescente. Os estádios 0 e 1 (botão sem coloração e botão com início da coloração alaranjada, respectivamente) não foram analisados, visto que após a colheita não continuam o desenvolvimento, não interferindo na comercialização. As amostras foram classificadas diariamente, durante 6 dias.

Para a quantificação dos açúcares solúveis totais (AST), açúcares redutores (AR) e amido, amostras vegetais foram maceradas em etanol 80%, seguido de centrifugação e três novas extrações, em que o volume combinado foi completado em balão volumétrico com etanol 80%. O resíduo retido em papel de filtro foi secado em estufa a 65 °C por 24 horas e armazenado em dessecadores, para determinação do teor de amido. Para quantificação dos açúcares solúveis totais foi empregada a técnica com fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). A determinação dos açúcares redutores foi realizada pela técnica de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Os açúcares não-redutores (ANR) foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais. A hidrólise de amido foi determinada mediante técnica descrita por McCREADY et al. (1950), sendo que a determinação da concentração foi efetuada seguindo o mesmo procedimento para quantificar-se o teor de açúcares solúveis totais.

A atividade da invertase ácida foi determinada pela modificação do método de GOLDSTEIN e LAMPEN (1975). Para a determinação das invertases solúveis, 50 µL do extrato foram incubados, por 30 min., a 37°C com 100 mM tampão e 100 mM sacarose em um volume total de 200 µL. Os tampões para os ensaios com invertase ácida e alcalina foram NaOAc, pH 4,7 e MOPS, pH 7,0, respectivamente. A atividade da sintase da sacarose foi realizada segundo KLOTZ et al. (2003) e KLOTZ e FINGER (2002), com modificações. As avaliações foram realizadas pela incubação de 20 a 50 µL de extrato, a 35°C, por 30 minutos, com 250 mM de sacarose, 2 mM UDP e 100 mM MES, pH 6,5 em um volume final de 200 µL. Reações controle foram realizadas sem UDP. Em todas as avaliações enzimáticas, a glicose foi quantificada pelo método de Somogy-Nelson (NELSON, 1944), usando reagente cobre alcalino para interromper a reação, sendo a leitura feita a 540 nm. As proteínas totais foram determinadas pela técnica de BRADFORD (1976), usando albumina de soro bovino como padrão.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com três repetições, tendo-se três hastes por unidade experimental.



Os dados foram interpretados usando-se análise de variância. As médias referentes aos tratamentos foram comparadas por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os níveis de carboidratos variou de acordo com o estágio de desenvolvimento e com a vida pós-colheita das inflorescências de *E. ibaguense*, tanto em relação ao conteúdo de açúcares quanto à atividade enzimática, visto que o processo de produção de carboidrato, metabolismo, armazenamento e transporte em plantas é dinâmico e extremamente associado à identidade dos órgãos, condições ambientais e estádios de desenvolvimento.

Os botões totalmente coloridos (estádio 2) apresentaram redução nos níveis de açúcares solúveis totais, principalmente no quarto dia pós-colheita, cujo decréscimo foi de aproximadamente 61% em relação ao dia da colheita. Esse comportamento também foi verificado com os teores de açúcares redutores, porém, após o segundo dia de armazenamento, a redução foi de 3 vezes. Quanto aos níveis de açúcar não redutor e amido não houve diferença significativa ao longo do período pós-colheita, embora um decréscimo haja sido observado (Tabela 1).

A flor aberta (estádio 3) apresentou teor de açúcares solúveis totais variado durante a vida pós-colheita, com aumento, no segundo dia, de 1,5 vezes comparado ao controle e decréscimo de 2,2 vezes, no quarto dia. Os açúcares redutores foram consumidos durante o armazenamento, visto que no fim da longevidade a redução foi de 2,2 vezes, em relação ao dia da colheita. Comportamento inverso foi verificado com os açúcares não-redutores, pois houve aumento de até 2,9 vezes, no segundo dia de armazenamento. A porcentagem de amido variou com o tempo, mas apenas no sexto dia verificou-se diferença significativa em relação ao dia 0, haja visto que o decréscimo foi de aproximadamente 18% (Tabela 1).

**Tabela 1.** Metabolismo de carboidrato em estruturas florais de *E. ibaguense* em diferentes estádios de desenvolvimento.

<b>Estádio</b>	<b>Dias</b>	<b>AST (%)</b>	<b>AR (%)</b>	<b>ANR (%)</b>	<b>Amido (%)</b>
<b>Botão totalmente colorido</b>	0	2,91 A	1,54 A	1,36 A	2,20 A
	1	1,71 ABC	0,90 B	0,82 A	1,74 A
	2	2,82 AB	0,55 BC	1,58 A	1,87 A
	3	1,56 ABC	0,52 C	1,04 A	1,71 A
	4	1,13 C	0,45 C	0,68 A	1,77 A
	5	1,36 BC	0,56 BC	0,80 A	1,75 A
	6	1,66 ABC	0,51 C	1,15 A	1,35 A
<b>Flor aberta</b>	0	1,89 B	1,41 A	0,49 BC	1,58 AB
	1	1,50 BC	1,16 AB	0,34 BC	1,69 A
	2	2,76 A	1,01 BC	1,42 A	1,41 AB
	3	1,70 B	0,92 BC	0,78 ABC	1,32 AB
	4	0,85 C	0,74 BC	0,12 C	1,52 AB
	5	1,26 BC	0,76 BC	0,49 BC	1,35 AB
	6	1,56 B	0,65 C	0,84 AB	1,29 B
<b>Flor no início da senescência</b>	0	1,92 B	0,75 A	1,17 B	1,55 A
	1	1,83 B	0,75 A	1,09 B	1,70 A
	2	4,08 A	0,63 A	3,46 A	2,05 A
	3	1,54 B	0,70 A	0,85 B	1,19 A
	4	1,06 B	0,62 A	0,44 B	1,51 A
	5	1,56 B	0,59 A	0,97 B	1,65 A
	6	1,61 B	0,55 A	1,07 B	1,51 A
<b>Flor senescente</b>	0	----	----	----	----
	1	----	----	----	----
	2	5,35 A	0,72 A	4,56 A	11,80 A
	3	1,75 C	0,66 AB	1,08 C	3,78 B
	4	2,10 BC	0,69 AB	1,42 BC	5,77 B
	5	2,51 B	0,51 AB	1,99 B	5,18 B
	6	1,91 BC	0,42 B	1,49 BC	5,43 B

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

No início da senescência (estádio 4), as flores apresentaram um decréscimo nos teores de açúcares solúveis totais, exceto no segundo dia, cujo aumento foi de 2,1 vezes, comparado à colheita, provavelmente devido à importação de carboidratos da haste. Nenhuma diferença significativa foi observada nos níveis de açúcares redutores e amido. No segundo dia de vida pós-colheita, verificou-se um acúmulo (3,0 vezes) de açúcar não-redutor, comparado ao dia 0 (Tabela 1).

As flores senescentes (estádio 5) foram observadas na inflorescência somente a partir do segundo dia de armazenamento, quando apresentaram os maiores conteúdos de açúcares solúveis totais, seguido por decréscimo de até 67%. Os níveis de açúcares redutores diferiram apenas entre o segundo e sexto dia, ocorrendo redução de aproximadamente 42%. As concentrações de açúcares não-redutores e amido também decresceram ao longo da vida de vaso, ocorrendo o máximo de redução no terceiro dia, sendo de 4,2 e 3,1 vezes com o açúcar não redutor e o amido, respectivamente (Tabela 1). A porcentagem superior de sacarose e amido, indica que não há degradação dos mesmos, possivelmente porque não ocorre mais expansão celular, tornando-se órgãos fonte. Um padrão similar de exportação foi demonstrado em gladiolo por YAMANE et al. (1995), pois carboidratos radioativos de flores murchas foram transportados para gemas jovens, indicando que flores senescentes podem ser a principal fonte de açúcar para flores abrindo-se acropetamente.

Durante a vida de vaso, não houve diferença entre os estádios 2 e 3 quanto ao conteúdo de açúcares solúveis, indicando que as gemas florais não expressam uma alta força drenadora ao longo de seu desenvolvimento até a antese, o que se correlaciona com o aumento no crescimento do tecido floral, ocorrendo após as anteras terem sofrido mitose (CLEMENT et al., 1996). Provavelmente, isso explica a pequena abertura das gemas de *E. ibaguense*, após a colheita, conforme descrito por MORAES (2003), já que quando as hastes foram colhidas nos estádios iniciais de desenvolvimento não se verificou abertura, devido à falta de carboidrato, como foi verificado em outras espécies de inflorescências bulbosas, tais como *Freesia* (SPIKMAN, 1989) e *Gladiolus* (SEREK et al., 1994). Dessa forma, cada espécie requer uma etapa específica de corte, de acordo com sua capacidade de sintetizar e armazenar carboidratos em suas pétalas. Esse fato pode ocorrer em outras espécies de orquídeas, cravos, antúrio e várias Compositae (GOSZCZYNSKA e RUDNICKI, 1988). Convém ressaltar que o aumento no conteúdo de açúcar nas flores senescentes não correspondeu, quantitativamente, ao desaparecimento de amido, sendo que não houve acúmulo de carboidratos de reserva durante os estádios iniciais de desenvolvimento das gemas.

A redução nos níveis de açúcar redutor durante a vida pós-colheita indica que estão sendo utilizados em processos anabólicos, tais como respiração, visando o fornecimento de energia para a continuidade do desenvolvimento. Esse fato é reforçado pela observação dos maiores níveis nos botões do que nas flores abertas. Contudo, as flores senescentes continham maiores níveis de açúcares, os quais foram decrescendo durante a vida pós-colheita. Nesse estágio, destacou-se a porcentagem de amido que foi superior aos estágios já mencionados (Tabela 1). Os níveis elevados de amido em comparação aos de açúcares totais mostram ser esse o principal carboidrato de reserva nas flores de *E. ibaguense*, o que é também observado em outras espécies (DRUEGE et al., 2000). Contudo, o amido, que é de natureza transitória, mobiliza-se durante o período escuro para complementar a síntese de sacarose a partir da fotossíntese durante o período escuro e manter o fornecimento de carbono para os drenos (GEIGER et al., 2000), justificando a redução ao longo do armazenamento.

Em flores de *Dendrobium crumenatum*, durante o desenvolvimento da gema floral (4-9 dias), as concentrações de açúcares solúveis totais tanto em sépalas como em pétalas aumentaram gradualmente, com elevação de 3 vezes, alcançando nível máximo na abertura floral, e decréscimo de 50% durante a senescência, comportamento inverso ao observado em *E. ibaguense*. Os carboidratos de reserva, frutanas e amido reduziram-se ao longo do desenvolvimento das gemas e flores, até a senescência (YAP et al., 2008).

Em relação à atividade enzimática, verificou-se que os botões mostraram elevada atividade da invertase ácida, principalmente no segundo dia de armazenamento, cujo aumento foi de aproximadamente 3 vezes comparado ao dia de colheita. Quanto à invertase alcalina, não houve diferença ao longo da vida pós-colheita, exceto no segundo dia, quando se verificou aumento de 3,7 vezes. Além disso, a sintase da sacarose apresentou níveis baixos, com atividade elevada em 1,6 vezes, no dia 1, e redução de 4,6 vezes no terceiro dia de armazenamento, sendo praticamente nula no quinto dia (Tabela 2).

As flores abertas demonstraram variação enzimática durante a vida de vaso, sendo que no segundo dia houve aumento na atividade da invertase solúvel ácida de 2,6 vezes e no quarto dia redução de 1,8 vezes. Comportamento semelhante foi verificado para invertase alcalina, porém as alterações foram mais acentuadas, sendo a elevação de 4,7 vezes e decréscimo de 3,2 vezes, no mesmo período. A sintase da sacarose apresentou pico de atuação no segundo dia; contudo, a atividade da invertase ácida foi superior à das demais enzimas (Tabela 2).

**Tabela 2.** Atividade da invertase solúvel ácida, invertase alcalina e sintase da sacarose em estruturas florais de *E. ibaguense* em diferentes estádios de desenvolvimento.

Estádio	Dias	Invertase Solúvel Ácida ( $\mu\text{gGlc } \mu\text{g Ptn}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	Invertase Alcalina ( $\mu\text{gGlc } \mu\text{g Ptn}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	Sintase da sacarose ( $\mu\text{gGlc } \mu\text{g Ptn}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )
2	0	6,03 ± 0,65	2,67 ± 0,26	1,88 ± 0,1
	1	5,82 ± 0,68	2,05 ± 0,30	3,08 ± 0,05
	2	18,57 ± 3,23	9,78 ± 2,94	1,61 ± 0,15
	3	12,03 ± 0,63	3,69 ± 0,42	0,41 ± 0,3
	4	8,59 ± 1,08	2,39 ± 0,27	1,01 ± 0,35
	5	10,0 ± 0,29	3,79 ± 1,18	0,00 ± 0,0
	6	----	----	----
3	0	6,87 ± 0,83	3,41 ± 0,62	0,00 ± 0,00
	1	9,87 ± 0,27	3,29 ± 0,04	1,98 ± 0,89
	2	17,76 ± 0,90	16,09 ± 0,80	2,58 ± 0,52
	3	11,05 ± 0,10	5,52 ± 0,74	1,15 ± 0,37
	4	3,91 ± 0,27	1,06 ± 0,14	0,86 ± 0,56
	5	7,13 ± 0,60	5,28 ± 1,92	2,26 ± 0,96
	6	----	----	----
4	0	23,81 ± 0,71	9,53 ± 1,34	1,54 ± 0,96
	1	13,68 ± 1,66	6,13 ± 1,44	0,70 ± 0,88
	2	9,40 ± 0,60	2,83 ± 0,35	3,01 ± 1,14
	3	12,98 ± 0,45	4,64 ± 1,67	5,11 ± 0,76
	4	22,07 ± 0,07	9,73 ± 0,59	0,42 ± 0,71
	5	11,37 ± 0,35	8,88 ± 0,42	0,00 ± 0,00
	6	3,00 ± 0,58	0,90 ± 0,17	1,45 ± 0,80
5	0	----	----	----
	1	----	----	----
	2	17,12 ± 0,21	8,20 ± 0,05	8,89 ± 0,90
	3	34,81 ± 3,47	12,52 ± 0,83	0,00 ± 0,00
	4	22,33 ± 6,62	13,52 ± 1,73	0,00 ± 0,00
	5	41,73 ± 0,00	17,10 ± 0,1	1,40 ± 0,02
	6	6,44 ± 1,26	2,41 ± 0,42	5,00 ± 0,30

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Durante o início da senescência, encontrou-se elevada atividade enzimática, principalmente da invertase solúvel ácida, sendo que ao final da vida pós-colheita, o decréscimo na atividade foi de 8 e 10,6 vezes para invertase ácida e alcalina, respectivamente. A sintase da sacarose apresentou um incremento de 3,3 vezes no terceiro dia de armazenamento, seguido por redução de 3,7 vezes comparado ao dia de colheita (Tabela 2).

As flores senescentes demonstraram a maior atividade enzimática, sendo os valores máximos observados no quinto dia para as invertases e no segundo dia para sacarose sintase, com incrementos acima de 2 vezes (Tabela 2). Assim, independentemente do estágio considerado, a invertase solúvel ácida foi a enzima com maior atividade pós-colheita, diferentemente do observado em tomate (*Cyphomandra betacea*), pois a maior atividade da invertase solúvel ácida mostrou-se associada aos estádios iniciais de desenvolvimento, sendo a atividade da sintase da sacarose elevada em frutos jovens, declinando com o desenvolvimento, tornando-a dominante na metabolização da sacarose importada (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Diversas evidências suportam a idéia de que o balanço entre invertase e sintase da sacarose pode alterar o desenvolvimento vegetal devido aos sistemas de sinalização de açúcar, visto que as invertases vacuolares participam de inúmeros processos relacionados à iniciação e expansão do dreno, tais como, geração de hexose vacuolar; expansão (ligada à disponibilidade de fotossintatos); respiração e sinalização baseada em hexose (divisão celular e início da diferenciação). Contudo, a sintase da sacarose participa de etapas referentes ao armazenamento e maturação, incluindo, geração de UDPG ao invés de glicose; via respiratória conservadora de ATP bem como a minimização da sinalização baseada em hexoses (aumento da expressão de genes de armazenamento e maturação) (KOCH, 2004). Em *E. ibaguense*, a maior atividade da sintase da sacarose foi verificada na senescência ( $8,89 \mu\text{gGlc } \mu\text{gPtn}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), coincidindo com a elevação nos teores de amido, provavelmente porque a sacarose foi convertida por essa enzima aos nucleosídeos difosfato glicose e frutose, conservando a energia da ligação na forma da UDP-glicose, a qual é usada na formação de amido. ROBINSON et al. (1988) demonstraram que a atividade da sintase da sacarose e ADPglicose pirofosforilase correlacionam-se com um acúmulo transiente de amido em frutos de tomate durante o desenvolvimento, como foi verificado no presente estudo.

Em *E. ibaguense*, a sacarose translocada das folhas para pétalas parece ser metabolizada pela invertase ácida, visto que a atividade da invertase alcalina e sintase da sacarose foi muito baixa. A principal função dessa enzima pode ser a manutenção dos altos níveis de hexose celular e a hidrólise da sacarose nos vacúolos, influenciando o crescimento celular, devido à

redução de sacarose para os órgãos dreno. Por outro lado, os açúcares correspondem à fonte adicional de esqueleto carbônico, aumentando o conteúdo de sólido solúvel. Em pétalas de cravo, a atividade da invertase foi 1,5 vezes maior do que da sacarose sintase, sendo que em flores de *E. ibaguense* essa elevação foi de 6,9 vezes (segundo dia). A solubilidade das invertases em relação à localização sub-celular tem sido discutida. Assim, a sacarose chega às flores via floema e/ou xilema, podendo ser hidrolisada pela invertase ácida ou sintase da sacarose. Diversos trabalhos indicam que a alta atividade da invertase ácida mostra-se presente em uma ampla faixa de flores, mas a atividade da sintase da sacarose é mais variada entre espécies (HAWKER et al., 1976). YAMANE et al. (1991) também verificaram alta atividade da invertase ácida em floretes abertos de gladiolo, indicando a possibilidade de que mudanças osmóticas requeridas para expansão celular possam ser promovidas pela hidrólise da sacarose nas gemas, ou transporte da mesma para as gemas em desenvolvimento. Esse último mecanismo é consistente com a observação de que *pulsing* pós-colheita com concentrações elevadas de sacarose melhora a abertura e qualidade das gemas e flores de gladiolo (MAYAK et al., 1973), como foi verificado em inflorescências de *E. ibaguense* (FINGER et al., 2008).

Pode-se perceber que com o desenvolvimento floral houve aumento no conteúdo de açúcar, principalmente no segundo dia de armazenamento, a partir do qual começaram a surgir as flores senescentes. Além disso, a atividade da invertase ácida parece limitar o crescimento das pétalas e abertura floral de inflorescências de *Epidendrum ibaguense*, sendo que os baixos teores de açúcar redutor e elevada atividade enzimática indicam a utilização dos mesmos em fenômenos metabólicos, principalmente a respiração, visando o fornecimento de energia para processos subseqüentes.

#### 4. CONCLUSÕES

1. O conteúdo de açúcar solúvel total e açúcar não redutor aumentou durante a vida pós-colheita de inflorescências de *E. ibaguense*, atingindo valores máximos no segundo dia, independente do estágio de desenvolvimento, a partir do qual houve redução;
2. O teor de açúcares redutores foi decrescente durante o armazenamento, sendo superior no estágio de botão totalmente colorido;

3. A porcentagem de amido não apresentou diferença significativa nos estádios 2 e 4 de desenvolvimento, sendo a maior porcentagem verificada no segundo dia de armazenamento de flores senescentes;
4. A invertase solúvel ácida é a principal enzima atuante durante a longevidade de *E. ibaguense*.

## 5. REFERÊNCIAS

- ALONI, B.; KARNI, L.; ZAIDMAN, Z.; SCHAFFER, A. A. Changes of Carbohydrates in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Flowers in relation to their abscission under different shading regimes. **Annals of Botany**, v. 78, p. 163-168, 1996.
- BERGHALL, S.; BRIGGS, S.; ELSEGOOD, S.E.; ERONEN, L.; KUUSISTO, J.O.; PHILIP, E.J.; THEOBALD, T.C.; WALLIANDER, P. The role of sugar beet invertase and related enzymes during growth, storage and processing.. **Zuckerind**, v. 122, p. 520–530, 1997.
- BIELESKI, R.L. Fructan hydrolysis drives petal expansion in the ephemeral daylily flower. **Plant Physiology**, v. 103, p. 213–219, 1993.
- BIELESKI, R.L.; ELGAR, J.; HEYES, J. Mechanical aspects of rapid flower opening in Asiatic lily. **Annals of Botany**, v. 86, p. 1175–1183, 2000.
- BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248–254, 1976.
- CLEMENT, C.; BURRUS, M.; AUDRAN, J.C. Floral organ growth and carbohydrate content during pollen development in *Lilium*. **American Journal of Botany**, v. 83, p. 459–469, 1996.
- DRUEGE, U.; ZERCHE, S.; KADNER, R.; ERNST, M. Relation between nitrogen status, carbohydrate distribution and subsequent rooting of chrysanthemum cuttings as affected by pre-harvest nitrogen supply and coldstorage. **Annals of Botany**, v. 85, p. 687–701, 2000.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**. v. 28, p. 350-356, 1956.



FINGER, F.L., MORAES, P.J., MAPELI, A.M., BARBOSA, J.G., CECON, P.R. Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 83, p. 144–147, 2008.

GEIGER, D.R.; SERVAITES, J.C.; FUCHS, M.A. Role of starch in carbon translocation and partitioning at the plant level. **Australian Journal Plant Physiology**, v. 27, p. 571–582, 2000.

GOLDSTEIN, A.; LAMPEN, J.O.  $\beta$ -D-Fructofuranoside fructohydrolase from yeast. **Methods in Enzymology**, v.42, p. 504-511, 1975.

GOSZCZYNSKA, D.M.; RUDNICKI, R.M. Storage of cut flower. **Horticultural Reviews**, v. 10, p. 35-62, 1988.

HAWKER, J.S.; WALKER, R.R.; RUFFNER, H.P. Invertase and sucrose synthase in flowers. **Phytochemistry**, v. 15, p. 1441-1443, 1976.

HEW, C.S.; YONG, W.H., 2004. **The physiology of tropical orchids in relation to the industry**. World Scientific, Singapore. 388p.

HO, L.C.; NICHOLS, R. Translocation of <sup>14</sup>C-sucrose in relation to changes in carbohydrate content in rose corollas cut at different stages of development. **Annals of Botany**, v. 41, p. 227–242, 1977.

KINET, J.M; SACHS, R.M.; BERNIER, G. 1985. Photosynthesis, assimilate supply and utilization. In: Kinet JM, Sachs RM, Bernier G, eds. **The physiology of flowering**, Vol III. Boca Raton, Florida: CRC Press Inc.

KLOTZ, K.L.; FINGER, F.L. Contribution of invertase and sucrose synthase isoforms to sucrose catabolism in developing sugarbeet roots. **Journal of Sugar Beet Research**, v. 39, p. 1-24, 2002.

KLOTZ, K.L.; FINGER, F.L.; SHELVER, W.L. Characterization of two sucrose synthase isoforms in sugarbeet root. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 41, p.107-115, 2003.

KOCH, K. Sucrose metabolism: regulatory mechanisms and pivotal roles in sugar sensing and plant development. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, p. 235–246, 2004.

MAYAK, S.; BRAVDO, B.; GVILLI, A.; HALEVY, A. Improvement of opening of cut gladioli flowers by pretreatment with high sugar concentrations. **Scientia Horticulturae**, v. 1, p. 357-365, 1973.

McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; et al. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MORAES, P.J. **Crescimento, caracterização da abertura floral e manejo pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth**. 2003, 110f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, v. 135, p. 136-75, 1944.

ORDÓÑEZ, R.M.; VATTUONE, M.A., ISLA M.I. Changes in carbohydrate content and related enzyme activity during *Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn. fruit maturation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 293–301, 2005.

PRIDGEON, A. 2003. **The illustrated encyclopedia of orchids**. Timber Press, Portland., 304 p.

ROBINSON, N.L.; HEWITT, J.D.; BENNETT, A.B. Sink metabolism in tomato fruit. Developmental changes in carbohydrate metabolizing enzymes. **Plant Physiology**, v. 87, p. 727-730, 1988.

SEREK, M.; JONES, R.B.; REID, M.S. Role of ethylene in opening and senescence of *Gladiolus* sp. flowers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, p. 1014–1019, 1994.

SPIKMAN, G. Development and ethylene production of buds and florets of cut freesia inflorescences as influenced by silver thiosulphate, aminoethoxyvinylglucine and sucrose. **Scientia Horticulturae**, v. 39, p. 73–81, 1989.

STURM, A. Invertases. Primary structures, functions, and roles in plant development and sucrose partitioning. **Plant Physiology**, v. 121, p. 1-7, 1999.

VAN DOORN, W.G.; VAN MEETEREN, U. Flower opening and closure: a review. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, p. 1801–1812, 2003.

VERGAUWEN, R.; VAN DEN ENDE, W.; VAN LAERE, A. The role of fructan in flowering of *Campanula rapunculoides*. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 1261–1266, 2000.

YAMANE, K.; KAWABATA, S.; SAKIYAMA, R. Changes in water relations, carbohydrate contents and acid invertase activity associated with perianth elongation during anthesis of cut gladiolus flowers. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 60, p. 421-428, 1991.

YAMANE, K.; KOTAKE, Y.; OKADA, T.; OGATA, R. Export of C-sucrose, H-water and fluorescent tracers from gladiolus florets to other plant parts associated with senescence. **Acta Horticulturae**, v. 405, p. 269-76, 1995.

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**. *Scientia Horticulturae*, (2008), doi:10.1016/j.scienta.2008.06.029.

**CAPÍTULO 3: Efeito da refrigeração sobre o metabolismo e longevidade de  
inflorescências de *Epidendrum ibaguense***

**Influência da temperatura sobre a respiração, produção de etileno e longevidade de flores de orquídea de corte (*Epidendrum ibaguense*)<sup>(1)</sup>**

ANA MARIA MAPELI<sup>(2)</sup>; FERNANDO LUIZ FINGER<sup>(3)</sup>, JOSÉ GERALDO BARBOSA<sup>(3)</sup>,  
RAIMUNDO SANTOS BARROS<sup>(4)</sup>, LUCILENE SILVA DE OLIVEIRA<sup>(3)</sup>, FERNANDA  
BASTOS SEGATTO<sup>(4)</sup>

**RESUMO**

*Epidendrum ibaguense* adapta-se plenamente ao cultivo de solo, sendo encontrada nas condições tropical e subtropical do Brasil. Devido a sua exuberante coloração e comprimento da haste, as inflorescências podem ser utilizadas como flor de corte. Contudo, pouco é conhecido sobre o comportamento da respiração, produção de etileno e sensibilidade à injúria por frio quando submetidas ao armazenamento úmido e seco. Em ambos os sistemas, é possível estabelecer-se a relação entre o aumento da respiração e a conseqüente redução da vida de vaso. Um aumento linear na respiração entre as temperaturas de 5 e 30°C foi observado em flores mantidas em água, apresentando uma taxa respiratória que variou de 56,3 ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 5 °C para um máximo de 235 ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a 30 °C. Em flores armazenadas a seco, o aumento na respiração mostrou-se exponencial entre as temperaturas de 5 e 25 °C, com taxas similares àquelas de inflorescências submetidas ao armazenamento úmido. O fator Q<sub>10</sub> dessas flores, na faixa de temperatura de 5 a 40°C, foi similar a da maioria dos produtos hortícolas, variando de 1,2 a 3,31, dependendo da temperatura de armazenamento. A produção de etileno foi máxima a 20°C em flores mantidas em água, e a 35°C naquelas mantidas a seco, seguida de queda acentuada em ambos os tratamentos. A longevidade máxima em flores de corte foi observada quando as inflorescências foram mantidas em armazenamento úmido, a 10°C, por 13 dias até apresentarem 50% de abscisão e/ou murcha. Quando armazenadas a seco, as flores tiveram a maior longevidade de 5,5 dias, quando expostas a 5 ou 10°C. Sintomas de injúria por frio foram observados em flores armazenadas em água após 6-7 dias a 5°C, mostrando murchamento das pétalas e necrose do

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Vegetal – UFV. Av. P. H. Rolfs, s/n: Centro – Viçosa, MG. CEP: 36570-000. E-mail: amapeli@pop.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

labelo. A 40°C, as flores armazenadas a seco apresentaram severo murchamento das pétalas e escurecimento dos botões florais, em menos de um dia de colhidas.

**Palavras-chave:** temperatura, fator  $Q_{10}$ , sintomas de injúria por frio.

## ABSTRACT

### **Influence of temperature on respiration, ethylene production and longevity of cut orchid (*Epidendrum ibaguense*) flower**

*Epidendrum ibaguense* is a naturally ground grown orchid generally found in tropical and subtropical highlands of Brazil. Due to the exuberant colors and length of its stalk, the inflorescence has potential to be used as cut flower. However, little is known about the behavior of respiration, ethylene production and chilling injury sensitivity when they are submitted to wet and dry storage conditions. In both storage systems, it was possible to establish a relationship between the increase on respiration and the subsequent reduction of flower shelf life. A linear increase in respiration between the temperatures of 5 and 30 °C was observed for the flowers kept in water, showing respiration rates which varied from 56.3 ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> at 5 °C to a maximal of 235 ml CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, at 30 °C. For flowers stored under dry condition, the increase in respiration was shown exponential between the temperatures of 5 and 25 °C, with similar rates of those determined in the wet stored flowers. The  $Q_{10}$  factor for this flowers, at temperature ranging from 5 to 40 °C, was similar to most of fresh horticultural products, varying from 1.2 to 3.31 depending on storage temperature. Production of ethylene by the inflorescence was maximal at 20 °C for flowers maintained in water, and at 35 °C for those flowers kept dry, followed by a sharp drop in both treatments. A maximal shelf life for the cut flower was served when the inflorescences were stored wet at 10 °C, for 13 days until abscission or wilt at least 50% of flowers. If stored under dry conditions, the flowers had the longest longevity of 5.5-day whether stored at 5 or 10 °C. Chilling symptoms were observed in flowers stored in water after six to seven days at 5 °C, showing petal wilting and necrosis of the labellum. At 40 °C, flowers stored dry showed severe petal wilting and darkening of bud petals in less than one day after harvest.

**Keywords:** temperature,  $Q_{10}$  factor, chilling symptoms

## 1. INTRODUCTION

Although a large number of tropical ornamental plants possess a high commercial value as cut flowers, several of these species present short shelf life, which limits the length of storage and vase life. Several biotic and abiotic stresses can affect flower deterioration, including exhaustion of carbohydrate supply, sensitivity to ethylene, xylem obstruction and infection by microorganisms (Finger and Barbosa, 2006).

*Epidendrum ibaguense* is a naturally ground grown orchid in the highlands of Brazil, thriving from Amapá to Minas Gerais State. Due to the colorful inflorescence and long stem, this orchid has been used as a new option for cut flower, but it shows a relatively short vase life, ranging from 5 to 6 days. Little is still known about the physiology of flower senescence and the potential storage of this species as cut flower. In a previous work, Moraes et al. (2007) determined that *E. ibaguense* is a highly sensitive species to ethylene and inhibitors of its biosynthesis and action prolong vase life, mainly by reducing flower abscission. However, the deleterious effects of ethylene can be reduced by treating the flowers with 1-methylcyclopropene (1-MCP) or silver thiosulphate (STS) immediately after harvesting (Finger et al., 2008).

Respiration is usually taken as a good indicator of the metabolic rate in fruits, vegetables and flowers. The high respiration rates that prevail in most flowers release large amounts of heat, consumption of carbohydrate reserves and elevated transpiration rates (Van Doorn, 2001). In addition, higher temperatures enhance the loss of fresh weight by the flower during storage (Zencirkiran and Mengüç, 2003). Low postharvest storage temperatures are crucial to maintain flower quality, but as a tropical species, *E. ibaguense* may develop chilling symptoms during storage. In species like *Heliconia* spp., *Alpinia purpurata* and *Strelitzia reginae* the critical temperature for development of chilling injury symptoms is usually below 10 to 13 °C (Finger et al., 2003; Jaroenkit and Paull, 2003).

Temperature is considered one of the most important factors affecting quality and longevity of cut flowers. Under physiological temperatures, a negative correlation is observed between the increase in temperature and reduction of flower longevity (Cevallos and Reid, 2000). It has been suggested that respiration rate can be used as an indicator to predict longevity of cut flowers, as previously examined in *Narcissus* and *Consolida ajacis* allowing to establish mathematical models between temperature of storage and vase life (Cevallos and Reid, 2000; Finger et al., 2006).

The present work investigate the influence of temperature and wet conditions versus dry storage on longevity, respiration and ethylene production during storage of *E. ibaguense* flowers.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Stalks of *E. ibaguense* flowers from the garden field located at the Federal University of Viçosa (20°45' S; 42°51' W; 642 m a.s.l.) were harvested when the inflorescences showed at least 20 fully-open flowers (Finger et al., 2008). Stalks were immediately taken to the laboratory, trimmed to 25 cm long stems and stored in growing chambers at 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40 °C. For the wet storage, the water in the vase was changed after cutting the base of the stem at every two days in a growth chamber with 75% relative humidity at PAR of 10  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  produced by cool white fluorescent lamps. The same conditions of humidity and light were used for dry storage of flowers.

Flower respiration and ethylene production were determined daily for four days beginning 24 hours after harvest, in individual stalks placed in one liter closed flask. Carbon dioxide and ethylene were separated in a column Porapak-Q at 60°C using a chromatograph GC-14B (Shimadzu, Japan) equipped with a thermal conductivity and flame ionization detector, respectively.

The  $Q_{10}$  factor for respiration was estimated as described by Wills et al. (1998). The end of vase life was considered when at least 50% of the flowers had fallen or wilted (Moraes et al., 2007).

In the experiment flowers were arranged in a complete randomized design with a total of five replications for each treatment, containing three inflorescences per replicate.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

When stored in vase containing water, the flowers showed linear increase ( $\hat{Y} = 7,3111x + 15,864$ ;  $R^2 = 0.99$ ) in respiration between temperatures of 5 and 30 °C. In these flowers, respiration rates varied from 56.3 ml  $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  at 5 °C to a maximal of 235 ml  $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  at 30 °C (Fig. 1A). On the other hand, in flowers stored under dry condition, the increase in respiration was exponential ( $\hat{Y} = 32,54 e^{0,0727x}$ ;  $R = 0.95$ ) between the

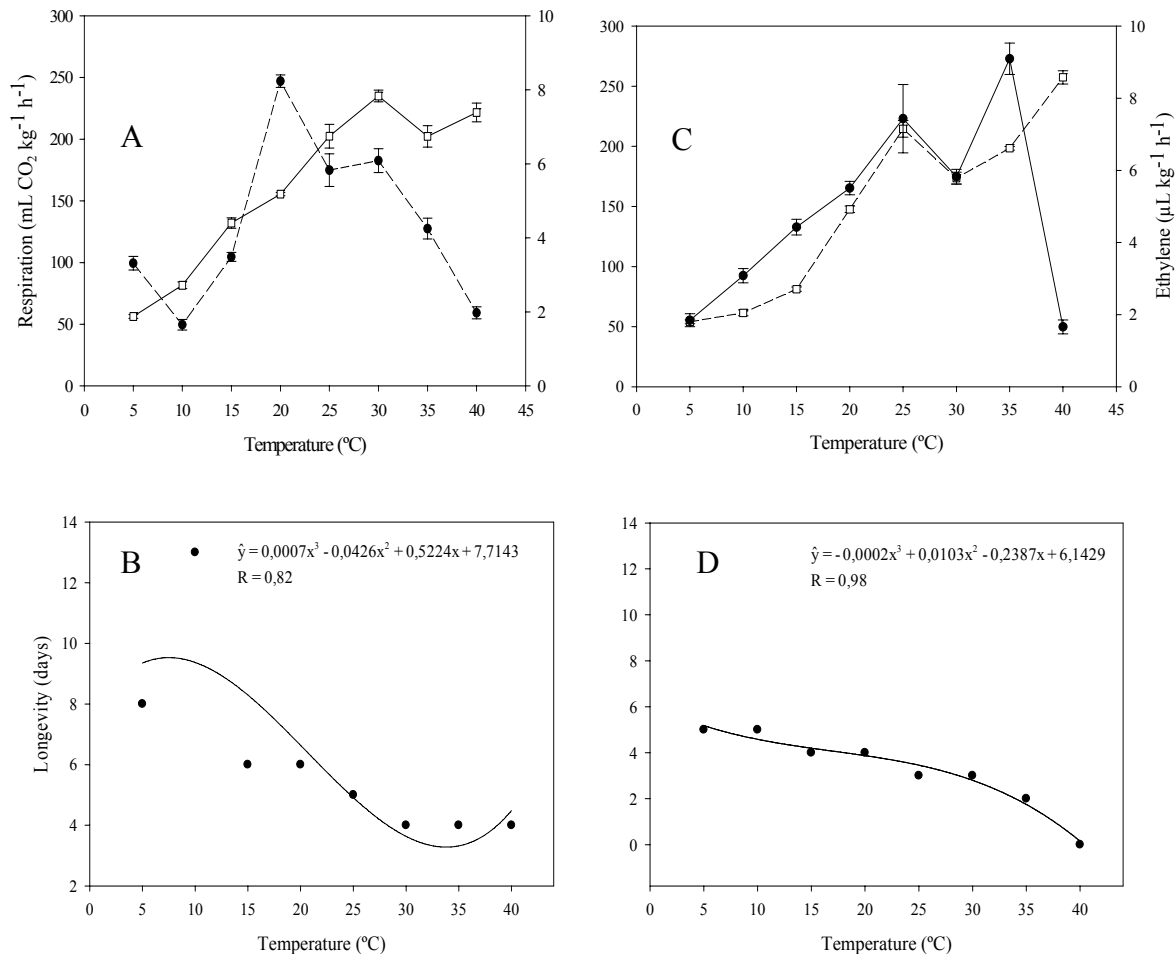


temperatures of 5 and 25 °C, with similar rates to those determined in wet stored flowers (Fig. 1C). A small drop in the flower respiration was observed when temperature was increased to 35 and 30 °C for wet and dry storage, respectively, and higher temperatures up to 40 °C stimulated CO<sub>2</sub> production (Fig. 1A and 1C). Respiration rates in this cut flower are much lower than those seen in *Consolida ajacis* inflorescences (Finger et al., 2006).

For flowers stored in water, the Q<sub>10</sub> values varied from 1.2 at temperature ranging from 35 to 40 °C and maximum of 2.62 between 10 to 15 °C (Table 1). Flowers kept in the dry displayed similar behavior for the Q<sub>10</sub> factor, ranging from 1.3 between 5 to 10 °C to 3.31 from 15 to 20 °C. The Q<sub>10</sub> factor for this flower, at temperature ranging from 5 to 40 °C, was similar to most of the horticultural products. In narcissus flowers, the maximal Q<sub>10</sub> of 3.7 was close to that of *E. ibaguense* (Cevallos and Reid, 2000), but much lower than the values found in roses and carnations (Wills et al., 1998). In another work, Finger et al. (2006) working with *Consolida ajacis* inflorescences kept in vase with water, found similar influence of temperature on the respiration and Q<sub>10</sub> values, but with a much higher CO<sub>2</sub> production, about 7 to 8-fold bigger than *E. ibaguense*. Thus, for this flower, the wet or dry storage had little influence either on the pattern of CO<sub>2</sub> production or on Q<sub>10</sub> values for respiration if compared to changes induced by the temperature of storage.

**Table 1.** Evolution of respiratory rate and the Q<sub>10</sub> factor in inflorescences of *Epidendrum ibaguense* under wet and dry storage, between 5 and 40 °C.

Temperature (°C)	Storage			
	Wet		Dry	
	Respiratory rate (mL CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Q <sub>10</sub> factor	Respiratory rate (mL CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Q <sub>10</sub> factor
5	56,28	-	53,96	-
10	81,62	2,10	61,48	1,30
15	132,04	2,62	81,16	1,74
20	155,50	1,39	147,60	3,31
25	202,42	1,69	214,53	2,11
30	234,99	1,35	173,55	-
35	202,34	-	198,35	1,31
40	221,66	1,20	257,35	1,68



**Figure 1.** Respiration (□), ethylene production (●) and longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers stored in wet (A and B) and dry (C and D) conditions at different temperatures.

Production of ethylene was maximal at 20 °C for flowers maintained in water and 35 °C for flowers kept dry, followed by a sharp drop in both treatments (Figure 1A and 1C). For flowers kept in water, the ethylene production was higher at 5 °C than in 10 °C, which might be associated to the development of chilling injury observed in flowers stored below 10 °C.

The relationship between temperature or respiration rate on the longevity of flowers has been studied in several previous works. In flowers of *Narcissus*, a negative linear correlation was observed between respiration and longevity (Cevallos and Reid, 2000), while in *Consolida ajacis* inflorescences the relation between temperature and longevity followed a inverse cubic model (Finger et al., 2006). Also, the best model that explains the influence of temperature on the longevity of *E. ibaguense* was a negative cubic model, for both, wet and dry stored conditions (Fig. 1B and 1D). The maximal longevity of flowers was obtained when

the inflorescences were stored wet at 10 °C, reaching 13 days to lose or wilt at least 50% of the flowers (Fig. 1B). But when stored dry, the flowers had a longer longevity of 5.5-day either at 5 or 10 °C (Fig. 1D).

Longevity of flowers stored in water was increased from 5.2 to 9.4 days when temperature was reduced from 40 to 10 °C (Fig. 1B). Although the behavior of respiration between the wet and dry storage were similar, the longevity in the latter condition was much lower. In these flowers, maximal longevity was seen at 5 °C, with an estimated longevity of 5.5 days and 0.27 days at 40 °C (Fig. 1D). The shorter shelf life observed in dry storage seems to be associated to a faster wilting, as be seen in the description of senescence in both storage systems (Tables 2 and 3). Clearly at 40°C, an intense dehydration reduced the self life to less than a day, while for the wet storage condition only on third day symptoms of senescence appeared, which was characterized by discoloration and necrosis of labellum, but no visual detectable wilting of petals or necrosis of labellum were presented.

**Table 2.** Symptoms of *Epidendrum ibaguense* flowers senescence developed in wet storage at different temperatures.

Temperature (°C)	Symptoms description
Wet storage	
5	Sixth day: flowers wilted Seventh day: labellum with necrosis
10	Tenth day: flowers with discoloration in the petals Twelfth day: labellum with necrosis
15	Sixth day: all labellum in orange Eleventh day: discoloration in the petals
20	Fourth day: labellum orange, discoloration in the petals
25	Fourth day: labellum orange, discoloration in the petals
30	Fourth day: labellum orange, discoloration in the petals
35	Third day: beginning of petal discoloration
40	Third day: discoloration of petals, necrosis of labellum

**Table 3.** Symptoms of *Epidendrum ibaguense* flowers senescence developed in dry storage at different temperatures.

Temperature (°C)	Symptoms description
Dry storage	
5	Fourth day: discoloration in the petals, orange labellum
10	Fourth day: discoloration in the petals, orange labellum
15	Third day: discoloration in the petals, orange labellum
20	Third day: discoloration in the petals, orange labellum
25	Second day: beginning of petal discoloration, wilting of labellum
30	Second day: petal discoloration, wilting of labellum
35	Second day: intense discoloration of petals, orange labellum
40	0.75 days: complete wilting of the flowers, dark floral buds

#### 4. CONCLUSION

1. A linear increase in respiration between the temperatures of 5 and 30 °C was observed for the flowers kept in water;

2. In flowers stored under dry condition, the increase in respiration was exponential between 5 and 25 °C;

3. Production of ethylene by the inflorescence was maximal at 20 °C for flowers maintained in water, and at 35 °C for those flowers kept dry;

4. A maximal shelf life (13 days) for the cut flower was observed when the inflorescences were stored wet at 10 °C;

5. Symptoms of chilling were observed in flowers stored in water after six to seven days at 5 °C;

6. At 40 °C, flowers stored dry had showed severe petal wilting and darkening of petals.

## 5. REFERENCE

- Cevallos, J.C., Reid, M.S. 2000. Effects of temperature on the respiration and vase life of *Narcissus* flowers. *Acta Horticulturae*, 517, 335-341.
- Finger, F.L., Barbosa, J.G. 2006. Postharvest physiology of cut flowers. In: *Advances in Postharvest Technologies for Horticultural Crops*. N. Benkeblia and N. Shiomi (Eds.). Research Signpost, Kerala, India. 373-393.
- Finger, F.L., Santos, V.R., Barbosa, J.G., Barros, R.S. 2006. Influência da temperatura na respiração, produção de etileno e longevidade de inflorescências de esporinha. *Bragantia*, 65:363-368.
- Finger, F.L.; Moraes, P.J.; Barbosa, J.G.; Grossi, J.A.S. 2003. Vase life of bird-of-paradise flowers influenced by pulsing and term of cold storage. *Acta Horticulturae*, 628:863-867.
- Finger, F.L., Moraes, P.J., Mapeli, A.M., Barbosa, J.G., Cecon, P.R. 2008. Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 83:144-147.
- Jaroenkit, T., Paull, R.E. 2003. Postharvest handling of *Heliconia*, red ginger and bird-of-paradise, *HortTechnology*, 13: 259-266.
- Moraes, P.J., Finger, F.L., Barbosa, J.G. and Cecon, P.R. 2007. Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense*. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 13, 31-37.
- Van Doorn, W.G. 2001. Role of soluble carbohydrates in flower senescence: a survey. *Acta Horticulturae*, 543, 179-183.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. Wallingford, CAB International, 262p.
- Zencirkiran, M., Mengüç, A. 2003. Cold storage of *Alstroemeria pelegrina* 'Ostara'. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 31:255-259.

## **Armazenamento refrigerado, metabolismo dos carboidratos e manutenção da qualidade pós-colheita de inflorescências de *Epidendrum ibaguense* Kunth<sup>(1)</sup>**

ANA MARIA MAPELI<sup>(2)</sup>; LUCILENE SILVA DE OLIVEIRA<sup>(3)</sup>; CLARICE APARECIDA MEGGUER<sup>(4)</sup>, FERNANDO LUIZ FINGER<sup>(3)</sup>, JOSÉ GERALDO BARBOSA<sup>(3)</sup> e RAIMUNDO SANTOS BARROS<sup>(4)</sup>

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da temperatura e duração do armazenamento refrigerado sobre alguns parâmetros fisiológicos em inflorescências de *Epidendrum ibaguense* Kunth. As inflorescências foram colhidas e colocadas em frascos selados para quantificação de etileno e CO<sub>2</sub>, sendo submetidas ao armazenamento úmido, a 10°C, por 0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias. Para analisar o metabolismo de açúcares, foram classificados os seguintes estádios de desenvolvimento: 2: botão totalmente colorido; 3: flor aberta; 4: flor no início da senescência (pétalas e labelos avermelhados e enrolados) e 5: flor senescente. Os estádios 0 e 1 (botão sem coloração e botão com início da coloração alaranjada, respectivamente) não foram analisados, visto que após a colheita não continuam o desenvolvimento, não interferindo na comercialização. Os teores de açúcares solúveis totais, açúcares redutores, açúcares não redutores e amido, bem como a atividade das invertases ácida e alcalina e da sintase da sacarose também foram determinados durante a vida pós-armazenamento refrigerado das estruturas florais nos respectivos estádios de desenvolvimento. A longevidade de inflorescências de *E. ibaguense* foi diretamente proporcional ao período de refrigeração, enquanto a vida de vaso foi reduzida. A taxa de produção de CO<sub>2</sub> mostrou-se decrescente até 6 dias de exposição a 10°C, seguida por elevação. A exposição à refrigeração das estruturas florais de *E. ibaguense* por 2, 8 e 10 dias causou redução nos níveis de açúcar solúvel total. A baixa temperatura de armazenamento, após 2, 4 e 8 dias reduziu a porcentagem de açúcar redutor nas inflorescências de *E. ibaguense*. O armazenamento refrigerado não foi eficaz em reduzir os níveis de açúcares não-redutores. A refrigeração promoveu aumento no conteúdo de amido, exceto quando as estruturas florais foram submetidas a 10°C, por 10 dias. A

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado da primeira autora, financiada pela FAPEMIG.

<sup>2</sup> Departamento de Biologia Vegetal – UFV. Av. P. H. Rolfs, s/n: Centro – Viçosa, MG. CEP: 36570-000. E-mail: amapeli@pop.com.br.

<sup>3</sup> Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>4</sup> Departamento de Fisiologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

atividade das três enzimas degradadoras de sacarose foi elevada pelo armazenamento refrigerado, sendo a invertase solúvel ácida a mais atuante.

**Palavras-chave:** armazenamento refrigerado, estádios florais, longevidade, produção de etileno, respiração, metabolismo de carboidratos.

## ABSTRACT

### **Cold storage, carbohydrate metabolism and maintenance of postharvest quality of inflorescence of *Epidendrum ibaguense* Kunth.**

The goal of this work was to evaluate the effects of temperature and duration of cold storage on physiological parameters of *Epidendrum ibaguense* Kunth inflorescences. They were harvested and placed in sealed vials for quantification of ethylene e CO<sub>2</sub>, submitted previously to wet storage at 10°C, for 0, 2, 4, 6, 8 e 10 days. In order to examine the sugar metabolism, they were classified in the following stages of development: 2: full color bud; 3: opened flower, 4: senescence onset (red petals and twisted red labellum) and 5: floral senescence. The stages 0 and 1 (bud without color and beginning of the color of the bud without color, respectively) were not analyzed because after harvest they does not continue the development, not interfering with the commercialization. The levels of total soluble sugars, reducing and non-reducing sugars and starch as well as acid and alkaline invertase and sucrose synthase activities were measured during the post cold storage vase life. The longevity of the flowers of *E. ibaguense* was directly proportional to the cooling period, while the vase life was reduced with the increase of cold storage. The rate of CO<sub>2</sub> production decreased after 6 days of exposure to 10 °C, followed by elevation. The maintenance of floral stages for 2, 8 and 10 days caused reduction in the levels of total soluble sugars. The low temperature storage, after 2, 4 and 8 days reduced the percentage of reducing sugars in the inflorescences. The cold storage was not effective in decreasing the levels of reducing sugars. Chilling increased the content of starch, except when the floral structure were stored at 10 °C for 10 days. The activity of three sucrolytic enzymes on sucrose degradation was elevated by cold storage, and the soluble acid invertase the most active.

**Key-words:** cold storage, floral stages, longevity, ethylene production, respiration, carbohydrate metabolism.

## 1. INTRODUÇÃO

As inflorescências de *Epidendrum ibaguense* apresentam características favoráveis à comercialização como flor de corte, pela beleza, exotismo da espécie, variedade de cores e formas. Pertencente à família das Orchidaceae, a flor tem sido popularizada como flor de corte em diversos estados brasileiros, incluindo Minas Gerais (SUTTLEWORTH et al., 1991

Embora a floricultura apresente grande potencial econômico, há diversos problemas quanto ao manejo pós-colheita inadequado, sendo que as principais causas de deterioração envolvem a exaustão das reservas pela respiração, doenças, produção e sensibilidade ao etileno e murcha da flor pela perda de água.

Os níveis de carboidratos são importantes porque podem influenciar a longevidade floral de diversas espécies, além de beneficiar a abertura, tamanho e cor das flores (HAN, 1992; MEIR et al., 1995). Elevados níveis de substratos respiratórios reduzem a transpiração das flores e folhas, uma vez que atuam no fechamento dos estômatos e na regulação osmótica dos tecidos (BOROCHOV e WOODSON, 1989; VAN DOORN, 2001). O controle da temperatura é a principal técnica para o retardamento da deterioração, uma vez que diminui os processos metabólicos, como a respiração e o crescimento de patógenos. Além disso, a temperatura é um importante fator ambiental que controla a resposta dos tecidos, pela redução da sensibilidade e produção de etileno. Contudo, o efeito do armazenamento refrigerado sobre a manutenção da qualidade das flores difere amplamente entre as espécies e cultivares, (RUDNICKI et al., 1989). A redução da temperatura de armazenamento, de 40 para 0°C, de várias flores de corte e envasadas diminuiu a sensibilidade das mesmas ao etileno e, em consequência, os níveis de abscisão e senescência. TAYLOR et al. (2001) encontraram que a abscisão de *Chamelaucium uncinatum* associada à produção elevada de etileno, causada por infecções por *Botrytis cinerea*, foi reduzida à 0 e à 5°C, comparada com 20°C. POMPODAKIS et al. (2005) verificaram que o aumento da temperatura de armazenamento de 1 °C para 10°C reduziu a vida de vaso de rosas ‘First Red’ e ‘Akito’. Entretanto, as temperaturas baixas podem causar modificações metabólicas prejudiciais à vida de vaso. Em rosas, o armazenamento frio induziu a biossíntese de etileno, que afetou negativamente a abertura e vida de vaso das flores (MOR et al., 1989). Do mesmo modo, as gemas florais de *Polianthes tuberosa*, armazenadas a frio, apresentaram as maiores taxas de produção de etileno, sem sintomas de injúria por frio, o que pode ter induzido a abscisão precoce quando as inflorescências retornaram às condições ambientes (WAITHAKA et al., 2001).



O armazenamento refrigerado e o uso de soluções preservativas para a conservação das inflorescências de *E. ibaguense* têm sido recentemente investigados, assim como o efeito do armazenamento úmido e seco sobre a vida de vaso. Nesses estudos foi demonstrado que o armazenamento dessa espécie a 10°C aumentou a longevidade de 8 para 13 dias, em relação ao controle (MAPELI et al., 2008).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da temperatura e duração do armazenamento refrigerado sobre alguns parâmetros fisiológicos em inflorescências de *Epidendrum ibaguense* Kunth.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de *E. ibaguense* foram cultivadas no campo de produção do Setor de Floricultura da Universidade Federal de Viçosa – MG – (20°45' latitude sul; 45°51' longitude oeste; altitude de 642 m) e as hastes colhidas no período da manhã (8:00 h) no estádio 10, mínimo de 20 flores abertas no racemo, conforme proposto por MORAES (2003). Após a colheita, as hastes foram colocadas em baldes contendo água destilada e levadas ao laboratório, onde foram padronizadas com comprimento de 24 cm. Para simular o armazenamento úmido, as inflorescências foram colocadas em vasos com água desionizada e distribuídas ao acaso em câmaras de crescimento a 10°C, com umidade relativa do ar de 75±7% e irradiância de 10-15  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . O período de armazenamento refrigerado variou de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias.

Diariamente, foram avaliadas a murcha e a abscisão das flores. A determinação da produção de CO<sub>2</sub> e etileno pelas inflorescências foi realizada nos períodos de 6, 12, 18 e 24 horas, após transferência para temperatura de 20°C. Para a quantificação da respiração e produção de etileno, os vasos foram lacrados por seis horas para acúmulo de CO<sub>2</sub> e etileno, sendo então retiradas amostras da atmosfera do interior dos frascos, injetadas em cromatógrafo a gás GC-14B (Shimadzu, Kyoto), com detector de condutividade térmica ou ionização de chama, equipado com coluna empacotada Porapak-Q, a temperatura de 50°C, na determinação de CO<sub>2</sub> e etileno, usando nitrogênio como gás de arraste. Os níveis médios de respiração e produção de etileno foram obtidos considerando a média das quatro determinações (6, 12, 18 e 24 horas), visto que estas permaneceram constantes ao longo do tempo em cada uma das temperaturas avaliadas.

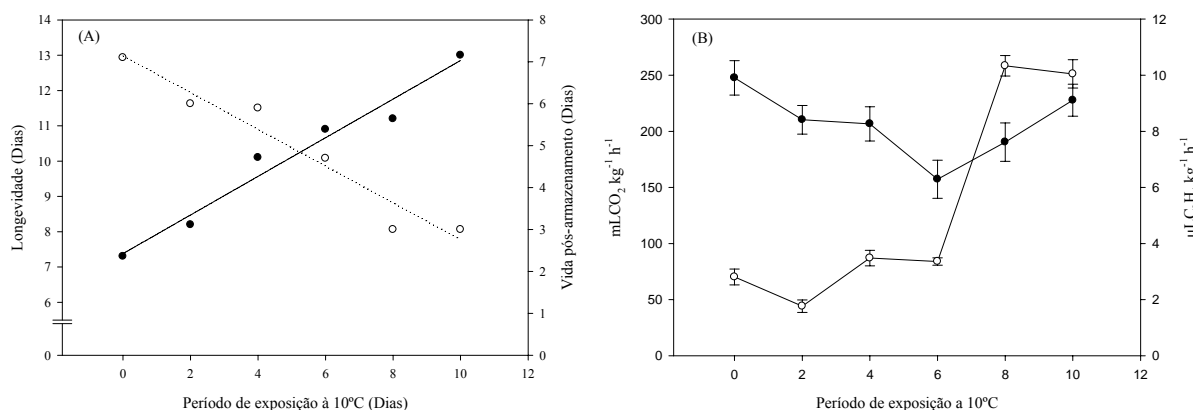
Para a determinação de carboidratos foram classificados os diversos estádios, como segue: 2 - botão totalmente colorido; 3 - flor aberta; 4 - flor no início da senescência (pétalas e labelos avermelhados e enrolados) e 5 - flor senescente. Os estádios 0 e 1 (botão sem coloração e botão com início da coloração alaranjada, respectivamente) não foram analisados, visto que após a colheita não continuam o desenvolvimento, não interferindo na comercialização. Para a quantificação dos açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido, amostras vegetais foram maceradas em etanol 80%, seguida de centrifugação e três novas extrações, onde o volume combinado foi completado em balão volumétrico com etanol 80%. O resíduo retido em papel de filtro foi secado em estufa a 65 °C, por 24 horas, e armazenado em dessecadores, para determinação de amido. Para quantificação dos açúcares solúveis totais foi empregada a técnica com fenol-sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). A determinação dos açúcares redutores foi realizada pela técnica de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Os açúcares não redutores foram estimados subtraindo-se o teor de açúcares redutores do teor de açúcares solúveis totais. A hidrólise de amido foi executada mediante técnica descrita por McCREADY et al. (1950), sendo que a determinação da concentração foi efetuada seguindo o mesmo procedimento para quantificar-se o teor de açúcares solúveis totais.

A atividade da invertase ácida foi determinada pela técnica de GOLDSTEIN e LAMPEN (1975), com algumas modificações. Para a determinação das invertases solúveis, 50 µL do extrato foi incubado por 30 min., a 37°C, com 100 mM tampão e 100 mM sacarose em um volume total de 200 µL. Os tampões para os ensaios com invertase ácida e alcalina foram NaOAc, pH 4,7 e MOPS, pH 7,0, respectivamente. A atividade da sintase da sacarose foi determinada segundo KLOTZ et al. (2003) e KLOTZ e FINGER (2002), com modificações. As avaliações foram realizadas pela incubação de 20 a 50 µL de extrato, a 35°C, por 30 minutos, com 250 mM de sacarose, 2 mM UDP e 100 mM MES, pH 6,5 em um volume final de 200 µL. Reações controle foram efetuadas sem UDP. Em todas as avaliações enzimáticas, a glicose foi quantificada pela técnica de Somogy-Nelson (NELSON, 1944), usando reagente cobre alcalino para interromper a reação, sendo a leitura feita a 540 nm. As proteínas totais foram determinadas pela técnica de BRADFORD (1976), usando albumina de soro bovino como padrão.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, com três repetições, tendo-se três hastes por unidade experimental.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A longevidade total aumentou de forma linear com o armazenamento a 10°C, e aos 10 dias, o incremento foi de 80,6% em relação ao controle (Figura 1A). A temperatura de armazenamento de 2°C atrasou o surgimento de murcha, amarelecimento e necrose em inflorescências de *Dendranthema grandiflora* Tzvelev. cv. ‘Bronze Repin’, possivelmente, devido à maior redução da mobilização de reservas e como consequência da ação de seus metabólitos (BELLÉ et al., 2004). Entretanto, a influência dos métodos de armazenamento refrigerado sobre a manutenção da qualidade das flores difere amplamente entre as espécies e cultivares. Inflorescências de *Grevillea* ‘Sylvia’, armazenadas a 0°C, por 3 ou 6 dias, apresentaram longevidade de 7 dias, a qual foi similar ao controle (JOYCE, et al., 2000). O prolongamento do armazenamento em baixa temperatura diminuiu a longevidade e aumentou a perda de peso, após exposição das flores de *Zinnia elegans* à temperatura ambiente (BRACKMANN et al., 1998). Além disso, a vida de vaso e abertura floral de *Polianthes tuberosa* foi reduzida quando submetidas a 0, 5, 10 e 15°C, por 4, 8, 12 e 16 dias. (WAITHAKA et al., 2001).



**Figura 1.** Efeito do tempo de armazenamento à 10°C sobre (A) longevidade (—●—) e vida pós-armazenamento (---○---) e (B) comportamento da respiração (—●—) e produção de etileno (—○—) de inflorescências de *E. ibaguense*.

Flores tropicais geralmente são armazenadas entre 7°C e 15°C, pois temperaturas menores podem causar injúrias por frio (*chilling*) com sintomas de descoloração das flores, lesões necróticas nas pétalas e folhas, bem como atraso na abertura do botão após o armazenamento (NOWAK e RUDNICKI, 1990), porém, a sensibilidade de uma planta ou

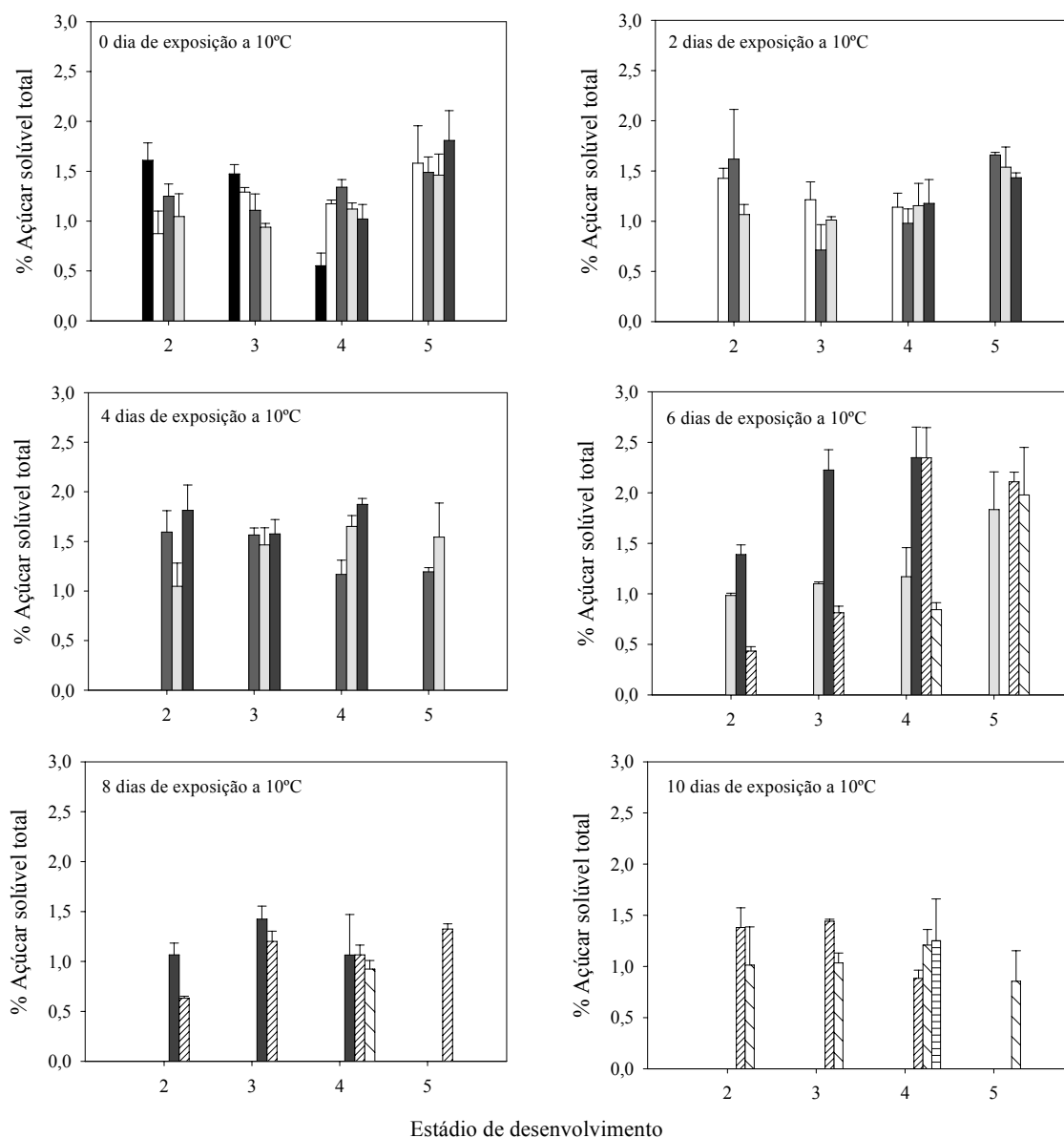
parte dela ao *chilling* varia em função da espécie, cultivar, parte da planta e tempo de exposição à baixa temperatura. Nenhum desses sintomas foi observado nas inflorescências de *E. ibaguense* durante o armazenamento e nem após serem transferidas para temperatura ambiente, confirmando a faixa de temperatura sugerida para flores de origem tropical.

A vida de vaso das inflorescências de *E. ibaguense*, após exposição a 10°C, foi continuamente reduzida durante 10 dias de armazenamento (Figura 1A). O decréscimo mais acentuado (2,4 vezes) foi observado nas inflorescências que permaneceram por 8 ou 10 dias sob armazenamento refrigerado, seguida por aquelas armazenadas por 6 dias (1,5 vezes), e finalmente por aquelas estocadas por 2 ou 4 dias (1,2 vezes). Resultados semelhantes foram obtidos por FINGER et al. (2003), pois a vida de vaso das flores de *Strelitzia reginae*, submetidas ao armazenamento refrigerado, foi continuamente reduzida quando o período estendeu-se de 7 para 28 dias. Em flores de lírio ‘Brussels’ recém-colhidas houve um aumento significativo na porcentagem de abscisão das gemas, redução no florescimento e vida de vaso em comparação com flores armazenadas a 2°C (SONG e PENG, 2004). DELAPORTE et al. (2000) verificaram que independentemente do tempo de armazenamento a 3°C (0, 7 ou 14 dias), a vida de vaso de *Eucalyptus* sp. foi de 11 dias. A temperatura ideal variou de 0-5°C, visto que a longevidade foi inversamente proporcional ao tempo de armazenamento e temperatura (WAITHAKA et al., 2001).

A taxa de respiração é um índice do potencial de armazenamento, pois indica a taxa de consumo de açúcares e outros substratos orgânicos. A taxa de produção de CO<sub>2</sub> foi decrescente até 6 dias à 10°C, sendo que houve elevação de 21% e 44% após este período, em relação ao controle (Figura 1B). JOYCE et al. (2000) verificaram redução de 4 vezes na taxa respiratória de inflorescências de *Grevillea* ‘Sylvia’ submetidas à 10°C comparada à 22°C, sendo superior ao verificado para a espécie em estudo, pois o maior decréscimo (1,5 vezes) foi observado nas inflorescências armazenadas por 6 dias.

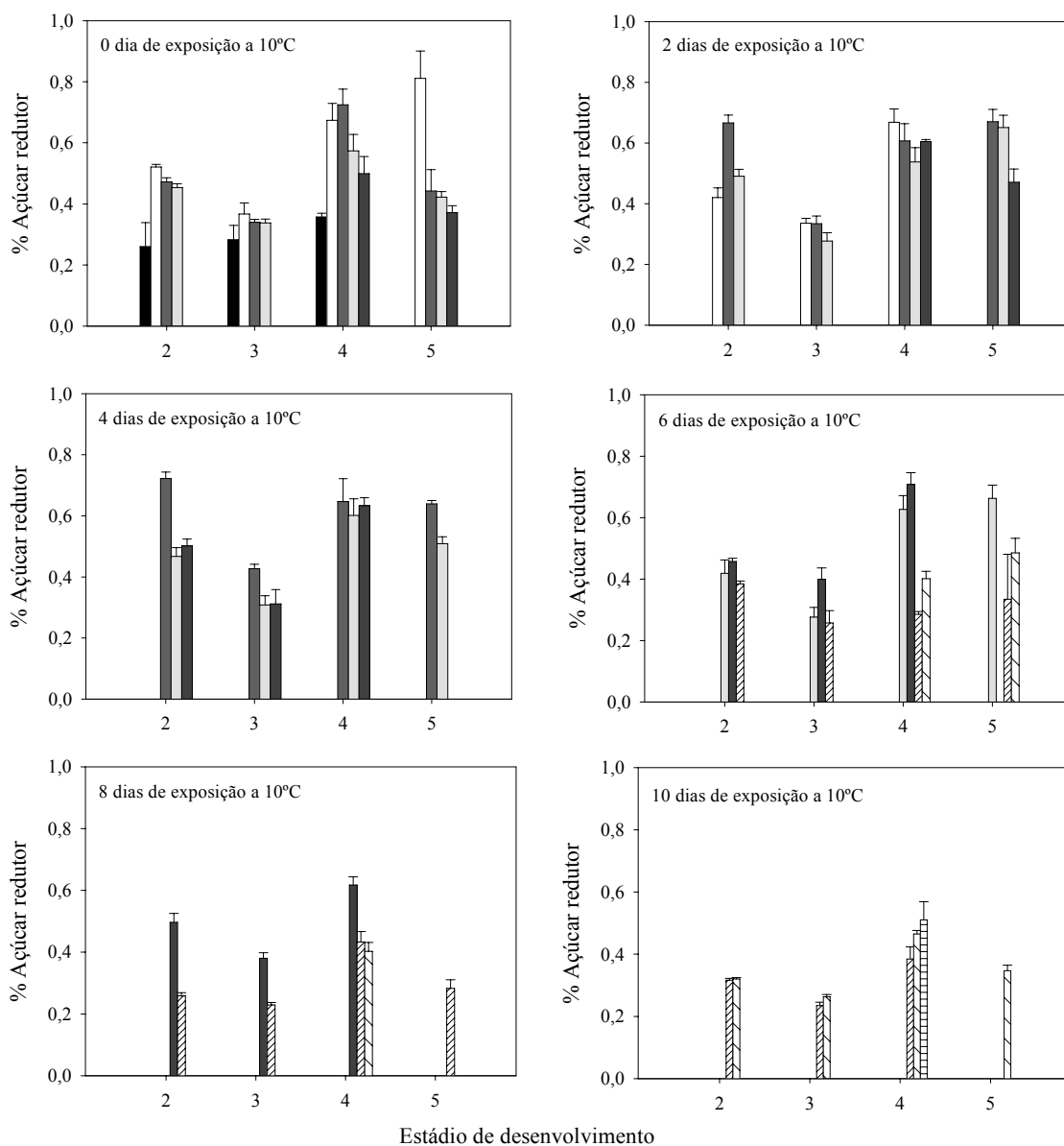
A produção de etileno por inflorescências de *E. ibaguense* aumentou com o período de exposição ao frio, havendo saturação ao 8º dia, representado pelo aumento de 3,7 vezes em relação ao não armazenamento (Figura 1B). Esse resultado coincidiu com o aumento respiratório. O etileno é um importante fator que influencia a longevidade de *Epidendrum ibaguense*, visto que acelera a abscisão e senescência das flores (MORAES et al., 2007), e o uso de inibidores da ação do etileno induz efeitos positivos no prologamento da vida de vaso da espécie (FINGER et al., 2008). RUDNICKI et al. (1991) encontraram uma produção excessiva de etileno em flores de corte armazenadas a baixas temperaturas, o que acelerou o murchamento e senescência.

Os estádios iniciais de desenvolvimento da abertura da flor de *E. ibaguense*, não armazenados no dia da colheita, tiveram redução nos teores de carboidrato solúvel total durante o armazenamento, sendo que comportamento contrário foi observado para as flores nos estádios mais avançados. Os efeitos da baixa temperatura sobre a porcentagem de açúcar solúvel total foram dependentes do período de exposição ao frio e do estágio de desenvolvimento, visto que quando a duração foi de 2, 8 e 10 dias houve redução após a retirada da câmara fria, ocorrendo o inverso nos demais tempos, sendo os efeitos mais pronunciados no botão e flor aberta (Figura 2). A redução nos níveis de açúcar solúvel total, após exposição por 8 e 10 dias a 10°C, pode ser explicada pelo aumento da taxa respiratória, havendo consumo de substrato. Este comportamento foi contrário ao verificado em batata, pois o armazenamento em condições de baixa temperatura (4–6°C) estimulou o acúmulo de açúcares solúveis, principalmente glicose, frutose e sacarose, o que leva ao adoçamento (KUMAR et al., 2004). Os carboidratos têm sido identificados como componentes-chave na regulação da senescência em brócolis (COUPE et al., 2003). Todavia, MIAO et al. (2007) não observaram diferenças significativas na concentração de açúcares solúveis em frutos de *Cucumis sativus* armazenados, durante a noite, a 12 ou 22°C, provavelmente porque o transporte de água e outros componentes foi restrito pela baixa temperatura noturna.



**Figura 2.** Porcentagem de açúcar solúvel total, ao longo da vida pós-colheita, de estruturas florais de *E. ibaguense* submetidas a 10°C, sendo (■) 0 dia; (□) 2 dias; (■) 4 dias; (■) 6 dias; (■) 8 dias; (▨) 10 dias; (▩) 12 dias e (▧) 14 dias após a colheita.

Durante a vida pós-colheita das estruturas florais de *E. ibaguense* verificou-se aumento nos teores de açúcar redutor, nas flores não-armazenadas a 10°C. Todavia, este comportamento não foi observado quando as inflorescências foram expostas ao armazenamento refrigerado por 2, 4 e 8 dias, já que houve redução após a retirada dessa condição e permanência em condições de temperatura ambiente (Figura 3). A permanência das inflorescências por 0, 6 ou 10 dias, sob refrigeração, pode ter promovido adoçamento



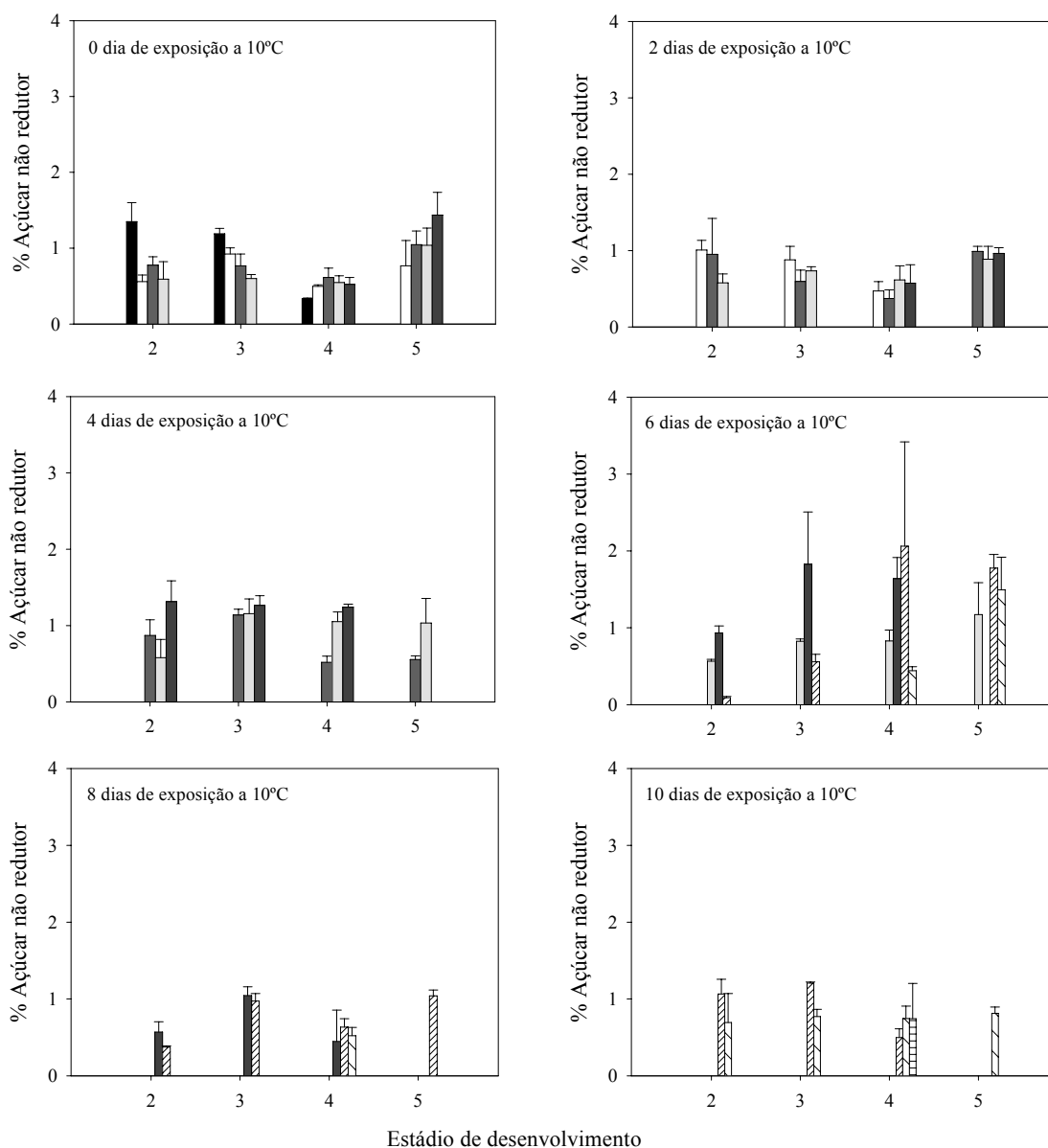
**Figura 3.** Porcentagem de açúcar redutor, ao longo da vida pós-colheita, de estruturas florais de *E. ibaguense* submetidas a 10°C, sendo (■) 0 dia; (□) 2 dias; (■) 4 dias; (■) 6 dias; (■) 8 dias; (▨) 10 dias; (▩) 12 dias e (▨) 14 dias após a colheita.

induzido pelo frio, já que houvesse acúmulo de açúcares redutores. Investigações prévias sobre a função dos carboidratos e injúria por frio têm sido realizadas, sendo que os resultados são conflitantes. PURVIS e GRIERSON (1982) sugeriram que o aumento nos níveis de açúcares redutores em toranja, durante o armazenamento frio, corresponde a um mecanismo de defesa. Contudo, o acúmulo de açúcar em tangerinas não precedeu a resistência à injúria

por frio (HOLLAND et al., 1999). Além disso, os dados encontrados por HOLLAND et al. (2002) sugerem que o estresse pelo frio não estimula a elevação nos açúcares redutores.

O aumento verificado na porcentagem de açúcar redutor pode ter influenciado a ação de etileno e, conseqüentemente, a longevidade, uma vez que YANAGISAWA et al. (2003) demonstraram que a glicose aumenta a degradação do receptor etileno insensível 3 (EIN3), um regulador transcricional chave na cadeia de sinalização, pelas hexocinases. RAPAKA et al. (2007) observaram correlação negativa entre resposta ao etileno e níveis de glicose, assim como com outros carboidratos não-estruturais e amido. Contudo, a possibilidade é que vários *pools* de carboidratos são inter-convertidos, resultando na produção de glicose. Em relação ao conteúdo de açúcar não-redutores de inflorescências de *E. ibaguense* não-armazenadas, verificou-se comportamento diversificado, pois houve redução nos estádios iniciais, ocorrendo o inverso nas flores senescentes. De maneira geral, o armazenamento refrigerado não foi eficaz em reduzir os níveis de açúcares não redutores, sendo que este acúmulo de sacarose pode ter sido devido à redução da respiração (Figura 4). Este fato pode explicar a maior longevidade das flores submetidas a 10°C, como foi demonstrado por BRACKMANN et al. (1998), visto que em *Rosa hybrida* L. cv. Sonia, correlações entre a concentração de açúcar nas pétalas e diâmetro floral ou vida de vaso foram positivas. Esses resultados indicam que a concentração de carboidratos não-redutores nos botões e flores é um importante fator na determinação da durabilidade pós-colheita, em todas as temperaturas.

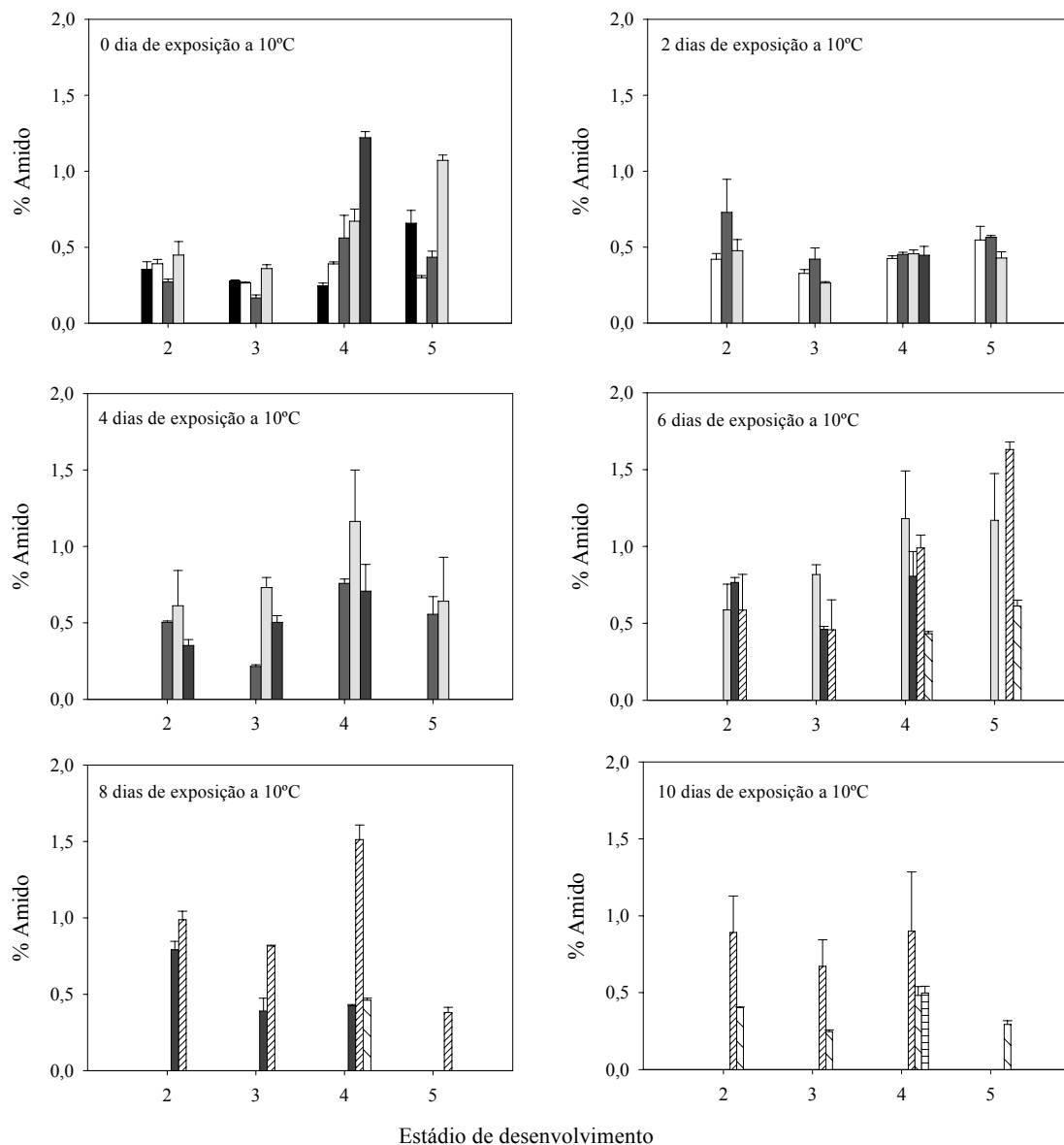




**Figura 4.** Porcentagem de açúcar não redutor, ao longo da vida pós-colheita, de estruturas florais de *E. ibaguense* submetidas a 10°C, sendo (■) 0 dia; (□) 2 dias; (■) 4 dias; (■) 6 dias; (■) 8 dias; (▨) 10 dias; (▩) 12 dias e (▧) 14 dias após a colheita.

A refrigeração elevou os conteúdos de amido em quase todos os estádios e períodos de armazenamento (Figura 5), exceto nas flores no estágio 5, pois períodos prolongados de armazenamento promoveram redução nos teores de amido. Os resultados obtidos diferem dos encontrados para raízes tuberosas armazenadas a 5 e 10°C, pois estas apresentaram redução nos teores de amido de 18,5 para cerca de 12,5%, ao final do armazenamento (RIBEIRO et al., 2007). Contudo, nas inflorescências de *E. ibaguense* mantidas a 10°C, por 10 dias,

encontrou-se uma redução destes valores de 55, 63 e 46% nos estádios 2, 3 e 4, respectivamente (Figura 5), provavelmente devido ao maior período de exposição, visto que a atividade da endo- e exo-amilase, bem como da fosforilase do amido, são elevadas sob tais condições, sendo que diversos autores têm mostrado que a transferência de tubérculos para condições frias promovem a indução de  $\beta$ -amilase (HILL et al., 1996; NIELSEN et al., 1997).

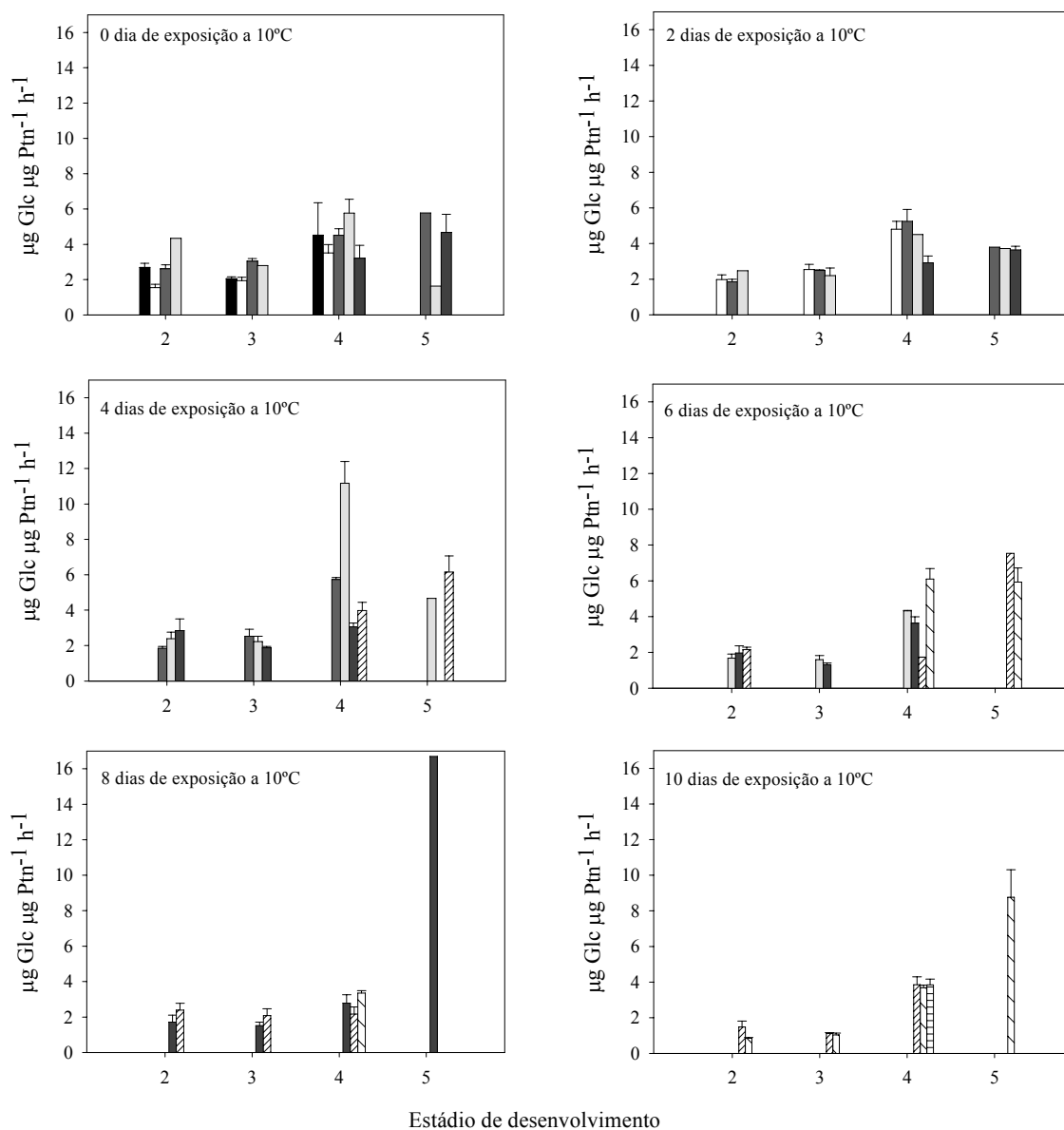


**Figura 5.** Porcentagem de amido, ao longo da vida pós-colheita, de estruturas florais de *E. ibaguense* submetidas a 10°C, sendo (■) 0 dia; (□) 2 dias; (■) 4 dias; (■) 6 dias; (■) 8 dias; (▨) 10 dias; (▩) 12 dias e (▨) 14 dias após a colheita.

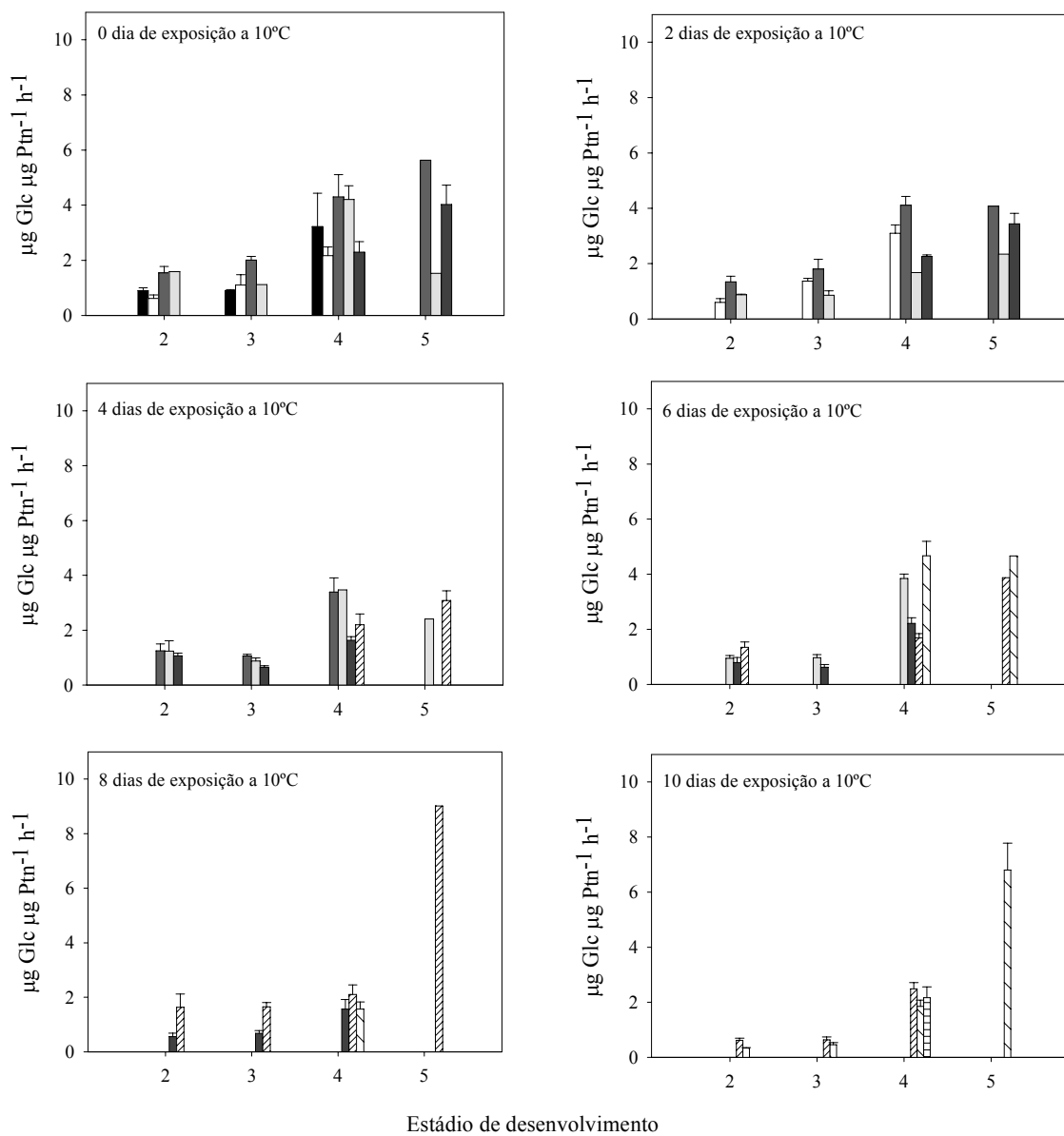
Há informações de que frutos climatéricos adoçam-se sob condições pós-colheita, como resultado da degradação de amido e conversão para açúcares solúveis (BEAUDRY et al., 1989; HUBBARD et al., 1990; MACRAE et al., 1992; SOLA et al., 1994), fato observado em inflorescências de *E. ibaguense*.

A atividade das três enzimas degradadoras de sacarose foi elevada pela refrigeração, sendo que a invertase solúvel ácida foi a principal enzima atuante nos estádios de desenvolvimento de *E. ibaguense*, devido a maior atividade, principalmente durante a senescência (Figuras 6, 7 e 8). HUANG et al. (1999) demonstraram que batata doce (*Ipomoea batatas* L. Lam) armazenada sob diferentes temperaturas (4,5; 15,6 e 24°C) apresentou atividade da invertase ácida superior, indicando ser a enzima crítica na regulação dos níveis de hexoses para a respiração. A atuação da sintase da sacarose foi maior nos botões retirados da câmara fria, após permanecerem por 2 ou 4 dias sob tais condições, visto que apresentaram valores de 5,96 e 8,13  $\mu\text{g glicose } \mu\text{g prote\u00edna}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , respectivamente (Figura 8). Embora a indução na atividade da invertase ácida pela exposição à baixa temperatura tenha sido demonstrada em diversas espécies, em beterraba açucareira, armazenada a 4°C, a atividade das invertases solúvel e insolúvel não foi afetada pelo armazenamento frio, em discordância com os dados obtidos no presente estudo. Todavia, a sintase da sacarose desempenhou a principal atividade sacarolítica em raízes de beterraba açucareira, sendo responsável por aproximadamente 90% da atividade (KLOTZ e FINGER, 2004). Essa divergência foi também verificada em frutos de maçã (*Malus domestica* Borkh. cv. Reinette du Canada), uma vez que a atividade da sintase da sacarose aumentou gradualmente, cerca de 5 vezes, durante o armazenamento refrigerado. A atividade das invertases ácida e alcalina foi similar a da sintase da sacarose no início do armazenamento, mas não houve mudanças consideráveis durante a exposição a 4°C (DUQUE et al., 1999).

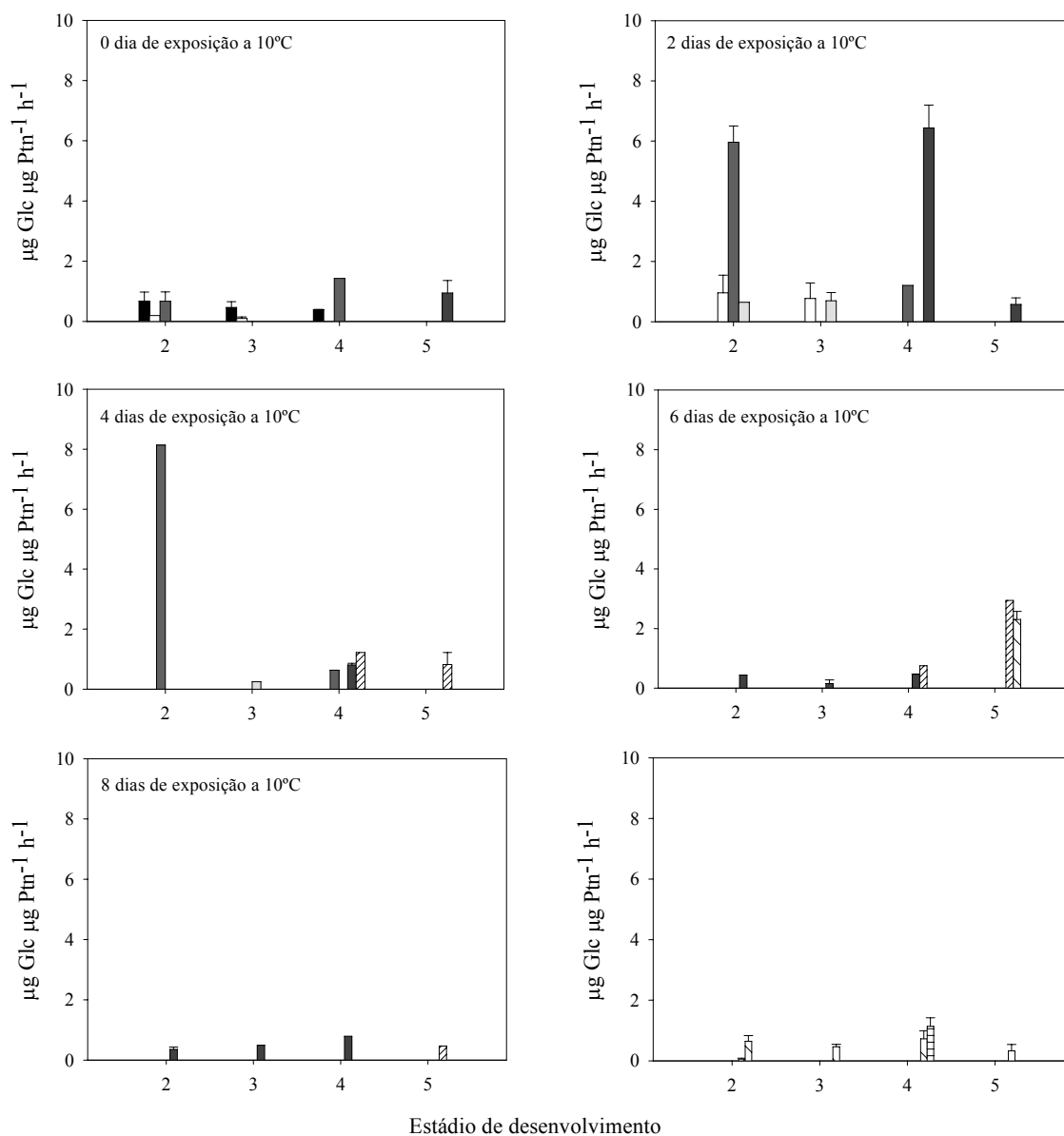
Em relação ao período de exposição, pode-se observar que não houve diferenças significativas quanto aos conteúdos de carboidratos solúveis e de reserva, bem como na atividade enzimática, exceto quando as inflorescências permaneceram por 10 dias sob refrigeração.



**Figura 6.** Atividade da invertase ácida, ao longo da vida pós-colheita, de estruturas florais de *E. ibaguense* submetidas a 10°C, sendo (■) 0 dia; (□) 2 dias; (■) 4 dias; (■) 6 dias; (■) 8 dias; (▨) 10 dias; (▩) 12 dias e (▨) 14 dias após a colheita.



**Figura 7.** Atividade da invertase alcalina, ao longo da vida pós-colheita, de estruturas florais de *E. ibaguense* submetidas a 10°C, sendo (■) 0 dia; (□) 2 dias; (■) 4 dias; (■) 6 dias; (■) 8 dias; (▨) 10 dias; (▩) 12 dias e (≡) 14 dias após a colheita.



**Figura 8.** Atividade da sacarose sintase, ao longo da vida pós-colheita, de estruturas florais de *E. ibaguense* submetidas a 10°C, sendo (■) 0 dia; (□) 2 dias; (■) 4 dias; (■) 6 dias; (■) 8 dias; (▨) 10 dias; (▨) 12 dias e (▨) 14 dias após a colheita.

#### 4. CONCLUSÕES

1. A longevidade de inflorescências de *E. ibaguense* mostrou-se diretamente proporcional ao período de refrigeração, enquanto a vida de vaso foi reduzida;
2. A taxa de produção de CO<sub>2</sub> foi decrescente até 6 dias de exposição a 10°C, seguida por elevação;
3. A exposição dos estruturas florais de *E. ibaguense* por 2, 8 e 10 dias à refrigeração causou redução nos níveis de açúcar solúvel total;
4. A baixa temperatura de armazenamento, após 2, 4 e 8 dias, reduziu a porcentagem de açúcares redutores em inflorescências de *E. ibaguense*;
5. O armazenamento refrigerado não foi eficaz em reduzir os níveis de açúcar não redutores;
6. A refrigeração promoveu aumento no conteúdo de amido, exceto quando as estruturas florais foram submetidas a 10°C por 10 dias;
7. A atividade das três enzimas degradadoras de sacarose, invertase ácida, invertase alcalina e sacarose sintase, foi aumentada pelo armazenamento refrigerado, sendo a invertase solúvel ácida a mais atuante.

#### 5. REFERÊNCIAS

BEAUDRY, R.M.; SEVERSON, R.F.; BLACK, C.C.; KAYS, S.J. Banana ripening: Implications of changes in glycolytic intermediate concentrations, glycolytic and gluconeogenic carbon flux, and fructose 2,6-bisphosphate concentration. **Plant Physiology**, v. 91, p. 1436–1444, 1989.

BELLÉ, R.A.; MAINARDI, J.C.C.T.; MELLO, J.B.; ZACHET, D. Abertura floral de *Dendranthema grandiflora* Tzvelev. 'Bronze Repin' após armazenamento a frio seguido de "pulsing". **Ciência Rural**, v. 34, p. 63-70, 2004.

BOROCHOV, A.; WOODSON, W.R. Physiology and biochemistry of flower petal senescence. **Horticultural Reviews**, v. 11, p. 15–43, 1989.

BRACKMANN, A.; BELLÉ, R.A.; BORTOLUZZI, G. Armazenamento de *Zinnia elegans* Jacq. em diferentes temperaturas e soluções conservantes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 4, p. 20-25, 1998.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein–dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248–254, 1976.

COUPE, S.A.; SINCLAIR, B.K.; GREER, L.A.; GAPPER, N.E.; WATSON, L.M.; HURST, P.L. Analysis of acid invertase gene expression during the senescence of broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 27–37, 2003.

DELAPORTE, K.L.; KLIEBER, A.; SEDGLEY, M. Postharvest vase life of two flowering *Eucalyptus* species. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, p. 181–186, 2000.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

DUQUE, P.; BARREIRO, M.G.; ARRABAÇA, J.D. Respiratory metabolism during cold storage of apple fruit. I. Sucrose metabolism and glycolysis. **Physiologia Plantarum**, v. 107, p. 14–23, 1999.

FINGER, F.L.; MORAES, P.J.; MAPELI, A.M.; BARBOSA, J.G.; CECON, P.R. Longevity of *Epidendrum ibaguense* flowers as affected by pre-loading treatments and vase solution. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 83, p. 144–147, 2008.

FINGER, F.L.; MORAES, P.J.; BARBOSA, J.G.; GROSSI, J.A.S. Vase life of bird-of-paradise flowers influenced by pulsing and term of cold storage. **Acta Horticulturae**, v. 628, p. 863-867, 2003.

GOLDSTEIN, A.; LAMPEN, J.O.  $\beta$ -D-Fructofuranoside fructohydrolase from yeast. **Methods in Enzymology**, v. 42, p. 504-511, 1975.

HAN, S.S. Role of sucrose in bud development and vase life of cut *Liatrix spicata* (L.) Willd. **HortScience**, v. 27, p. 1198–1200, 1992.



HILL, L.M.; REIMHOLZ, R.; SCHRODER, R.; NIELSEN, T.H.; STITT, M. The onset of sucrose accumulation in cold-stored potato tubers is caused by an increased rate of sucrose synthesis and coincides with low levels of hexose-phosphates, an activation of sucrose phosphate synthase and the appearance of a new form of amylase. **Plant, Cell and Environment**, v. 19, p. 1223-1237, 1996.

HOLLAND, N.; SALA, J.M.; MENEZES, H.C.; LAFUENTE, M.T. Carbohydrate content and metabolism as related to maturity and chilling sensitivity of cv. 'Fortune' mandarins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 2513–2518, 1999.

HOLLAND, N.; MENEZES, H.C.; LAFUENTE, M.T. Carbohydrates as related to the heat-induced chilling tolerance and respiratory rate of 'Fortune' mandarin fruit harvested at different maturity stages. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, p. 181–191, 2002.

HUANG, Y.H.; PICHA, D.H.; KILILI, A.W.; JOHNSON, C.E. Changes in invertase activities and reducing sugar content in sweetpotato stored at different temperatures. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 4927-4931, 1999.

HUBBARD, N.; PHARR, D.M.; HUBER, S.C. Role of sucrose phosphate synthase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climacteric. **Plant Physiology**, v. 94, p. 201–208, 1990.

JOYCE, D.C.; MEARA, S.A.; HETHERINGTON, S.E.; JONES, P. Effects of cold storage on cut Grevillea 'Sylvia' inflorescences. **Postharvest Biology and Technology**, v. 18, p. 49–56, 2000.

KLOTZ, K.; FINGER, F. Contribution of invertase and sucrose synthase isoforms to sucrose catabolism in developing sugarbeet roots. **Journal of Sugar Beet Research**, v. 39, p.1–24, 2002.

KLOTZ, K.L.; FINGER, F.L.; SHELVER, W.L. Characterization of two sucrose synthase isoforms in sugarbeet root. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 41, p.107-115, 2003.

KUMAR, D.; SINGH, B.P.; KUMAR, P. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. **Annals of Applied Biology**, v. 145, p.247-256, 2004.

MACRAE, E.; QUICK, W.P.; BENKER, C.; STITT, M. Carbohydrate metabolism during postharvest ripening in kiwifruit. **Planta**, v. 188, p. 314–323, 1992.

MAPELI, A.M.; FINGER, F.L.; BARBOSA, J.G.; BARROS, R.S.; OLIVEIRA, L.S.; SEGATTO, F.B. Influence of temperature on respiration, ethylene production and longevity of cut orchid (*Epidendrum ibaguense*) flower. In: **9th International Symposium on Postharvest Quality of Ornamental Plants**, 2008, Odense. 9th International Symposium on Postharvest Quality of Ornamental Plants (Abstracts). Odense : ISHS, 2008. p. 8-8.

McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; WENS, H.S. Determination of starch and amylase in vegetables. **Analytical Chemistry**, v. 22, p. 1156-1158, 1950.

MEIR, S.; PHILOSOPH, H.; MICHAELI, R.; DAVIDSON, H.; FOGELMAN, M.; SCHAFFER, A., 1995. Improvement of the keeping quality of mini-gladiolus spikes during prolonged storage by sucrose pulsing and modified atmosphere packaging. **Acta Horticulturae**, v. 405, p. 335–342, 1995.

MIAO, M.; XU, X.; CHEN, X.; XUE, L.; CAO, B. Cucumber carbohydrate metabolism and translocation under chilling night temperature. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, p. 621-628, 2007.

MOR, Y. Long term storage of roses. **Acta Horticulturae**, v. 261, p. 271-279, 1989.

MORAES, P.J. **Crescimento, caracterização da abertura floral e manejo pós-colheita de flores de *Epidendrum ibaguense* Kunth**. 2003, 110f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG).

MORAES, P.J.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; CECON, P. R. Longevidade pós-colheita da orquídea *Epidendrum ibaguense*. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 13, p. 31–37, 2007.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for determination of glucose. **Journal Biology Chemistry**, v. 135, p. 136-75, 1944.

NIELSEN, T.H.; DEITING, U.; STITT, M. A  $\beta$ -amylase in potato tubers is induced by storage at low temperature. **Plant Physiology**, v. 113, p. 503-510, 1997.

NOWAK, J.; RUDNICKI, R.M. **Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant**. Portland: Timber Press, 1990. 210p.

POMPODAKIS, N.E.; TERRY, A.L.; JOYCE, D.C.; LYDAKIS, D.E.; PAPADIMITRIOU, M.D. Effect of seasonal variation and storage temperature on leaf chlorophyll fluorescence and vase life of cut roses. **Postharvest Biology and Technology**, v. 36, p. 1-8, 2005.

PURVIS, A.C.; GRIERSON, W. Accumulation of reducing sugar and resistance of grapefruit peel to chilling injury as related to winter temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 107, p. 139–142, 1982.

RAPAKA, V.K.; FAUST, J.E.; DOLE, J.M.; RUNKLE, E.S. Diurnal carbohydrate dynamics affect postharvest ethylene responsiveness in portulaca (*Portulaca grandiflora* ‘Yubi Deep Rose’) unrooted cuttings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 293–299, 2007.

RIBEIRO, R.A.; FINGER, F.L.; PUIATTI, M.; CASALI, V.W.D. Vida útil e metabolismo de carboidratos em raízes de mandioquinha-salsa sob refrigeração e filme de PVC. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 453-458, 2007.

RUDNICKI, R. M.; GOZCZYNSKA, D. M.; TOMASZ, R. Bud opening and long term storage of spray carnations. **Acta Horticulturae**, v. 261, p. 265-70, 1989.

RUDNICKI, R.M.; NOWAK, J.; GOZCZYNSKA, D.M. Cold storage and transpiration conditions for cut flowers, cuttings and potted plants. **Acta Horticulturae**, v. 298, p. 225-231, 1991.

SOLA, M.M.; GUTIERREZ, M.; VARGAS, A.M. Regulation of hexosephosphate cycle determines glucose and fructose accumulation in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) during ripening. **Journal Plant Physiology**, v. 144, p. 569–575, 1994.

SONG, L.L.; PENG, Y.H. Effect of cold storage on sensitivity of cut lily to ethylene. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 79, p. 723–728, 2004.

SUTTLEWORTH, F.S.; ZIM, H.S.; DILLON, G.W. **Orquídeas, guia dos orquidófilos**. Rio de Janeiro: Expressão e Cultura, 3.ed., p. 158, 1991.

TAYLOR, M. N.; JOYCE, D. C.; WEARING, A. H.; SIMONS, D. H. Influence of fungal pathogens and environmental conditions on disease severity, flower fall and desiccation of harvested Geraldton waxflower 2. Studies with commercial packages. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 105–115, 2001

VAN DOORN, W.G. Role of soluble carbohydrates in flower senescence: a survey. **Acta Horticulturae**, v. 543, p. 179–183, 2001.

WAITHAKA, K.; REID, M.S.; DODGE, L.L. Cold storage and flower keeping quality of cut tuberose (*Polianthes tuberosa* L.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, v. 76, p. 271-275, 2001.

YANAGISAWA, S.; YOO, S.D.; SHEEN, J. Differential regulation of EIN3 stability by glucose and ethylene signaling in plants. **Nature**, v. 425, p. 521–525, 2003.

## CONCLUSÕES

Pelos resultados experimentais obtidos pode-se perceber que:

1. A pulverização das inflorescências de *E. ibaguense* com ácido aminooxiacético aumentou a vida de vaso;
2. Aminoetoxivinilglicina, aplicado tanto na forma de *pulsing* como de pulverização, foi eficaz em promover aumento da longevidade de *E. ibaguense*, pois reduz a abscisão floral;
3. O tratamento das inflorescências de *E. ibaguense* com solução de vaso e pré-tratamento com sacarose 20% prolongou a longevidade;
4. As estruturas florais que constituem a inflorescência apresentaram características fisiológicas diferentes, em relação à produção de etileno, respiração e metabolismo de carboidratos, sendo essas divergências intensificadas pela variação na temperatura, tipo e duração do armazenamento.