

**FERNANDA BASTOS SEGATTO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE “POS-PRODUÇÃO” DE PIMENTA  
ORNAMENTAL (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADA EM VASO**

**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  
2007**

**FERNANDA BASTOS SEGATTO**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE “PÓS-PRODUÇÃO” DE PIMENTA  
ORNAMENTAL (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADA EM VASO**

**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: 17 de dezembro de 2007.**

---

**Prof. José Geraldo Barbosa  
(Co-Orientador)**

---

**Prof. Raimundo Santos Barros  
(Co-Orientador)**

---

**Dra. Cleide Maria Ferreira Pinto**

---

**Prof. Paulo José de Moraes**

---

**Prof. Fernando Luiz Finger  
(Orientador)**

*Aos meus pais,  
Delvi Luiz Segatto e Loreine Bastos Segatto.*

*Ao meu irmão  
Marcelo Bastos Segatto.*

*Ao meu amado  
Cleiton.*

***Dedico***

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, pela vida, pelo amor e pelo apoio incondicional, e carinho superando a distância e a saudade, que permitindo desta foram, que este trabalho fosse realizado. Para eles que são mais que tudo aquilo que eu conseguiria descrever em palavras pelo restante de minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal, pela valiosa oportunidade de crescimento profissional.

Ao professor Fernando Luiz Finger, minha gratidão pela orientação, amizade e capacidade de acolhimento generoso e inteligente.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Capes pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores José Geraldo Barbosa e Raimundo dos Santos Barros pela co-orientação, profissionalismo e amizade.

Aos Professores, Paulo Moraes e Cleide Maria, pelas valiosas sugestões e pelo profissionalismo.

Aos amigos Ana Maria, Aninha (japinha), Camila, Clarice, Cuíca, Crislene, Candinha, Eber, Fran, Gi, Hermes, Marialva, Ray, Virgínia, Lu Menoli, Lu Silva, Sá e a mascotinha Larissa pela amizade verdadeira, pelos inúmeros momentos de alegria e companheirismo.

Ao meu colega e amigo Werner, pela paciência, apoio e pelas valiosas sugestões.

Aos colegas/ amigos da turma de 2004 – Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal:

Dudu, Leti, Léo Lucas, Ricardo, Lílian, Malu e Giovani, pela amizade, pelos momentos de descontração, e cujos laços se fortaleceram durante esse período, superando os inúmeros obstáculos na busca deste objetivo.

A todos os colegas e amigos do Laboratório de Pós-colheita: pela amizade e auxílio na realização dos trabalhos.

Aos estagiários Aline, Raul e Rafael pelo auxílio na realização dos trabalhos.

Aos funcionários Geraldo, Ribeiro e Sebastião pela ajuda durante a realização dos trabalhos.

Aos funcionários da Horta Nova pelo auxílio nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos distantes, que sempre estiveram presentes em todos os momentos e que de alguma forma colaboraram.

A todas as pessoas que contribuíram para a conclusão deste trabalho, o meu respeito e gratidão.

## **BIOGRAFIA**

FERNANDA BASTOS SEGATTO, filha de Loreine Bastos Segatto e Delvi Luiz Segatto, nasceu na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, em 07 de maio de 1977.

Em janeiro de 2002, graduou-se em Ciências Biológicas – Licenciatura Plena, pela Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS.

Em março de 2002, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal, pela Universidade Federal de Santa Maria, concluindo-o em 13 de fevereiro de 2004.

Ingressou no curso de Doutorado em Fisiologia Vegetal na Universidade Viçosa em março de 2004. No dia 17 de dezembro de 2007, submeteu-se aos exames finais de defesa de tese.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>X</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos gerais .....	5
1.2 Objetivos específicos .....	5
<b>2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>9</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DOS FRUTOS DE QUATRO GENÓTIPOS DE PIMENTA ORNAMENTAL (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.) CULTIVADOS EM VASO .....</b>	<b>9</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3. RESULTADO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>18</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>21</b>
<b>FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE E A DURABILIDADE PÓS-PRODUÇÃO DE PLANTAS DE PIMENTA ORNAMENTAL (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.) CULTIVADAS EM VASO DURANTE TRANSPORTE E COMERCIALIZAÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
2.1. Experimento 1 - Taxa fotossintética, ponto de compensação e saturação luminoso .....	26
2.2. Experimento 2 - Avaliação da sensibilidade ao etileno .....	28
2.3. Experimento 3 - Tempo de exposição e concentração de etileno.....	30

<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>32</b>
3.1. Experimento 1 - Resposta fotossintética de plantas de pimenta ornamental após simulação parcial de transporte .....	32
3.2. Experimento 2 - Avaliação da sensibilidade de plantas de pimenta ornamental ao etileno.	39
3.3. Experimento 3 - Efeito do tempo de exposição e concentração de etileno em plantas de pimenta ornamental cultivadas em vaso.....	47
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>66</b>
<b>AÇÃO DO 1-MCP NA PÓS-PRODUÇÃO DE PIMENTAS ORNAMENTAIS (CAPSICUM ANNUUM L.) CULTIVADAS EM VASO .....</b>	<b>66</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>69</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>71</b>
<b>4. CONCLUSÕES .....</b>	<b>81</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>82</b>
<b>6. CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>87</b>



## RESUMO

SEGATTO, Fernanda Bastos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2007. **Avaliação da qualidade “pós-produção” de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) cultivada em vaso.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Co-orientadores: José Geraldo Barbosa e Raimundo Santos Barros.

Vários são os problemas encontrados na fase pós-produção que afetam a qualidade e a vida de vaso de plantas e flores ornamentais em geral, sendo a exposição ao etileno e as baixas irradiâncias as quais são submetidas durante o transporte e a comercialização um dos mais importantes. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar fatores que afetam a pós-produção de genótipos de pimenta ornamental, espécie *Capsicum annuum* L., bem como, caracterizar o conteúdo de vitamina C, TSS e o acúmulo de capsaicinóides nos frutos. Para a avaliação dos fatores pós-produção como sensibilidade ao etileno e os efeitos causados pela baixa irradiância durante o transporte e a comercialização além da caracterização bioquímica, foram utilizados quatro genótipos: acesso BGH 1039, acesso BGH 7073, cultivar Calypso e cultivar MG. Já para avaliação da influência do tempo de exposição e concentração de etileno, bem como a ação do 1-MCP utilizou-se o acesso BGH 1039 e cultivar Calypso devido à alta sensibilidade ao etileno (verificado em experimento preliminar). Foi verificado em todos os genótipos alto conteúdo de vitamina C e sólidos solúveis totais. O acesso BGH 7073 apresentou alta concentração de capsaicina e dihidrocapsaicina. Os maiores teores de capsaicina e dihidrocapsaicina foram observados em frutos imaturos para a maioria dos genótipos estudados ocorrendo decréscimo com o amadurecimento. A fotossíntese dos genótipos de pimenta ornamental cultivados em vaso diminuiu consideravelmente após 48 h de escuro e sem irrigação. Em condições de interior ( $8-10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ), os genótipos de pimenta ornamental estavam sob condições de irradiância próximo ao ponto de compensação luminoso. Os genótipos BGH 1039, BGH 7073, Calypso e MG apresentaram diferentes níveis de sensibilidade ao etileno. As folhas dos quatro genótipos de pimenta ornamental estudados apresentam maior sensibilidade ao etileno que os frutos, exceto para a cultivar Calypso, a qual não apresentou

abscisão dos frutos após aplicação de etileno, não diferindo do controle. O 1-MCP reduziu a abscisão das folhas do acesso BGH 1039 e cultivar Calypso. O pré-tratamento com  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP foi efetivo em bloquear a ação do etileno na concentração de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  aplicado por 48 h, aumentando a qualidade e a durabilidade comercial durante o transporte e a comercialização de plantas de pimenta ornamental em vaso.

## ABSTRACT

SEGATTO, Fernanda Bastos, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2007. **Evaluation quality "post-production" of ornamental pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivated in pots.** Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-Advisers: José Geraldo Barbosa and Raimundo Santos Barros.

There are many problems found in the post-production phase that affect both the quality and the pot life of ornamental plants and flowers. In general, ethylene and low irradiances that occur during both the transportation and the marketing are the most important factors. In this way, the goals of this work were to evaluate factors that affect the post-production of ornamental pepper genotypes, species *Capsicum annuum* L., and to characterize the vitamin C and total soluble solids (TSS) contents and the accumulation of capsaicinóides in the fruits. In order to evaluate the post-production factors, such as sensitivity to ethylene and the effects caused by low irradiance during both the transportation and the commercialization, in addition to the biochemical characterization, the following four genotypes were utilized: BGH 1039 access, BGH 7073 access, Capypso cultivar and MG cultivar. To evaluate the influence of the exposition time, ethylene concentration and the action of the 1-MCP, the BGH 1039 access and the Calypso cultivar were utilized due to their high sensitivity to ethylene (confirmed in previous experiments). In all genotypes were found high concentrations of both vitamin C and TSS. The BGH 7073 access showed both high levels of capsaicina and dihidrocapsaicina. The high levels of capsaicina and dihidrocapsaicina were observed in immature fruits and the level of these compounds decreased as the fruits matured. The photosynthesis of the genotypes of ornamental pepper cultivated in pots decreased considerably after 48 hours under dark and without irrigation. Under inside conditions ( $8-10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ), the genotypes of ornamental pepper were under conditions of irradiance close to the luminous compensation point. The genotypes BGH 1039, BGH 7073, Calypso and MG showed different levels of sensitivity to ethylene. The leaves of the four ornamental pepper genotypes studied showed more sensitivity to ethylene than the fruits, except for the Calypso cultivar that did not show abscission of the fruits

after the ethylene application not differing from the control. The 1-MCP diminished the abscission of leaves of both BGH 1039 access and Calypso cultivar. The pre-treatment with  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  of 1-MCP was effective in blocking the action of the ethylene that was applied during 48 hours in the concentration of  $10 \mu\text{L L}^{-1}$ , increasing both the quality and the commercial life of ornamental pepper in potted during both the transportation and marketing.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O setor de Flores e Plantas Ornamentais vem nos últimos anos, se destacando expressivamente no agronegócio brasileiro. Tal destaque se dá principalmente no que tange à estrutura organizada de mercado, à diversificação de espécies e variedades, à difusão de novas tecnologias de produção, à profissionalização dos agentes da cadeia, bem como na sua integração (Cançado *et al.*, 2005). Além dos tradicionais países produtores de flores e plantas ornamentais como Holanda, Itália, Dinamarca e Japão; o mercado mundial está se expandindo como um todo. Atualmente, os principais países exportadores são a Holanda, Colômbia, Dinamarca, Itália, Israel, Bélgica, Costa Rica, Canadá, EUA, Quênia, Alemanha, entre outros (Motos, 2003).

As condições de produção do Brasil, dotado de diversidade de solo e clima, permitem o cultivo de um infinito número de espécies e conferem aos produtos brasileiros oportunidades de abrirem espaços e de se firmarem no mercado internacional. O comércio de flores e plantas ornamentais no Brasil, que vem crescendo em média de 20% ao ano e as perspectivas apontam para um valor de exportação do setor em torno de 80 milhões de dólares para o ano 2007, que representa um aumento de 515% desde 2000 (Barboza, 2005). Mesmo apresentando excelentes resultados e ótimas perspectivas, o comércio de plantas e flores ornamentais, ainda apresentam grande potencial a ser explorado. A exigência do mercado consumidor por produtos de qualidade e de maior valor agregado, juntamente com os efeitos da globalização, concorre para a necessidade de mudança na forma em que as cadeias produtivas vêm operando (Junqueira & Peetz, 2007).

Dentre os principais problemas que a floricultura brasileira tem que superar está o manejo pós-colheita inadequado. Ainda faltam conhecimento e tecnologias de colheita e principalmente, pós-colheita que visem à redução de perdas, que no Brasil chegam atingir 40% da produção (Tagliacozzo & Castro, 2001). Assim, o abastecimento contínuo e com qualidade, deve ser uma preocupação constante dos produtores.

De modo geral, a comercialização e distribuição de flores e plantas ornamentais ocorrem através de centrais de comercialização, onde o Estado de São Paulo detém a maior parte (em torno de 70%), seguido pelos estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais (Junqueira & Peetz, 2007). A localização da produção, centros de distribuição e comercialização é fator importante nessa atividade agrícola. Cerca de 90% da produção e do consumo de flores e plantas ornamentais se dá em um raio de 500 km entre eles, dado que os custos de transporte e distribuição de produtos altamente perecíveis como esses limitam as distâncias para comercialização (Kras, 1999). O principal modal utilizado para transporte de flores e plantas ornamentais dentro do país é o terrestre, já no caso de produções destinadas a exportação, em razão da velocidade utilizada, o transporte aéreo é o que melhor preserva a qualidade, integridade e frescor do produto, porém seu custo é o mais elevado. Mas, tanto o transporte aéreo, como o terrestre, apresentam problemas a serem sanados. A inexistência de câmeras frias nos aeroportos e compartimentos de carga dos aviões, a utilização de caminhões não climatizados, distância entre o produtor e o consumidor, o transporte plantas e flores ornamentais conjuntamente com frutos e hortaliças permitem o aumento da concentração de etileno, elevação da respiração, além das más condições das rodovias do país, representam uma grande lacuna na infra-estrutura da cadeia para conservar os produtos adequadamente (Junqueira & Peetz, 2005). Por isso, o transporte merece atenção especial para que assegure a qualidade do produto até o consumidor final.

Outro fator importante que interfere na qualidade e durabilidade comercial das plantas na pós-produção é a intensidade de luz as quais são submetidas tanto dentro dos locais de venda, como na própria casa do consumidor final. Geralmente nesses locais de interior, as plantas ficam expostas a baixas intensidades luminosas, que variam geralmente, entre 8 a 15  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  (Gibbs *et al.*, 1989). Estudos indicam que baixas intensidades luminosas podem diminuir a longevidade de flores de *Crossandra* (Gibbs *et al.*, 1989) e aumentar a abscisão de folhas e flores em plantas de *Capsicum annuum* 'Janne' (Hoyer, 1996).

As espécies do gênero *Capsicum* possuem uma grande variabilidade genética sendo empregadas para diferentes fins, com excelente potencial para a comercialização como planta ornamental de vaso. A altura e forma de

crescimento das plantas variam de acordo com a espécie e as condições de cultivo. As folhas apresentam tamanhos, colorações e formatos variáveis. O fruto destaca-se pelas múltiplas formas, tamanhos, colorações e pungências. A coloração dos frutos maduros, geralmente, é vermelha, mas pode variar desde o amarelo-leitoso, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho, roxo até preto. O formato varia entre e intra espécies, existindo frutos alongados, arredondados, triangulares ou cônicos, campanulados ou retangulares. A fácil propagação das sementes, tempo relativamente curto de germinação, a tolerância ao calor e harmonia de vaso, contribuem para o sucesso na utilização destas plantas como ornamentais (Stommel & Bosland, 2006).

Vários são os problemas encontrados na fase de pós-produção que afetam a qualidade e a vida de vaso de plantas ornamentais em geral, sendo a exposição ao etileno um dos mais importantes, principalmente durante o transporte e comercialização, onde as plantas muitas vezes são expostas a condições de baixa luminosidade e altas temperaturas (Hoyer, 1996). O etileno é um fitormônio produzido em baixa concentração por todas as flores e plantas. Sua função é importante no crescimento e desenvolvimento, processo de floração, amadurecimento de frutos e no processo de senescência. Se há muito etileno no ar circundante (gases de exaustão ou por frutas maduras), as flores e plantas sensíveis ao etileno sofrerão murchamento, secagem do botão, epinastia, abscisão de folhas, flores e frutos, entre outros (Woltering *et al.*, 1996). Porém, a concentração de etileno requerida para causar estes efeitos é dependente de fatores como o tempo de exposição, temperatura, estágio de desenvolvimento e sensibilidade da espécie ou variedade (Hoyer, 1996).

O mecanismo de percepção do etileno consiste na ligação a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína (ETR1), que possui um sítio de ligação do fitormônio. Sua ativação se dá por dois possíveis passos: o próprio receptor ativa o fitormônio ou, o que parece mais provável, uma via de sinalização formada por mensageiros secundários vão ao núcleo da célula e induzem a expressão gênica. Conseqüentemente, a formação de novos mRNAs e novas proteínas desencadeia uma série de respostas inerentes ao etileno (Kluge *et al.*, 2002). Partindo deste princípio, o bloqueio da ligação do etileno ao seu receptor, pode reduzir a

produção autocatalítica e a sua ação, diminuindo e/ou retardando os efeitos na planta.

A vida pós-colheita de muitas espécies de plantas ornamentais pode ser prolongada pelo uso de compostos que inibem a síntese ou ação de etileno (Serek & Reid, 1993). O aminoetoxivinilglicina (AVG), um inibidor da síntese do etileno, é uma das alternativas para a conservação de flores e plantas ornamentais (Serek & Sisler, 2001). Esta substância pode impedir a transformação da S-adenosilmetionina (SAM) em 1- aminociclopropano -1- ácido carboxílico (ACC) por inibir a atividade da enzima sintase do ACC (Yang & Hoffman, 1984). Outra forma de controle dos efeitos do etileno é a utilização de inibidores da ação que, no tratamento de flores, geralmente é mais eficaz do que a dos inibidores da síntese, pois bloqueiam o efeito do etileno exógeno presente na atmosfera de armazenamento, durante o transporte e a comercialização do produto (Porat *et al.*, 1995). Vários são os compostos capazes de bloquear a ligação do etileno ao seu receptor na célula, causando inibição dos efeitos deste hormônio, como é o caso do 2,5-norbornadieno (NBD) e do diazocyclopentadieno (DACP), que retardaram o amadurecimento de maçãs (Blankenship & Sisler, 1989, 1993; Gong & Tian, 1998), mas por serem tóxicos não têm sido comercialmente aceitos. O 1-metilciclopropeno (1-MCP ou C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>) é um composto volátil recentemente descoberto e que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno (Serek *et al.*, 1995). Embora o 1-MCP seja um gás, é formulado como pó, o qual libera o ingrediente ativo quando misturado a uma solução básica ou água. O 1-MCP retarda a senescência de flores cortadas e plantas envasadas, quando aplicado em baixíssimas concentrações (Serek *et al.*, 1994, 1995; Porat *et al.*, 1995; Sisler *et al.*, 1996).

Em pimenta ornamental, são poucos os estudos realizados a respeito dos fatores pós-produção que afetam a qualidade e durabilidade comercial durante transporte, em ambientes de baixa luminosidade, sensibilidade ao etileno, e ação de anti-etilenos para o aumento da longevidade em vaso.



## 1.1 Objetivos gerais

Avaliar fatores que afetam a qualidade pós-produção de dois acessos e duas cultivares de pimenta ornamental da espécie *Capsicum annuum* L.

## 1.2 Objetivos específicos

- caracterizar bioquimicamente frutos de dois acessos e dois cultivares de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) cultivadas em vaso para potencial de consumo;
- avaliar os efeitos da exposição ao etileno durante a pós-produção das plantas de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) cultivadas em vaso;
- avaliar a eficiência do uso de inibidores da ação do etileno sobre a longevidade de plantas de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) cultivadas em vaso.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOZA, L.C. Jardim de oportunidades: Canteiro de negócios. Série Agronegócio, **SEBRAE** - Brasília. n. 1, p. 7-11, 2005.

BLANKENSHIP, S.M.; SISLER, E.C. 2,5-norbornadiene retards apple softening. **HortScience**, v. 24, p. 313-314, 1989.

BLANKENSHIP, S.M.; SISLER, E.C. Response of apples to diazocyclopentadiene inhibition of ethylene binding. **Postharvest Biology and Technology**, v. 3, p. 95-101, 1993.

CANÇADO, J.F., PAIVA, B.M. de; ESTANISLAU, M. Leticia L. Perspectivas para exportação de flores e plantas ornamentais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 26, n. 227, p. 6-102, 2005.

GIBBS, M.M.; BLESSINGTON T. M. ; PRICE J. A. ; YIN-TUNG, W. Postproduction effects of light level and duration on flowering and quality of Crossandra. **HortScience**, v. 24, n. 4, 1989.

GONG, Y.; TIAN, M.S. Inhibitory effect of diazocyclopentadiene on the development of superficial scald in 'Granny Smith' apples. **Plant Growth Regulation**, v. 26, p. 117-121, 1998.

HOYER, L. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* "Janne" is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 4, p. 621-628, 1996.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, v. 16, p. 187-193, 1999.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Las exportaciones brasileñas de flores y plantas ornamentales crecen más del 124% entre 2001 y 2006. **Horticultura Internacional**, n. 56, p. 76-78, 2007.

KLUG, R.A., JACOMINA, A.P., OJEDA, R. M., BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 7, p. 895-901, 2002.

KRAS, J. Marketing of cut flowers in the future. **Acta Horticulturae**, v. 482, p. 401-405, 1999.

MOTOS, J.R. A produção de flores e plantas ornamentais no Brasil e no mundo, 2003. Disponível em: <[http://www. flortec.com.br/Artigo10.htm](http://www.flortec.com.br/Artigo10.htm)>. Acesso em: 13 julho. 2006.

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. 88, p. 243-250, 1995.

SEREK, M. & E.C. SISLER. Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, n. 23, p. 61-166, 2001.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, v. 394, p. 337-345, 1995.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, p. 572-577, 1994.

SISLER, E.C.; SEREK, M.; DUPILLE, E. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 18, p. 169-174, 1996.

STOMMEL, J.R., BOSLAND, P.W. Ornamental pepper, *Capsicum annuum*. In: Anderson, N. **Flower Breeding and Genetics: Issues, Challenges and opportunities for the 21st Century**. Netherlands: Springer. p. 561-599. 2006.

TAGLIACOZZO, G.M.D.; CASTRO, C.E.F. Manutenção da qualidade pós-colheita em antúrios. In: Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais. **Anais**, São Paulo, 2001. p 30.

WOLTERING, E.. Effects of ethylene on ornamental pot plants: A classification. **Scientia Horticulturae**, v. 31, p. 283-94, 1996.

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

## **CAPITULO I**

### **CARACTERIZAÇÃO BIOQUÍMICA DOS FRUTOS DE QUATRO GENÓTIPOS DE PIMENTA ORNAMENTAL (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADOS EM VASO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O gênero *Capsicum*, cujos frutos são as pimentas e os pimentões, constitui-se de plantas da família Solanaceae, à qual pertencem também o tomate e a batata. No Brasil, a produção de pimenta vem crescendo muito nos últimos anos, devido a versatilidade de suas aplicações culinárias, industriais, medicinais e ornamentais (Bosland, 1993). Enquanto nos Estados Unidos e Europa, pimentas ornamentais em vaso são muito populares (Bosland & Votava, 1999). No Brasil, o cultivo de pimentas ornamentais em vaso tem se expandido em função da fácil propagação das sementes, diversidade de cores, formas, quantidade e duração dos frutos, e, particularmente do porte anão destas plantas, tornando-as atrativas ao consumidor.

As substâncias responsáveis pelo sabor picante são o alcalóide lipófilo capscina ou capsaicina (8-metil-N-vanilil-6-nonenamida) e mais quatro outros compostos relacionados, colectivamente chamados capsaicinóides. Cada um destes compostos tem um efeito diferente na boca e as suas diferentes proporções são responsáveis pelas diferentes sensações produzidas pelas diferentes variedades. O grau de pungência é medido na escala de Scoville: o pimentão verde tem um valor de zero unidades Scoville, os jalapeños, 3,000–6,000 e os habaneros até 300,000 unidades. É na extremidade basal do fruto próxima ao pedúnculo que são produzidas as substâncias que dão o sabor picante, por isso, quando se removem as sementes e as membranas onde elas se prendem, pode-se reduzir muito o picante (dependendo também do grau de maturação do fruto) (Bosland, 1993).

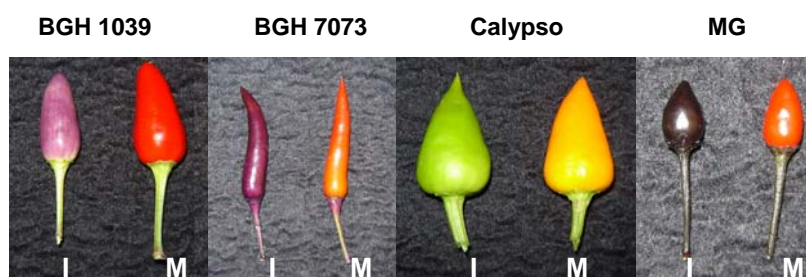
As pimentas, em geral, são conhecidas pelo seu alto teor de vitamina C, sendo comparadas a frutos como goiaba, superando os teores encontrados em frutas cítricas (Carvalho, 1984). O teor de sólidos solúveis é de grande importância nos frutos, tanto para o consumo "in natura" como para o processamento industrial, visto que elevados teores desses constituintes na matéria-prima implicam menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento (Pinheiro *et al.*, 1984).

A identificação de plantas de pimentas quanto às características bioquímica, possibilitará a expansão do seu cultivo, o que atenderá à demanda da indústria alimentícia, farmacêutica e ao cultivo destas plantas em vasos, com fins ornamentais e, também, alimentícios. Com isso, este trabalho teve como objetivo caracterizar bioquimicamente de frutos de dois acessos e duas cultivares de pimenta ornamental.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de novembro de 2005 a Abril de 2006. Foram utilizadas sementes da espécie *Capsicum annuum* dos acessos, BGH1039 e BGH 7073, procedentes do Banco de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, e das variedades 'Mg' e Calypso fornecidas pela Epamig. As sementes de pimenta foram colocadas para germinar em bandeja de isopor contendo substrato comercial. Quando as plantas atingiram o estágio de três pares de folhas verdadeiras, foram transplantadas para vasos de 760 ml, 10 cm de altura e 13 cm de diâmetro da borda. Foram realizadas fertirrigações semanais, até o início da frutificação, com solução nutritiva contendo 150mg ml<sup>-1</sup>/vaso/dia de adubo comercial Ouro verde (15-15-20 NPK + Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn).

Os frutos foram colhidos no estágio ideal para comercialização de pimentas pungentes, ou seja, quando atingiram a total maturação e, portanto, com a coloração final de cada material bem definida, exceto para análise dos capsaicinóides onde se avaliou dois estágios de amadurecimento, imaturo e maduro (Figura1).



**Figura 1** - Estádio de maturação dos frutos dos genótipos BGH 1039, BGH 7073, Calypso e MG, submetidos à análise de capsaicinóides. I= imaturo; M= maduro

Foram estudadas as seguintes variáveis: teor de sólidos solúveis (TSS), vitamina c e capsaicinóides. Os sólidos solúveis (°Brix) foram determinados em refratômetro do tipo Abbé, e seus resultados corrigidos para 25°C, para a determinação do teor de vitamina C (Vit C) seguiu-se a metodologia de Tillmans descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (1985). A mesma consta da titulação do ácido

ascórbico presente no suco da fruta, utilizando-se uma solução de 2,6-diclorofenolindofenol; usou-se uma solução de ácida (30 gramas de ácido metafosfórico e 80 mL de ácido acético/L) como solvente e estabilizadora da vitamina C. Cerca de 2 gramas de polpa do fruto fresco foram macerados em solução ácida, esse macerado foi filtrado e titulado com solução de Tillmanns.

Para extrair os capsaicinóides (capsaicina e dihidrocapsaicina), 1 g de matéria seca dos frutos foi finamente triturado e misturado a 10 mL de metanol:água (60:40,v/v) e colocado em banho-maria por 5 horas a 60 °C. A mistura foi centrifugada a 4000 rpm, 15 minutos e o sobrenadante filtrado (filtro Milipore Corp, 0.45  $\mu$ m de poro e 25 mm de diâmetro). Amostras de 50  $\mu$ L foram injetadas em um Cromatógrafo de Líquidos de Alta Resolução (HPLC) equipado com coluna C18 e as leituras realizadas com detector 280nm, de acordo com metodologia proposta por Maillard *et al.*, (1997), com modificações. O tampão para análise e separação dos capsaicinóides foi composto por metanol: água:ácido acético (70:29:1, v/v/v), com fluxo de de 1,0 ml/min, a 20°C. A identificação e concentração de capsaicinóides foram estimadas pela comparação com o tempo de retenção e a curva de calibração (Figura 1a e 1b) com os padrões de capsaicina e dihidrocapsaicina (Sigma, EUA).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados de TSS e Vit C foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Para quantificação do conteúdo de capsaicinóides foi utilizada a média (desvio padrão) de quatro repetições.



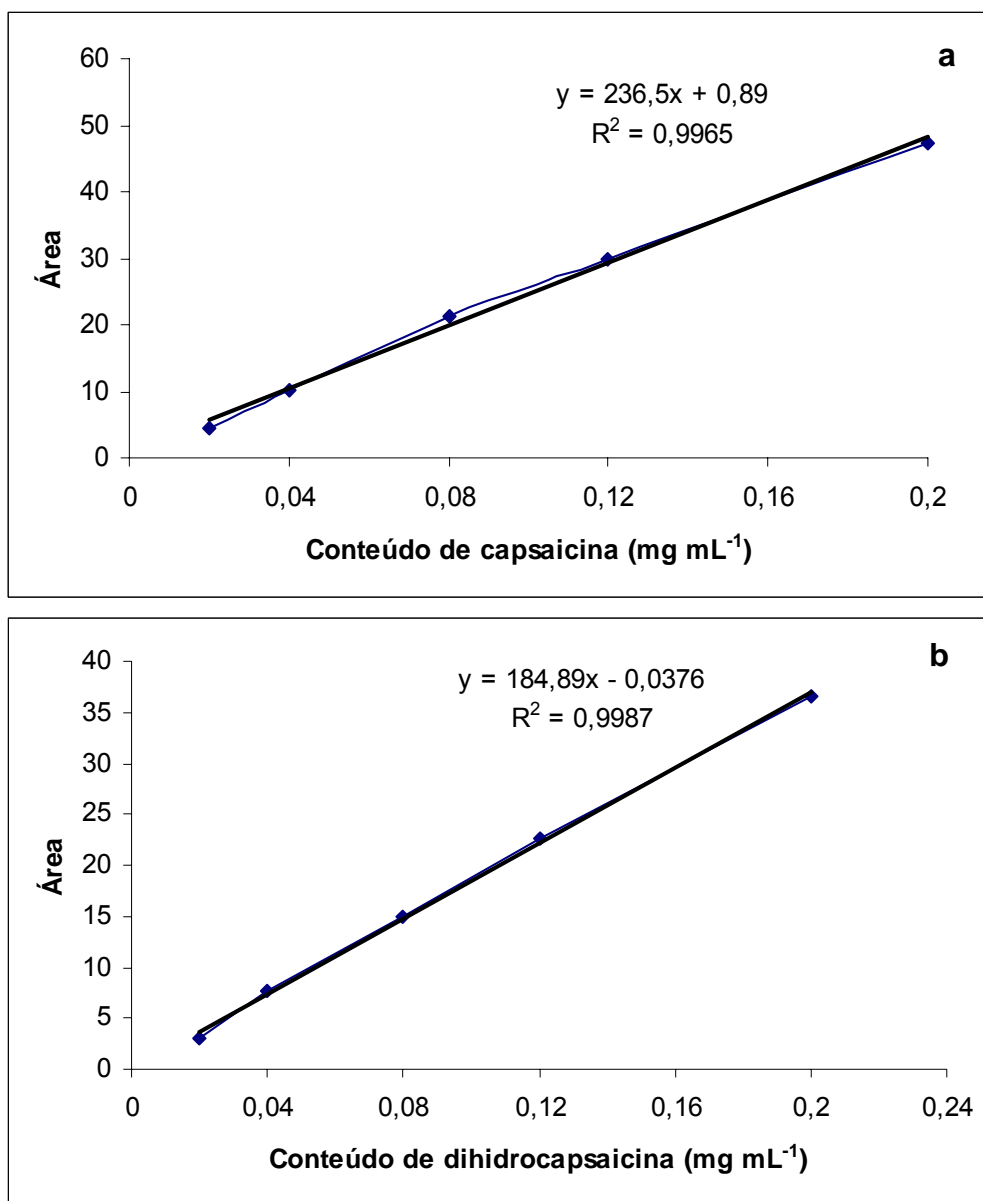


Figura 1- Curva padrão de: a) capsaicina, b) dihidrocapsaicina.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

O teor de sólidos solúveis totais (TSS) entre os genótipos, variou de 8,35° Brix (genótipo BGH 7073), até 12,45° Brix (genótipo MG'), valores semelhantes aos encontrados por Lannes *et al.* (2007) quando analisou 49 acessos de pimenta da espécie *C. chinenses*, em que o teor de sólidos solúveis variou de 6,05 a 10,25%. Quanto maior o teor de sólidos solúveis (ou °Brix), maior será o rendimento industrial e menores serão os custos tanto para produção páprica, pois elas contêm menor conteúdo de água a ser removida durante o processo de secagem, como para produção de molho líquido (Klieber 2001). O teor de sólidos solúveis no fruto, além de ser uma característica genética da plantas, é influenciado pela adubação, temperatura e irrigação (Silva, 2000). Os genótipos BGH 7073 e Calypso não apresentaram diferenças significativas entre si quanto ao teor vitamina C (Tabela 1) com valores superiores aos demais genótipos estudados (Tabela 1). De acordo com Carvalho (1984), o teor de vitamina C encontrado nas pimentas supera o da laranja, com 60 mg por 100 g de polpa, se igualando a de goiaba e de acerola.

**Tabela 1** - Teor de Sólidos solúveis totais (TSS) e concentração de vitamina C (Vit C) dos acessos BGH 1039 e BGH 7073 e das cultivares, 'MG' e Calypso

Tratamentos	Vit C (mg 100g MF <sup>-1</sup> )	TSS (%)
BGH 1039	108,823 c	11,75 a
BGH 7073	179,629 a	8,35 b
Calypso	177,723 a	8,97 b
MG	136,056 b	12,45 a

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

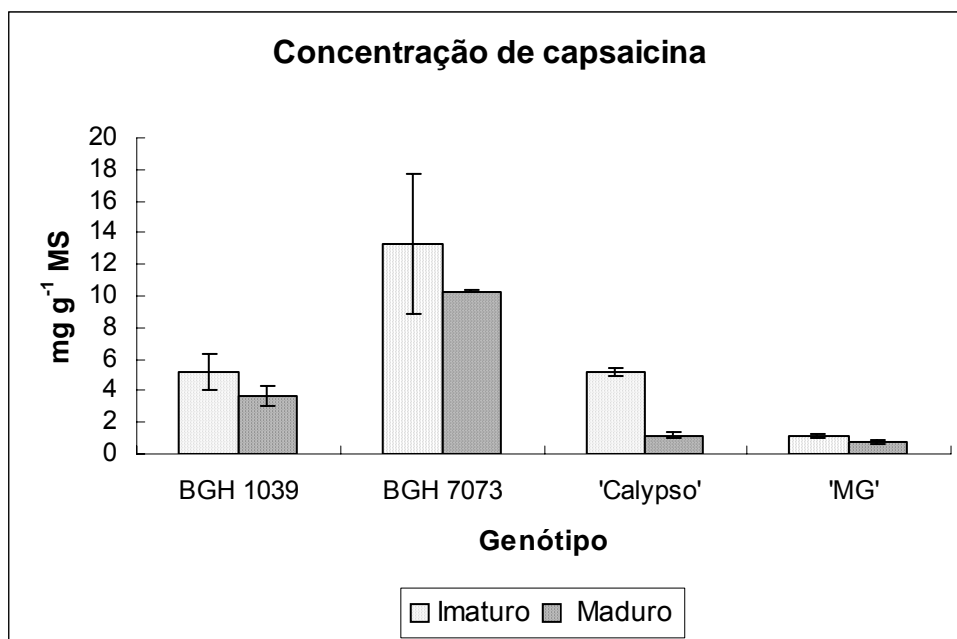
As análises de quantificação dos capsaicinóides, a capsaicina e dihidrocapsaicina mostram que em três dos quatro genótipos essas substâncias são encontradas em maiores quantidades nos frutos imaturos (Figura 1 e 2). Observa-se que ao longo do amadurecimento as concentrações de capsaicina e

dihidrocapsaicina diminuem na maioria dos genótipos. Estes resultados estão de acordo com os observados por Contreras-Padilla e Yahia (1998) e Garcia *et al* (2005), e mostram que a concentração de capsaicinóides em frutos de três espécies de *Capsicum* é maior nos estádios iniciais de desenvolvimento e decrescem com o amadurecimento. Porém, no genótipo BGH 1039 não foi observado acréscimo no teor de capsaicinóides ao longo do amadurecimento dos frutos (Figura 1 e 2). O genótipo BGH 7073 apresentou alta concentração de capsaicina e dihidrocapsaicina superando os demais (Tabela 2; Figuras 1 e 2), podendo ser usado na indústria alimentícia. Estudos têm mostrado uma relação inversa entre o acúmulo de capsaicinóides com a atividade da enzima peroxidase (Contreras-Padilla e Yahia, 1998; Garcia *et al*, 2005), em que o aumento da atividade da enzima acarreta em diminuição do conteúdo de capsaicinóides, indicando que tais enzimas atuam na oxidação dessas substâncias. Essa conclusão é corroborada pela localização vacuolar da enzima e dos capsaicinóides, em especial da Peroxidase B6 que oxida também alguns precursores destes compostos (Bernal *et al.*, 1995). O amadurecimento acarreta aumento na atividade destas enzimas, assim como acontece em outros frutos durante esse processo. O aumento na atividade das peroxidases durante o amadurecimento de frutos do gênero *Capsicum* tem sido reportado também por outros autores (Bernal *et al.*, 1993; Contreras-Padilla & Yahia, 1998; Garcia *et al*, 2006).

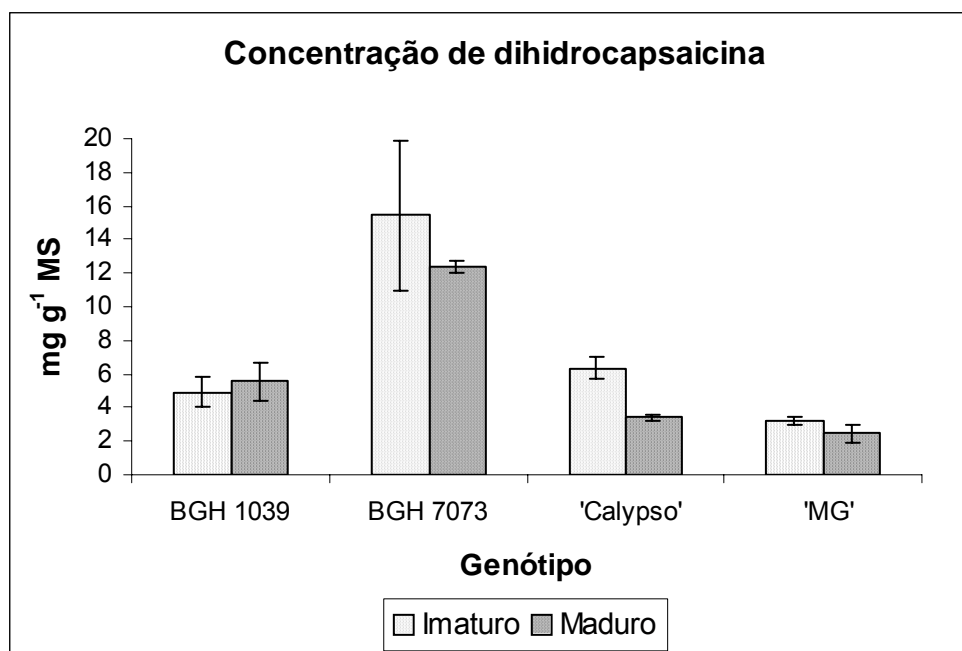
As maiores concentrações de capsaicina e dihidrocapsaicina foram observadas, tanto nos frutos imaturos como maduros no genótipo BGH 7073 (Tabela 2; Figura 1 e 2). Elevados teores de capsaicina, vitamina C e sólidos solúveis, assim como o reduzido tamanho de frutos são características de grande interesse para o processamento (Lannes *et al.*, 2007). Os genótipos além de possuírem características ornamentais, podem ser utilizados em programas de melhoramento com o objetivo de desenvolverem-se cultivares para processamento, devido aos altos teores de capsaicinóides, vitamina C e TSS, desejáveis pela indústria alimentícia para a produção de molhos e condimentos.

**Tabela 2** - Concentração de capsaicina (CAP), dihidrocapsaicina (DH) e a proporção CAP:DH em frutos de pimenta *Capsicum annuum*.

Genótipos	Imaturo			Maduro		
	CAP (mg g MS)	DH (mg g MS)	CAP:D H	CAP (mg g MS)	DH (mg g MS)	CAP:DH
BGH 1039	4,91±1,1	5,18±0,9	1:1,07	3,65±1,7	5,58±1,12	1:1,5
BGH 7073	15,43±4,4	13,28±4,5	1:0,9	10,31±0,16	12,36±0,39	1:1,2
Calypso	6,34±0,26	5,22±0,67	1:0,8	1,16±0,18	3,40±0,14	1:2
MG	3,20±0,14	1,14±0,20	1:0,4	0,77±0,18	2,48±0,53	1:3,2



**Figura 1** - Concentração de capsaicina em frutos de *Capsicum annuum*, acessos BGH 1039 e BGH 7073 e cultivares, MG e Calypso. Os valores são uma média ( $\pm$  desvio padrão) (n= 4).



**Figura 2** - Concentração de dihidrocapsaicina em frutos de *Capsicum annuum*, acessos BGH 1039 e BGH 7073 e cultivares, 'MG' e Calypso. Os valores são uma média ( $\pm$  desvio padrão) (n= 4).

#### 4. CONCLUSÕES

- Todos os frutos dos genótipos de pimenta ornamental estudados, apresentam alto conteúdo de vitamina C e sólidos solúveis totais.
- O acesso BGH 7073 mostra alta concentração de capsaicina e dihidrocapsaicina
- Os maiores teores de capsaicina e dihidrocapsaicina são observados em frutos imaturos para a maioria dos genótipos estudados, ocorrendo decréscimo com o amadurecimento.
- Todos os genótipos podem ser utilizados em programas de melhoramento com intuito de obter plantas ornamentais a com altos teores de sólidos solúveis, vitamina C e Capsaicinóides, podendo dessa forma, serem utilizados tanto para ornamentação como processamento.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNAL, M.A.; CALDERON, A.A.; FERRER, M.A.; MERINO, F.; ROS BARCELO', A. Oxidation of capsaicin and capsaicin phenolic precursors by the basic peroxidase isoenzyme B6 from hot pepper. **J. Agric. Food Chem.** n. 43, p. 352-355. 1995,

BERNAL, M.A.; CALDERÓN, A.A.; PEDREÑO, M.A.; MUÑOZ, R.; BARCELÓ, A.R.; CÁCERES, F.M. Capsaicin oxidation by peroxidase from *Capsicum annuum* (Var. *annuum*) fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, p. 1041-1044, 1993.

BOSLAND, P.W., Breeding for quality Capsicum. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 12, p. 25-31, 1993.

BOSLAND, P.W; VOTAVA, E.J. **Peppers: vegetable and spice capsicums**, CABI Publishing. 1999. 204p.

CARVALHO, V.D. Características químicas de pimentas e pimentos. **Informe Agoecuario**, v. 10, n. 113, p. 76-78, 1984.

CONTRERAS-PADILLA, M.; YAHIA, E.M. Changes in capsaicinoids during development, maturation and senescence of chile peppers and relation with peroxidases activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 46, p. 2075-2079, 1998.

GARCÍA, J.A.B.; MUÑOZ, L.M.G.; GÓMEZ, M.S.H. Caracterización fisiológica y bioquímica de los frutos de cuatro accesiones de ají amazónico pertenecientes a la diversidad del género *Capsicum* para su conservación y uso. **Acta Biológica Colombiana**, v. 10, n. 1, p. 79, 2005

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3 ed. São Paulo, 1985, v. 1, 533p.

KLIEBER, A. Paprika spice production. In: DRIS, R. Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products, Quality Management. **Science Publishers**, p. 133-156 , 2001.

MAILLARD, M.N.; GIAMPAOLI, P.; RICHARD, H.J.; Analysis of eleven capsaicinoids by reversed-phase high performance liquid chromatography. **Flavour and Fragrance Journal**, v.12, p.409-413, 1997.

PINHEIRO, R.V.R.; MARTELETO, L.O.; SOUZA, A.C.G. de; CASALI, W.D.; CONDÉ, A.R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, v. 31, p. 360-387, 1984.

SILVA, J.B.C. Produção mundial e nacional. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L. de B. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia / EMBRAPA-CNPH, 2000, p. 8-11.



## **CAPÍTULO II**

### **FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE E A DURABILIDADE PÓS-PRODUÇÃO DE PLANTAS DE PIMENTA ORNAMENTAL (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADAS EM VASO DURANTE TRANSPORTE E COMERCIALIZAÇÃO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A floricultura, em seu amplo sentido, abrange o cultivo de flores e plantas ornamentais com variados fins, que incluem desde as culturas de flores para corte, plantas envasadas até a produção de mudas arbóreas. As condições de produção do país, dotado de diversidade de solo e clima, permitem o cultivo de um grande número de espécies e conferem aos produtos brasileiros oportunidades de abrirem espaços e de se firmarem no mercado internacional (Informe Agropecuário, 2005).

Vários são os problemas encontrados na fase de pós-produção que afetam a qualidade e a vida de vaso de plantas ornamentais em geral, sendo a exposição

ao etileno um dos mais importantes. Essa exposição ocorre principalmente durante o transporte e comercialização, onde as plantas são submetidas a várias situações de estresse como baixa luminosidade e altas temperaturas (Hoyer, 1996).

O transporte é um dos principais fatores que influenciam na qualidade e longevidade das plantas. Sabe-se que no Brasil as condições de transporte de produtos hortícolas em geral e das flores e plantas ornamentais são ainda precárias, sendo geralmente, realizado em caminhões baú sem isolamento térmico, sem ventilação e iluminação e, geralmente, sob condições de elevada temperatura, sem refrigeração. Em muitos casos, flores e plantas ornamentais são transportadas junto a hortaliças e frutos, aumentando, com isso, a concentração de etileno no interior dos caminhões. Além disso, o tempo médio de transporte, das principais regiões produtoras, Sul e Sudeste, via terrestre, para abastecimento de regiões como Pará, Estados do Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Piauí, pode levar de 36 a 48 horas. Mesmo com uso de caminhões refrigerados, estes são geralmente abertos durante o trajeto, quebrando a cadeia do frio, gerando problemas fisiológicos, como abscisão, amarelecimento e amadurecimento das folhagens, além da ocorrência de doenças fúngicas e bacterianas (Junqueira e Peetz, 2002).

O etileno é um fitormônio produzido em baixa concentração por todos os órgãos da planta (Verdugo *et al.*, 2003), e que regula uma série de processos de desenvolvimento e está associado a resposta a estresses. O etileno age induzindo abscisão de folhas, amadurecimento de frutos, senescência de órgãos, germinação de sementes e crescimento de plântulas. Geralmente a taxa de produção de etileno, pelas células, aumenta com a maturação, as injúrias físicas, a incidência de doenças, o aumento da temperatura, até 35 °C, e o estresse hídrico (Kader, 1992). Em diversas espécies ornamentais o etileno exerce importante papel na aceleração da senescência, resultando na deterioração dos tecidos e conseqüente redução da vida pós-colheita. A resposta do tecido vegetal ao etileno é acompanhada pela indução autocatalítica do próprio hormônio, ou seja, a exposição do tecido ao etileno estimula a sua própria biossíntese, devido ao aumento das enzimas sintase do ACC e oxidase do ACC. Um dos possíveis mecanismos que contribuem para a indução da biossíntese do etileno é a

mudança na receptividade do tecido ou na sensibilidade ao etileno (Altvorst & Bovy, 1995). Conforme relataram Nowak & Rudnicki (1990), as plantas variam quanto ao grau de sensibilidade ao etileno, de acordo com a espécie estudada. A idade também é importante, já que se observa a existência de relação direta entre idade da planta e sensibilidade ao etileno, e quanto mais velho o tecido, menores serão as concentrações de etileno necessárias para desencadear o processo de senescência (Porat *et al.*, 1995).

Se há muito etileno no ar circundante (gases de exaustão ou produzidos por frutas maduras), as flores e plantas sensíveis ao etileno sofrerão murchamento, seca do botão, abscisão de folhas, flores e frutos, entre outros (Woltering *et al.*, 1993). Porém, a concentração de etileno requerida para causar estes efeitos é dependente de fatores como o tempo de exposição, temperatura, estágio de desenvolvimento, sensibilidade da espécie ou variedade (Hoyer, 1996).

Outro aspecto importante tanto para produção como para pós-produção, é a intensidade e a qualidade da luz disponível para as plantas. Açúcares e amido são sintetizados e armazenados nas hastes, folhas e pétalas e fornecem o carbono para abertura e manutenção das flores durante a pós-produção (Serek & Trolle, 2000). A durabilidade e a conservação da qualidade das plantas envasadas e de corte são geralmente limitadas pela incapacidade da manutenção da fotossíntese sob condições de baixa luminosidade nos ambientes de interior onde as plantas são vendidas (floriculturas, supermercados) e no interior das casas (Serek & Trolle, 2000). A capacidade de tolerar um estresse moderado é importante para a propagação da espécie, em ambientes diferentes do seu habitat natural. A manutenção da integridade do aparelho fotossintético durante o estresse é significativo como característica de resistência, uma vez que permite recuperação da fotossíntese após o estresse luminoso e hídrico (Liu & Dickmann, 1993).

Dentre as plantas ornamentais cultivadas em vaso, as pimentas têm-se destacado pela crescente e contínua aceitação pelo mercado consumidor (Upnmoor, 2003). Em princípio, qualquer espécie de pimenta poderia ser utilizada como planta ornamental, porém as de menor porte, com frutos coloridos, eretos e vistosos, são as mais indicadas para o plantio em vasos, devido às qualidades estéticas, principalmente na decoração de ambientes internos (Vieira, 2002).

Pertencente a família das solanáceas, as espécies do gênero *Capsicum* são conhecidas como pimentas e pimentões. O centro de origem desse gênero encontra-se nas Américas, embora sejam atualmente cultivadas em regiões tropicais e temperadas do planeta (Casali & Couto, 1984).

No entanto, existem poucos estudos a respeito da qualidade pós-produção destas plantas e o seu comportamento durante o transporte e quando armazenadas no interior das salas comerciais. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a sensibilidade de plantas de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L.) em vaso, a exposição ao etileno, condições de baixa luminosidade e determinar a extensão dos efeitos causados nas plantas durante o transporte, comercialização e na qualidade e vida pós-produção.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Três experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, nos períodos de novembro de 2005 a Abril de 2006, Janeiro a Abril de 2006 e julho de 2006 a outubro de 2006 respectivamente (Figura 1). Em todos experimentos foram utilizadas sementes da espécie *Capsicum annuum* L. as quais foram colocadas para germinar em bandeja de isopor contendo substrato comercial. Quando as plantas atingiram o estágio de três pares de folhas verdadeiras, foram transplantadas para vasos de 760 mL, 10 cm de altura e 13 cm de diâmetro da borda. Foram realizadas fertirrigações semanais, até o início da frutificação, com solução nutritiva contendo 150 mg mL<sup>-1</sup>/vaso/dia de adubo comercial Ouro verde (15-15-20 NPK + Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn).



**Figura 1** - Produção pimenta ornamental em vaso. Casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia, UVF, MG.

## 2.1. Experimento 1 - Taxa fotossintética, ponto de compensação e saturação luminoso

Foram utilizadas sementes de *Capsicum annuum* L., acessos BGH 1039 e BGH 7073, procedentes do banco do Banco de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, e das variedades MG e Calypso fornecidas pela EPAMIG. As plantas, ao atingirem estágio comercial (com aproximadamente 30% de frutos maduros), foram levadas para um ambiente escuro, simulando parcialmente transporte, por 48 h ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 60-65% UR) e não irrigadas. A simulação de transporte foi parcial, pois, não foram analisados fatores como a vibração e a temperatura. Logo após, as plantas foram retiradas das câmaras e transferidas para uma sala para simulação de interior (lojas, supermercados e casa do consumidor final) sob: temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , 8-10  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  luz fluorescente, UR 60-65%, irrigadas quando necessário. Foram determinadas as taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e a relação da concentração interna e externa de  $\text{CO}_2$  ( $C_i / C_a$ ) antes e uma hora após a simulação de transporte.

A taxa de fotossíntese foi determinada em um sistema fechado com um aparelho portátil para medida da fotossíntese (LI-6200, LICOR) com câmara de 0,25 L, sob concentração ambiente de  $\text{CO}_2$  ( $360 \mu\text{mol mL}^{-1}$ ) em câmara de medição de 1 L. As medidas das variações de  $\text{CO}_2$  foram tomadas no período de 7 às 10 h. O sensor do analisador foi sempre colocado na região mediana da lâmina foliar totalmente expandida. A umidade relativa do ar na câmara de fotossíntese foi mantida em valores aproximadamente iguais aos do ar ambiente. A condutância foliar, a transpiração e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram também medidas com o mesmo equipamento (LI-6200).

A curva de resposta de  $A$  a RFA dos genótipos de pimenta desenvolvidos em casa de vegetação, foi obtida com uma seqüência decrescente (1000, 750, 500, 250, 100, 50, 0  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) de RFA, de forma a obterem-se vários pontos para o ponto de saturação luminosa. Na intersecção da reta no eixo X tem-se o valor do ponto de compensação luminosa [ $G$  ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )]. A curva de resposta de  $A$  em função da RFA foi ajustada à função não-linear,  $Y = \beta_0 + (\beta_1 * X) / (\beta_2 + X)$ , em que,

$\beta_0$  corresponde respiração,  $\beta_1$  é a  $A$  máxima e  $\beta_2$  é um coeficiente de ajuste da equação. A curva de resposta de  $A$ , em relação à RFA foi realizada com 5 repetições, utilizando-se uma planta por genótipo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições, uma planta por vaso e quatro tratamentos (genótipos). Os dados de vida de prateleira foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro. Os demais dados foram submetidos ao erro padrão da média ( $n=5$ ).

## 2.2. Experimento 2 - Avaliação da sensibilidade ao etileno

Neste experimento, foi avaliada a sensibilidade ao etileno de dois acessos e duas variedades de plantas de pimenta ornamental, os acessos, BGH1039 e BGH 7073 provenientes do Banco de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, e as variedades, MG e Calypso, fornecidas pela EPAMIG.

Ao atingirem estágio de desenvolvimento considerado adequado para comercialização, as plantas com aproximadamente 30% de frutos maduros e nenhuma flor, foram levadas ao laboratório de Pós-colheita do Departamento de Fitotecnia, onde foram colocadas em câmaras de 60 L hermeticamente fechadas, no escuro, simulando transporte. e expostas às concentrações de 0,0 e 10  $\mu\text{L L}^{-1}$  (10 ppm) de etileno por 48 horas (Figura 1). A simulação de transporte foi parcial, pois, não foram analisados fatores como a vibração e a temperatura. A concentração de etileno dentro das câmaras durante o período de exposição, foi amostrada e analisada em cromatógrafo a gás GC-14B (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan), com coluna Poropak N e detector de ionização de chama (FID) a cada 12 horas. As áreas de pico de etileno foram transformadas em ppm por meio de um fator de correção obtido pela injeção de um gás padrão com 10 ppm de etileno.

Para a avaliação da qualidade e vida pós-produção, após a aplicação de etileno, as plantas foram transferidas para o interior de uma sala para simulação de interior ( lojas, supermercados e casa do consumidor final): com temperatura de  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , 8-10  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  luz fluorescente, UR 60-65% e irrigadas quando necessário. Foram determinados os níveis de clorofilas e carotenóides antes e após aplicação de etileno. A porcentagem acumulada de abscisão de folhas e frutos e o amarelecimento das folhas foram realizadas a cada três dias a partir do primeiro dia após tratamento, sendo encerradas quando as plantas não apresentavam mais valor comercial (50% de abscisão de folhas e frutos e/ou 50% amarelecimento de folhas).

O amarelecimento das folhas após exposição ao etileno, ao longo dos dias, foi determinado pelo medidor portátil SPAD-502 (Section. Minolta Camer Co., Ltd, Japão), sendo analisadas folhas escolhidas aleatoriamente da base, centro e



ápice de cada planta, sendo realizadas 3 medições por folha, e considerada a média das determinações. Os níveis de clorofila e de carotenóides antes e após aplicação de etileno foram determinados pela técnica de Lichtenthaler (1987), com modificações. As amostras foram retiradas da lâmina foliar, com um perfurador de disco (5 mm de diâmetro), de 3 a 4 folhas de três regiões da planta, base, centro e ápice, totalizando 10 discos por planta. Sob condições de baixa luminosidade, os pigmentos foram extraídos dos tecidos foliares por maceração em almofariz com pistilo, contendo 2 mL de acetona 80% na presença de carbonato de cálcio. Após maceração e filtragem, o papel de filtro foi lavado com acetona e o volume foi ajustado em um balão volumétrico de 25 mL. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 663, 645 e 470 nm. Posteriormente, os valores das leituras de clorofila e de carotenóides foram transformados para  $\text{mg dm}^{-2}$  de clorofila no limbo foliar.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x4 (concentrações x genótipos) com cinco repetições, em que cada repetição foi representada por um vaso contendo uma planta. Os dados referentes a clorofila a, b total e carotenóides foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste t em nível 5% de probabilidade de erro. A abscisão de folhas e frutos e os dados SPAD foram submetidos ao erro padrão da média ( $n=5$ ). Para os resultados de vida de prateleira foi realizada análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste Duncan em nível 5% de probabilidade.



**Figura 1** - Câmaras de 60 L nas quais as plantas foram tratadas com etileno.

### 2.3. Experimento 3 - Tempo de exposição e concentração de etileno

Foram selecionados, para este experimento, o acesso BGH 1039 e a variedade Calypso, por apresentarem alto nível de sensibilidade ao etileno, demonstrado no experimento anterior (experimento 1). As plantas foram expostas às concentrações de 0,0; 1  $\mu\text{L L}^{-1}$  (10 ppm) e 10  $\mu\text{L L}^{-1}$  (1 ppm) de etileno por 24 e 48 h. A concentração de etileno dentro das câmaras, durante o período de exposição, foi amostrado e analisado em cromatógrafo a gás GC-14B (Shimadzu Corp., Kyoto, Japan), com coluna Poropak Q e detector de ionização de chama (FID) a cada 12 h. As áreas dos pico de etileno foram transformadas em ppm por meio de um fator de correção obtido pela injeção de um gás padrão com 10 ppm de etileno.

Para a avaliação da qualidade e vida pós-produção, após a aplicação de etileno, as plantas foram transferidas para o interior de uma sala para simulação de interior (supermercados, lojas e casa do consumidor final): com temperatura de  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , 8-10  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  luz fluorescente, UR 60-65% e irrigadas quando necessário. Foram determinados os níveis de clorofilas e carotenóides antes e após aplicação de etileno. As porcentagens acumulada de abscisão de folhas e frutos e o amarelecimento das folhas foram determinadas a cada três, dias a partir do primeiro dia após tratamento, sendo encerradas quando as plantas não apresentavam mais valor comercial (50% de abscisão de folhas e frutos e/ou 50% amarelecimento de folhas). As plantas controle, que não receberam tratamento com etileno, foram divididas em dois grupos: 1) controle que permaneceu na bancada durante todo o experimento simulando interior e 2) controle que permaneceu na câmara durante 48 h e depois foi colocado na bancada para simulação de interior.

O amarelecimento das folhas após exposição ao etileno, ao longo dos dias, foi determinado com o medidor portátil SPAD-502 (Section. Minolta Camer Co., Ltd, Japão), sendo analisadas folhas escolhidas aleatoriamente da base, centro e ápice de cada planta, sendo realizadas 3 medições por folha, considerando-se a média das determinações (Figura 1).

As determinações dos níveis de clorofila e de carotenóides antes e após aplicação de etileno foram realizadas pela técnica de Lichtenthaler (1987), com modificações. As amostras foram retiradas da lâmina foliar, com um perfurador de disco (5 mm de diâmetro), de 5 a 6 folhas de três regiões da planta, base, centro e ápice, totalizando 10 discos por planta. Sob condições de baixa luminosidade, os pigmentos foram extraídos dos tecidos foliares por maceração em almofariz e pistilo, contendo 2 mL de acetona 80%, na presença de carbonato de cálcio. Após maceração e filtragem, o papel de filtro foi lavado com acetona e o volume foi ajustado em balão volumétrico de 25 mL. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 663, 645 e 470 nm. Posteriormente, os valores dos teores de clorofila e de carotenóides foram transformados para  $\text{mg dm}^{-2}$  de clorofila no limbo foliar.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial  $2 \times 3 \times 2$  (tempo exposição x concentração x genótipo) com cinco repetições. Os teores de clorofila a, clorofila b, clorofila total, carotenóides, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste t, em nível 5% de probabilidade de erro. Os demais dados foram submetidos ao erro padrão da média ( $n=5$ ). Para os resultados de vida de prateleira foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Duncan, em nível 5% de probabilidade.



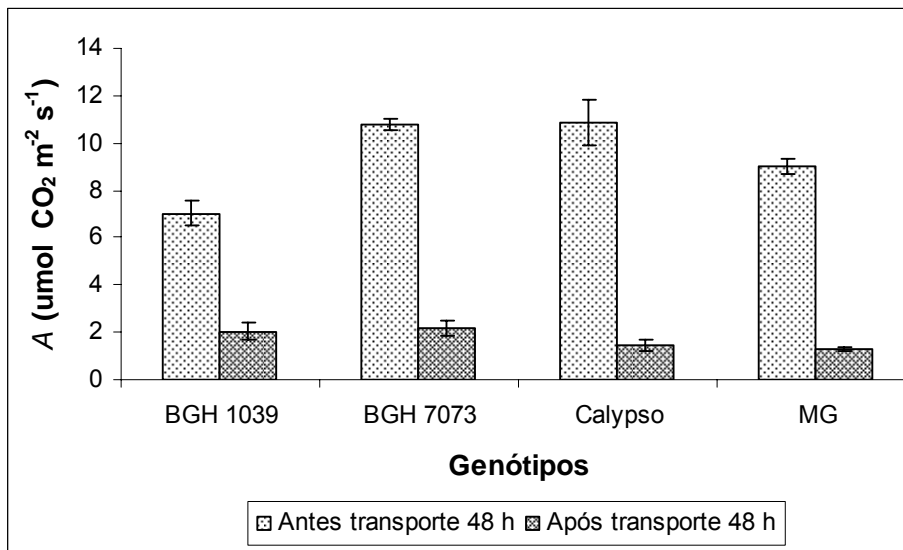
**Figura 1-** Escala de cores e seus valores correspondentes em unidades SPAD em folhas de pimenta ornamental em vaso.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

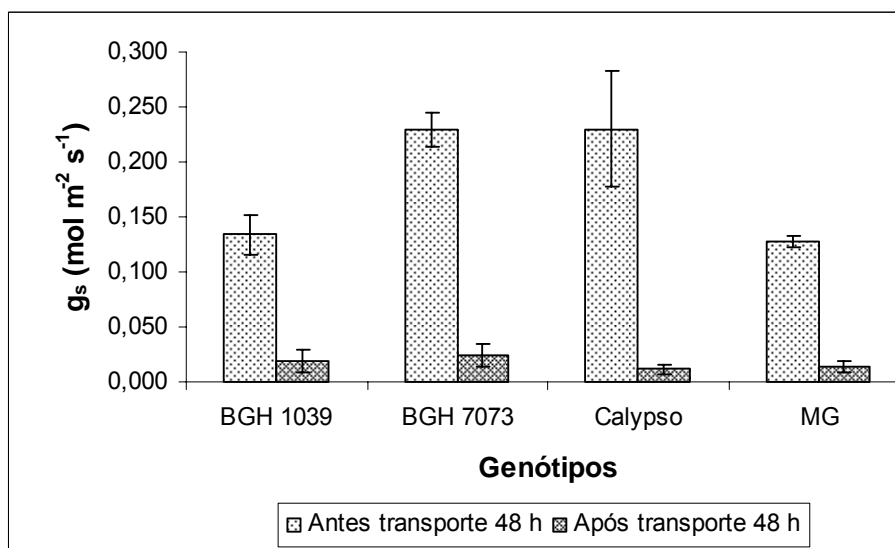
#### 3.1. Experimento 1 - Resposta fotossintética de plantas de pimenta ornamental após simulação parcial de transporte

Foi observada uma queda drástica, em todos os genótipos, na taxa fotossintética ( $A$ ) e na condutância estomática ( $g_s$ ), uma hora após simulação parcial de transporte (Figura 1 e 2). A queda na relação  $C_i/C_a$  antes e após tratamento, não acompanhou em mesmas proporções, os resultados de  $A$  e  $g_s$ , principalmente nos acessos BGH 1039 e BGH 7073 (Figura 1 e 2). Através destes resultados, pode-se inferir que a redução da taxa fotossintética foi provocada não só pela limitação estomática ( $g_s$ ) (Figura 2), mas também, por limitações não estomáticas. Considerando-se que a concentração de  $CO_2$  externo ( $C_a$ ) manteve-se constante, essa diminuição na relação  $C_i/C_a$  deve-se apenas a variações na concentração interna ( $C_i$ ). Essa pequena queda de  $C_i$  em relação à queda brusca na taxa fotossintética pode indicar que há  $CO_2$  chegando às células do mesofilo, que não está, entretanto, sendo fixado na fase carboxilativa, possivelmente por danos em sua estrutura, reduzindo desta forma, a taxa fotossintética. Ao mesmo tempo, decréscimos significantes em  $C_i$  podem acarretar queda em  $A$  devido à redução na concentração de  $CO_2$  para atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco) (Raschke, 1979).

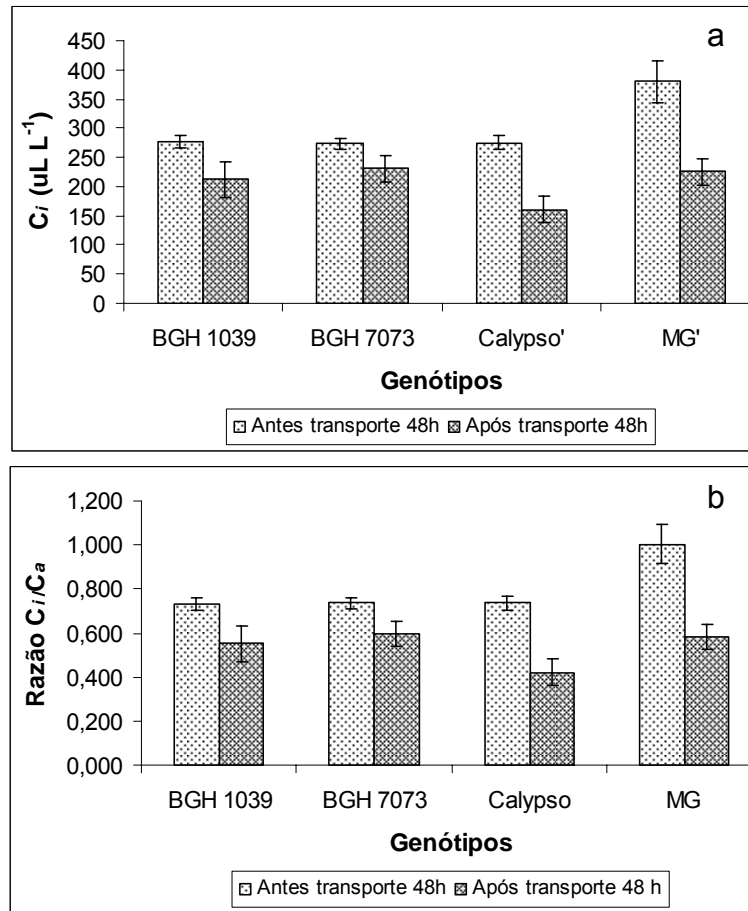
Dentre os principais fatores do meio limitantes da fotossíntese destacam-se disponibilidade de água, luminosidade e a concentração de  $CO_2$  (Larcher, 1995). O  $CO_2$  é o substrato empregado na etapa química como fonte do carbono que é incorporado em moléculas orgânicas (Taiz & Zeiger, 2004). As plantas contam, naturalmente, com duas fontes principais de  $CO_2$ : proveniente da atmosfera, que penetra nas folhas através dos estômatos, e o liberado na respiração celular. No caso de plantas submetidas a situações de estresse hídrico, temperatura, salino ou luminoso, os estômatos se fecham e impedem a entrada do  $CO_2$  atmosférico limitando o processo fotossintético (Larcher, 2000).



**Figura 1** - Taxa de fotossíntese líquida (A) de quatro genótipos de pimenta ornamental submetidos à simulação parcial de transporte por 48 h. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5).



**Figura 2** - Condutância estomática ( $g_s$ ) em quatro genótipos de pimenta ornamental submetidos à simulação parcial de transporte por 48 h. As barras verticais significam o erro padrão da média (n=5).



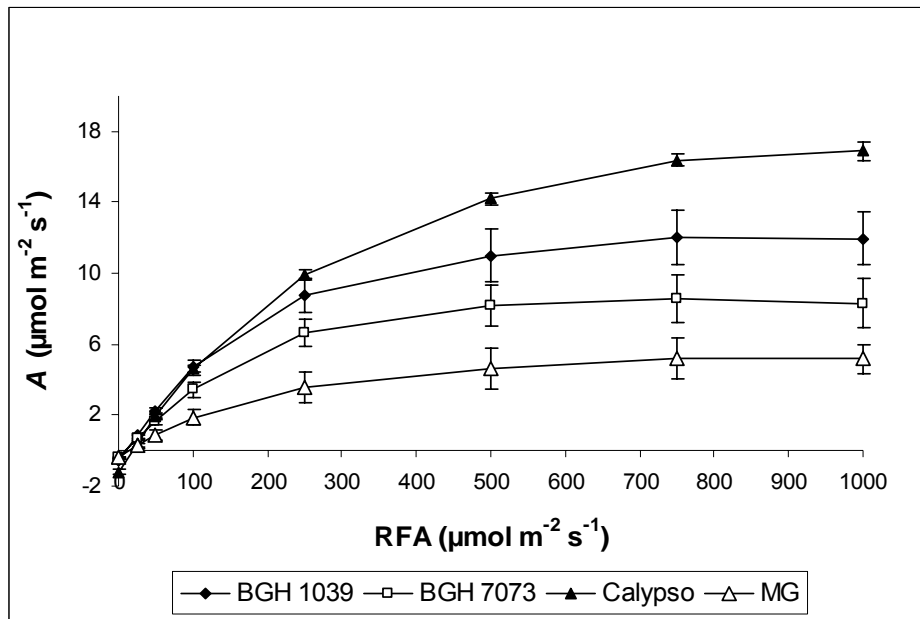
**Figura 3** - (a) Concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) e (b) relação C<sub>i</sub>/C<sub>a</sub> (concentração intercelular/externa de CO<sub>2</sub>) em quatro genótipos de pimenta ornamental submetidos à simulação parcial de transporte por 48 h. As barras verticais significam o erro padrão da média (n=5).

Neste trabalho, as taxas máximas de *A* em relação à RFA, indicaram diferença na eficiência de assimilação de CO<sub>2</sub> (Figura 4). As diferenças em *A* estão de acordo com os maiores valores no ponto de saturação de luz, e sugerem, que a regeneração da rubisco ocorreu em diferentes RFA nos quatro genótipos (Figura 4) O aumento da RAF causou aumento gradativo de *A* e *g<sub>s</sub>*, implicando uma relação linear entre as duas variáveis (dados não apresentados). Os pontos de compensação luminosa foram de 8,7, 9,1,18,78 e 20,16 μmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> em BGH 1039, BGH 7073, Calypso e MG, respectivamente (Figura 5).

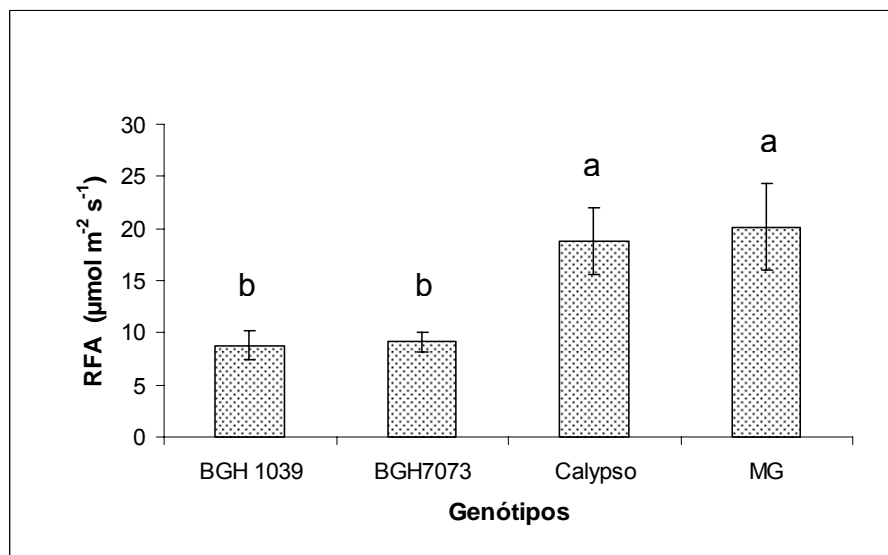
Os resultados demonstram maior eficiência no uso da RFA em condições de alta irradiância na cultivar Calypso seguida pelos acessos BGH 1039 e BGH 7073 (Figura 4). A cultivar MG apresentou maior ponto de compensação luminoso diferindo dos acessos BGH 1039 e BGH 7073 e menor ponto de saturação que os

demais genótipos (Figuras 5 e 6). Quando a resposta fotossintética decorrente RFA começa a estabilizar-se e alcança a saturação aumentos posteriores no fluxo fotômico não afetam mais as taxas fotossintéticas, chamado de ponto de saturação luminosa (Taiz & Zeiger, 2004). Na maioria das culturas, a fotossíntese aumenta linearmente em resposta ao aumento da luz até intensidades de cerca de 25% de luz plena (Silva *et. al.*, 2001). Acima desta intensidade, a taxa de fotossíntese de uma dada folha é considerada limitada pela disponibilidade de força redutora e ATP, que são fornecidos pelos processos ocorrentes nos fotossistemas I e II, necessários para recuperar a Rubisco, substrato da carboxilação (Austin, 1989). A variação do ponto de saturação luminosa pode ocorrer entre 800 a 1200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para plantas de ambiente abertos e ensolarados, e 200 a 400  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para plantas de ambientes sombreados (Larcher, 2000).

Não houve diferença significativa na taxa respiratória entre os genótipos (dados não apresentados). Os genótipos apresentaram pontos de compensação que variaram de 8,8 a 20  $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  nos genótipos BGH 1039 e MG, respectivamente (Figura 5). O ponto de compensação da luz revela em qual fluxo de fótons ocorre o equilíbrio entre os níveis de  $\text{CO}_2$  respirado e do  $\text{CO}_2$  absorvido pelas folhas. Quanto menor a taxa respiratória, menos fótons serão necessários para atingir o ponto de compensação luminoso. (Taiz e Zeiger, 2004). Como não houve diferença na taxa respiratória entre os genótipos, a irradiância de compensação pode ter variado em função do genótipo ou mesmo com a temperatura no momento da medição da concentração de  $\text{CO}_2$ .



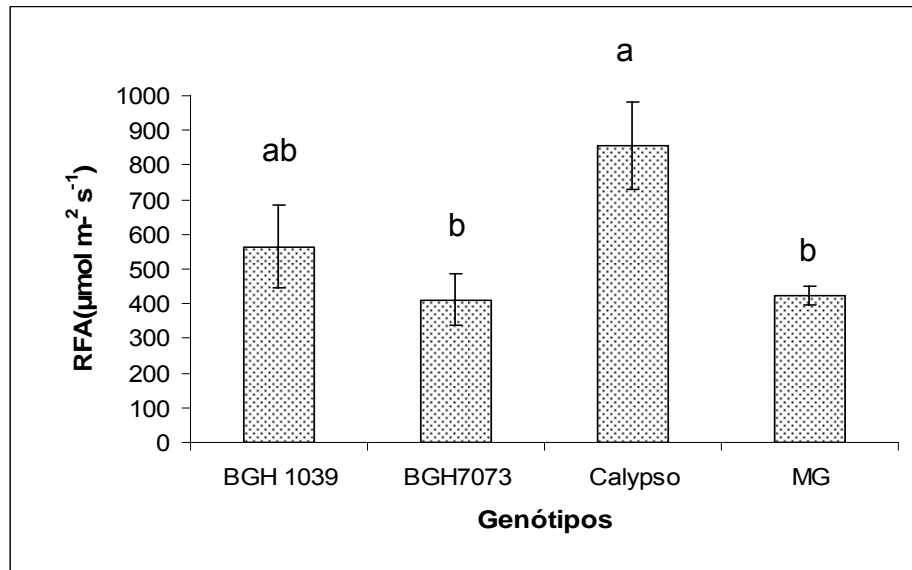
**Figura 4** - Taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ,) em função da irradiação fotossinteticamente ativa (RFA) em genótipos de pimenta ornamental em vaso. Barras verticais representam erro padrão da média ( $n=5$ ).



Médias seguidas de mesma letra diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

**Figura 5** - Ponto de compensação luminoso de genótipos de pimenta ornamental em vaso. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Barras verticais representam erro padrão da média ( $n=5$ ).





Médias seguidas de mesma letra diferem pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

**Figura 6** - Ponto de saturação luminoso de genótipos de pimenta ornamental em vaso. Radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Barras verticais representam erro médio padrão da média (n=5).

A vida de prateleira diferiu entre os genótipos estudados (Tabela 1). A cultivar MG, apresentou maior vida de prateleira após transporte, não diferindo do controle, seguida pelos acessos BGH 7073 e BGH 1039 (Tabela 1). A simulação parcial de transporte e interior, as quais as plantas foram avaliadas ao longo dos dias, afetou a durabilidade comercial da cultivar Calypso (Tabela1). Este resultado pode estar relacionado às condições de escuro durante a simulação de transporte e a baixa radiação,  $8-10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  luz fluorescente,  $25 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$ , no interior da sala à qual as plantas foram submetidas após tratamento, visto que a cultivar Calypso estaria sob condições de iluminação inferior ao seu ponto de compensação luminoso,  $18 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$  (Figura 5). Esse resultado contraria a resposta encontrada nos genótipos BGH 1039, BGH 7073 e cultivar MG, em que a vida de prateleira não diferiu significativamente entre tratamento e controle e os pontos de compensação foram de 8,7, 9,1 e  $20 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ , respectivamente (Figura 5). Pode-se inferir que condições limitantes de luz (próximas ao ponto de compensação), às quais os genótipos foram submetidos durante e após a simulação de transporte, sob condições de interior, estimulou a produção de etileno e a cultivar Calypso demonstrou maior sensibilidade. De acordo com

Buchanan (2000), folhas que se tornam mais velhas, ou que são deixadas no escuro, passam a produzir mais etileno.

O transporte de plantas ornamentais em vaso no Brasil, geralmente é realizado em caminhões-baú, em que as plantas, dependendo da distância entre os centros de distribuição e o varejo, permanecem no escuro, sem ventilação e irrigação, por mais de 48 horas, comprometendo dessa forma, sua qualidade e durabilidade comercial (Junqueira & Peetz, 2002). De acordo com Além do transporte as plantas e flores ornamentais são na maioria das vezes, são colocadas em condições de interior inadequadas de luminosidade (Williams *et al.*, 2000). Durante a produção, as plantas ficam sob condições “ótimas” de luminosidade e irrigação para seu desenvolvimento. Já na pós-produção, essas condições são limitadas (Williams *et al.*, 1999). Rosas miniatura em vaso são produzidas com 20 h diárias de RFA de aproximadamente  $120 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ , em contraste, durante o transporte, permanecem no escuro por um período de 4-7 dias (Borch *et al.*, 1996). Sob condições de interior, representadas pelas lojas, supermercados e a casa do consumidor, as plantas são expostas, geralmente, a 12 h de iluminação em intensidades que variam de  $8-10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ , as quais afetam a qualidade e durabilidade das mesmas (Nell e Hoyer, 1995).

Recomenda-se, no caso da cultivar Calypso, o uso de maiores intensidades luminosas nos locais de comercialização, já que ela é eficiente sob condições de alta RFA, saturando com aproximadamente  $750 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ , e possui um ponto de compensação luminoso de  $18 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ .

**Tabela 1** - Vida de prateleira de plantas de pimenta ornamental em vaso, acessos BGH 1039 e BGH 1073 e cultivares Calypso e MG

Tratamentos	BGH 1039	BGH 7073	Calypso	MG
Dias de vida prateleira (dias)				
Simulação parcial de transporte	12,8 a C	22,4 a B	4,0 a D	32,0 a A
Controle	14,4 a C	24,0 a B	8,0 b A	32,0 a A

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes na linha e minúsculas na coluna diferem entre si, pelo Teste de Duncan a 5% de probabilidade.

### 3.2. Experimento 2 - Avaliação da sensibilidade de plantas de pimenta ornamental ao etileno

Os níveis de clorofila *a* e total se reduziram, após a exposição a  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  etileno por 48 h em todos os genótipos (Tabela 1). A cultivar Calypso e o acesso BGH 7073 apresentaram diferenças significativas no conteúdo de clorofila *b* antes e após tratamento, o que não foi observado nos demais genótipos (Tabela 1). Os genótipos estudados não apresentaram diferença significativa no conteúdo de carotenóides após tratamento com  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 h (Tabela 1).

Aplicação de etileno acelera a degradação de clorofila tanto em folhas destacadas como em folhas não destacadas (Khan, 2006). O etileno aumenta a expressão de genes de enzimas responsáveis pela degradação da clorofila, convertendo as clorofilas *a* e *b* em fitol e clorofilide (Shimokawa *et al.*, 1978; Yamauchi *et al.*, 1997; Matile *et al.*, 1999). O etileno exógeno causa amarelecimento de folhas de alstroemeria, crisântemo, rosas em miniatura e *Poinsettia* (Hibma, 1988; Tjosvold *et al.*, 1994; Ferrante *et al.*, 2002). Resultados semelhantes foram obtidos por Serek & Reid (2000), quando expuseram variedades de kalanchöe, Alexandra, Debbie e Nadia, cultivadas em vaso, a concentrações de  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno. O etileno pode influenciar tanto a síntese como a degradação de carotenóides, no caso da mudança da coloração dos frutos da cor verde para alaranjada, durante o amadurecimento, o etileno é responsável por estimular a carotenogênese (Casas *et al.*, 1989). Durante a senescência de folhas de feijão,  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 h induziu uma leve síntese de carotenóides (Akhtar *et al.*, 1999). Aplicação de etileno em plantas de feijão selvagem (*Phaseolus vulgaris*) induziu a abscisão das folhas e diminuição nos conteúdos de clorofila e carotenóides (Fang *et al.*, 1998). Resultados semelhantes foram observados em folhas de tomateiro mutante, em que a aplicação de etileno induziu uma leve diminuição no conteúdo de clorofila total e carotenóides (Akhtar *et al.*, 1999). Em plantas envasadas, a perda da função foliar reduziu a qualidade visual e a atividade fotossintética, crucial para a manutenção e extensão da vida das flores e folhas (Barbosa, 2005).

**Tabela 1** - Concentração de clorofila a, b, total e carotenóides em folhas de quatro genótipos de pimenta ornamental antes e após aplicação etileno.

Tratamentos	BGH 1039	BGH 7073	Calypso	MG
<b>Clorofila a</b>				
<b>Antes</b>	2,841	3,553	5,017	4,164
<b>Após</b>	1,556*	2,829*	4,052*	3,139*
<b>Clorofila b</b>				
<b>Antes</b>	0,501	0,961	2,021	0,740
<b>Após</b>	0,436 <sup>ns</sup>	0,775*	1,884*	0,677*
<b>Clorofila Total</b>				
<b>Antes</b>	3,342	4,475	8,038	4,903
<b>Após</b>	2,094*	3,604*	5,936*	3,849*
<b>Carotenóides</b>				
<b>Antes</b>	0,971	1,239	0,964	0,798
<b>Após</b>	0,824 <sup>ns</sup>	1,154 <sup>ns</sup>	1,129 <sup>ns</sup>	0,661 <sup>ns</sup>

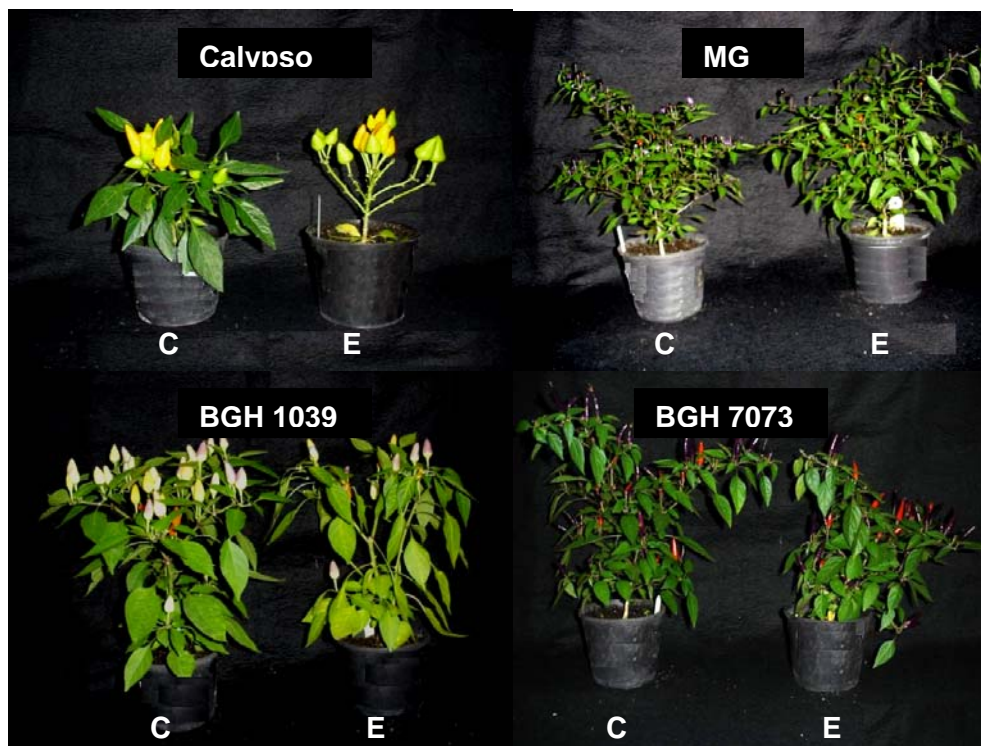
\*, ns, significância de 5% e não significativo, respectivamente, para as médias antes e após tratamento com etileno, de plantas de pimenta ornamental em vaso pelo teste t de Student

Os genótipos estudados apresentaram diferentes níveis de sensibilidade ao etileno. A aplicação de 10  $\mu\text{L L}^{-1}$  de etileno, por 48 h, causou maior abscisão acumulada de folhas (100% durante o tratamento) na cultivar Calypso, não afetando a queda dos frutos (Figuras 1 e 2). Diferentemente, o acesso BGH 1039 apresentou uma abscisão acumulada de  $\pm 50\%$  de folhas e frutos a partir do terceiro dia após aplicação do etileno (Figura 1 e 2). O acesso BGH 7073 e a cultivar MG foram os genótipos que demonstraram menor sensibilidade ao etileno (Figuras 1 e 2) em relação à abscisão de folhas, com  $\pm 25\%$  e  $35\%$  respectivamente, após seis dias do tratamento (Figura 1). Os frutos do acesso BGH 7073 foram mais sensíveis ao etileno que as folhas (Figuras 1, 2 e 3), ao contrário do observado para cultivar MG onde a abscisão de folhas superou a dos frutos (Figuras 1, 2 e 3). Segundo Khan (2006), a resposta ao etileno pode variar entre ou dentro espécies, além de cada parte da planta apresentar diferentes níveis de sensibilidade a esse hormônio. Plantas são consideradas altamente

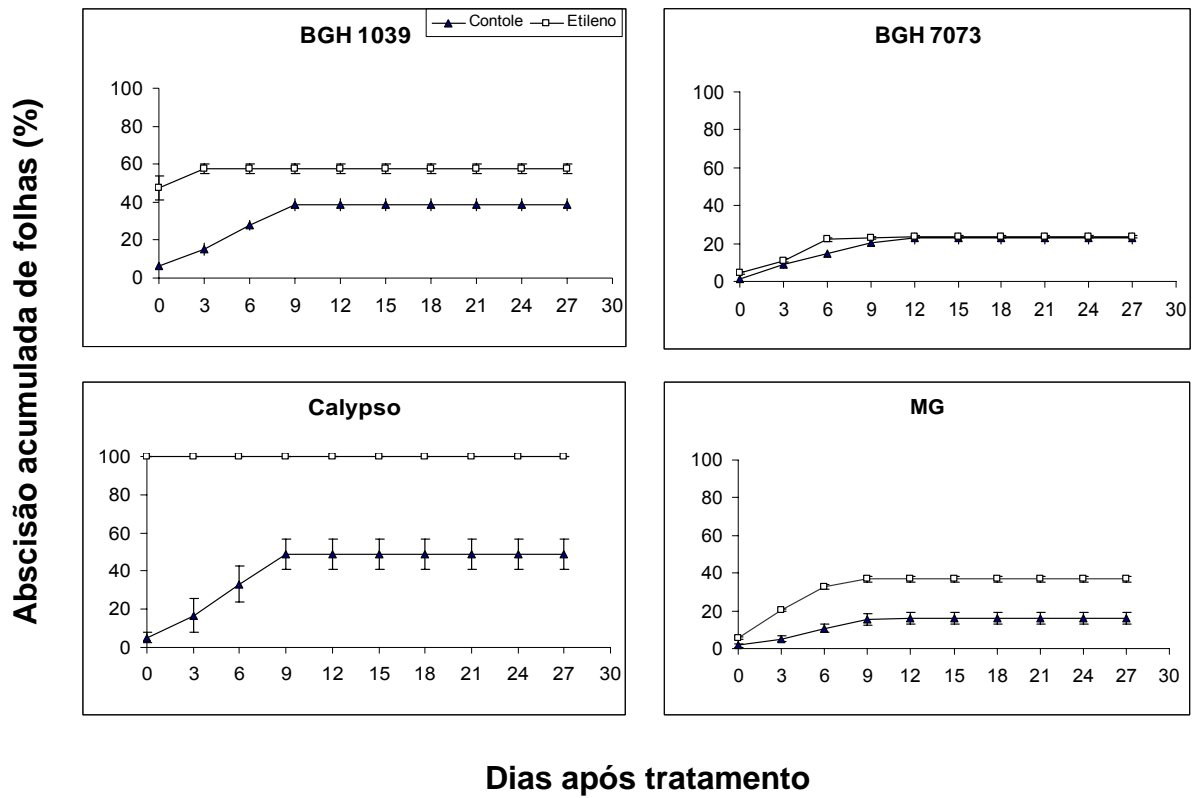
sensíveis ao etileno quando apresentam senescência foliar à exposição 0,5-1  $\mu\text{L L}^{-1}$  de etileno (Abele *et al.*, 1992). A sensibilidade para cada planta pode ser determinada pelo uso de 10 $\mu\text{L L}^{-1}$  de etileno; concentrações superiores não são encontradas naturalmente ou em ambientes fechados, portanto, plantas sensíveis a concentrações superiores podem ser consideradas insensíveis ao etileno (Khan, 2006).

A abscisão de folhas e frutos tem sido reportada em cultivares de *Capsicum annuum* 'Red Missile' e 'Jane' (Hoyer, 1982; Hoyer, 1996), *C. frutescens* 'Hot yellow Wax' (Beaudry e Kays, 1998). Neste trabalho, em que se avaliou os efeitos do etileno em quatro genótipos de *C. annuum*, as folhas, demonstraram-se mais sensíveis ao etileno que os frutos apresentando maior taxa de abscisão (Figura 3). Esses resultados corroboram com os encontrados por Hoyer (1996), quando trabalhou com diferentes níveis de concentração e tempos de exposição ao etileno em plantas da espécie *C. annuum* cultivar 'Janne'. Já Beaudry & Kays (1988), observaram maior sensibilidade na região de abscisão dos frutos do que na região de abscisão das folhas plantas de pimenta *C. annuum*. Isto pode estar relacionado, ao fato de que a sensibilidade do fruto de pimenta, *C. annuum*, ao etileno depende do estágio de desenvolvimento, sendo os frutos jovens mais sensíveis (Beaudry & Kays, 1988; Hoyer, 1996).

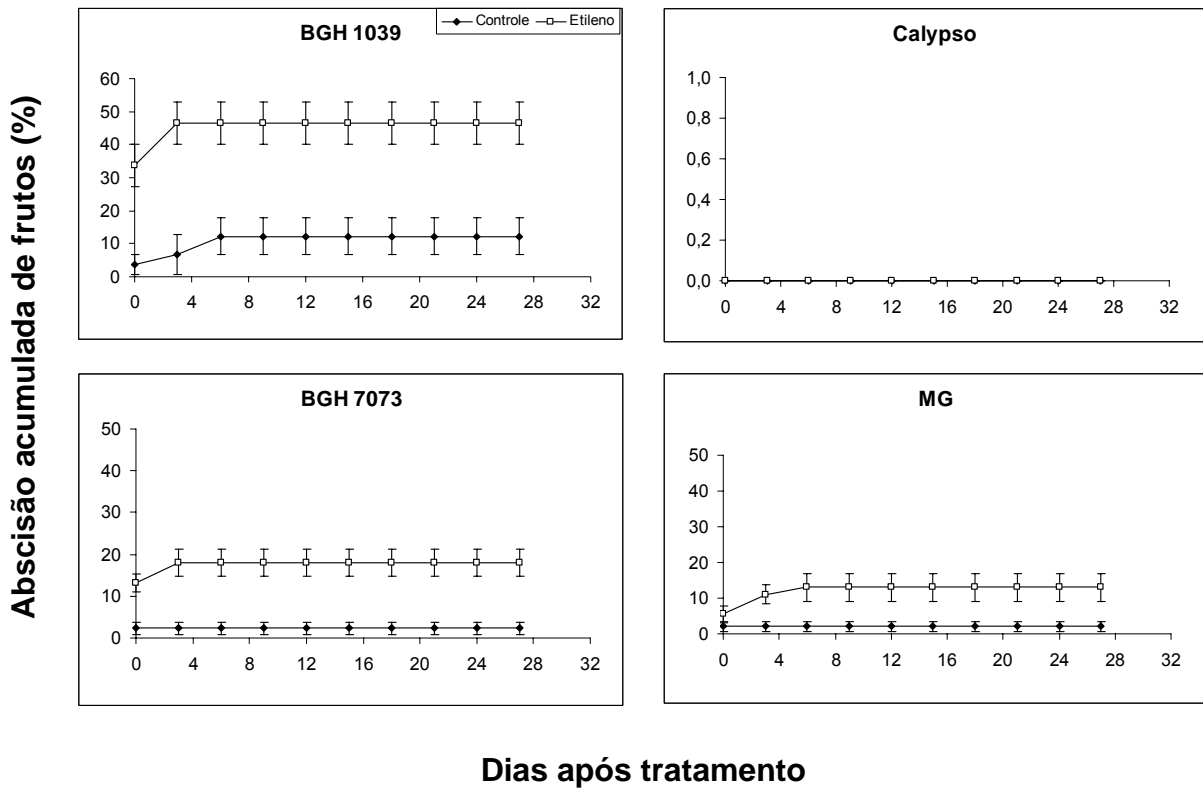
Trabalhos demonstram que a resposta da planta ao etileno depende do estágio de desenvolvimento, genótipo, concentração, tempo de exposição e órgão da planta (Hoyer, 1996). Assim, sugere-se, que os diferentes níveis de sensibilidade observados nas plantas em resposta a exposição ao etileno, foram em função do genótipo, visto que, todas as plantas encontravam-se em mesmo estágio de desenvolvimento e receberam o mesmo tratamento (ambiente, concentração e tempo de exposição ao etileno).



**Figura 1** – Efeito de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 h em plantas de pimenta ornamental (*C. annuum*), genótipos, Calypso, MG, BGH 1039 e BGH 7073. C= controle; E= etileno.

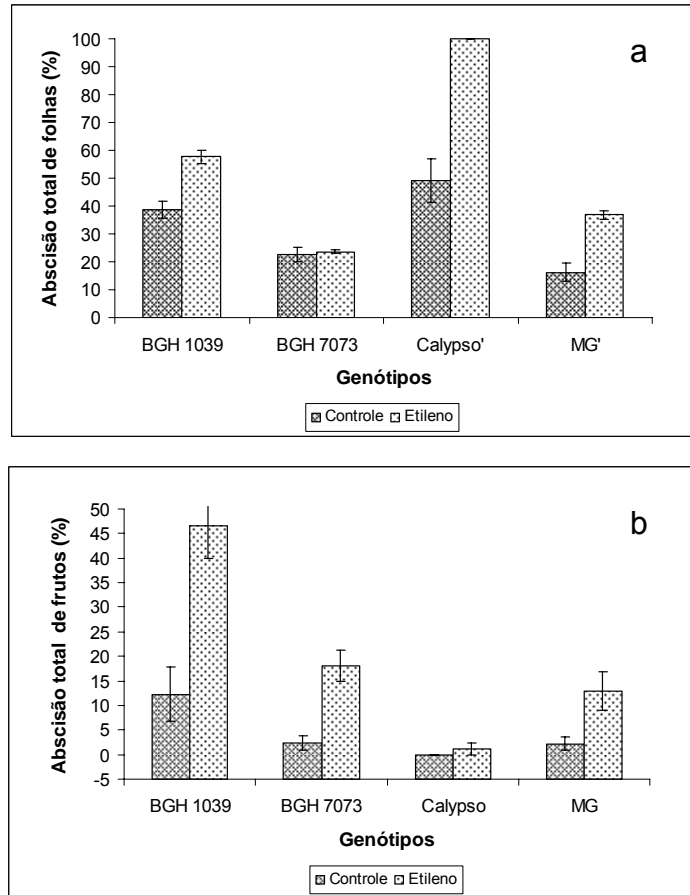


**Figura 2** - Porcentagem acumulada de abscisão de folhas de quatro genótipos de pimenta ornamental em vaso após aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno pelo período de 48 h. O dia 0 (zero) é referente ao momento em que as plantas foram retiradas das câmaras. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5).



**Figura 3** - Porcentagem acumulada de abscisão de frutos em plantas de pimenta ornamental em vaso após aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno pelo período de 48 h. O dia 0 (zero) é referente ao momento em que as plantas foram retiradas das câmaras. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5).





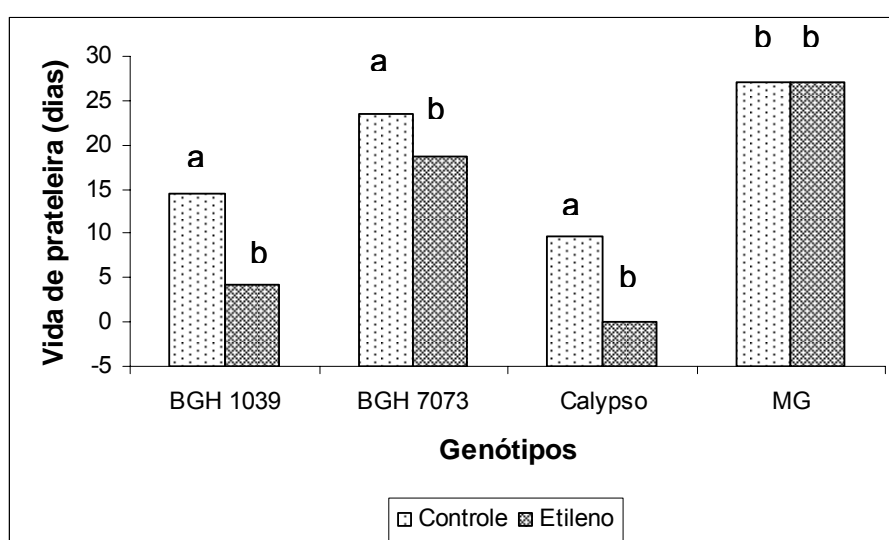
**Figura 4** - Porcentagem total de abscisão de folhas (a) e frutos (b) de quatro genótipos de pimenta ornamental cultivadas em vaso após aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno pelo período de 48 h. As barras verticais significam o erro padrão da média ( $n=5$ ).

Não foram observadas diferenças significativas para cultivar MG, na vida de prateleira, entre as plantas controle e tratadas com etileno por 48 horas (Figura 4). A abscisão de folhas e frutos para este genótipo não comprometeram a qualidade e durabilidade comercial das mesmas. Tanto as plantas controle como as tratadas com etileno da cultivar Calypso, apresentaram menor durabilidade comercial quando comparados aos demais genótipos, em que as plantas controle duraram média de 9 dias, e as tratadas com etileno  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  por 48 h, perderam sua capacidade comercial logo após o tratamento (Figura 5), mostrando alta sensibilidade ao etileno.

Os resultados demonstraram que todos os genótipos, exceto para os frutos da cultivar Calypso, respondem à aplicação etileno com o aumento da abscisão de folhas e frutos quando comparados às plantas controle (Figura 4). Embora

todos os genótipos avaliados tenham respondido à presença do etileno, foram verificadas diferenças nos níveis de sensibilidade entre eles. A partir da abscisão das folhas, frutos e vida de prateleira, observou-se diferentes níveis de sensibilidade entre os genótipos, sendo a cultivar Calypso a mais sensível, seguidas pelos acessos BGH 1039 e BGH 7073 e a cultivar MG que apresentou menor sensibilidade, resultado verificado, quando comparado à vida de prateleira. A resposta ao etileno é medida pela sua ligação com receptor específico, seguido pela ativação de uma ou mais rotas de transdução de sinal, induzindo uma resposta celular (Woltering *et al.*, 1994). Segundo Serek *et al.* (2006), o nível de sensibilidade ao etileno nas plantas é geralmente fixado em nível de família de plantas, mas podem existir diferenças marcantes entre e dentro de plantas de uma mesma espécie. Ainda em espécies como *Dianthus caryophyllus*, *D. babatus*, existem cultivares dentro destas espécies que variam de insensíveis à altamente sensíveis (Friedman *et al.*, 2001). Essa variação na sensibilidade também é verificada em variedades de rosas e crisântemos (Reid *et al.*, 1989).

Os efeitos indesejáveis causados pela presença do etileno durante os processos de transporte e comercialização limitam a qualidade comercial das plantas e flores ornamentais. Devido à baixa sensibilidade da cultivar MG ao etileno, a mesma pode ser explorada em futuros programas de melhoramento, com objetivo de obter plantas mais duráveis.



As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

**Figura 5** - Vida de prateleira de quatro genótipos de pimenta ornamental em vaso.

### 3.3. Experimento 3 - Efeito do tempo de exposição e concentração de etileno em plantas de pimenta ornamental cultivadas em vaso

As concentrações de clorofilas totais do acesso BGH 1039 e da cultivar Calypso, diminuíram após os tratamentos com  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  por 24 h,  $1 \mu\text{L L}^{-1}$ , por 48 h e  $10 \mu\text{L L}^{-1}$ , por 48 h (Tabelas 1 e 2). Já a concentração de carotenóides não foi afetada por nenhum dos tratamentos tanto no acesso BGH 1039 como pra cultivar Calypso (Tabelas 1 e 2). Observou-se que a exposição ao etileno por 24 h, a uma concentração de  $1 \mu\text{L L}^{-1}$ , não influenciou as concentrações de clorofilas totais em ambos os genótipos estudados (Tabelas 1 e 2). Plantas do acesso BGH tratadas com  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  e  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  por 48 horas mostraram diminuição gradativa na intensidade da coloração verde das folhas diferindo dos demais tratamentos (Figura 1a). Resultados semelhantes foram obtidos por Serek & Reid (2000), quando expuseram variedades de kalanchöe, Alexandra, Debbie e Nadia, cultivadas em vaso, a concentrações de  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno. O etileno exógeno também causou amarelecimento de folhas de alstroemeria, crisântemo, miniaturas de rosas e *Poinsettia* (Hibma, 1988; Tjosvold *et al.*, 1994; Ferrante *et al.*, 2002). As plantas da cultivar Calypso tratadas com etileno perderam todas suas folhas logo após o tratamento, inviabilizando as leituras SPAD (Figura 1b). A intensidade da coloração verde de ambos os genótipos não diferiu entre os controles, bancada e câmara, apresentando uma leve queda ao longo dos dias (Figura 1a e 1b). A aplicação de doses crescentes etileno juntamente ao aumento no tempo de exposição levou a um maior nível de amarelecimento das folhas do acesso BGH 1039 (Figura 1a).

**Tabela 1** - Concentração de clorofila a, b, total e carotenóides em folhas de pimenta ornamental acesso BGH 1039, antes e após aplicação de etileno em diferentes concentrações e tempos de exposição

Tratamentos	24h 1ppm	24h10ppm	48h 1ppm	48h10ppm	C. Câmara	C. Bancada
<b>Clorofila a</b>						
<b>Antes</b>	4,30	1,50	4,18	4,24	4,33	4,24
<b>Após</b>	3,89*	1,29*	3,20*	3,21*	4,01 <sup>ns</sup>	4,07 <sup>ns</sup>
<b>Clorofila b</b>						
<b>Antes</b>	1,90	1,82	1,78	2,03	1,72	1,96
<b>Após</b>	1,78 <sup>ns</sup>	1,38*	1,29*	1,50*	1,76 <sup>ns</sup>	1,85 <sup>ns</sup>
<b>Clorofila Total</b>						
<b>Antes</b>	6,20	6,17	5,96	6,27	6,05	6,19
<b>Após</b>	5,67 <sup>ns</sup>	5,40*	4,49*	4,71*	5,77 <sup>ns</sup>	5,92 <sup>ns</sup>
<b>Carotenóides</b>						
<b>Antes</b>	0,78	0,82	0,82	0,88	0,93	0,89
<b>Após</b>	0,68 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>

\*, ns, significância de 5% e não significativo, respectivamente, para as médias antes e após tratamento com etileno de plantas de pimenta ornamental em vaso pelo teste t de Student.

**Tabela 2** - Concentração de clorofila a, b, total e carotenóides em folhas de pimenta ornamental cultivar Calypso, antes e após aplicação etileno em diferentes concentrações e tempos de exposição

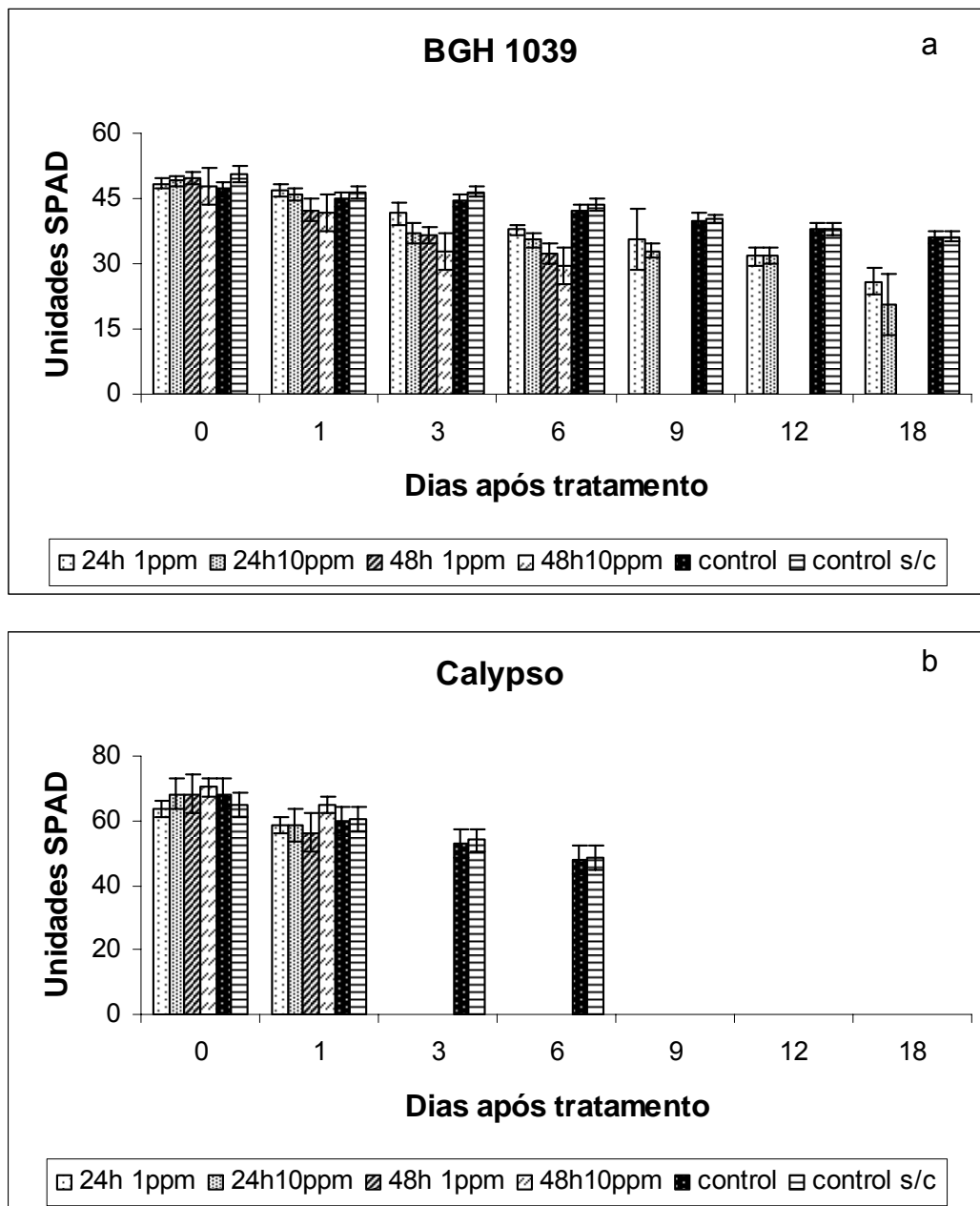
Tratamentos	24h 1ppm	24h10ppm	48h 1ppm	48h10ppm	C. Câmara	C. Bancada
<b>Clorofila a</b>						
<b>Antes</b>	6,731	6,783	6,132	5,685	5,881	6,283
<b>Após</b>	5,726 <sup>ns</sup>	5,142*	4,951 <sup>ns</sup>	4,433*	5,416*	5,672*
<b>Clorofila b</b>						
<b>Antes</b>	2,649	2,802	2,48	2,76	2,57	2,40
<b>Após</b>	2,131*	1,92*	1,88 <sup>ns</sup>	1,85*	2,51 <sup>ns</sup>	2,37 <sup>ns</sup>
<b>Clorofila Total</b>						
<b>Antes</b>	9,27	9,58	8,61	8,44	8,44	8,68
<b>Após</b>	7,72 <sup>ns</sup>	7,06*	6,84*	6,28*	7,92 <sup>ns</sup>	8,04 <sup>ns</sup>
<b>Carotenóides</b>						
<b>Antes</b>	1,64	1,406	1,21	1,03	1,28	1,44
<b>Após</b>	1,42 <sup>ns</sup>	1,157 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,08 <sup>ns</sup>	1,27 <sup>ns</sup>

\*, ns, respectivamente, significância de 5% e não significativo para as médias antes e após tratamento de plantas de pimenta ornamental em vaso pelo teste t de Student.

A partir de um experimento preliminar, no qual foi avaliado o efeito da exposição ao etileno ( $10 \mu\text{L L}^{-1}$  por 48 horas) em quatro genótipos de pimenta ornamental, escolheram-se os genótipos, Calypso e BGH 1039, por demonstrarem maior nível de sensibilidade que os demais. Plantas são consideradas altamente sensíveis ao etileno quando apresentam senescência foliar à exposição  $0,5-1 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno (Abele *et al.*, 1992). A sensibilidade para cada planta pode ser determinada pelo uso de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno; concentrações superiores não são encontradas naturalmente ou em ambientes fechados, portanto, plantas sensíveis a concentrações superiores podem ser consideradas insensíveis ao etileno (Khan, 2006).

O aumento das concentrações de etileno aplicadas, bem como o maior tempo de exposição das plantas ao hormônio, refletiu-se em maior perda da coloração verde das folhas, em decorrência da aceleração do processo degradativo da clorofila. De acordo com Khan (2006), vários experimentos

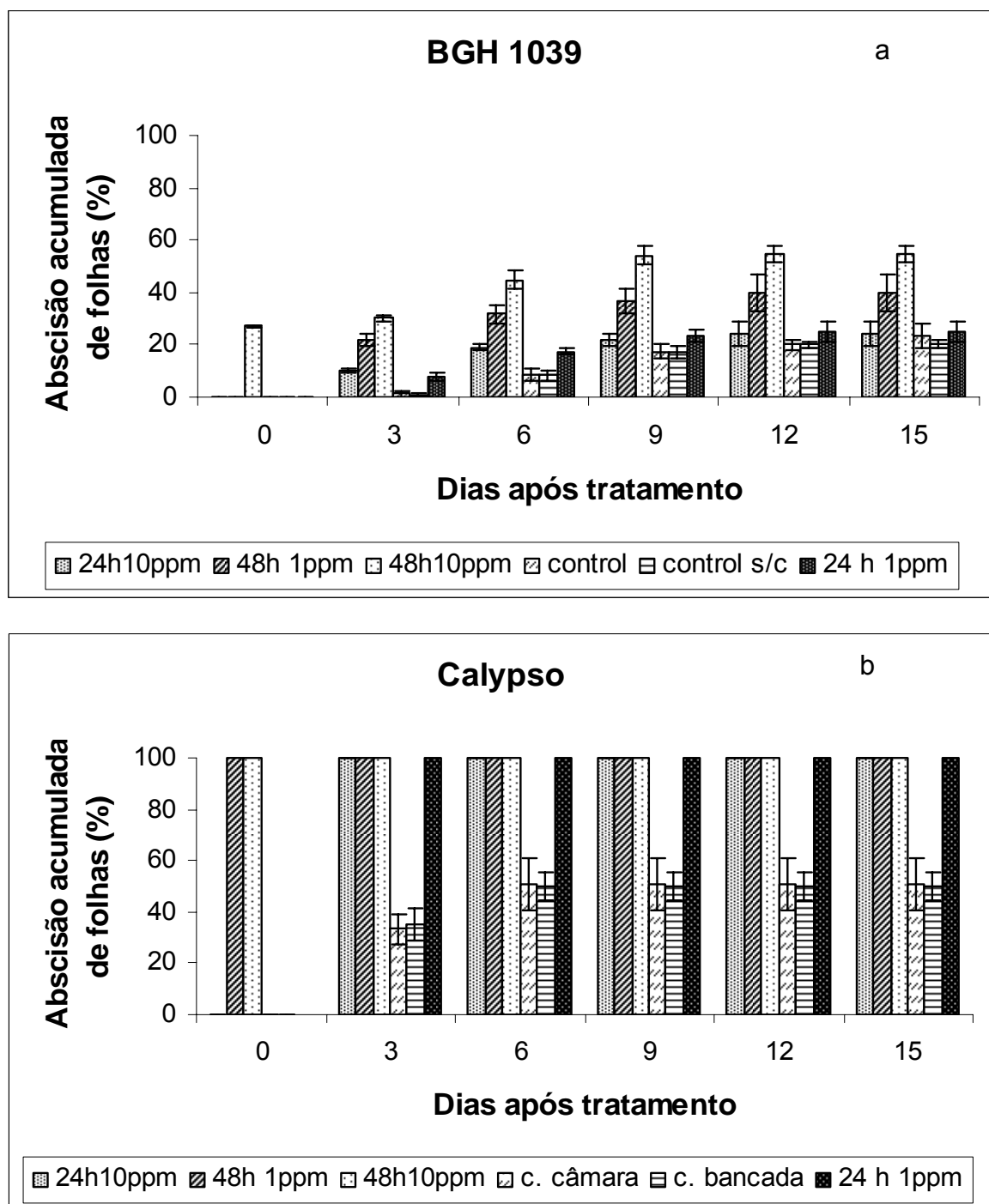
fisiológicos confirmam que o etileno afeta fortemente o conteúdo de clorofila, através da indução de genes que lideram a degradação da mesma e a aplicação de etileno acelera a degradação de clorofila tanto em folhas destacadas como em folhas não destacadas. O etileno promove aumento na atividade das enzimas clorofilase e oxidases, responsáveis pela degradação da clorofila, convertendo as clorofilas *a* e *b* em fitol e clorofilide (Shimokawa *et al.*, 1978; Yamauchi *et al.*, 1997; Matile *et al.*, 1999). Em plantas envasadas, a perda da função foliar reduz a qualidade visual e a atividade fotossintética, crucial para a manutenção e extensão da vida das flores e folhas (Barbosa *et al.*, 2005).



**Figura 1** - Amarelecimento folhas de pimenta ornamental, acesso BGH 1039 e cultivar Calypso após tratamento com etileno. O dia 0 (zero) refere-se às leituras realizadas antes dos tratamentos; o dia 1 refere-se às leituras realizadas logo após os tratamentos. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5).

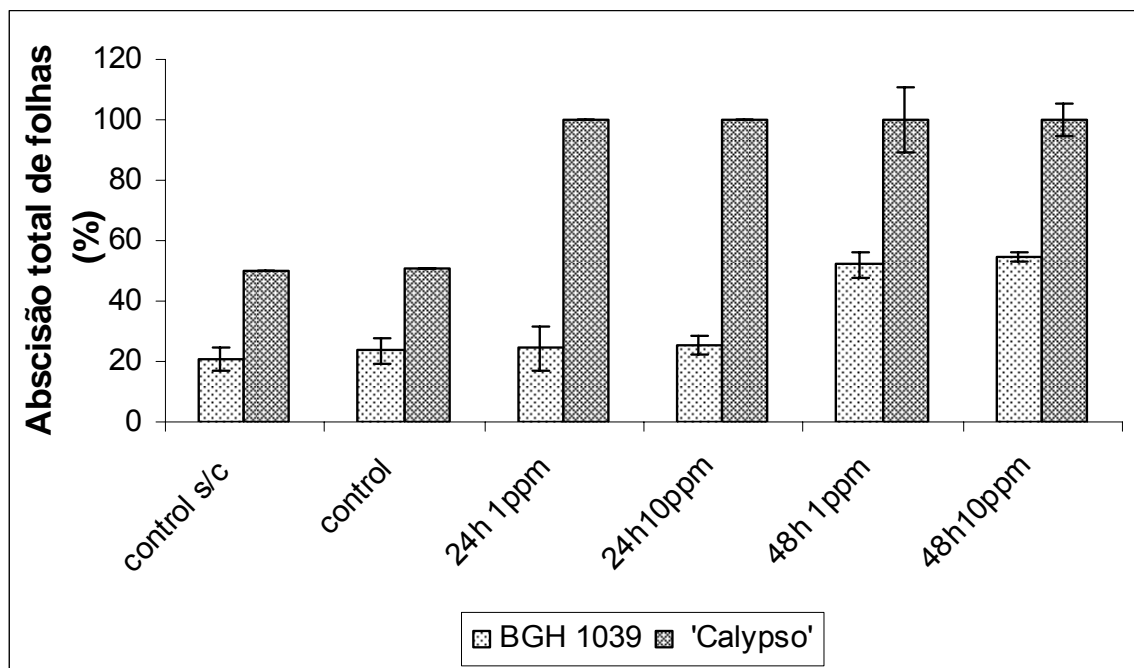
A aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 horas, causou abscisão das folhas no acesso BGH 1039 no dia primeiro dia após o tratamento (dia 0), diferindo dos demais tratamentos, em que a abscisão das folhas se iniciou no terceiro dia (Figura 2a). A abscisão das folhas da cultivar Calypso foi de 100% no dia 0 nas plantas expostas as concentrações 1 e  $10 \mu\text{L L}^{-1}$ , por 48 h (Figura 2b).

Nos demais tratamentos, a abscisão de 100% ocorreu no terceiro dia (Figura 2b). A abscisão total das folhas em resposta a aplicação de etileno foi mais pronunciada na cultivar Calypso com queda de 100% comparada ao acesso BGH 1039 onde a abscisão total das folhas não alcançou 60% (Figura 3).



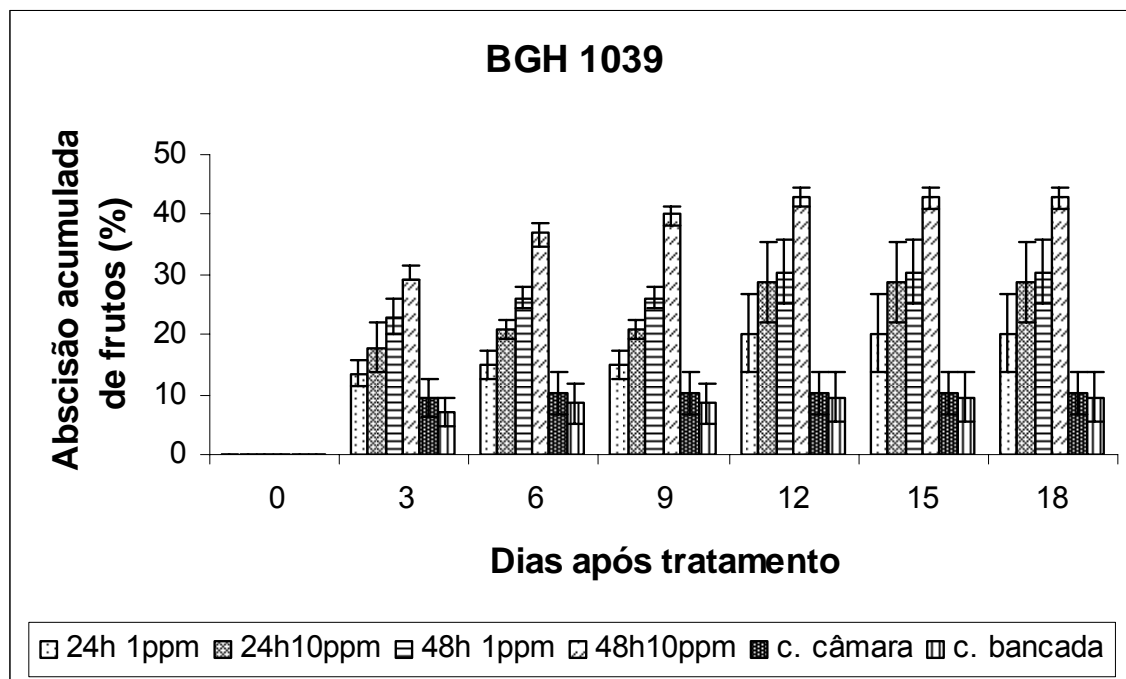
**Figura 2** - Abscisão total e acumulada de folhas de pimenta ornamental, acesso BGH 1039 e cultivar Calypso após tratamento com etileno. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5).





**Figura 3** - Abscisão total de folhas de pimenta ornamental em vaso, acesso BGH 1039 e cultivar Calypso, após tratamento com etileno. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5)

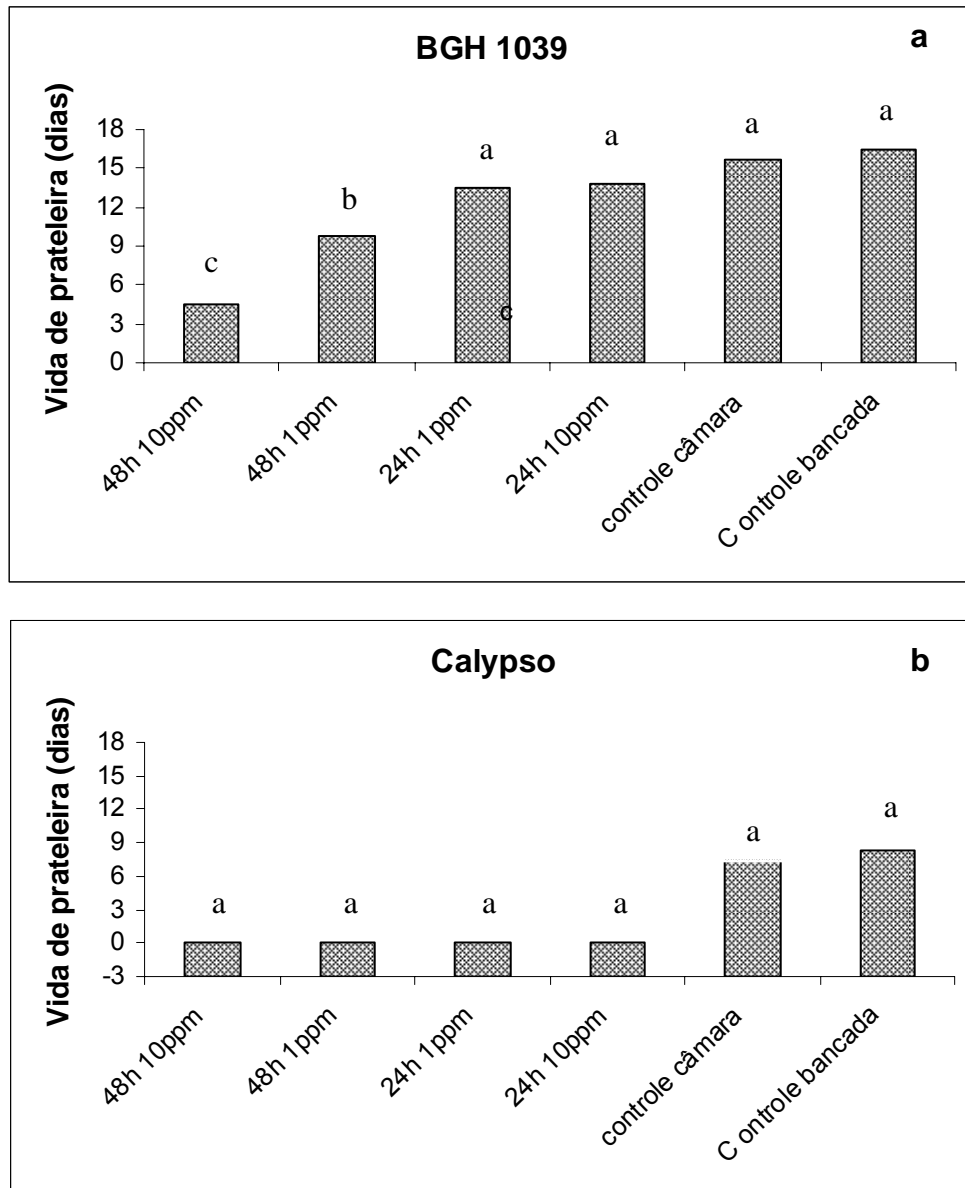
A zona de abscisão dos frutos da cultivar Calypso não apresentou sensibilidade ao etileno, não ocorrendo queda de frutos ao longo dos dias de avaliação (dados não apresentados). A maior porcentagem de abscisão dos frutos do acesso BGH 1039 ocorreu nas plantas submetidas a  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 horas, seguida pelos tratamentos,  $1 \mu\text{L L}^{-1}$ , por 48 h,  $10 \mu\text{L L}^{-1}$ , por 24 horas e  $1 \mu\text{L L}^{-1}$ , por 24 h, diferindo dos controles, câmara e bancada (Figura 3). Não houve diferença entre os controles, câmara e bancada, quanto à porcentagem de abscisão de folhas, de ambos os genótipos (Figura 2a e 2b). A vida de prateleira das plantas da cultivar Calypso foi reduzida em mais de 50% após todos os tratamentos com etileno (Figura 5b). A aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 h diminuiu em 80% a vida de prateleira do acesso BGH 1039, diferindo dos controles e demais tratamentos (Figura 4a). A vida de prateleira das plantas do acesso BGH 1039 tratadas com  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno, por 24 h e  $10 \mu\text{L L}^{-1}$ , por 24 h, não diferiram dos controles, câmara e bancada (Figura 5a).



**Figura 4** - Abscisão acumulada de frutos de pimenta ornamental em vaso, acesso BGH 1039, após tratamento com etileno. As barras verticais significam o erro padrão da média (n=5).

No acesso BGH 1039 e cultivar Calypso, o tempo de exposição ao etileno influenciou mais que a concentração, visto que a maior abscisão de folhas ocorreu com 48 h tanto com a aplicação de 1 como a de 10  $\mu\text{L L}^{-1}$ . O tempo de exposição ao etileno, foi realmente importante, porque, com 1  $\mu\text{L L}^{-1}$  houve abscisão severa das folhas, principalmente na cultivar Calypso, após 48 h, reduzindo drasticamente a vida pós-produção. Estes resultados corroboram com Hoyer (1996), em que folhas de plantas de *C. annuum* submetidas 0,5  $\mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 72 h, apresentaram maior taxa de abscisão comparada as plantas submetidas a 5  $\mu\text{L L}^{-1}$  por 24 h. Macnish *et al.* (2004), observou um aumento gradativo de abscisão de pétalas de flores de Geraldton Waxflower, na medida em que se aumentava o tempo de exposição ao etileno, o mesmo não sendo verificado quando se aumentou a concentração. A exposição a altas concentrações de etileno diminui a longevidade de *Eustoma grandiflorum* (Ichimura *et al.*, 1998). Resultados semelhantes foram obtidos por Elgar *et al.* (2003), em que a vida de prateleira de plantas tratadas com etileno reduziu-se em 50% comparação com a testemunha.

A maior abscisão das folhas controle, câmara e bancada, da cultivar Calypso em relação ao acesso BGH 1039, pode ser devido a maior produção de etileno, em função das condições de baixa irradiância, as quais as plantas foram submetidas durante os dias de avaliação. Folhas que são submetidas a tratamento de escuro produzem mais etileno (Buchanan, 2000).



As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo de Duncan em 5% de probabilidade.

**Figura 5** - Vida de prateleira das plantas de pimenta ornamental em vaso, acesso BGH 1039 e cultivar Calypso, após tratamento com etileno.

#### 4. CONCLUSÕES

- A fotossíntese dos genótipos estudados de pimenta ornamental em vaso é afetada bruscamente, após 48 horas de escuro e sem irrigação.
- Condições de baixas irradiância afeta a vida de prateleira da cultivar Calypso.
- Em condições de interior ( $8-10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ), os genótipos de pimenta ornamental em vaso estão sob condições de irradiância próxima aos seus pontos de compensação luminosa.
- Os pontos de compensação luminosos não se relacionam com a diminuição na vida de prateleira da cultivar Calypso.
- Os genótipos de pimenta ornamental em vaso BGH 1039, BGH 7073, Calypso e MG apresentam diferentes níveis de sensibilidade ao etileno.
- As folhas dos genótipos de pimenta ornamental em vaso são mais sensíveis ao etileno exógeno que os frutos.
- A exposição a  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 h não afetou a vida de prateleira da cultivar MG, podendo com isso, ser utilizada em programas de melhoramento que visem aumento da durabilidade comercial de plantas de pimenta ornamental.
- As plantas de pimenta ornamental espécie *C. annuum*, acesso BGH 1039 e cultivar Calypso são classificadas como altamente sensíveis ao etileno.
- A vida de prateleira do acesso BGH 1039 é afetada pela exposição ao etileno às concentrações de 1 e  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  por 48 horas.
- A vida de prateleira da cultivar Calypso é afetada pelo etileno nas concentrações de 1 e  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  por 24 e 48 horas.

- As plantas de pimenta ornamental espécie *C. annuum* acesso BGH 1039 e cultivar Calypso são mais sensíveis ao tempo de exposição ao etileno do que a concentração.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AKHTAR, M.S.; GOLDSCHMIDT, E.E.; JOHN, I., MATILE, P. Altered patterns of senescence and ripening in gf, stay green mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **J. Exp. Bot.** v. 50, p. 1115-1122, 1999.

ALTVORST, A.C.V.; BOVY, A.G. The role of ethylene in the senescence of carnation flower, a review. **Plant Growth Regulation**, v.16, n.1, p.43-53, 1995.

AUSTIN, R.B. Genetic variation in photosynthesis. **J. Agric. Sci.**, v. 112, 287-94, 1989.

BARBOSA, J.G.; TAVARES, A.R.R.; GROSSI, J.A.S. ; FINGER, F.L. Prolongamento de vida de prateleira de minicrisântemos de vaso pela aplicação de benziladenina. **Bioscience journal**, v. 22, n. 1, p. 77-82, 2006.

BEADLE, C.L. Growth analysis. In: HALL, D.O.; BOLHARNORDENKAMPF, H.R.; LEEGOOD, R.C.; LONG, S.P. (Eds.). **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual**. London: [s.n.], 1993. p. 36-46.

BEAUDRY R.M. & KAYS, S.J.. Effect of ethylene source on abscission of pepper plant organs. **HortScience**, v. 23, p. 742–744, 1988.

BLANKENSHIP, S.M.; SISLER, E.C. 2,5-norbornadiene retards apple softening. **HortScience**, v. 24, p. 313-314, 1989.

BLANKENSHIP, S.M.; SISLER, E.C. Response of apples to diazocyclopentadiene inhibition of ethylene binding. **Postharvest Biology and Technology**, v. 3, p. 95-101, 1993.

BORCH, K., WILLIAMS, M.H. and HØYER, L. Influence of simulated transport on postharvest longevity of three cultivars of miniature rose. **Acta Horticulturae**, v. 424, p. 175-178, 1996.

BRAMLAGE, W.J. Effects of aminoethoxyvinylglycine on internal ethylene concentrations and storage of apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v. 105, n. 6, p. 847-851. 1980.

CASALI, V.W.D.; COUTO, F.A. A. Origem e botânica de *Capsicum*. **Informe Agropecuário**, v. 10, n. 113, p. 8-10, 1984.

CASAS, A.; MALLENT, D. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influencia de la especie, de la variedad y de la temperatura. **Rev. Agroq. Tecno. Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 185-202, 1989.

CELIKEL, F.G.; REID, M.S. Postharvest handling of stock (*Matthiola incana*). **HortScience**, v. 37, p. 144-147, 2002.

CHERNYAD'EV, I.I. Ontogenetic Changes in the Photosynthetic Apparatus and Effects of Cytokinins (Review). **Applied Biochemistry and Microbiology**, v. 36, n. 6, p. 527-539, 2000.

CHAVES, M.M., MAROCO, J.P. & PEREIRA, J.S. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. **Functional Plant Biology** v. 30, p. 239-599, 2003.

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, n.º1, p. 47-48, 1991.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, 1991

FAN, X.; BLAKENSHIP, S.M.; MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, n. 6, p. 690-695, 1999.

FANG, Z., BOUWKAMP J.C.; SOLOMOS T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. **J. Exp. Bot**, v. 49, n. 320, p. 503–510, 1998.

FERRANTE, A.; HUNTER, D.A.; HACKETT, W.P.; REID, M.S. Thidiazuron - a potent inhibitor of leaf senescence in *Alstroemeria*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 3, p. 333-338, 2002.

FRANÇA, M.G.C., Thi, A.T.P., PIMENTEL, C., ROSSIELLO, R.O.P., ZUILY-FODIL, Y. & LAFFRAY, D. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. **Env. Experim. Botany**, v. 43, p. 227-237, 2000.

FRIEDMAN, H; HAGILADI, A; RESNICK, N; BARAK, A; UMIEL, N; Ethylene-insensitive related phenotypes exist naturally in a genetically variable population of *Dianthus barbatus*. **Theor. Appl. Genet.**, v. 103, n. 3, p. 282 - 287, 2001.

GONG, Y.; TIAN, M.S. Inhibitory effect of diazocyclopentadiene on the development of superficial scald in 'Granny Smith' apples. **Plant Growth Regulation**, v. 26, p. 117-121, 1998.

HIBMA, J. T. Development of a test for the control of the use of pre-treatment conditioning materials against leaf yellowing in *Alstroemeria*. **Verslag Cêntrum voor Agrobiologisch Onderzoek**, Netherlands, v. 91, p. 26, 1988.



HOYER, L. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* "Janne" is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n. 4, p. 621-628, 1996.

ICHIMURA, K.; UEYAMA, S. Effects of temperature and application of aluminum sulfate on the postharvest life of cut rose flowers. **Bulletin of the National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea**, n.13, p.51-60, 1998.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Os pólos de produção de flores e plantas ornamentais do Brasil: uma análise do potencial exportador. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 8, n. 1/2, p. 25-47, 2002.

KADER, A. A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. 296 p. (UNIVERSITY OF CALIFORNIA. Division of Agriculture and Natural Resources. Oakland, USA. Publication, 3311).

KHAN, A. N. **Ethylene action in plants**. Netherlands; Springer, 2006. 205p.

KLUG, R.A., JACOMINA, A.P., OJEDA, R. M., BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 7, p. 895-901, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Rima, São Carlos, SP, 2000. 531p.

LELIÈVRE, J.M.; TICHIT, L.; DAO, P.; FILLION, L.; NAM, Y.W.; PECH, J.C.; LATCHÉ, A. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-Crassane pear (*Pyrus communis* L.) fruits. **Plant Molecular Biology**, v. 33, p. 847-855, 1997.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigment photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymol.**, v. 148, p. 362-385, 1987.

MACNISH, A.J.; IRVING, D.E.; JOYCE, D.C.; WEARING, A.H.; VITHANAGE, V. Sensitivity of Geraldton waxflower to ethylene-induced flower abscission is reduced at low temperature. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 79, p. 293-297, 2004.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2005. 451p.

MATILE, P.; HÖRTENSTEINER, H.; THOMAS, H. Chlorophyll degradation. **Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, v. 50, p. 67-95. 1999.

NAKATSUKA, A.; SHIOMI, S.; KUBO, Y.; AKITSUGO, I. Expression and internal feedback regulation of ACC synthase and ACC oxidase genes in ripening tomato fruit. **Plant Cell Physiology**, v. 38, n. 10, p. 1103-1110, 1997.

NELL, T.A & L. HOYER. Terminology and conditions for evaluation of flowering potted plant longevity. **Acta Horticulturae**, v. 405, p. 28-32, 1995.

NELL, T.A., J.E. BARRETT, and R.T. LEONARD. 1997. Production factors affecting post-production quality of flowering potted plants. **HortScience**, 32:817-819.

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

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. 88, p. 243-250, 1995.

RASCHKE, K. Movements using turgor mechanisms: movements of stomata. In: HAUPT, W.; FEINLEIB, M.E. **Encyclopedia of Plant Physiology**. Berlin: Springer-Verlag, p.383-441, 1979.

SALISBURY, F.B., ROSS, C. W.. **Plant physiology**. 3. ed. California, Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1991. 692p.

SEREK, M.; REID, M.S. Anti-ethylene treatments for potted Christmas Cactus – efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. **HortScience**, v. 28, n. 2, p. 1180-1181, 1993.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, v. 394, p. 337-345, 1995.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.119, p.572-577, 1994.

SEREK, M.; TROLLE, L. Factors affecting quality and post-production life of *Exacum affine*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.86, p.49-55, 2000.

SHIMOKAWA, K.; SHIMADA, S.; YAEO, K. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. **Scientia Horticulturae**, v. 8, n. 2, p. 129-135, 1978.

SILVA, M.M.P., VASQUEZ, H.M., SMITH, R.E.B., SILVA, J.F.C. da. Diferenças Varietais nas Características Fotossintéticas de *Pennisetum purpureum* Schum. **Rev. bras. zootec.**, n. 30, p. 1975-1983, 2001.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptors level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 577-582, 1997.

SISLER, E.C.; SEREK, M.; DUPILLE, E. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 18, p. 169-174, 1996.

TAIZ, L., ZEIGER E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artemed, 2004. 719p.

TJOSVOLD, S.A.; W.U, M.; REID, M.S. Reduction of postproduction quality loss in potted miniature roses. **HortScience**, v. 29, n. 4, p. 293-294, 1994.

UPNMOOR; I. **Cultivo de plantas ornamentais**. Ed. Agropecuáris, 2003, 59p.

VERDUGO, G., ARANEDA, L. & RIFFO, M.O. Effect of ethylene inhibitors on postharvest life of *Lilium* cut flowers. **The Cien. Inv. Agr.** V.30, n2, p.89-95, 2003.

VIEIRA; M. A. **Uso de polímero hidroabsorvente: efeitos sobre a qualidade de substratos hortícolas e crescimento de mudas de pimentão ornamental**. Pelotas, 2002. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPel, 2002.

WILLIAMS M.H.; ROSENQVIST E.; BUCHHAVE, M. Response of potted miniature roses (*Rosa x hybrida*) to reduced water availability during production. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 74, n. 3, p. 301-308, 1999.

WILLIAMS M.H.; ROSENQVIST E.; BUCHHAVE, M. The effect of reducing water availability on the post-production quality of potted miniature roses (*Rosa x hybrida*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 18, p. 143-150, 2000.

WOLTERING, E. J. Effects of ethylene on ornamental pot plants: A classification. **Scientia Horticulturae**, v. 31, p. 283-94, 1996.

YAMAUCHI, N.; AKIYAMA, Y.; KAKO, S.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation in Wase satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 71, n. 1/2, p. 35-42, 1997.

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

## **CAPÍTULO III**

### **AÇÃO DO 1-MCP NA PÓS-PRODUÇÃO DE PIMENTAS ORNAMENTAIS (*Capsicum annuum* L.) CULTIVADAS EM VASO**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A conservação pós-colheita de muitas espécies de plantas ornamentais pode ser prolongada pelo uso de compostos que inibem a síntese ou ação do etileno (Serek & Reid, 1993). O etileno pode ser endógeno, sintetizado nas células das plantas, ou exógeno, oriundo de fontes externas, como exaustão de motores, aquecedores e frutas em amadurecimento. Embora ainda não sejam bem conhecidos os detalhes moleculares de muitas respostas adversas do etileno, sabe-se que os sinais para essas respostas são intermediados pelas proteínas receptoras de etileno, localizadas na membrana celular (Kluge, 2002).

Em razão dos efeitos diversos do etileno em grande número de espécies de plantas, muitos deles indesejáveis, há necessidade de manejar esses efeitos

durante a fase de pós-produção. A sensibilidade ao etileno representa importante papel durante o transporte e comercialização de rosas envasadas em lojas, supermercados e outras áreas onde o ar é comumente contaminado com esse gás (Muller *et al.* 1998, 2000a). A necessidade de proteção química contra a ação do etileno tem sido recomendada para muitas plantas de vaso, pois baixas concentrações causam rápidas perdas na qualidade das mesmas (Serek & Reid, 1993; Serek *et al.* 1994).

Uma das formas de controle dos efeitos do etileno é a utilização de inibidores da sua ação, que aplicados em flores, geralmente é mais eficaz do que a dos inibidores da síntese, pois bloqueia o efeito do etileno da atmosfera de armazenamento, durante o transporte e a comercialização do produto (Porat *et al.*, 1995). Vários são os compostos capazes de bloquear a ligação do etileno aos seus receptores na célula, causando inibição dos efeitos deste hormônio, como é o caso do 2,5-norbornadieno (NBD) e do diazocyclopentadieno (DACP), que retardaram o amadurecimento de maçãs (Blankenship & Sisler, 1989, 1993; Gong & Tian, 1998), mas por serem tóxicos não têm sido comercialmente aceitos. Apesar de o STS (Tiosulfato de prata) ser bastante efetivo em bloquear a ação do etileno seu efeito sobre o meio ambiente tem sido criticado tanto por ambientalistas como por autoridades fitossanitaristas, principalmente pela permanência do cátion prata no solo e nas águas subterrâneas por períodos prolongados, podendo passar para o sistema de água potável chegando finalmente a ser absorvido pelos seres humanos (Nell, 1995).

Recentemente, um grupo de ciclopropenos (CPs) foi identificado como efetivo na prevenção dos efeitos deletérios do etileno nas plantas (Serek & Sisler, 2001). Os ciclopropenos competem com o etileno pelos sítios de ligação se mantendo ligados ao receptor por um longo tempo, impedindo a sua ação (Sisler *et al.* 1996, 2003). O 1-MCP é um dos CPs mais utilizados, sendo um composto não-tóxico, estável à temperatura ambiente, ativo em baixas concentrações, que protege as plantas por um longo período de tempo ( $\pm$  12 dias), com apenas uma aplicação (Kebenei *et al.*, 2003).

Embora o 1-MCP seja um gás, é formulado como pó, o qual libera o ingrediente ativo quando misturado a uma solução básica ou água. O 1-MCP se liga fortemente ao sítio de ligação do etileno, evitando que sua ligação e ação

ocorram (Jiang *et al.*, 1999). O 1-metilciclopropeno (1-MCP) tem sido uma das alternativas utilizadas na conservação de produtos vegetais, sendo seu efeito depende da cultivar e estágio de maturidade do fruto no momento da aplicação (Blankeship & Dole, 2003; Botrel *et al.*, 2002; Golding *et al.*, 1998; Harris *et al.*, 2000; Pelayo *et al.*, 2003). O 1-MCP inibe a ação do etileno, bloqueando seus sítios receptores, presentes nas células vegetais. Acredita-se que o 1-MCP liga-se permanentemente aos sítios receptores do etileno, das células vegetais no momento da aplicação do produto, e que o retorno da sensibilidade destes vegetais ao etileno seja devido à síntese de novos sítios receptores (Blankeship & Dole, 2003).

O 1-MCP retarda a senescência de flores cortadas e plantas envasadas mesmo se aplicado em baixíssimas concentrações (Serek *et al.*, 1994, 1995; Porat *et al.*, 1995; Sisler *et al.*, 1996). Recentes estudos indicaram que o 1-MCP, além de restringir a ação do etileno, pode reduzir sua produção e, com isso, retardar o amadurecimento de muitos frutos climatéricos, como foi verificado em pêra (Lelièvre *et al.*, 1997), maçã (Fan *et al.*, 1999), banana (Sisler & Serek, 1997; Jiang *et al.*, 1999), ameixa (Abdi *et al.*, 1998), tomate (Nakatsuka *et al.*, 1997; Sisler & Serek, 1997) e damasco (Fan *et al.*, 2000).

Em face do grande potencial de utilização do 1-MCP e da carência de estudos no que se refere a plantas de pimenta ornamental, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do 1-MCP em bloquear a ação do etileno e estender a vida pós-produção de plantas de pimenta ornamental da espécie *Capsicum annuum*.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de julho a outubro de 2006. Foram utilizadas sementes do acesso BGH1039, proveniente do Banco de Germoplasma de Hortalças (BGH) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e da variedade 'Calypso', fornecida pela Epamig, ambos pertencentes à espécie *Capsicum annuum* L. As sementes foram colocadas para germinar em bandeja de isopor contendo substrato comercial Plantmax. Quando as plantas atingiram o estágio de três pares de folhas verdadeiras, foram transplantadas para vasos de 760 ml, 10 cm de altura e 13 cm de diâmetro da borda. Foram realizadas fertirrigações semanais, até o início da frutificação, com solução nutritiva contendo 150mg ml<sup>-1</sup>/vaso/dia de adubo comercial Ouro verde (15-15-20 NPK + Ca, S, Mg, Zn, B, Fe e Mn).

As plantas desenvolvidas em casa de vegetação ao atingirem ponto de comercialização (30% frutos maduros e nenhuma flor) foram levadas para uma sala, onde foram tratadas com 1-MCP (EthylBloc 0,14% ia, Rohm and Hass Química Ltda., São Paulo, Brasil). Os tratamentos foram realizados em câmaras herméticas, de 60 L, onde as plantas permaneceram no escuro e sem irrigação durante o tratamento. Nesse ambiente, o produto comercial foi dissolvido em água a 50°C, liberando o gás 1-MCP. Os tratamentos foram constituídos de: 1) controle bancada, onde as plantas permaneceram no interior de uma sala durante todo período de pós produção; 2) controle câmara, onde as plantas permaneceram dentro de uma câmara por 48h; 3) 1 µL L<sup>-1</sup>1-MCP por 6 h ; 4) 1 µL L<sup>-1</sup>1-MCP por 6 h + 10µL L<sup>-1</sup> etileno 48 h; 5) 10 µL L<sup>-1</sup> etileno 48 h. Para a avaliação da qualidade e vida pós-produção, após a os tratamentos, as plantas dos tratamentos 2, 3, 4, e 5, as plantas foram transferidas para o interior de uma sala para simulação de interior ( lojas, supermercados e casa do consumidor final): com temperatura de 25±1°C, 8-10 µmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup> luz fluorescente, UR 60-65% e irrigadas quando necessário.

Foram avaliadas, a qualidade e durabilidade comercial, como segue seguintes parâmetros: intensidade de coloração verde das folhas, determinada

pelo aparelho SPAD-502 (Minolta Co. LTd), sendo analisadas folhas escolhidas aleatoriamente da base, centro e ápice de cada planta; porcentagem de abscisão acumulada de folhas e frutos e vida de prateleira. Todas as avaliações foram realizadas a cada três dias após a aplicação do etileno, sendo encerradas quando as plantas não tinham mais valor comercial (50% de abscisão de folhas e frutos e/ou 50% amarelecimento de folhas).

As determinações dos níveis de clorofila e de carotenóides antes e após aplicação dos tratamentos, foram realizadas com a técnica de Lichtenthaler (1987), com modificações. As amostras foram retiradas da lâmina foliar, com um perfurador de disco (5 mm de diâmetro), de 5 a 6 folhas de três regiões da planta, base, centro e ápice, totalizando 10 discos por planta. Sob condições de baixa luminosidade, os pigmentos foram extraídos dos tecidos foliares por maceração em almofariz com pistilo, contendo 2 mL de acetona 80%, na presença de carbonato de cálcio. Após maceração e filtragem, o papel de filtro foi lavado com acetona e o volume foi ajustado em um balão volumétrico de 25 mL. A densidade ótica dos filtrados foi lida em espectrofotômetro a 663, 645 e 470 nm. Posteriormente, os valores dos teores de clorofila e de carotenóides foram transformados para  $\text{mg/dm}^2$  de clorofila no limbo foliar.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao caso, em esquema fatorial 2x5 (doses de etileno e 1-MCP x genótipo) com cinco repetições. Os dados referentes a clorofila a, b, total e carotenóides foram submetidos à análise da variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste t de Student em nível 5% de probabilidade de erro. Os demais dados foram submetidos ao erro padrão da média ( $n=5$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento com etileno diminuiu o conteúdo de clorofila total para ambos os genótipos (Tabelas 1 e 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Serek & Reid (2000), quando expuseram variedades de kalanchöe, Alexandra, Debbie e Nadia, cultivadas em vaso, a concentrações de  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 24 h. O etileno exógeno causou amarelecimento de folhas de alstroemeria, crisântemo, miniaturas de rosas e *Poinsettia* (Hibma, 1988; Tjosvold *et al.*, 1994; Ferrante *et al.*, 2002). O etileno acelera a degradação de clorofila tanto em folhas destacadas como em folhas não destacadas (Khan, 2006). O etileno promove aumento na atividade das enzimas clorofilase e oxidases, responsáveis pela degradação da clorofila, convertendo as clorofilas *a* e *b* em fitol e clorofilide (Shimokawa *et al.*, 1978; Yamauchi *et al.*, 1997; Matile *et al.*, 1999).

Os tratamentos não afetaram o conteúdo de carotenóides tanto para cultivar Calypso como para o acesso BGH 1039 (Tabelas 1 e 2). Estes resultados contrariam os obtidos por Akhtar *et al.* (1999), onde a exposição de folhas de feijão à  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 h, induziu a síntese de carotenóides. Já Fang *et al.* (1998), verificou uma diminuição nos conteúdos de clorofila e carotenóides após a aplicação de etileno em plantas de feijão selvagem (*Phaseolus vulgaris*). O etileno pode influenciar tanto a síntese como a degradação de carotenóides, no caso da mudança da coloração dos frutos da cor verde para alaranjada, durante o amadurecimento, o etileno é responsável por estimular a carotenogênese (Casas *et al.*, 1989).

Tanto as plantas do acesso BGH 1039 como a cultivar Calypso tratadas com 1-MCP não alteraram o conteúdo de clorofila total e carotenóides (Tabelas 1 e 2). A intensidade da coloração verde foi mantida ao longo dos dias de avaliação nas plantas tratadas com 1-MCP e 1-MCP+etileno em ambos os genótipos (Figura 1). Observou-se no acesso BGH 1039, que a manutenção da intensidade da coloração verde nas plantas tratadas com 1-MCP e 1-MCP +E foi superior aos observados nos controles, câmara e bancada (Figura 1a).

O tratamento com 1-MCP+E foi eficiente em manter a coloração verde das folhas, superando os controles este resultado, foi verificado

principalmente nas plantas do acesso BGH 1039, demonstrando a eficácia desta substância em bloquear a ação do etileno. As plantas do acesso BGH 1039 e cultivar Calypso tratadas apenas com 1-MCP mantiveram a intensidade da coloração verde por mais tempo que nas plantas controle.

**Tabela 1** - Concentração de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides em folhas de pimenta ornamental em vaso, acesso BGH 1039

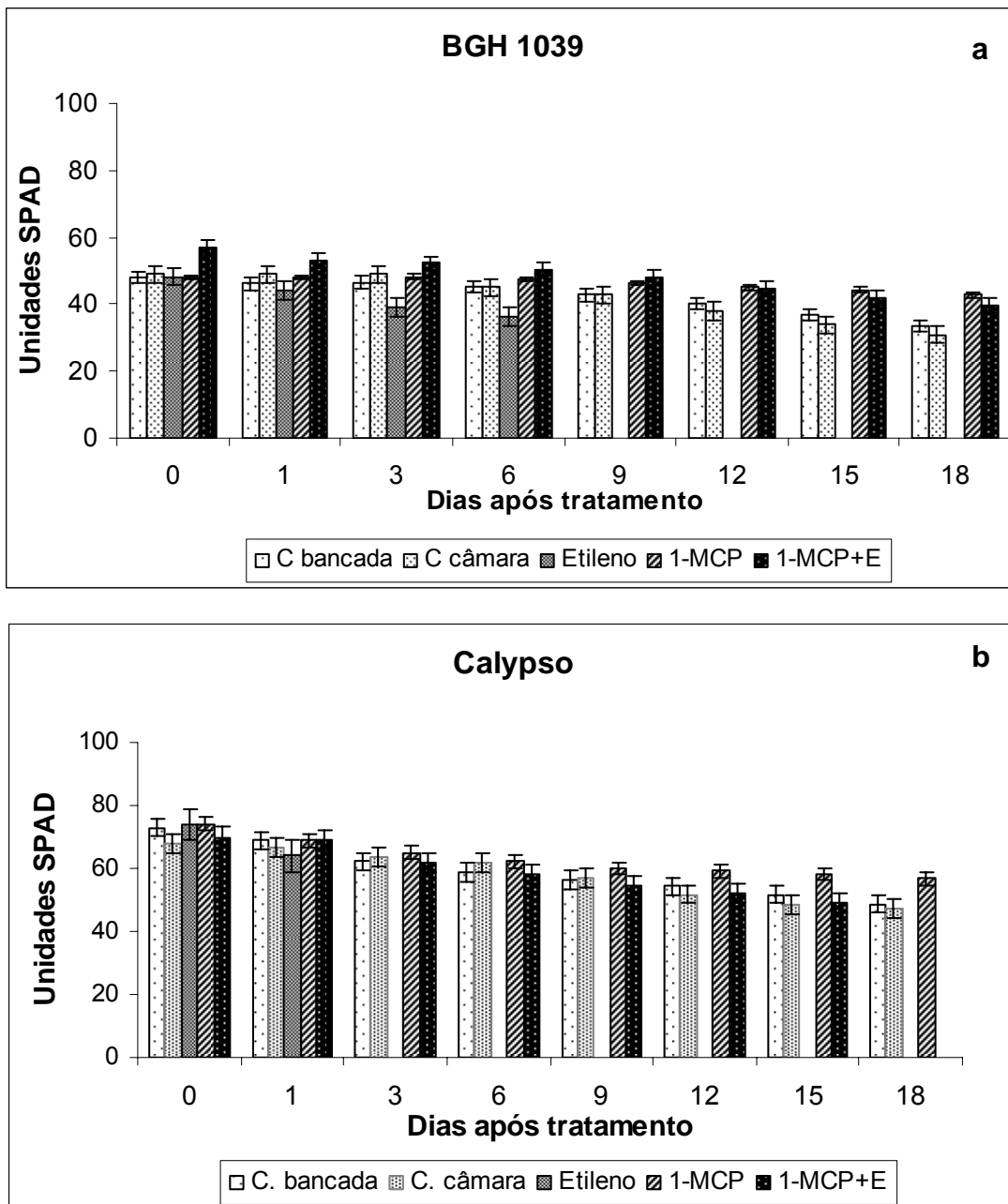
Tratamentos	MCP	Etileno	MCP+Etileno	C. Câmara	C. Bancada
<b>Clorofila a</b>					
Antes	6,75	6,38	6,54	6,25	6,57
Após	6,25 <sup>ns</sup>	4,76*	6,02 <sup>ns</sup>	5,66 <sup>ns</sup>	6,14 <sup>ns</sup>
<b>Clorofila b</b>					
Antes	2,04	2,28	1,85	1,95	2,20
Após	1,75 <sup>ns</sup>	1,95 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	1,93 <sup>ns</sup>
<b>Clorofila Total</b>					
Antes	8,79	8,67	8,39	8,20	8,77
Após	8,00 <sup>ns</sup>	7,06*	7,48 <sup>ns</sup>	7,35 <sup>ns</sup>	8,07 <sup>ns</sup>
<b>Carotenóides</b>					
Antes	1,13	1,03	0,96	1,11	0,92
Após	1,28 <sup>ns</sup>	1,23 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	1,09 <sup>ns</sup>

\*, ns, respectivamente, significância de 5% e não significativo para as médias antes e após tratamento de plantas de pimenta ornamental em vaso pelo teste t de Student.

**Tabela 2** - Concentração de clorofila *a*, *b*, total e carotenóides em folhas de pimenta ornamental em vaso, cultivar Calypso

Tratamentos	MCP	Etileno	MCP+Etileno	C. Câmara	C. Bancada
<b>Clorofila a</b>					
Antes	4,02	3,89	4,44	4,47	4,28
Após	4,12 <sup>ns</sup>	3,00 <sup>ns</sup>	4,23 <sup>ns</sup>	3,97 <sup>ns</sup>	4,36 <sup>ns</sup>
<b>Clorofila b</b>					
Antes	1,56	1,90	1,84	1,55	1,43
Após	1,20 <sup>ns</sup>	1,26*	1,82 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	1,49 <sup>ns</sup>
<b>Clorofila Total</b>					
Antes	5,58	5,80	6,28	6,02	5,49
Após	5,32 <sup>ns</sup>	4,20*	6,08 <sup>ns</sup>	5,60 <sup>ns</sup>	5,79 <sup>ns</sup>
<b>Carotenóides</b>					
Antes	0,83	0,98	0,68	0,75	0,97
Após	0,81 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>

\*, ns, respectivamente, significância de 5% e não significativo para as médias antes e após tratamento de plantas de pimenta ornamental em vaso pelo teste t de Student.

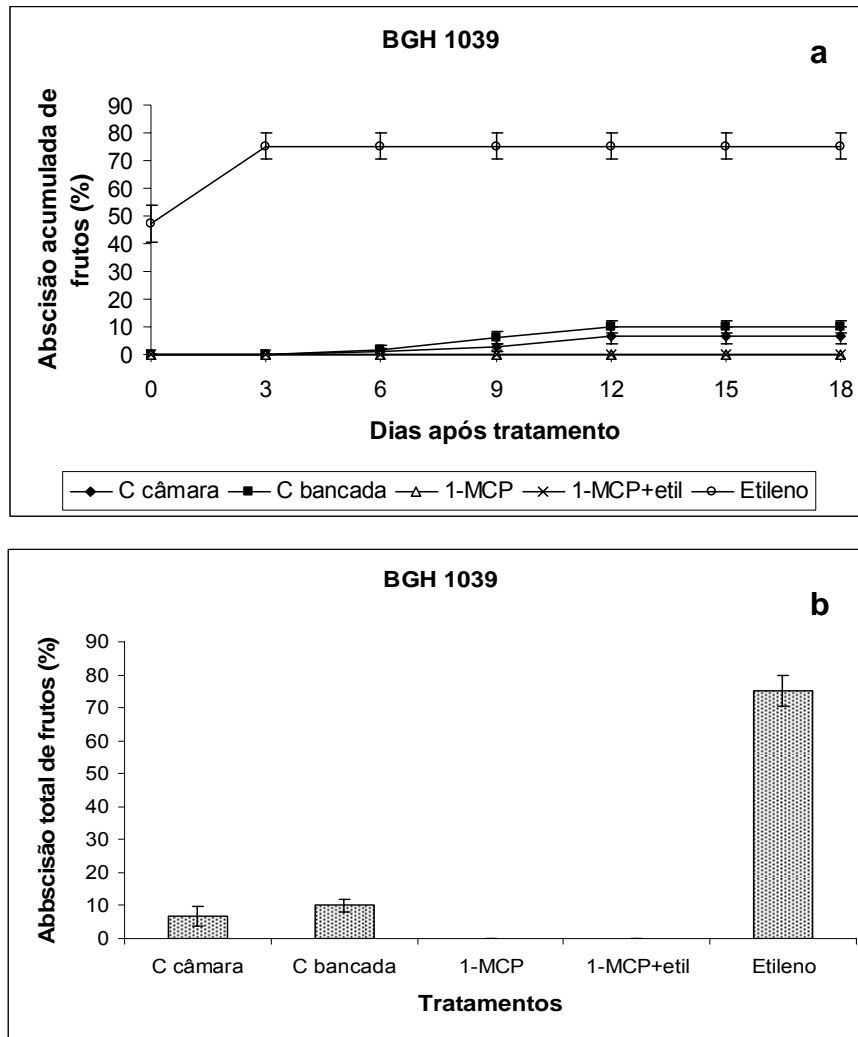


**Figura 1-** Amarelecimento das folhas de pimenta ornamental, acesso BGH 1039 (a) e cultivar Calypso (b). As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5).

Os tratamentos, 1-MCP e 1-MCP seguidos por 48 h em etileno foram eficazes em reduzir a abscisão de folhas e frutos do acesso BGH 1039 em comparação às plantas tratadas somente com etileno (Figuras 2 e 3). O tratamento com 1-MCP+etileno foi efetivo em diminuir a percentagem de abscisão das folhas da cultivar Calypso (Figura 5). A cultivar Calypso não apresentou

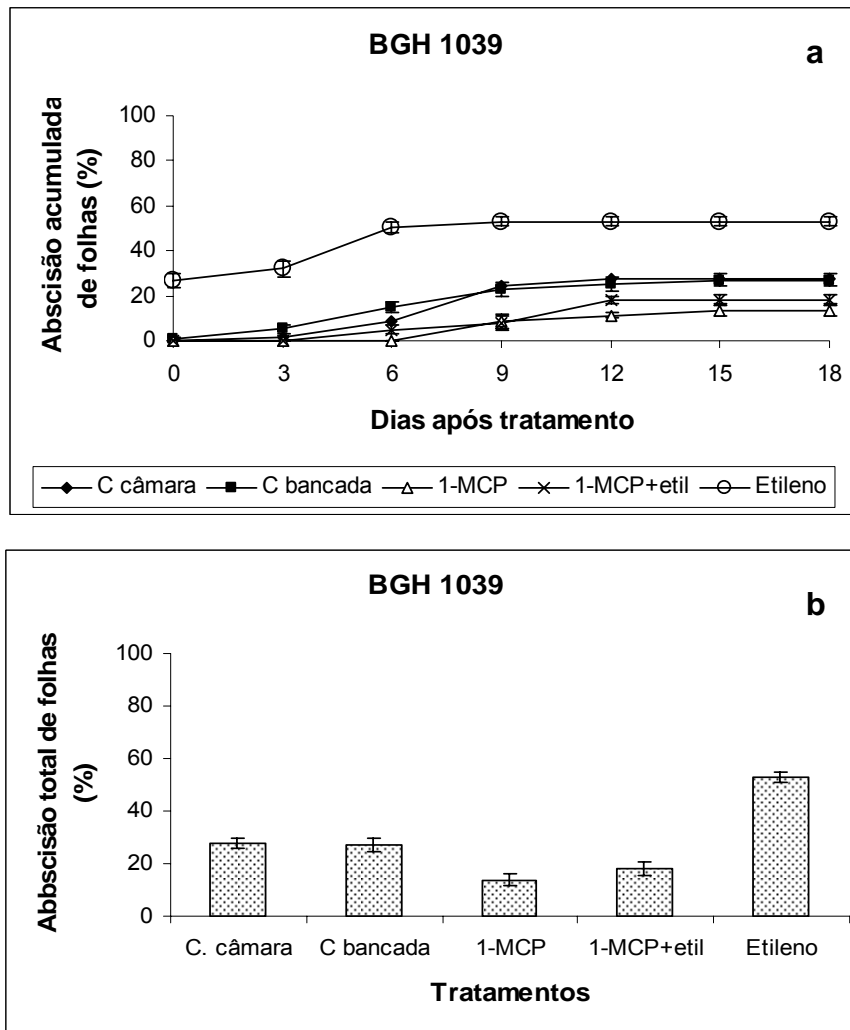
abscisão dos frutos para nenhum tratamento (Figura 4). A aplicação exclusiva de 1-MCP em ambos os genótipos, diminuiu a abscisão de folhas, em comparação aos controles e tratamento apenas com etileno (Figuras 3 e 5). Esse resultado evidencia que, mesmo na ausência de etileno exógeno, o 1-MCP foi eficiente em prolongar a conservação das plantas de pimenta ornamental em vaso. Em orquídeas do gênero *Cymbidium*, a aplicação de 1-MCP também estendeu significativamente a longevidade das flores cortadas, independentemente da presença ou não de etileno na atmosfera após o tratamento com 1-MCP (Heyes & Johnston, 1998).

Em diversos estudos realizados com flores, o 1-MCP apresenta máximo efeito em inibir a ação deletéria do etileno quando aplicado antes da exposição ao hormônio, e o efeito benéfico diminui se o 1-MCP for aplicado em conjunto ou após o etileno (Bankenship & Dole, 2003). Hastes de *Matthiola incana* tratadas com 1 mL L<sup>-1</sup> de etileno por 48 h, promoveu 100% de abscisão das pétalas e induziu epinastia das folhas. Esses efeitos foram completamente prevenidos quando as flores foram pré-tratadas com 500 nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP por 6 horas, semelhante aos resultados obtidos com esporinha nos tratamentos contendo 1-MCP (Celikel & Reid, 2002) e lírios orientais das espécies, “Mona Lisa” e “Stargazer (Elgar *et al.*, 1999). Trabalhos realizados flores altamente sensíveis ao etileno como cravos, a aplicação 1-MCP na concentração 0,5 nL L<sup>-1</sup> de por 24 h, foi eficaz em bloquear o etileno (Sisler & Serek, 2001, 2003). O amarelecimento acelerado e abscisão foliar precoce de folhas, efeitos do etileno observados em brassicáceas são revertido com o uso de 1-MCP (Suslow & Cantwell, 2000; Wagner *et al.*, 2001). Com a aplicação de 100 mg L<sup>-1</sup> de Ethrel, a longevidade de esporinha foi reduzida em cerca de 69%, comparada com as inflorescências-controle. A fumigação com 0,5 g m<sup>-3</sup> de 1-MCP comercialmente vendido como SmartFresh™, porém, aumentou em 33% a longevidade em relação ao controle (Santos *et al.*, 2005).



**Figura 2** - Abscisão acumulada (a) e total (b) de frutos de pimenta ornamental, acesso BGH 1039 As barras verticais significam o erro padrão da média (n=5). C câmara= controle dentro da câmara; C bancada= controle que permaneceu na bancada.





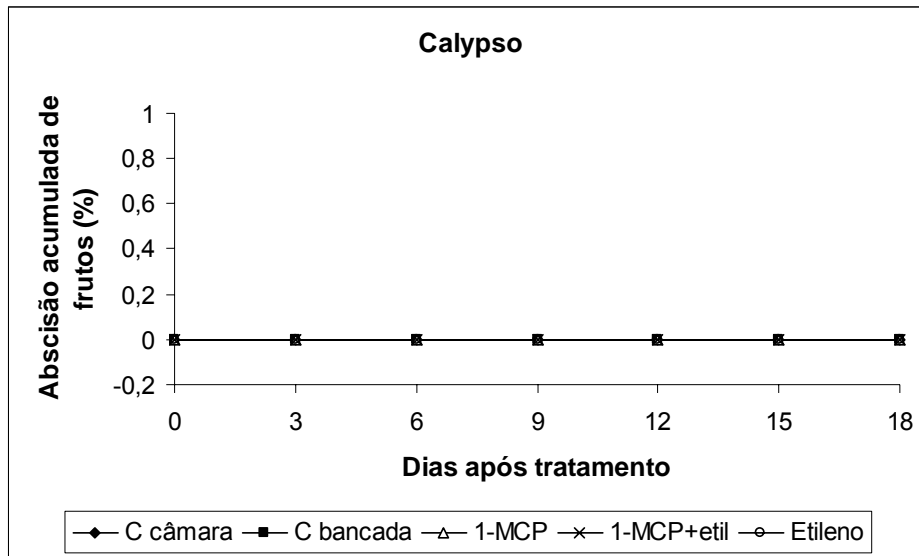
**Figura 3** - Abscissão acumulada (a) e total (b) de folhas de pimenta ornamental, acesso BGH 1039. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5). C câmara= controle dentro da câmara; C bancada= controle que permaneceu na bancada.

Foi observado que as plantas tratadas apenas com 1-MCP, mostraram longevidade superior as plantas controles, da bancada e da câmara, sugerindo, com isso, que a baixa irradiância ( $8-10 \mu \text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) em que as plantas foram expostas no interior da sala, induziu a produção de etileno, e que o 1-MCP foi eficaz em inibir a ação do hormônio produzido em decorrência do estresse luminoso. Folhas submetidas a tratamento de escuro produzem mais etileno (Buchanan, 2000). Em orquídeas do gênero *Cymbidium*, a aplicação de 1-MCP também estendeu significativamente a longevidade das flores cortadas,

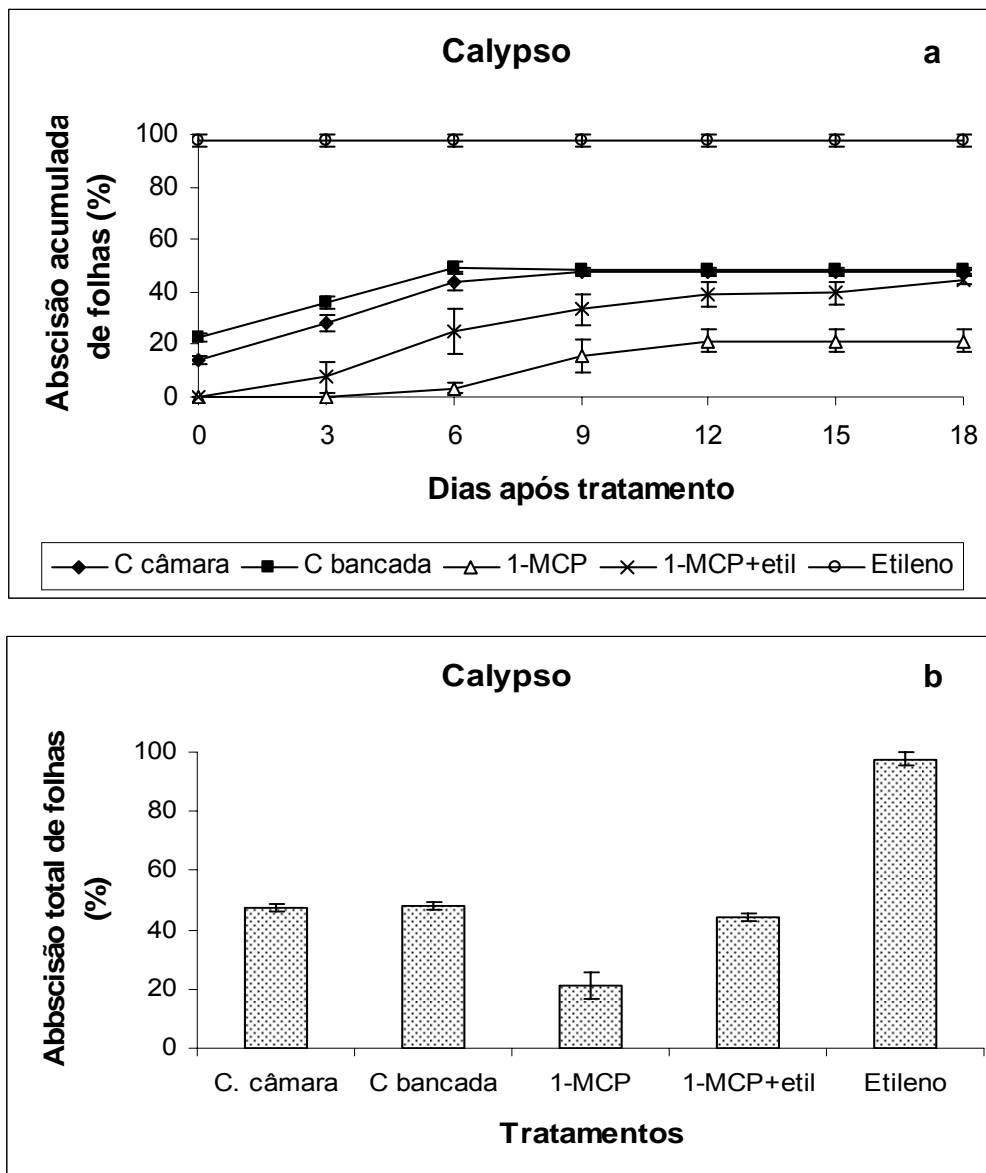
independentemente da presença ou não de etileno na atmosfera, após o tratamento com 1-MCP (Heyes & Johnston, 1998).

O pré-tratamento com 1-MCP foi eficiente em bloquear a ação do etileno, preservando a coloração verde das folhas e diminuindo a abscisão das folhas dos genótipos, Calypso e BGH 1039, com resultados semelhante aos exibidos pelas plantas controle e as tratadas exclusivamente com 1-MCP (Figuras 2, 3 e 5). Portanto, a aplicação de 1-MCP antes da exposição ao etileno, foi efetiva em inibir a ação do etileno, sugerindo com isso, que durante os 18 dias após a aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 h, não foram suficientes para que houvesse síntese de novos sítios de ligação nem remover o 1-MCP dos mesmos, demonstrando com isso a alta afinidade deste composto pelo receptor do etileno. O 1-MCP liga-se aos receptores de etileno com uma meia vida de difusão entre 7 e 12 dias, comparado com 2 a 10 min. para o etileno (Sisler & Serek, 1997, 1999) esse tempo de difusão, sugere que a ligação do 1-MCP ao receptor do etileno é praticamente irreversível; porém, assim que o complexo receptor do 1-MCP é metabolizado, o processo revertido, com a síntese de novos receptores (Serek *et al.*, 1994; Sisler e Serek, 1997). O 1-MCP utilizado tanto sozinho como precedendo a aplicação de etileno reduziu a abscisão de folhas e frutos do acesso BGH 1039 e das folhas da cultivar Calypso, além de manter a coloração verde, em ambos os genótipos, por mais tempo, promovendo melhores resultados que os controles. Estes resultados demonstram que o 1-MCP foi realmente efetivo em bloquear os efeitos indesejáveis causados pelo etileno e mesmo na ausência de etileno exógeno, o 1-MCP foi eficiente em prolongar a conservação de plantas de pimenta ornamental em vaso.

O 1-MCP tem grande potencial no controle da atividade do etileno em pós-produção de muitas plantas e flores ornamentais, mantendo a qualidade desses produtos durante o armazenamento temporário, transporte, tempo de exposição nas lojas e supermercados e nos consumidores finais. Os benefícios do uso dessa tecnologia incluem: redução significativa de perdas dos produtos pós-produção e pós-colheita, pela manutenção dos parâmetros de qualidade por maior tempo de armazenamento e comercialização; possibilidade de misturar produtos com diferentes níveis de produção e sensibilidade ao etileno; aumento da competitividade no mercado; e expansão das oportunidades de exportação.



**Figura 4** - Abscisão acumulada de frutos de pimenta ornamental, cultivar Calypso. C câmara= controle dentro da câmara; C bancada= controle que permaneceu na bancada.



**Figura 5** - Abscisão acumulada (a) e total (b) de folhas de pimenta ornamental, cultivar Calypso. As barras verticais significam o erro padrão da média (n= 5). C câmara= controle dentro da câmara; C bancada= controle que permaneceu na bancada.

#### 4. CONCLUSÕES

- O pré-tratamento com 1-MCP reduz a abscisão de folhas e frutos dos quatro genótipos de pimenta ornamental cultivada em vaso expostos ao etileno.
- O pré-tratamento com  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP seguido da aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 horas bloqueia a ação deste hormônio, aumentando a qualidade e a durabilidade comercial durante transporte e comercialização de plantas de pimenta ornamental cultivada em vaso em vaso com diferentes níveis de produção e sensibilidade ao etileno.

/

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, N.; McGLASSON, W.B.; HOLFORD, P.; WILLIAMS, M; MIZRAHI, Y. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.29-39, 1998.

BLANKENSHIP, S.M., DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 1-25, 2003.

BLANKENSHIP, S.M.; SISLER, E.C. 2,5-norbornadiene retards apple softening. **HortScience**, v.24, p.313-314, 1989.

BOTREL, N., FREIRE, J.M., DE VASCONCELOS, R.M., BARBOSA, H.T.G., Inibição do amadurecimento da banana-'Prata-Ana' com a aplicação do 1-metilciclopropeno. (Inhibition of ripening of 'Prata-Ana' banana by 1-methylcyclopropene.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24: p. 53-56, 2002.

BRAMLAGE, W.J. Effects of aminoethoxyvinylglycine on internal ethylene concentrations and storage of apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, v.105, n.6, p.847-851. 1980.

FAN, X.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J.P. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. **Postharvest Biology and Technology**, v.20, n.2, p.135-142, 2000.

FAN, X.; BLAKENSHIP, S.M.; MATTHEIS, J.P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science** v.124, n.6, p.690-695, 1999.

FERRANTE, A.; HUNTER, D.A.; HACKETT, W.P.; REID, M.S. Thidiazuron - a potent inhibitor of leaf senescence in *Alstroemeria*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 25, n. 3, p. 333-338, 2002.

GONG, Y.; TIAN, M.S. Inhibitory effect of diazocyclopentadiene on the development of superficial scald in 'Granny Smith' apples. **Plant Growth Regulation**, v.26, p.117-121, 1998.

GOLDING, J.B., SHEARER, D., WYLLIE, S.G., MCGLASSON, W.B. Application of 1-MCP and propylene to identify ethylene-dependent ripening processes in mature banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 87-98, 1998.

HARRIS, D.R., SEBERRY, J.A., WILLS, R.B.H., SPOHR, L.J. Effect of fruit maturity on efficacy of 1-methylcyclopropene to delay the ripening of bananas. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 303-308, 2000.

HEYES, J.A.; JOHNSTON, J.W. 1-Methylcyclopropene extends *Cymbidium* orchid vase life and prevents damaged pollinia from accelerating senescence. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 26, p. 319-324, 1998.

HOYER, L. Critical ethylene exposure for *Capsicum annuum* L. "Janne" is dependent on an interaction between concentration, duration and developmental stage. **Journal of Horticultural Science**, v.71, n. 4, p. 621-628, 1996.

JIANG, Y.; JOYCE, D.C.; MACNISH, A.J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, v.16, p.187-193, 1999.

KEBENEI, Z., SISLER, E.C., WINKELMANN, T., SEREK, M. 'Efficacy of inhibitors of ethylene perception in improvement of display life of kalanchoë (*Kalanchoë blossfeldiana* Poelln.) flowers', **Postharvest Biology and Technology**, v. 78, p.433-436, 2003.

KLUG, R.A., JACOMINO, A.P., OJEDA, R.M., BRACKMANN, A. Inibição do amadurecimento de abacate com 1-metilciclopropeno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, n.7, p.895-901, 2002.

LELIÈVRE, J.M.; TICHIT, L.; DAO, P.; FILLION, L.; NAM, Y.W.; PECH, J.C.; LATCHÉ, A. Effects of chilling on the expression of ethylene biosynthetic genes in Passe-Crassane pear (*Pyrus communis* L.) fruits. **Plant Molecular Biology**, v. 33, p. 847-855, 1997.

LIMA, M.A.C. DE, ALVES, R.E., BISCEGLI, C.I., FILGUEIRAS, H.A.C., COCOZZA, F. DEL M. Conservação pos-colheita de melões Galia 'Solar King' tratados com 1-metilciclopropeno. (Postharvest storage of Galia 'Solar King' muskmelon treated with 1-methylcyclopropene.). **Horticultura Brasileira**, v. 22, p. 121-126, 2004.

MULLER, R.; ANDERSEN, A.S.; SEREK, M. Differences in display life of miniature potted roses (*Rosa hybrida* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 76, p. 59-71, 1998.

MÜLLER, M., B.M. STUMMANN, E.C. SISLER & M. SEREK: Cultivar differences in regulation of ethylene production in miniature rose flowers (*Rosa hybrida* L.). **Gartenbauwissenschaft**, v. 66, n.1, p. 34-38, 2001.

NAKATSUKA, A.; SHIOMI, S.; KUBO, Y.; AKITSUGO, I. Expression and internal feedback regulation of ACC synthase and ACC oxidase genes in ripening tomato fruit. **Plant Cell Physiology**, v. 38, n. 10, p. 1103-1110, 1997.

NELL, T.A & L. HOYER. Terminology and conditions for evaluation of flowering potted plant longevity. **Acta Horticulturae**, v. 405, p. 28-32, 1995.

NELL, T.A., J.E. BARRETT, and R.T. LEONARD. 1997. Production factors affecting post-production quality of flowering potted plants. **HortScience**, v. 32, p. 817-819.



PELAYO, C., DE B. VILAS-BOAS, E.V., BENICHO, M., KADER, A.A. Variability in responses of partially ripe bananas to 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 75-85, 2003.

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. 88, p. 243-250, 1995.

SANTOS, V.R.; FINGER, F.L.; BARBOSA J. G.; BARROS, R.S. Influência do etileno e do 1-MCP na senescência e longevidade das inflorescências de esporinha. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 33-38, 2005.

SEREK, M.; REID, M.S. Anti-ethylene treatments for potted Christmas Cactus – efficacy of inhibitors of ethylene action and biosynthesis. **HortScience**, v. 28, n. 2, p. 1180-1181, 1993.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, v. 394, p. 337-345, 1995.

SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. A volatile ethylene inhibitor improves the postharvest life of potted roses. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 119, p. 572-577, 1994.

SEREK, M. and E.C. SISLER: Efficacy of inhibitors of ethylene binding in improvement of the postharvest characteristics of potted flowering plants. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 161-166, 2001.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptors level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, v. 100, p. 577-582, 1997.

SISLER, E.C.; SEREK, M.; DUPILLE, E. Comparison of cyclopropene, 1-methylcyclopropene, and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 18, p. 169-174, 1996.

SISLER, E.C., T. ALWAN, R. GOREN, M. SEREK and A. APELBAUM. 1 Substituted cyclopropenes: Effective blocking agents for the ethylene action in plants. **Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 223-228, 2003.

TJOSVOLD, S. A.; WU, M.; REID, M.S. Reduction of postproduction quality loss in potted miniature roses. **HortScience**, v. 29, n. 4, p. 293-294, 1994.

WOLTERING, E.J. Effects of ethylene on ornamental pot plants: A classification. **Scientia Horticulturae**, v. 31, p. 283-94, 1993.

## 6. CONCLUSÕES GERAIS

- Todos os frutos dos genótipos de pimenta ornamental estudados, apresentam alto conteúdo de vitamina C e sólidos solúveis totais.
- Capsaicina e dihidrocapsaicina são encontradas em maiores quantidades em frutos imaturos e sofrem decréscimo com o amadurecimento, na maioria dos genótipos estudados.
- Todos os genótipos podem ser utilizados em programas de melhoramento com intuito de obter plantas ornamentais a com altos teores de sólidos solúveis, vitamina C e Capsaicinóides, podendo dessa forma, serem utilizados tanto para ornamentação como processamento.
- A fotossíntese dos genótipos estudados de pimenta ornamental em vaso é afetada bruscamente, após 48 horas de escuro e sem irrigação.
- Em condições de interior ( $8-10 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ), os genótipos de pimenta ornamental em vaso estão sob condições de irradiância próxima aos seus pontos de compensação luminosa.
- Os genótipos de pimenta ornamental em vaso BGH 1039, BGH 7073, Calypso e MG apresentam diferentes níveis de sensibilidade ao etileno.
- As folhas dos genótipos de pimenta ornamental em vaso são mais sensíveis ao etileno exógeno que os frutos.
- As plantas de pimenta ornamental espécie *C. annuum*, acesso BGH 1039 e cultivar Calypso são classificadas como altamente sensíveis ao etileno.

- As plantas de pimenta ornamental espécie *C. annuum* acesso BGH 1039 e cultivar Calypso são mais sensíveis ao tempo de exposição ao etileno do que a concentração.
- O pré-tratamento com 1-MCP reduz a abscisão de folhas e frutos dos quatro genótipos de pimenta ornamental cultivada em vaso expostos ao etileno.
- O pré-tratamento com  $1 \mu\text{L L}^{-1}$  de 1-MCP seguido da aplicação de  $10 \mu\text{L L}^{-1}$  de etileno por 48 horas bloqueia a ação deste hormônio, aumentando a qualidade e a durabilidade comercial durante transporte e comercialização de plantas de pimenta ornamental cultivada em vaso em vaso com diferentes níveis de produção e sensibilidade ao etileno.