

ADRIANA ANDRADE GUIMARÃES

**MANEJO PÓS-COLHEITA DE HASTES FLORAIS DE *Heliconia bihai***

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

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2008

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

T

G963m  
2008

Guimarães, Adriana Andrade, 1971-  
Manejo pós-colheita de hastes florais de  
*Heliconia bihai* / Adriana Andrade Guimarães. – Viçosa,  
MG, 2008.  
xx, 159f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Fernando Luiz Finger

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 139-155.

1. *Heliconia bihai* - Produção. 2. Flores - Trópicos.  
3. Flores - Cultivo. 4. Plantas tropicais - Produção.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 635.9523

ADRIANA ANDRADE GUIMARÃES

**MANEJO PÓS-COLHEITA DE HASTES FLORAIS DE *Heliconia bihai***

Tese apresentada à  
Universidade Federal de Viçosa,  
como parte das exigências do  
Programa de Pós-graduação em  
Fitotecnia, para obtenção do título  
de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 01 de abril de 2008.

---

Prof. José Geraldo Barbosa  
(Conselheiro)

---

Prof. Mário Puiatti

---

Pesq. Marlei Rosa dos Santos

---

Pesq. Pahlevi Augusto de Souza

---

Fernando Luiz Finger  
(Orientador)

*Aos meus pais Wilson e Lillian pela confiança e apoio depositados em mim.*

*Aos meus irmãos, Washington, Alexandre, Cléber e Andréa pelo incentivo, confiança e torcida a cada conquista.*

*Ao meu esposo Valério pelas palavras encorajadoras nos momentos difíceis.*

### **DEDICO**

*Aos meus sobrinhos André, Adriano, Aline, Lara Letícia, Mariana, Marina e Saulo pela doçura e contagiante alegria de serem crianças.*

### **OFEREÇO**

*“As dificuldades ensinam e fortalecem, as facilidades iludem e enfraquecem”.*

*(Amon de Mello)*

## AGRADECIMENTOS

À Deus, fonte de energia que me abastece de coragem e perseverança para enfrentar os obstáculos e momentos difíceis.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) pela oportunidade ímpar em ampliar meus conhecimentos, e ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos Professores Fernando Luiz Finger, pela competência exímia, valiosa orientação, conselhos e ensinamentos durante todo o curso e ao conselheiro José Geraldo Barbosa pelas valiosas sugestões e ensinamentos.

Ao professor Mário Puiatti pela colaboração valiosa na parte escrita da tese e pela admirável paciência e competência.

Aos Doutores Pahlevi Souza e em especial a Marlei Rosa pelas valiosas sugestões na parte escrita da tese e ajuda nas análises estatísticas.

À Embrapa Agroindústria Tropical pelas condições no desenvolvimento dos experimentos; e aos pesquisadores D. Sc. José Luiz Mosca pela orientação e Marlos Dantas pela ajuda na leitura da intensidade luminosa.

Ao professor da Universidade Federal do Ceará (UFC), Renato e ao doutorando Álvaro Lima pela disponibilização da película utilizada no experimento.

Aos ex-esamianos e pós-graduandos da UFV, Pahlevi Souza, Georgiana Freire, Adriano Simões, Diana Freitas, Franciscleudo Bezerra, Júlio Gomes, Marcelo Castro, Roberto Queiroga, pelo companheirismo, agradável convivência e ajuda nos momentos precisos.

Aos amigos da UFV, Aline Rocha, Aurinete Borges, Andréia Barroncas, Ana Hermelinda, Cláudia Fogaça, Juliana Lana, Mara Batirola, Roberta Santos, Sandra Souza e em especial a Patrícia Ribeiro e Rosmeire Batirola pela constante presença e apoio.

Aos laboratoristas do Departamento de Fitotecnia da UFV: Geraldo, Sebastião e Ribeiro e a secretária da pós-graduação Mara Rodrigues pela gentileza e constante disponibilidade em nos atender.

Aos estagiários da Embrapa Agroindústria Tropical: Denise Josino, Deuzenir Marques, Delane, Eliardo Carlos, Marcela Coêlho, Rafaella Timóteo, Rafaelle e em especial a Alan Bernardes, Glauber Melo, Jonathas Albuquerque, Robson Cavalcante e Suelane Moura pela ajuda na coleta dos dados e pelo convívio agradabilíssimo e a laboratorista Márcia Régia e ao pesquisador D. Sc. Carlos Farley pela gentileza e constante disponibilidade em nos atender.

A Nájela e Aline Coelho pela valiosa amizade e gentileza ímpar.

A mestranda da UFC Aliciane Fontenelle e as amigas Cláudia e Ana Dalva pela agradável convivência e momentos de descontração.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## **BIOGRAFIA**

ADRIANA ANDRADE GUIMARÃES, filha de Wilson Rosado Guimarães e Lílian de Andrade Rosado, nasceu em 15 de abril, em Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte.

Em janeiro de 1999 concluiu o curso de Agronomia na Escola Superior de Agricultura de Mossoró - ESAM, atualmente Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Durante a graduação foi bolsista de trabalho desenvolvendo atividades de produção de mudas frutíferas, ornamentais e medicinais.

No período de junho de 1999 a dezembro de 2000, foi bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial do CNPq junto ao projeto: Controle de Qualidade dos Principais Frutos Produzidos no Vale do Açu – RN, convênio ESAM / VALEFRUTAS / CNPq.

Em fevereiro de 2001, ingressou no curso de mestrado em Fitotecnia pela ESAM, concluindo-o em dezembro de 2002.

Atuou no projeto de Produção Integrada de Frutas (PIF-Melão) em convênio firmado entre o Comitê Executivo de Fitossanidade do Rio Grande do Norte (COEX) e a EMBRAPA Agroindústria Tropical, no período de fevereiro de 2003 a fevereiro de 2004.

Em março de 2004, iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia na UFV, concluindo em abril de 2008.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	xil
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO .....	xvii
ABSTRACT .....	xlx
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1 Descrição Botânica da Espécie .....	04
2.2 Problemas Pós-Colheita das Helicônias.....	04
2.2.1 Oclusão dos Vasos Xilemáticos.....	04
2.2.2 Injúria pelo Frio ou <i>Chilling</i> .....	08
2.2.3 Transpiração.....	11
2.3 Tratamentos Pós-Colheita.....	12
2.3.1 Inibidores Enzimáticos e Corte da Base da Haste.....	12
2.3.2 Refrigeração.....	13
2.3.3 Atmosfera modificada.....	15
2.3.4 Uso de Reguladores Vegetais.....	18
3. CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CORTES DA BASE DA HASTE SOBRE A LONGEVIDADE FLORAL DE <i>Heliconia bihai</i> .....	22
3.1 INTRODUÇÃO.....	23
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita.....	25
3.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais.....	25
3.2.3 Períodos de Corte e de Armazenamento das Hastes.....	26
3.2.4 Características Avaliadas.....	26
3.2.4.1 Aparência Visual.....	26
3.2.4.2 Longevidade Floral.....	27
3.2.4.3 Perda de Massa.....	27
3.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaulé (TRA P ).....	27

3.2.4.5 Antocianina.....	28
3.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxi- dase (PPO).....	28
3.2.4.7 Proteína Total.....	29
3.2.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	29
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....	31
3.3.1 Aparência Visual.....	31
3.3.2 Longevidade Floral.....	34
3.3.3 Perda de Massa.....	34
3.3.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaulo (TRA P).....	35
3.3.5 Antocianina.....	39
3.3.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	40
3.4 CONCLUSÕES.....	43
4. CAPÍTULO 2 - ENVOLVIMENTO DAS ENZIMAS PEROXIDASE E POLIFENOLOXIDASE NA OCLUSÃO XILEMÁTICA DE <i>Heliconia bihai</i> .....	44
4.1 INTRODUÇÃO.....	46
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita.....	48
4.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais.....	48
4.2.3 Tratamento com Inibidor Enzimático e Períodos de Armazenamento.....	49
4.2.4 Características Avaliadas.....	49
4.2.4.1 Aparência Visual.....	49
4.2.4.2 Longevidade Floral.....	50
4.2.4.3 Perda de Massa.....	50
4.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRAB) e Pseudocaulo (TRA P).....	50
4.2.4.5 Antocianina.....	51
4.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	51

4.2.4.7 Proteína Total.....	52
4.2.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	52
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
4.3.1 Aparência Visual.....	54
4.3.2 Longevidade Floral.....	56
4.3.3 Perda de Massa.....	58
4.3.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaulo (TRA P).....	59
4.3.5 Antocianina.....	62
4.3.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	63
4.4 CONCLUSÕES.....	66
5. CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO DA LONGEVIDADE FLORAL DE <i>Heliconia bihai</i> PULVERIZADAS COM SOLUÇÕES DE BENZILADENINA.....	67
5.1 INTRODUÇÃO.....	68
5.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	70
5.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita.....	70
5.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais.....	70
5.2.3 Tratamento com o Regulador Vegetal e Períodos de Armazenamento.....	71
5.2.4 Características Avaliadas.....	71
5.2.4.1 Aparência Visual.....	71
5.2.4.2 Longevidade Floral.....	71
5.2.4.3 Perda de Massa.....	72
5.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaulo (TRA P).....	72
5.2.4.5 Antocianina.....	73
5.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	73
5.2.4.7 Proteína Total.....	74
5.2.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	74
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75

5.3.1 Aparência Visual.....	75
5.3.2 Longevidade Floral.....	78
5.3.3 Perda de Massa.....	80
5.3.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P).....	80
5.3.5 Antocianina.....	82
5.3.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	84
5.4 CONCLUSÕES.....	87
6. CAPÍTULO 4 - AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO DE <i>PULSING</i> COM ÁCIDO GIBERÉLICO NA VIDA DE VASO DE <i>Heliconia</i> <i>bihai</i> .....	88
6.1 INTRODUÇÃO.....	89
6.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	91
6.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita.....	91
6.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais.....	91
6.2.3 Tratamento com o Regulador Vegetal e Períodos de Armazenamento.....	92
6.2.4 Características Avaliadas.....	92
6.2.4.1 Aparência Visual.....	92
6.2.4.2 Longevidade Floral.....	92
6.2.4.3 Perda de Massa.....	93
6.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P).....	93
6.2.4.5 Antocianina.....	94
6.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	94
6.2.4.7 Proteína Total.....	95
6.2.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	95
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	96
6.3.1 Aparência Visual.....	96
6.3.2 Longevidade Floral.....	99

6.3.3 Perda de Massa.....	100
6.3.4 Teor Relativo de Água das Brácteas e (TRA B) Pseudocaulé (TRA P).....	101
6.3.5 Antocianina.....	103
6.3.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	104
6.4 CONCLUSÕES.....	107
7. CAPÍTULO 5 - ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE <i>Heliconia bihai</i> ASSOCIADO À ATMOSFERA MODIFICADA.....	108
7.1 INTRODUÇÃO.....	110
7.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	113
7.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita.....	113
7.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais.....	113
7.2.3 Preparo e Aplicação da Película Biodegradável.....	114
7.2.4 Armazenamento das Hastes.....	115
7.2.5 Características Avaliadas.....	115
7.2.5.1 Aparência Visual.....	115
7.2.5.2 Longevidade Floral.....	115
7.2.5.3 Perda de Massa.....	116
7.2.5.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaulé (TRA P).....	116
7.2.5.5 Antocianina.....	117
7.2.5.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	117
7.2.4.7 Proteína Total.....	118
7.2.4.8 Vazamento de Eletrólitos.....	118
7.2.6 Delineamento Experimental e Análise Estatística.....	119
7.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	120
7.3.1 Aparência Visual.....	120
7.3.2 Longevidade Floral.....	125
7.3.3 Perda de Massa.....	126
7.3.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e	

Pseudocaule (TRA P).....	128
7.3.5 Antocianina.....	131
7.3.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO).....	134
7.3.7 Vazamento de Eletrólitos.....	136
7.4 CONCLUSÕES.....	138
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
9. APÊNDICE.....	156

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
01	Valores médios da Perda de Massa (%) em hastes de <i>Heliconia bihai</i> em função das temperaturas de armazenamento (7 °C; 13 °C; 15 °C e 25 °C), e do uso ou não da película.....	128
02	Valores médios da Atividade da Peroxidase ( $\Delta$ UA/min/mg de proteína) em hastes de <i>Heliconia bihai</i> ao longo dos períodos de armazenamento (0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias após a colheita), em função das temperaturas (7 °C; 13 °C ; 15 °C e 25 °C).....	135
03	Valores médios da Atividade da Polifenoloxidase ( $\Delta$ UA/min/mg de proteína) em hastes de <i>Heliconia bihai</i> em função dos períodos de armazenamento (0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias após a colheita), temperaturas (7 °C; 13 °C ; 15 °C e 25 °C), revestidas (A) ou não (B) com película.....	136
04	Valores médios do Vazamento de Eletrólitos (%) em hastes de <i>Heliconia bihai</i> em função dos períodos de armazenamento (0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias após a colheita), e temperaturas (7 °C; 13 °C ; 15 °C e 25 °C).....	137

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
01	Estimativas da aparência visual em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , sem corte da base da haste e corte a cada 24 e 48 h após a colheita.....	32
02	Sintomas de antracnose em hastes de <i>Heliconia bihai</i> . EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.....	32
03	Aparência visual de hastes de <i>Heliconia bihai</i> armazenadas sem o corte da base das hastes e cortadas a cada 24 e 48 horas após a colheita: <b>A</b> (caracterização); <b>B, F e J</b> (aos 3 dias); <b>C, G e L</b> (aos 6 dias); <b>D, H e M</b> (aos 9 dias); <b>E, I e N</b> (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.....	33
04	Estimativas da perda de massa em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , sem corte da base da haste e corte a cada 24 e 48 h após a colheita.....	35
05	Estimativa do teor relativo de água das brácteas (TRA B) em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± 2 C° e umidade relativa de 60- 80%.....	38
06	Estimativa do teor relativo de água do pseudocaule (TRA P) em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± 2 C° e umidade relativa de 60- 80%.....	38
07	Estimativas da concentração de antocianina em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , sem corte da base da haste e corte a cada 24 e 48 h após a colheita.....	40
08	Estimativa da atividade da peroxidase em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± 2 C° e umidade relativa de 60- 80%.....	41
09	Estimativa da atividade da polifenoloxidase em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± 2 C° e umidade relativa de 60- 80%.....	42
01	Estimativa da aparência visual em hastes de <i>Heliconia bihai</i> ,	

	armazenadas por 12 dias a $25 \pm 2$ °C e umidade relativa de 60-80%.....	55
02	Sintomas de antracnose em hastes de <i>Heliconia bihai</i> . EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.....	55
03	Aparência visual de hastes de <i>Heliconia bihai</i> submetidas ao tratamento com 0, 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol: <b>A</b> (caracterização); <b>B, F e J</b> (aos 3 dias); <b>C, G e L</b> (aos 6 dias); <b>D, H e M</b> (aos 9 dias); <b>E, I e N</b> (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.....	57
04	Estimativa da perda de massa em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a $25 \pm 2$ C° e umidade relativa de 60- 80%.....	59
05	Estimativas do teor relativo de água das brácteas (TRA B) de <i>Heliconia bihai</i> , submetidas à solução contendo 0; 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol.....	61
06	Estimativa do teor relativo de água do pseudocaulé (TRA P) de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a $25 \pm 2$ C° e umidade relativa de 60- 80%.....	61
07	Estimativas da concentração de antocianina em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , submetidas à solução contendo 0; 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol.....	63
08	Estimativas da atividade da peroxidase em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , submetidas à solução contendo 0; 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol.....	65
09	Estimativa da atividade da polifenoloxidase em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a $25 \pm 2$ C° e umidade relativa de 60- 80%.....	65
01	Estimativa da aparência visual em hastes de <i>Heliconia bihai</i> armazenadas por 12 dias a $25 \pm$ °C e umidade relativa de 60-80%.....	76
02	Sintomas de antracnose em hastes de <i>Heliconia bihai</i> . EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.....	76
03	Aparência visual de hastes de <i>Heliconia bihai</i> submetidas ao	

	tratamento com 0, 150 e 300 mg L <sup>-1</sup> de benziladenina (BA): <b>A</b> (caracterização); <b>B, F e J</b> (aos 3 dias); <b>C, G e L</b> (aos 6 dias); <b>D, H e M</b> (aos 9 dias); <b>E, I e N</b> (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.....	77
04	Estimativas da perda de massa em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg L <sup>-1</sup> de benziladenina.....	81
05	Estimativa do teor relativo de água das brácteas (TRA B) de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± °C e umidade relativa de 60-80%.....	82
06	Estimativas da concentração de antocianina de hastes <i>Heliconia bihai</i> , submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg L <sup>-1</sup> de benziladenina.....	84
07	Estimativas da concentração de antocianina de hastes <i>Heliconia bihai</i> , submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg L <sup>-1</sup> de benziladenina.....	85
08	Estimativas da atividade da polifenoloxidase de hastes <i>Heliconia bihai</i> , submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg. L <sup>-1</sup> de benziladenina.....	86
01	Estimativas da atividade da aparência visual de hastes <i>Heliconia bihai</i> , submetidas à solução de <i>pulsing</i> contendo 0; 50 e 100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> .....	97
02	Sintomas de antracnose em hastes de <i>Heliconia bihai</i> EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.....	97
03	Aparência visual de hastes de <i>Heliconia bihai</i> submetidas ao tratamento com 0, 50 e 100 mg L <sup>-1</sup> de ácido giberélico (GA <sub>3</sub> ): <b>A</b> (caracterização); <b>B, F e J</b> (aos 3 dias); <b>C, G e L</b> (aos 6 dias); <b>D, H e M</b> (aos 9 dias); <b>E, I e N</b> (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.....	98
04	Estimativa da perda de massa de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± °C e umidade relativa de 60-80%.....	101
05	Estimativas da atividade do teor relativo de água das	

	Brácteas (TRA B) de hastes <i>Heliconia bihai</i> , submetidas à solução de <i>pulsing</i> contendo 0; 50 e 100 mg. L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub> .....	102
06	Estimativas da atividade do teor relativo de água do pseudocaule (TRA P) de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± °C e umidade relativa de 60-80%.....	103
07	Estimativas da concentração de antocianina de hastes <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± °C e umidade relativa de 60-80%.....	104
08	Estimativas da atividade da peroxidase de hastes <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± °C e umidade relativa de 60-80%.....	105
09	Estimativas da atividade da polifenoloxidase de hastes <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 12 dias a 25 ± °C e umidade relativa de 60-80%.....	106
01	Estimativas da aparência visual em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas a 7; 13; 15 e 25 °C com película ( <b>A</b> ) e sem película ( <b>B</b> ).....	121
02	Aparência visual de hastes de <i>Heliconia bihai</i> armazenadas a 25; 15; 13 e 7 °C revestidas com película e não revestidas com película: <b>A</b> (caracterização inicial); <b>B, b, C, c, D, d, E, e</b> (aos 3 dias após a colheita). <b>F, f, G, g, H, h, I, i</b> (aos 6 dias); <b>J, j, L, l, M, m, N, n</b> (aos 9 dias); <b>O, P, Q, R</b> (25 °C sem e com película; 15 °C sem e com película aos 12 dias); <b>p, q</b> (15 °C sem e com película aos 15 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.....	122
03	Estimativas do teor relativo de água das brácteas (TRA B) em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas a 7; 13; 15 e 25 °C com película (CP) ( <b>A</b> ) e sem película (SP) ( <b>B</b> ).....	130
04	Estimativas do teor relativo de água do pseudocaule (TRA P) de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas por 15 dias.....	131
05	Estimativas do Conteúdo de Antocianina em hastes de <i>Heliconia bihai</i> , armazenadas a 7; 13; 15 e 25 °C com ( <b>A</b> ) e sem película ( <b>B</b> ).....	133

## RESUMO

GUIMARÃES, Adriana Andrade, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2008. **Manejo pós-colheita de hastes florais de *Heliconia bihai*.** Orientador: Fernando Luiz Finger. Co-orientadores: José Geraldo Barbosa e Paulo Roberto Cecon.

Objetivando avaliar a longevidade floral de hastes de *Heliconia bihai* cinco experimentos foram instalados no Laboratório de Fisiologia e Tecnologia, Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical em Fortaleza-CE. O primeiro consistiu em submeter às hastes ao recorte a cada 24 ou 48 horas após a colheita. O recorte a cada 24 horas promoveu maior longevidade floral (12 dias), comparado aos demais tratamentos (controle e hastes recortadas a cada 48 horas) com longevidade de 10 dias. Os recortes promoveram menores decréscimos na aparência visual, perda de massa e conteúdo de antocianina, no entanto, não influenciaram o teor relativo de água das brácteas e pseudocaule e atividade da peroxidase e polifenoloxidase comparado ao controle. O objetivo do segundo experimento foi avaliar o uso do 2-mercaptoetanol sobre a longevidade floral. O 2-mercaptoetanol não influenciou a aparência visual, atividade da enzima peroxidase, perda de massa e teor relativo de água do pseudocaule. A longevidade não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, estimada em 11 dias. O terceiro experimento foi instalado com o objetivo de avaliar o uso de pulverizações com benziladenina nas concentrações de 150 e 300 mg L<sup>-1</sup>. A benziladenina promoveu menores perdas de massa e melhores notas na aparência visual comparada ao controle. No entanto, não apresentou efeito sobre o conteúdo de antocianina, teor relativo de água das brácteas e pseudocaule e atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. Baseado na aparência visual a benziladenina em ambas concentrações, bem como o controle não apresentaram diferenças significativas na longevidade floral, estimada em 10 dias. O quarto experimento objetivou avaliar o efeito do *pulsing* com ácido giberélico nas concentrações de 50 e 100 mg L<sup>-1</sup>. O ácido giberélico não influenciou na perda de massa, teor relativo de água do pseudocaule, conteúdo de

antocianina e atividade da peroxidase e polifenoloxidase, no entanto, apresentou efeito significativo na aparência visual e teor relativo de água das brácteas. Baseada nas notas da aparência visual, a longevidade floral foi de 7 dias para o controle e de 9 dias para hastes tratadas com ácido giberélico. O quinto experimento consistiu em armazenar as hastes em câmaras frias a 7 °C (97 % U. R.); 13 °C (92% U. R.) e 15 °C (58 % U. R), revestidas ou não com película à base de galactomana de sementes de *Caesalpinia pulcherrima* por períodos de 3 (1 dia em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C); 6 (4 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C); 9 (7 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C); 12 (10 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C) and 15 (13 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C). Hastes de *Heliconia bihai* armazenadas a 7 e 13 °C manifestaram sintomas de injúria por frio aos 6 após a colheita (4 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C) com e sem película. O uso da película não influenciou nos sintomas de injúria por frio. A melhor temperatura de armazenamento foi 15 °C. A longevidade das hastes armazenadas a 15 °C foi 10 e 13 dias, para hastes revestidas e não revestidas respectivamente. Menores longevidades foram observadas em hastes armazenadas a 25 °C com e sem película, bem como para as armazenadas a 7 e 13 °C revestidas com película.

## ABSTRACT

GUIMARÃES, Adriana Andrade, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2008. **Postharvest handling of the stems of the *Heliconia bihai***. Adviser: Fernando Luiz Finger. Co-Advisers: José Geraldo Barbosa and Paulo Roberto Cecon.

Aiming to evaluate the floral longevity of *Heliconia bihai* stems five experiments were performed at Laboratory of Postharvest Physiology and Technology, Embrapa Tropical Agroindústria in Fortaleza-CE. The first one consisted of submitting the stems to recuts at every 24 or 48 hours after harvest. The re cut at every 24 hours promoted longer floral longevity (12 days) compared to the other treatments, (control and stems recuted at every 48 hours) with longevity of 10 days. The recuts promoted minor decreases in the visual appearance, mass loss and anthocyanins content, however did not influenced the water relative content of the bracts and pseudo stems and the activity of peroxidase and polyphenol oxidase compared to control stems. The goal of the second experiment was to evaluate the use of 2-mercapto-ethanol on flower longevity. The 2-mercapto-ethanol not influenced the visual appearance, activity of enzyme peroxidase, losses of mass and water relative content of the pseudo stems. The longevity did not present significant differences among treatments, lasting at about 11 days. The third experiment was installed with the objective to evaluate the use of spraying with benzyladenine at concentrations of 150 and 300 mg L<sup>-1</sup>. The benzyladenine promoted minors losses of mass and better grades for visual appearance of stems compared with control. However, did not present effect on the anthocyanins content, water relative content of the bracts and pseudo stems and in the activity of enzymes peroxidase and polyphenol oxidase. Based on the visual appearance the benzyladenine in both concentrations, as well as the control did not significant differences in the floral longevity, lasting 10 days. The fourth experiment aimed at to evaluate effect of *pulsing* with gibberellic acid at concentrations of 50 and 100 mg L<sup>-1</sup>. The gibberellic acid did not influence the loss of mass, relative water content of pseudo stems, anthocyanins content, activity of peroxidase and polyphenol oxidase. However, presented significant effect in the visual appearance and water relative content of the bracts. Based on grades of visual appearance, the

floral longevity was 7 days for the control and 9 days for the gibberellic acid treated stems. The fifth experiment consisted of storing the stems in cold chambers at 7 °C (97 % U. R.); 13 °C (92% U. R.) e 15 °C (58 % U. R.), coated or not with film from galactomanann of seeds of *Caesalpinia pulcherrima* for periods of 3 (1 day in cold temperature + 2 days at 25 °C); 6 (4 days in cool temperature + 2 days at 25 °C); 9 (7 days in cold temperature + 2 days at 25 °C); 12 (10 days in cold temperature + 2 days at 25 °C) and 15 (13 days in cold temperature + 2 days at 25 °C). Stems of *Heliconia bihai* stored at 7 e 13 °C showed chilling injury symptoms at 6 days after harvest (4 days at cold temperature + 2 days at 25 °C) with and without film. The use of the film did not influence the appearance of *chilling injury*. The best temperature for storage was 15 °C. The longevity of the stems stored at 15 °C was 10 and 13 days, for coated and not coated stems respectively. Shorter longevities were observed for stems stored at 25 °C with the film, as well as for those at 7 e 13 °C coated with film.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de flores e plantas ornamentais é uma das atividades que mais crescem no país e no mundo (FARIA *et al.*, 2007), sendo que no período de 2001 a 2006 o crescimento atingiu 124%, e já no primeiro quadrimestre de 2007 o Brasil exportou US\$ 10,15 milhões em flores e plantas ornamentais, conferindo aumento de 9,64% comparado ao mesmo período de 2006 (ANBA, 2007).

Apesar do carro-chefe das exportações ser ainda flores tradicionais como rosas e crisântemos, verifica-se anualmente um aumento na comercialização de flores tropicais tanto no mercado externo quanto interno, e dentre essas flores, as helicônias são as espécies que mais têm despertado interesse, por serem detentoras de uma beleza exótica, relativa rusticidade e grande variabilidade de cores, formas, tamanhos podendo ser utilizadas tanto como flores de jardim quanto de corte (CASTRO, 1993).

Mesmo apresentando potencial para crescimento no mercado floricultor, informações sobre o manejo pós-colheita de helicônias são ainda reduzidas; embora existam relatos sobre as possíveis causas que afetam a conservação, como a baixa capacidade de absorção de água, elevada taxa transpiratória e sensibilidade à injúria por frio (JAROENKIT & PAULL, 2003).

A baixa absorção de água após a colheita em flores de corte é decorrente do bloqueio dos vasos xilemáticos, que pode ser ocasionado pela entrada de ar nos vasos ou ser de natureza microbiológica e/ou fisiológica (HE *et al.*, 2006). O bloqueio fisiológico envolve a formação de tiloses, que são resultantes do crescimento anormal das células do xilema, formando uma estrutura semelhante a um balão (VAN DOORN, 1997). Esse tipo de bloqueio pode ainda ser decorrente da síntese e oxidação de compostos fenólicos e formação de lignina e suberina em resposta ao estresse que ocorre pelo corte.

O segundo entrave na conservação pós-colheita de helicônias é citado como elevada taxa transpiratória, que pode ser minimizada por alguns tratamentos, dentre eles a modificação da atmosfera de armazenamento, ao reduzir a capacidade do ar circundante em absorver vapor d'água da superfície do produto. Essa modificação na atmosfera pode ser obtida por

meio de filmes plásticos, ceras, emulsões, dentre outros (LANA & FINGER, 2000). Contudo, a crescente preocupação na redução do volume do lixo e a dificuldade em reciclar a maioria das embalagens, têm incentivado pesquisas no desenvolvimento de materiais biodegradáveis. Esses revestimentos podem criar uma atmosfera modificada, similar às obtidas pelas embalagens. Contudo, apresentam vantagens adicionais de não agredirem o meio ambiente e de possuírem baixo custo em comparação às formulações ou embalagens encontradas no mercado (MAFTOOZANAD & RAMASWAMY, 2005). Para que haja maior eficiência devem ser utilizados em conjunto com a refrigeração, a exemplo dos métodos tradicionais de modificação da atmosfera para que haja maior eficiência.

As helicônias como outras flores devem ser conservadas sob refrigeração; porém, como outras flores tropicais têm predisposição à injúria por frio. De acordo com JAROENKIT & PAULL (2003) as helicônias, assim como a maioria das flores tropicais, são facilmente danificadas quando armazenadas e/ou transportadas em temperaturas abaixo de 10°C, em virtude de manifestarem escurecimento das brácteas já no segundo dia de armazenamento. Por outro lado, não há nenhum registro na literatura relatando qual a temperatura ótima para o armazenamento de *Heliconia bihai*, quais sintomas caracterizam a injúria por frio nessa espécie ou ainda sobre o uso de algum tratamento que possa auxiliar nem retardar tais sintomas.

De forma geral, para prolongar a vida pós-colheita de produtos hortícolas, é necessário impedir os mecanismos que conduzem à senescência os quais são influenciados por fatores internos e externos, podendo ainda ser mediados por interações complexas de diversos fatores incluindo os hormônios vegetais (BUCHANAN *et al.*, 2000). Dentre os hormônios vegetais que auxiliam no retardo da senescência, são citadas as citocininas e giberelinas as quais têm promovido resultados satisfatórios em várias espécies de flores, conforme verificado em *Heliconia latispatha* por MORAES *et al.* (2005) e helicônias das cvs. Andrômeda e Sexy Pink por PAULL & CHANTRACHIT (2001) tratadas com soluções de benziladenina. Semelhantemente, o uso do ácido giberélico tem promovido efeitos benéficos no prolongamento da longevidade floral de várias espécies como

*Zantedeschia elliottiana* cvs. Florex Gold e Black Magic (JANOWSKA & JERZY, 2004) e *Tulipa gesneriana* (KIM & MILLER, 2007), dentre outras. No entanto, nenhum registro na literatura foi verificado sobre o uso desse regulador de crescimento na longevidade de espécies de helicônias.

Adicionalmente os resultados com aplicação de reguladores de crescimento podem variar conforme a época, forma de aplicação, espécie e doses, dentre outros fatores.

Diante do exposto verifica-se que as informações sobre o manejo pós-colheita de helicônias restringem-se a poucos tratamentos e poucas espécies, tornando necessário investigar quais são de fato os principais entraves na vida pós-colheita da espécie proposta nessa pesquisa. Dessa forma, esse trabalho tem como objetivos avaliar períodos de corte da base das hastes, uso de inibidor enzimático, reguladores vegetais e diferentes temperaturas associadas ou não ao revestimento com película biodegradável sobre a longevidade pós-colheita de *Heliconia bihai*.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Descrição Botânica da Espécie**

De acordo com LORENZI & SOUZA (2001) a *Heliconia bihai* é originária do Brasil e Hawaii, sendo a planta classificada como arbustiva de textura herbácea, rizomatosa, entouceirada, medindo de 2,0 a 3,0 m de altura. Suas folhas são grandes, glabras, com pecíolo longo, nervuras paralelas e curvilíneas. As inflorescências são eretas, longas, apresentando várias brácteas rijas, dispostas em um mesmo plano com formato semelhante à de um barco de coloração vermelho-alaranjado com faixa verde na margem em direção ao ápice e em parte do dorso, suas flores são pequenas de coloração variando do branco ao creme.

### **2.2 Problemas Pós-colheita das Helicônias**

#### **2.2.1 Oclusão dos Vasos Xilemáticos**

O decréscimo na absorção de água pode, dependendo da espécie, ser devido a uma série de fatores, os quais podem ser classificados como inerentes à haste, também chamados de bloqueio fisiológico, bloqueio devido ao crescimento microbiano e bloqueio ocasionado por formação de bolhas de ar (embolia) (HE *et al.*, 2006; VAN DOORN, 1999a).

O bloqueio fisiológico ocorre como resposta ao estresse imposta pela colheita, através da deposição de materiais da superfície do corte, que dependendo de sua composição, são chamados de látex, goma, mucilagem ou resina. Outro tipo de bloqueio fisiológico pode ser ocasionado pela formação de tiloses, que é definida como o crescimento desordenado das células que se sobressaem dentro do lúmen dos vasos xilemáticos, cuja forma se assemelha à de um balão. Esses “balões” podem não ocorrer em adequado número para explicar o bloqueio, mas sua formação é acompanhada pela produção de substâncias de alto peso molecular, que pode ocasionar a falta de fluidez da água nas hastes (VAN DOORN, 1999a).

As substâncias depositadas na superfície do corte, assim como as tiloses, podem migrar para dentro dos vasos do xilema, servindo como barreira à entrada de microrganismos, ao mesmo tempo em que ocasionam sua obstrução, impedindo a absorção de água. A formação de tais substâncias, segundo VASLIER & VAN DOORN (2003), provavelmente está envolvida com a síntese de etileno e ação de enzimas peroxidase (POD), fenilalanina amônia liase (PAL) e catecol oxidase (Polifenoloxidasas - PPO).

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase estão envolvidas no bloqueio vascular de algumas espécies de flores, através da oxidação dos álcoois  $\rho$ -cumaril, coniferil e sinapil que são precursores da lignina. A lignina é um composto que faz parte do metabolismo secundário das plantas e, apesar de dar sustentação e estrutura no transporte de água pelo xilema, pode, em caso de estresse, funcionar como mecanismo de proteção contra ataque de patógenos se depositando na superfície do corte impedindo, também, a entrada de água nos vasos (BOERJAN *et al.*, 2003).

O bloqueio fisiológico é encontrado em algumas espécies de flores, por exemplo, em crisântemos cv. Viking. Nessa cultivar VAN DOORN & CRUZ (2000) pesquisaram o envolvimento de bactérias, cavitação e resposta fisiológica ao corte, concluindo que o bloqueio não foi causado por bactérias devido estas se encontrarem, durante todo o armazenamento, em níveis abaixo do crítico, o mesmo ocorrendo em relação à embolia, uma vez o ar aspirado na superfície do corte cessou antes da redução da taxa de consumo de água. Assim, devido ao atraso no murchamento das folhas tratadas com antioxidantes, bem como à presença de material na superfície do corte, os autores verificaram que o bloqueio xilemático dessa espécie foi de natureza fisiológica.

Semelhantemente, em hastes florais de grevillea cv. Crimson Yul-lo, o bloqueio vascular foi aparentemente de natureza fisiológica envolvendo a síntese de fenólicos e oxidação, possivelmente com formação de suberina (HE *et al.*, 2006).

LOUBAUD & VAN DOORN (2004) também concluíram que o bloqueio em hastes de *Astilbe* foi de natureza fisiológica envolvendo a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, uma vez que a oclusão se desenvolveu tanto nas flores que foram armazenadas úmidas quanto no

armazenamento á seco, por outro lado, em rosas da cv. Red One e em *Viburnum opulus* cv. *Roseum*, o bloqueio observado nessas hastes foi aparentemente relacionado à presença de bactéria no xilema.

Segundo VAN DOORN (1990) o bloqueio promovido pela entrada de ar pode ocorrer quando hastes florais são removidas de uma planta que se encontrava em estado de estresse hídrico, pois a coluna de água presente pode encontrar-se sob tensão e atrair bolhas de ar para o interior dos vasos xilemáticos.

Alguns fatores podem interferir na predisposição ao bloqueio promovido pelo ar, como cultivar, tempo de exposição, diâmetro dos vasos xilemáticos e quantidade de água perdida durante o período de exposição ao ar.

A presença de ar em *Rosa hybrida* L., cv. Sonia não foi uma barreira ao subsequente consumo de água após transferência para vasos contendo água. Por outro lado, a exposição relativamente prolongada ao ar resultou no bloqueio da parte mais baixa dessas hastes (VAN DOORN, 1990).

Em flores de crisântemos, embora os autores tenham verificado a presença de ar nos vasos xilemáticos após o corte, tal fato por si só não foi um sério obstáculo para a fluidez da água, pois os autores concluíram que a oclusão encontrada nessas flores foi de natureza fisiológica, induzida pelo dano ocasionado pelo corte na colheita pela atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase (VAN DOORN & VASLIER, 2002).

VAN DOORN & REID (1995), trabalhando com quatro cultivares de rosas, verificaram que durante a exposição ao ar o decréscimo na taxa transpiratória, peso fresco, abertura estomatal e potencial hídrico foram semelhantes nas cvs. Sonia, Madelon, Cara Mia e Frisco, porém, essa última perdeu menos água e apresentou menor transpiração em relação às demais cultivares.

Uma descrição física da restauração do processo de embolia dos vasos do xilema, próximo à base do corte de uma flor, prediz que dentro de poucas horas depois de colocadas em água, somente uma parte dos vasos pode ser completamente preenchido com água e outros vasos incompletamente (VAN IEPEREN *et al.*, 2002). O que vai depender de

fatores como: cultivar, tempo de exposição, diâmetro dos vasos e quantidade de água perdida durante o período de exposição ao ar.

Outra causa do bloqueio dos vasos xilemáticos é devido à presença de bactérias na água, em decorrência da deposição de polissacarídeos extracelulares produzidos, bem como de produtos oriundos de bactérias mortas e macromoléculas que são formadas sobre a degradação dessas bactérias os quais podem cobrir a superfície cortada da haste. Análogamente, a superfície do corte pode conter substratos para crescimento da bactéria, como substâncias açucaradas que podem fluir por algum tempo para fora das células do floema aberto e embora a oclusão bacteriana ocorra em todas as flores, espécies e até mesmo cultivares podem responder diferentemente (VAN DOORN, 1999a).

Algumas espécies de flores apresentam bloqueio devido à presença de bactérias como verificado por LOUBAUD & VAN DOORN (2004), onde a inclusão de antibactericidas na água de vaso de rosas (*Rosa hybrida*) da cv. Red One e *Viburnum opulus* cv. Roseum retardou o bloqueio xilemático dessas flores.

Semelhantemente, em rosas da cv. Ruimeva a presença de bactérias na água influenciou a vida de vaso dessas flores. Inflorescências de *Dendrobium* cv. Jew Yuay Tew apresentaram aumento na vida de vaso quando mantidas em água esterilizada indicando que a presença de bactérias afetou a longevidade dessas flores (RATTANAWISALANON *et al.*, 2003). Elevados conteúdos de bactérias na água de vaso reduziram também a longevidade de cravos (*Dianthus caryophyllus*) das cvs. Scania e White Sim.

Um ou mais tipos de bloqueio pode existir em uma mesma espécie (VAN MEETEREN *et al.*, 2006), onde a grande variabilidade entre espécies, e até mesmo cultivares, de flores ao bloqueio dos vasos xilemáticos não são completamente esclarecidas; contudo, podem estar relacionadas, a taxa transpiratória, superfície do produto e abertura estomatal. Outros fatores como anatômicos, condições na pré e pós-colheita podem também determinar se uma espécie ou mesmo uma cultivar pode ou não ser passível de bloqueio.

De acordo com VAN DOORN (1999b) hastes de diversas espécies de helicônias não são sensíveis a problemas hídricos. No entanto, nessa mesma pesquisa com *Heliconia psittacorum*, quando transportadas a seco observou-se taxas de consumo de água muito baixas já no primeiro dia após a colheita; resultados igualmente verificados nas inflorescências transportadas úmidas, concluindo assim que o enrolamento prematuro das folhas e descoloração das brácteas resultou na oclusão vascular, sendo esta de natureza desconhecida.

### **2.2.2 Injúria pelo Frio ou *Chilling***

A utilização de temperatura baixa durante o armazenamento atrasa a senescência de flores e folhas prolongando o período de armazenamento. No entanto, a maioria das flores originárias de clima tropical requer armazenamento na faixa de temperatura entre 7 a 15 °C visto que temperaturas baixas causam injúria por frio; os sintomas da injúria incluem, dentre outros, descoloração das flores, lesões necróticas sobre pétalas e folhas e atraso no desenvolvimento de botões (NOWAK & RUDNICKI, 1990).

As helicônias são sensíveis à injúria por frio. De acordo com JAROENKIT & PAULL (2003) são facilmente danificadas quando armazenadas e/ou transportadas em temperaturas abaixo de 8 a 10 °C em que manifestam sintomas de escurecimento das brácteas quando mantidas a 10 °C por um período de dois dias.

Injúria por frio ou *chilling* é o termo utilizado para descrever o distúrbio fisiológico que ocorre em muitas plantas e produtos hortícolas como resultado da exposição a temperaturas relativamente baixas, mas acima do ponto de congelamento (PARKIN *et al.*, 1989). Os sintomas variam de espécie para espécie sendo mais comumente verificado o escurecimento e descoloração dos tecidos que reduzem a aparência visual diminuindo a vida de vaso (JOYCE *et al.*, 2000).

Esse distúrbio fisiológico foi inicialmente dividido por LYONS & RAISON em 1970 em duas fases. A primeira foi denominada de Teoria de Transição de Fases, que se caracterizou pela mudança de estado dos lipídeos que compõe as membranas, os quais passam de “gel líquido” para

“gel sólido”; isso ocorre em função de plantas sensíveis à injúria por frio apresentarem menor percentagem de ácidos graxos saturados em relação a plantas resistentes, e os ácidos graxos dessa natureza tendem a se solidificar em temperaturas relativamente baixas (MARKHART, 1986). Nessa fase não há manifestação de sintomas externos. Na segunda fase ocorre a manifestação de alguns sintomas, dentre esses o escurecimento dos tecidos, ocasionado principalmente pela oxidação dos compostos fenólicos (ABREU, 1998), onde as enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) podem estar envolvidas (HERSHKOVITZ *et al.*, 2005), além disso, ocorrem murcha, depressões e descolorações, dentre outros.

O escurecimento dos tecidos ocorre em consequência da desestruturação das membranas, pois os compostos fenólicos que se encontravam armazenados nos vacúolos são liberados ou alternativamente são depositados nas paredes celulares, entrando em contato com as enzimas oxidativas peroxidase e polifenoloxidase (NGUYEN *et al.*, 2003).

A polifenoloxidase (PPO) (catecol oxidase EC 1.14.18.1) é uma oxidase terminal de grande ocorrência em plantas; cataliza a oxidação de fenólicos, resultando no escurecimento de tecidos de produtos hortícolas através da conversão de monofenóis a difenóis (atividade da monofenoloxidase) e oxidação desses últimos (atividade da difenoloxidase), (ZHANG & QUANTICK, 1997). É requerida em pelo menos duas reações que irão conduzir o escurecimento, a primeira é a conversão de dipacroma a 5,6-dihidroindol, que logo após será convertido em indol-5,6-quinona caracterizando a segunda reação.

As peroxidases (POD, EC. 1.11.17) são enzimas que catalisam reação redox em vegetais usando tanto o peróxido de hidrogênio como o oxigênio como aceptores de hidrogênio. Atuam na catálise de reações oxidativas, peroxidativas e de hidroxilação. Oxidam diferentes doadores de hidrogênio, tais como: fenólicos, aminas, leucobases e compostos heterocíclicos. São encontrados no citoplasma (forma solúvel), na parede celular (forma insolúvel), membranas e organelas. Participam de várias etapas da oxidação do álcool cinamil, que é o precursor da lignina a qual pode ser depositada no local do corte da haste evitando a entrada de

microrganismos; ao mesmo tempo impede a entrada de água via vasos xilemáticos (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Porém, apesar dos compostos fenólicos serem considerados como um dos fatores causais de escurecimento em produtos hortícolas, eles apresentam também função de proteção contra Espécies Reativas de Oxigênio, onde estão incluídos os ânions superóxidos ( $O^{\bullet-}$ ), radicais hidroxilas ( $OH^{\bullet}$ ) e peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), que causam peroxidação dos lipídeos, danificando as organelas (DE MARTINO *et al.*, 2006). Segundo PENNYCOOKE *et al.* (2005), essas espécies são induzidas quando as situações de estresse tornam-se severas; são espécies altamente tóxicas, podendo danificar importantes componentes como DNA, RNA, proteínas e lipídeos.

A síntese de compostos fenólicos inicia-se com a desaminação da fenilalanina pela fenilalanina amônia-liase (PAL EC 4.3.1.5) produzindo trans-cinamato, um monofenol. Independentemente, a polifenoloxidase (PPO catecol oxidase; EC 1.14.18.1) converte monofenóis a difenóis (atividade da difenoloxidase), que inicia uma cascata de eventos levando a formação de pigmentos marrons e, em seguida, cataliza à oxidação de dopacromo a quinonas (CHOEHOM *et al.*, 2004).

Plantas submetidas a condições de estresse pelo frio apresentam um excedente nos processos metabólicos degradativos das células (catabolismo) em relação aos processos de manutenção da integridade celular (anabolismo) sendo estes mais severos quanto menor for o sistema antioxidante presente (FRANCK *et al.*, 2007).

Esse sistema oxidante, composto por lipídeos solúveis antioxidantes ( $\alpha$ -tocoferol e  $\beta$ -caroteno), redutores solúveis em água (ascorbato e glutatona), e enzimas como superóxido dismutase (SOD, EC. 1.15.1.1.), catalase (CAT, EC 1.11.1.6), ascorbato peroxidase (APX, EC. 1.11.1.11) e glutatona redutase (GR, EC 1.6.4.2.), protege as células vegetais contra os efeitos das espécies reativas ao oxigênio. A atividade deve-se, principalmente, às propriedades redox, que têm a capacidade de absorver e neutralizar radicais livres, seqüestrando o oxigênio singlete e tripleto ou decompondo peróxidos.

Durante o armazenamento, além da temperatura e presença de um sistema antioxidante funcional, outro fator que interfere na intensidade da injúria por frio é o estágio de maturação, onde os produtos hortícolas imaturos são mais susceptíveis, além do período de permanência do produto sob condições de temperaturas relativamente baixas.

Contudo os mecanismos de tolerância à injúria por frio são complexos. Podem agir juntamente com outros mecanismos bioquímicos e fisiológicos para manter as funções fisiológicas normais sob situações de stress e promovido pela injúria por frio (PENNYCOOKE *et al.*, 2005).

### **2.2.3 Transpiração**

Transpiração é o processo de transferência de massa, no qual o vapor d'água se move do interior do órgão vegetal, por meio da sua superfície, para o ambiente externo. É um fenômeno de superfície como consequência do déficit de pressão de vapor (DVP) e do coeficiente de transpiração (perda de umidade pelo produto em uma unidade de tempo por déficit de pressão de vapor) (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A intensidade da transpiração é controlada pela temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, sendo diretamente proporcional à temperatura e inversamente proporcional a umidade relativa. O nível de perda de água que as flores suportam varia de espécie para espécie, no entanto, qualquer flor que venha perder de 10 a 15% do seu peso em água por causa da transpiração, certamente perderá qualidade e diminuirá sua longevidade (OLIVEIRA, 1996).

Quando a taxa transpiratória é maior que a taxa de consumo de água, ocorre um déficit hídrico. A magnitude da perda de água pela transpiração é maior em flores com área foliar relativamente grande, como em lírios e rosas, quando comparada às que apresentam área foliar relativamente pequena, como cravos (VAN DOORN, 1997).

## 2.3 Tratamentos Pós-Colheita

### 2.3.1 Inibidores Enzimáticos e Corte da Base da Haste

Segundo VAN IEPEREN *et al.* (2002) a formação do bloqueio xilemático depende de fatores como altura da água no vaso, diâmetro dos vasos xilemáticos, duração da exposição das hastes, situação de estresse (VAN DOORN & JONES, 1994) e altura do corte da base da haste (VAN DOORN, 1994), além de fatores genéticos.

A localização do bloqueio xilemático em flores de corte, segundo VAN MEETEREN *et al.* (2006) e VAN IEPEREN *et al.* (2002), difere em relação a sua natureza, ou seja, se for por entrada de ar ou presença de bactérias geralmente resulta em uma pequena resistência aos vasos, sendo comumente localizado nos primeiros 2,0 cm da base da haste. Por outro lado, quando o bloqueio é de natureza fisiológica, resulta em alta resistência, se inicia na base da haste, movendo-se para cima, sendo mais freqüentemente verificado nos 5,0 cm da base da haste.

Dessa forma, a utilização do corte da base da haste é um tratamento que tem apresentado efeitos positivos em várias espécies de flores, como em *Grevillea* da cv. Crimson Yul-lo (HE *et al.*, 2006), crisântemos (VAN DOORN & VASLIER, 2002), *Zínia elegans* (CARNEIRO *et al.*, 2002) e *Strelitzia reginae* (CAMPANHA *et al.*, 1997). Semelhantemente, em flores de *Bouvardia*, VASLIER & VAN DOORN (2003) verificaram que o bloqueio dessas hastes localizou-se nos 5,0 cm mais baixos e foi de natureza fisiológica envolvendo a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase.

Outros tratamentos visando reduzir o bloqueio dos vasos xilemáticos têm sido realizados através da utilização de inibidores enzimáticos, onde VAN MEETEREN *et al.* (2006) verificaram que hastes de crisântemo cv. Cassa, tratadas com solução de tropolone (inibidor enzimático), apresentaram maior percentagem de recuperação do peso inicial após período de armazenamento à seco, quando comparada ao controle (*pulsing* com água), provavelmente por agir na atividade das enzimas lacases.

Alguns inibidores enzimáticos podem ser responsáveis ainda pela diminuição na tensão de superfície, como é o caso do hexilresorcinol e agral-LN, conforme relatado por VASLIER & VAN DOORN (2003) em flores de bouvardia. Nesse caso os resultados positivos no prolongamento da vida de vaso podem ter sido confundidos se foi devido à inibição da atividade enzimática ou a diminuição da tensão superficial da solução.

Outra questão a ser considerada com o uso de inibidores enzimáticos, é que alguns têm a capacidade de baixar o pH para valores abaixo de 5 em determinadas concentrações, como no caso do 2-mercaptoetanol, que segundo VASLIER & VAN DOORN (2003), pode confundir se os resultados foram devidos á acidez da solução ou a inibição de enzimas propriamente dita.

### **2.3.2 Refrigeração**

O mais importante fator na manutenção da qualidade e prolongamento da vida de prateleira dos produtos hortícolas após a colheita é a temperatura, uma vez que a maioria das reações física, bioquímicas, microbiológicas e fisiológicas, as quais são responsáveis pela deterioração dos produtos, é influenciada pela temperatura (TANO *et al.*, 2007).

A refrigeração também possibilita estender o período de conservação, transporte e distribuição (MORAES *et al.*, 1999) e, desse modo, é um dos mais importantes fatores de sucesso no armazenamento de flores de corte e plantas herbáceas (VAN DOORN & CRUZ, 2000).

De um modo geral, temperaturas entre 0 e 1 °C são mais efetivas em manter a qualidade de muitas flores de corte. No entanto, algumas espécies, especialmente de origem tropical e subtropical, podem sofrer injúria por frio quando submetidas a faixa de temperatura entre 0 e 15 °C (JOYCE *et al.*, 2000), porém, a faixa de temperatura ótima para o armazenamento varia de espécie para espécie e até mesmo cultivar. Contudo, esses autores verificaram que flores de *Grevillea* cv. Sylvia, embora de origem subtropical, manteve qualidade comercial acima de 12 dias de armazenamento na temperatura de 0 °C.

Temperaturas relativamente baixas podem também causar outros efeitos adversos à longevidade de flores, como o estímulo à síntese de etileno, fato esse ocorrido em rosas, as quais apresentaram aceleração da senescência quando transferidas para a temperatura de 22 °C, após um período de exposição a 2 °C (FARAGHER & MAYAK, 1984). Nesse caso, os autores atribuíram essa aceleração da senescência ao avanço e estímulo do pico da produção de etileno devido a temperatura mais baixa. Similarmente em cravos (*Dianthus caryophyllus*) a temperatura de armazenamento de 0 °C por 4 ou 5 semanas causou um pico na produção de etileno (PAULIN *et al.*, 1985).

A temperatura ideal para o armazenamento de flores varia entre espécies e até mesmo dentro de cada espécie; contudo, algumas flores tropicais como *Anthurium andraeanum* André, cvs. Nitta, Kaumana, Ozaki tem sua longevidade prolongada quando armazenadas na faixa de temperatura entre 14 e 17 °C (PAULL, 1987). Já inflorescências de *Strelitzia reginae* Ait., segundo MORAES *et al.* (1999), se mantém com excelente qualidade até os 14 dias de armazenamento a 10 °C sem manifestar nenhum sintoma de injúria por frio.

Flores de *Narcissus tazetta* L., cv. Paper White e *Narcissus pseudonarcissus* L., cv. Geranium envasadas apresentaram o dobro da longevidade pós-produção quando armazenadas a 0 °C, comparada às flores mantidas a 12,5 °C (CEVALLOS & REID, 2000), indicando uma correlação inversa entre a taxa respiratória e a vida de vaso dessas flores.

Armazenando flores de *Leucocoryne coquimbensis* a 2 °C por 3 ou 7 dias, ELGAR *et al.* (2003) verificou que a longevidade foi de 8 a 9 dias, porém, quando mantidas a 12 ou 20 °C por 3 dias, apresentaram longevidade apenas de 5 a 7 dias.

KELLEY *et al.* (2003) trabalhando com flores comestíveis verificaram que *Viola tricolor* L. cv. Helen Mount; *Viola x wittrockiana* L., cv. Accord Clear Mixture e *Tropaeolum majus* L. cv. Jewel Mix, podem ser armazenadas a 0 e 2,5 °C por duas semanas, com perfeita qualidade visual. Por esse mesmo período, flores de *Borago officinalis* L. podem ser armazenadas a -2,5 °C com qualidade aceitável; já as flores de *Phaseolus coccineus* L., cv. Dwarf

Bees não exibiram qualidade satisfatória durante duas semanas de armazenamento em nenhuma das temperaturas estudadas (-2,5; 0; 2,5, 5; 10 e 20 °C), exibindo necroses, mofo e colapso dos tecidos.

JOYCE & SHORTER (2000) verificaram que a faixa de temperatura de segurança para o armazenamento de flores de *Anigozanthos spp.*, cvs. H1 e Bush Dawn é entre 2 e 5 °C, pois quando mantidas a 0 °C apresentaram injúria por frio, cujos sintomas foram o murchamento e descoloração das pétalas.

Em *Gerbera jamesonii* cv. Vesuvio e *Helianthus annuus* L. (ÇELIKEL & REID, 2002) verificaram que é possível armazená-las em temperaturas próximas a de congelamento sem exibir nenhum sintoma de injúria por frio.

Temperaturas relativamente baixas podem também causar outros efeitos adversos à longevidade de flores, como o estímulo á síntese de etileno, fato esse ocorrido e rosas, as quais apresentaram aceleração da senescência quando transferidas para a temperatura de 22 °C, após um período de exposição a 2 °C, onde FARAGHER & MAYAK (1984) atribuíram o avanço e estímulo do pico da produção de etileno a temperatura mais baixa. Similarmente em cravos (*Dianthus caryophyllus*) o armazenamento a 0 °C por 4 ou 5 semanas, causou um pico na produção de etileno (PAULIN *et al.* 1985).

### **2.3.3 Atmosfera Modificada**

A perda de água e o murchamento de produtos hortícolas ocasionados pela elevada taxa respiratória e transpiratória durante o armazenamento, podem ser minimizados pela modificação da atmosfera ao redor do produto, cujo princípio básico baseia-se em reduzir a capacidade do ar circundante em absorver vapor de água da sua superfície. Essa modificação pode ser adquirida pela redução da temperatura, elevação da umidade do ar e adição de barreiras protetoras, tais como, filmes plásticos ou substâncias como ceras e emulsões, dentre outros (LANA & FINGER, 2000).

Contudo, a crescente preocupação em reduzir o volume do lixo e a dificuldade em reciclar a maioria das embalagens, tem incentivado pesquisas no sentido de buscar materiais extraídos de plantas que possuam a capacidade de formar géis com propriedades semelhantes às obtidas nos revestimentos comerciais, ou seja, formar barreira protetora contra perda de água e passagem de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> criando, dessa forma, uma atmosfera modificada ao redor do produto; apresenta ainda as vantagens de não agredir o meio ambiente e possuir baixo custo em comparação às formulações ou embalagens encontradas no mercado (MAFTOONAZAD & RAMASWAMY, 2005).

Esses revestimentos podem ser fabricados a base de lipídeos e polissacarídeos extraídos de sementes, folhas e/ou frutos, como é o caso de películas fabricadas á base de sementes de *Caesalpinia pulcherrima*, arbusto da família leguminosaea, cujas sementes são ricas em polissacarídeos tipo galactomananas, hidrofóbicas e insolúveis em solventes orgânicos.

A eficiência dos revestimentos biodegradáveis é dependente da permeabilidade desses e da taxa respiratória do produto, que por sua vez podem ser afetados pela temperatura de armazenamento (MAFTOONAZAD & RAMASWAMY, 2005).

Contudo, os revestimentos a base de polissacarídeos apresentam controvérsia em relação à permeabilidade aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e ao vapor d'água. BALDWIN *et al.* (1999) citam que os revestimentos a base de polissacarídeos são menos permeáveis aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e mais permeáveis ao vapor d'água; já RIBEIRO *et al.* (2007), enfatizam que esses possuem igualmente alta seletividade aos gases e vapor d'água.

Por outro lado, cerejas revestidas com películas á base de polissacarídeos extraídos de *Aloe vera* L., apresentaram perdas reduzidas de massa sem a incorporação de lipídeos em sua composição (MARTINEZ-ROMERO *et al.*, 2006).

Outra consideração em relação aos revestimentos biodegradáveis é em relação ao uso dos plasticizantes VIÑA *et al.* (2007), citam que a adição de glicerol (agente plasticizante) ao filme de PVC (Cloro de Polivinil), apesar de promover integridade física, reduzir a permeabilidade ao vapor

d'água e aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, promoveu perda de massa acima do limite recomendável para repolho (*Brassica oleraceae*).

Outros trabalhos utilizando revestimentos biodegradáveis em frutos e hortaliças são encontrados na literatura. A exemplo, cita-se películas à base de metilcelulose em frutos de abacate que se mostrou benéfica em retardar o amadurecimento, agindo como barreira física a troca de gás entre o fruto e o ambiente; diminuiu a taxa de catabolismo do substrato e habilidade em gerar energia requerida para conduzir as reações bioquímicas associadas ao amadurecimento, além de influenciar favoravelmente diversas propriedades do fruto durante o amadurecimento (MAFTOONAZAD & RAMASWAMY, 2005).

Películas a base de cactus, contendo ou não glicerol como agente plasticizante, foram testadas em morango (*Fragaria ananassa*). Nesse caso, DEL-VALE *et al.* (2005) verificaram que, após nove dias de armazenamento, o revestimento contendo glicerol proporcionou melhor sabor e maiores notas pelos jogadores; porém, a melhor aparência visual e brilho foram verificados nos frutos revestidos com a película sem adição do glicerol.

O uso de películas à base de babosa (*Aloe vera*) em cereja (*Prunus avium*) promoveu retardo na perda de umidade e mudança de coloração, reduziu o amolecimento dos frutos, taxa respiratória, perda de massa e acidez titulável (MARTINEZ-ROMERO *et al.*, 2006). YAMAN & BAYOINDIRLI (2002) trabalhando com cerejas, revestidas com película comestível Semprefresh™ (composto de ésteres de sacarose de ácidos graxos, carboximetil-celulose de sódio e monodiglicerídeos de ácidos graxos), observaram que houve retardo nas mudanças de vários parâmetros de amadurecimento como perda de massa, firmeza da polpa e coloração da casca nos frutos revestidos.

Em tomates o revestimento a base de quitosana induziu reações de defesa nos frutos e melhorou a resistência contra o mofo cinzento (LIU *et al.*, 2007). SCANAVACA JÚNIOR *et al.* (2007) utilizou película à base de fécula de mandioca (*Manihot esculentum*) em mangas (*Mangifera indica* L.), cv. Surpresa, onde verificaram que o revestimento propiciou redução na perda de massa, menor incidência de antracnose, retardo na mudança de

coloração da casca prolongando, dessa forma, a vida de prateleira desses frutos.

Outro efeito benéfico com o uso da atmosfera modificada, além dos citados, é a capacidade de retardar ou minimizar os efeitos de injúria por frio. Ao que tudo indica, esse é decorrente da elevação da umidade no interior do produto, dos níveis de CO<sub>2</sub> e diminuição de O<sub>2</sub>. Esse último é citado como principal fator atuante na redução dos sintomas de injúria por frio, já que as enzimas oxidativas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase, causadoras do escurecimento dos tecidos, possuem baixa afinidade pelo oxigênio.

Alguns trabalhos relatam os efeitos da atmosfera modificada e/ou controlada sobre o retardo e/ou redução nos sintomas de injúria por frio. Por exemplo: em bananas o filme de polietileno não perfurado proporcionou redução nos sintomas de injúria por frio durante o armazenamento a 10 °C (NGUYEN *et al.*, 2004); em pêras (*Punus pérsica* L.) a atmosfera controlada associada ao tratamento térmico após o pré-armazenamento foi eficaz em retardar os sintomas de injúria por frio, proporcionando ótima qualidade aos frutos após 3 a 4 semanas (MURRAY *et al.*, 2007); em pepinos (*Cucumis sativus*) filmes selados ou perfurados promoveram retardo nos sintomas de injúria por frio, ao passo que os não embalados exibiram esses sintomas já no sexto dia de armazenamento (WANG & QI, 1997).

#### **2.3.4 Uso de Reguladores Vegetais**

Hormônios vegetais são definidos por CASTRO *et al.* (2005) como compostos orgânicos de ocorrência natural, produzidos pelas plantas, que em baixas concentrações promove, inibe ou modifica processos morfológicos e fisiológicos do vegetal.

Vários pesquisadores, visando retardar o processo de senescência têm utilizado substâncias sintéticas que possuem propriedades semelhantes a dos hormônios vegetais os quais são conhecidos como reguladores de crescimento ou reguladores vegetais. Esses reguladores são utilizados em preservativos florais, podendo ser aplicados de forma isolada, em conjunto

com outras substâncias reguladoras de crescimento ou em junção com antagonistas dos hormônios vegetais (NOWAK & RUDNICKI, 1990).

O aumento na longevidade de flores tratadas com citocininas é o resultado da somatória de muitos efeitos fisiológicos diferentes desse hormônio nos tecidos florais. Podem atuar na manutenção da permeabilidade das membranas, balanço hídrico e no metabolismo de proteínas e de ácidos nucleicos, além de reduzir a produção de etileno (CASTRO, 1993).

As citocininas também são descritas como estabilizadores da respiração e inibidoras da degradação da clorofila (CASTRO, 1993). Esse retardo na degradação da clorofila foi verificado em *Brassica oleraceae* L., onde os floretes tratados com benzilaminopurina (BAP), um regulador vegetal com propriedades semelhantes às das citocininas naturais, manteve a cor verde por até 4 dias, ao passo que os tratados com ethefon apresentaram descoloração já no segundo dia de armazenamento (COSTA *et al.*, 2005).

Outro regulador de crescimento com funções semelhantes ao das citocininas naturais é a benziladenina (BA) que além de promover aumento no conteúdo de clorofila, acarretou em menor perda de massa em folhas de Crisântemos (*Dendranthema grandiflora*) cv. Reagan White (PETRIDOU *et al.*, 2001). Já em olivas (*Olea europaea*) esse regulador de crescimento foi responsável pela diminuição da taxa respiratória (TSANTILI & PONTIKIS, 2004).

Em *Heliconia latispatha* tratada com 100, 200 e 300 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina (BA), MORAES *et al.* (2005) verificaram que a vida de vaso foi diretamente proporcional ao aumento das doses. Semelhantemente a vida de vaso de helicônias cvs. Andrômeda e Sexy Pink tratadas com 200 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina aumentou 2,4 vezes em relação a testemunha, além disso, o tratamento com BA promoveu atraso no escurecimento e na abscisão das brácteas (PAULL & CHANTRACHIT, 2001).

Flores de *Hemerocallis fulva* cv. Royal Crown tratadas com benzilaminopurina (BAP) e cinetina (ambas citocininas) apresentaram maior longevidade, elevado peso fresco, além de maior conteúdo de água nos tecidos (GULZAR *et al.*, 2005).

Assim como as citocininas, outro fitormônio que tem apresentado resultados positivos em prolongar a vida de vaso de flores e plantas ornamentais são as giberelinas, os quais são considerados hormônios da juvenilidade por retardarem os processos de senescência de produtos hortícolas, através do retardo da degradação da clorofila, elevação da síntese de carotenóides, redução da perda de firmeza dos tecidos e, a exemplo das citocininas, também promovem a síntese de ácidos nucléicos e proteínas (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Esses resultados foram observados em crisântemos por FLÓREZ-RONCANCIO (1996).

Outros efeitos benéficos, com o uso desse regulador vegetal, podem ser citados como prevenção do escurecimento e aborto dos botões florais em lírios orientais e asiáticos, verificados por RANWALA & MILLER (2005) e alongamento dos pedúnculos de hastes de *Zantedeschia ellottiana* (W. Wats) citados por JANOWSKA & JERZY (2004).

Em Rosa x híbrida, cv. Mercedes, o ácido giberélico suprimiu o desenvolvimento de do fungo *Botrytis blight* quando aplicados diretamente na base das pétalas; porém, quando o tratamento foi realizado através de pulverizações, necessitou um aumento de 17 vezes na concentração para produzir efeito. Em *Cactus pea* esse regulador reduziu a incidência de doenças após 45 dias de armazenamento refrigerado, porém, não foi efetivo quando os frutos foram mantidos por quatro dias adicionais a 20 °C (SCHIRRA *et al.*, 1999).

Por outro lado, resultados depreciativos na longevidade de flores utilizando ácido giberélico foram verificados em crisântemos, onde a aceleração da senescência foi promovida á medida que aumentou as concentrações desse regulador, tanto em flores como folhas. Segundo BRACKMANN *et al.* (2005), isso pode ter sido atribuído à nutrição deficiente veiculada pela solução conservante e intensidade luminosa, que foram capazes de suprimir os assimilados, causando a aceleração dos processos de senescência.

Em relação à forma de aplicação do ácido giberélico, SKUTNIK *et al.* (2001) verificaram que a imersão de folhas em solução contendo esse regulador foi mais eficiente que o tratamento de *pulsing*, provavelmente pelo

fornecimento diretamente no local de contato dos tecidos da folha com o regulador vegetal evitando o transporte, dificultado através dos pecíolos.

Porém, CASTRO (1993), trabalhando com *Heliconia aurorea* verificou que o ácido giberélico quando fornecido como solução de manutenção foi mais eficiente por promover maior longevidade, brilho, firmeza, menor queda das flores e maior número de inflorescências, quando comparado ao tratamento em solução de *pulsing*, o que poderia ser devido a maior permanência das hastes em contato com a solução, o que possibilitou maior absorção dos compostos, otimizando os benefícios advindo desse tratamento.

O ácido giberélico, assim como outros reguladores vegetais, pode ser utilizado isolado ou em combinação com outros reguladores, como verificado em híbridos de *Sandersonia aurantiaca* x *Littonia modesta* onde a combinação de ácido giberélico e citocinina foram mais eficientes em prevenir a clorose foliar quando comparado a utilização de ambos reguladores de forma isolada (EASON *et al.*, 2001).

A aplicação dos reguladores vegetais em flores é especialmente recomendada antes do armazenamento prolongado ou transporte (NOWAK & RUDNICKI, 1990). Contudo, as respostas à aplicação desses podem ser atribuídas a grande capacidade dos tecidos em absorvê-los ou devido aos baixos níveis desses nos tecidos (PAULL & CHANTRACHI, 2001). Porém, a explicação para os efeitos benéficos das citocininas e ácido giberélico são ainda de natureza desconhecida, porém, a teoria mais aceita é que ambos reprimam a expressão de Gens Associados á Senescência, denominados gens SAGs.

### 3. CAPÍTULO 1

## INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CORTES DA BASE DA HASTE SOBRE A LONGEVIDADE FLORAL DE *Heliconia bihai*

### RESUMO

Objetivando avaliar a influência de diferentes períodos de corte da base da haste sobre a longevidade floral de *Heliconia bihai*, foi instalado um experimento em ambiente à  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa de 60 - 80% e e intensidade luminosa de  $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , foram testados cortes a cada 24 e 48 após a colheita, o controle permaneceu sem corte até o fim do período experimental (12 dias após a colheita). Todas as hastes foram mantidas em água destilada, sendo essas trocadas a cada 48 horas. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas os períodos de corte da base da haste (sem corte; corte a cada 24 e 48 horas após a colheita) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento em cada tempo. As características avaliadas foram: aparência visual; longevidade floral, perda de massa, teor relativo de água das brácteas e pseudocaule, antocianina e atividade da peroxidase e polifenoloxidase. O corte a cada 24 horas promoveu maior longevidade floral (estimada em 12 dias) em relação aos demais tratamentos (testemunha e hastes cortadas a cada 48 horas) cuja longevidade foi de 10 dias. Os períodos de corte das hastes proporcionaram menor decréscimo na aparência visual, perda de massa e concentração de antocianina, porém, não influenciaram no teor relativo de água das brácteas e pseudocaule e atividade da peroxidase e polifenoloxidase quando comparado às hastes que não receberam corte.

### 3.1 INTRODUÇÃO

A vida de vaso da maioria das flores de corte depende de dois principais fatores que são o controle hormonal da senescência e relações hídricas. Nas espécies em que a vida de vaso é reduzida por mudanças no controle hormonal, geralmente o nível da produção de etileno aumenta drasticamente, conduzindo mudanças na coloração, murchamento e abscisão de pétalas, sépalas, brácteas e folhas. Por outro lado, em muitas espécies de flores o período da vida de vaso é limitado por um drástico decréscimo no consumo de água (VAN DOORN, 1999a). Segundo HE *et al.* (2006) esse decréscimo no consumo de água pode ser devido a uma série de fatores, os quais podem ser classificados como inerentes à haste, também chamado bloqueio fisiológico, bloqueio devido o crescimento microbiano e os ocasionados por formação de bolhas de ar (embolia ou cavitação).

A localização do bloqueio xilemático em flores de corte, segundo VAN MEETEREN *et al.* (2006) e VAN IEPEREN *et al.* (2002), difere conforme sua natureza, ou seja, se este for ocasionado por entrada de ar ou presença de bactérias, comumente localiza-se nos primeiros 2,0 cm da região da base e, geralmente, resulta em pequena resistência aos vasos; por outro lado, quando o bloqueio é de natureza fisiológica, resulta em alta resistência, iniciando-se na base da haste, podendo ser verificado nos 5,0 cm da base desta.

Contudo, alguns tratamentos têm sido utilizados visando diminuir o bloqueio dos vasos, dentre esses, uso de inibidores enzimáticos e corte da base da haste. Dessa forma, vários trabalhos relatam o efeito positivo do corte da base das hastes em flores, como verificado em *Grevillea* cv. Crimson Yul-lo (HE *et al.*, 2006), *Bouvardia* (VASLIER & VAN DOORN, 2003), crisântemos (VAN DOORN & VASLIER, 2002), *Zínia elegans* (CARNEIRO *et al.*, 2002) e *Strelitzia reginae* (CAMPANHA *et al.*, 1997). No entanto, o processo de redução do bloqueio depende de alguns fatores como diâmetro dos vasos e fatores genéticos, dentre outros.

A maioria das espécies de helicônias segundo VAN DOORN (1999b) não são sensíveis a problemas hídricos, no entanto, nessa mesma pesquisa com *Heliconia psittacorum* transportadas a seco, o autor observou que já no primeiro dia após a colheita, que ocorreu decréscimo acentuado nas taxas de consumo de água. Resultados igualmente verificados nas inflorescências transportadas úmidas, onde se concluiu que o prematuro enrolamento das folhas e descoloração das brácteas foi resultante da oclusão vascular, sendo esta de natureza desconhecida.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi verificar qual o período do corte da base da haste que proporcionará maior vida de vaso de hastes de *Heliconia bihai*.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita

Hastes\* florais de *Heliconia bihai* oriundas de propriedade comercial localizada no distrito de Pacoti, pertencente ao município de Guaramiranga Estado do Ceará (latitude 4° 15' 48" S, longitude de 38° 55' 59" W e altitude de 736 m), distante 91 Km da capital Fortaleza, foram colhidas em junho de 2006, às 7:00 h da manhã, quando as inflorescências atingiram três a quatro brácteas abertas mais o ponteiro.

Após a colheita as hastes foram submetidas a duas lavagens, a primeira com a mistura de água e nim (*Azadirachta indica*) para desinfecção de formigas, e a segunda com água e sabão neutro, para retirada de impurezas oriundas do campo. Em seguida foram enxaguadas com água potável e submetidas ao tratamento antifúngico utilizando o Super S20, conforme recomendações.

As hastes foram acondicionadas em caixas de papelão tipo comercial medindo 1,15 m de comprimento x 0,45 m de largura x 0,20 m de altura previamente forrada com papel picado; a seguir foram transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical situada em Fortaleza.

### 3.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais

No Laboratório as hastes foram selecionadas e descartadas quanto à presença de danos mecânicos doenças e/ou pragas. Logo após, procedeu-se o corte da base das hastes padronizando em 70 cm de comprimento e a hidratação por 15 a 20 minutos em baldes contendo água destilada. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos.

\* Neste trabalho adotou-se o termo haste floral para o conjunto que compreende o pseudocaule e a inflorescência.

### 3.2.3 Períodos de Corte e de Armazenamento das Hastes

Hastes de *Heliconia bihai* foram divididas em três lotes de 45 hastes cada, para compor os tratamentos; esses constaram de dois períodos de corte da base da haste a cada 24 e 48 horas após a colheita. O corte foi de cerca de 2,0 cm com auxílio de uma faca devidamente esterilizada com hipoclorito de sódio a 10%. Dessa forma um lote foi submetido ao corte a cada 24 horas após a colheita e o outro lote cortado a cada 48 horas; hastes destinadas ao controle foram mantidas sem o corte até o final do período experimental.

O armazenamento das hastes foi realizado por períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a colheita sob condições de  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa de 60 - 80% e intensidade luminosa de  $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Durante todo o período experimental a base das hastes manteve-se imersa em água destilada dentro de baldes, onde a cada 48 horas efetuou-se a troca da água com o intuito de evitar a proliferação de microrganismos.

### 3.2.4 Características Avaliadas:

#### 3.2.4.1 Aparência Visual

A aparência visual foi avaliada diariamente por meio de uma escala de notas subjetiva a qual constou dos seguintes critérios: nota 3 = destinada às hastes que não apresentavam nenhum sintoma de murcha e/ou descoloração e escurecimento de brácteas e pecíolo das folhas; 2 = hastes que apresentavam incidência de 10 a 30% de murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas; 1 = 40 a 50% murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas e 0 =  $\geq 50\%$  murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas, sendo considerada nota de descarte.

### 3.2.4.2 Longevidade Floral

Compreendeu o número de dias entre a colheita até 50% das hastes florais obterem a nota 0, ou seja, apresentarem sintomas acentuados de murcha e/ou necroses.

### 3.2.4.3 Perda de Massa

Foi obtida a cada dois dias de acordo com a seguinte fórmula:

$$PM = \frac{(P \text{ S/C} - P \text{ C/C})}{P \text{ C/C}} 100$$

Onde:

**P S/C** = Peso das hastes antes do corte

**P C/C** = Peso das hastes após o corte

### 3.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

Realizado a cada três dias, conforme metodologia proposta por CATSKY (1974) e WEATHERLEY (1950). Foram coletados nove discos das brácteas e pseudocaule para cada tratamento, com auxílio de um furador de 12 mm de diâmetro; esses discos foram pesados, inicialmente, para a obtenção do peso da matéria fresca e, em seguida, hidratados em espuma de 1,0 cm de espessura previamente umedecida com água destilada, sendo esta constantemente monitorada para evitar o excesso ou a falta de umidade. A cada 30 minutos procedeu-se a secagem, superficialmente em papel absorvente, dos discos das brácteas e pseudocaule, efetuando-se a pesagem até a obtenção do peso constante, que caracterizou como peso da matéria túrgida. Logo após os discos das brácteas e pseudocaule foram colocados para secar em estufa, com circulação de ar forçado a 70 °C por um período de três dias, para a determinação do peso da matéria seca. O teor relativo de água foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{TRA} = (\text{F-S} / \text{T-S}) \times 100$$

Onde:

**F** = peso da matéria fresca (g)

**T** = peso da matéria túrgida (g)

**S** = peso da matéria seca (g)

#### **3.2.4.5 Antocianina**

Determinou-se, a cada 72 horas, conforme metodologia proposta por MARKAKIS (1982). Foram pesados 0,1 g de peso fresco das brácteas, homogeneizadas com 30 mL de solução de etanol: HCl (85:15) durante dois minutos e transferidos, sem filtrar, para balão de 50 mL previamente cobertos com papel alumínio, armazenados por uma noite em geladeira comum. Transcorridos esse período, o homogeneizado foi filtrado em papel de filtro quantitativo. O conteúdo de antocianina foi medido em espectrofotômetro a 535 nm, e os resultados expressos em mg de antocianina por peso de matéria fresca.

#### **3.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)**

Os ensaios enzimáticos foram determinados conforme metodologia proposta por WISSEMANN & LEE (1980) e MATSUNO & URITANI (1972). A cada dois dias, discos do pseudocaulo de aproximadamente 2,0 cm de espessura foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados em ultrafreezer a -70 °C até a ocasião da determinação das atividades enzimáticas. Ambas as enzimas foram extraídas com a maceração dos discos em almofariz acrescidos com uma pitada de areia lavada, previamente esterilizada, e cerca de 10 mL de tampão fosfato pH 7,0; em seguida procedeu-se a pesagem do material para logo após acrescentar tampão pH 7,0; e água destilada na proporção de 1:1:1 (amostra: tampão:

água) homogeneizando em seguida e centrifugando a 1.500 x g a 4°C por 10 minutos, sendo tomado como o extrato enzimático o sobrenadante.

A atividade da polifenoloxidase foi iniciada tomando-se uma alíquota de 0,3 mL do extrato enzimático e 1,8 mL de catecol em tubo de ensaio que, em seguida, foi agitado e colocado em banho-maria a 30 °C por 30 minutos. Transcorridos esse período acrescentou-se 0,8 mL de ácido perclórico, permanecendo em repouso por 5 a 10 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

Para a determinação da atividade da peroxidase tomou-se como alíquota 0,05 mL do extrato enzimático adicionando 2,95 mL de água destilada; 5,5 de guaiacol e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio; logo após foi agitado e aquecido em banho-maria a 30°C por cinco minutos. Decorrido esse período acrescentou-se 1 mL de bissulfito de sódio a 30%. A leitura feita em espectrofotômetro a 410 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína

#### **3.2.4.7 Proteína Total**

As determinações da quantidade de proteína presente nos extratos foram feitas a cada 48 horas pelo método de BRADFORD (1976), usando Soroalbumina Bovina (BSA) como padrão.

#### **3.2.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas os três períodos de corte da base da haste (sem corte; corte a cada 24 e 48 horas após a colheita) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3; 6; 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento e cada tempo.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para a análise de regressão os modelos foram escolhidos

baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t” adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e no fenômeno biológico.

### 3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

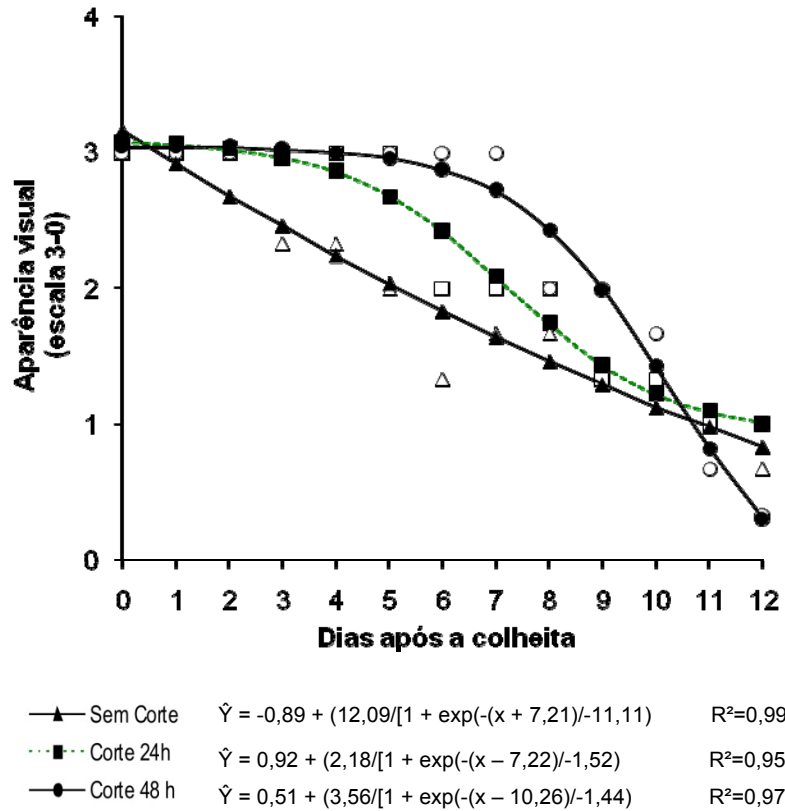
#### 3.4.1 Aparência Visual

A aparência visual nas hastes de *Heliconia bihai* apresentou interação significativa entre os fatores estudados, períodos de corte da base da haste x períodos de armazenamento. Se observa de acordo com a Figura 1 que as maiores notas para essa variável foram obtidas nas hastes que receberam o corte em ambos períodos, quando comparada as que não foram cortadas. Contudo, no final do período experimental (12 dias após a colheita) apenas as hastes que foram cortadas a cada 24 horas apresentaram aparência visual comercializável (notas < 1,0 foram consideradas de descarte), ao passo que a testemunha e hastes que receberam corte a cada 48 horas exibiram notas na aparência visual respectivamente de 0,83 e 0,30, portanto, impróprias à comercialização.

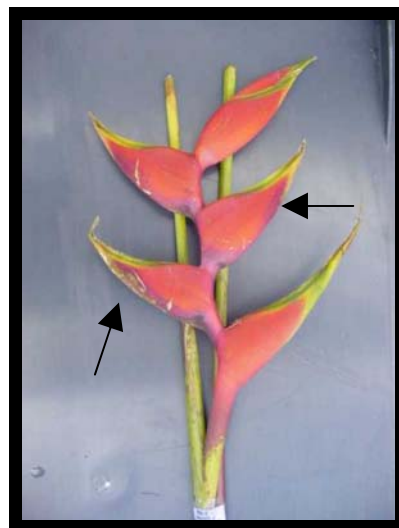
O decréscimo na aparência visual foi decorrente do surgimento de manchas escuras no tecido das brácteas (Figura 2); além disso, ocorreu amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas e pecíolo das folhas (Figura 3), que pode ter sido ocasionado pela elevada taxa transpiratória.

Algumas manchas escuras na superfície das brácteas (Figura 2) foram atribuídas à antracnose, doença comum em helicônias e que segundo ASSIS *et al.* (2002) é causado pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), cujos sintomas são manchas de colorações variadas de acordo com a espécie.

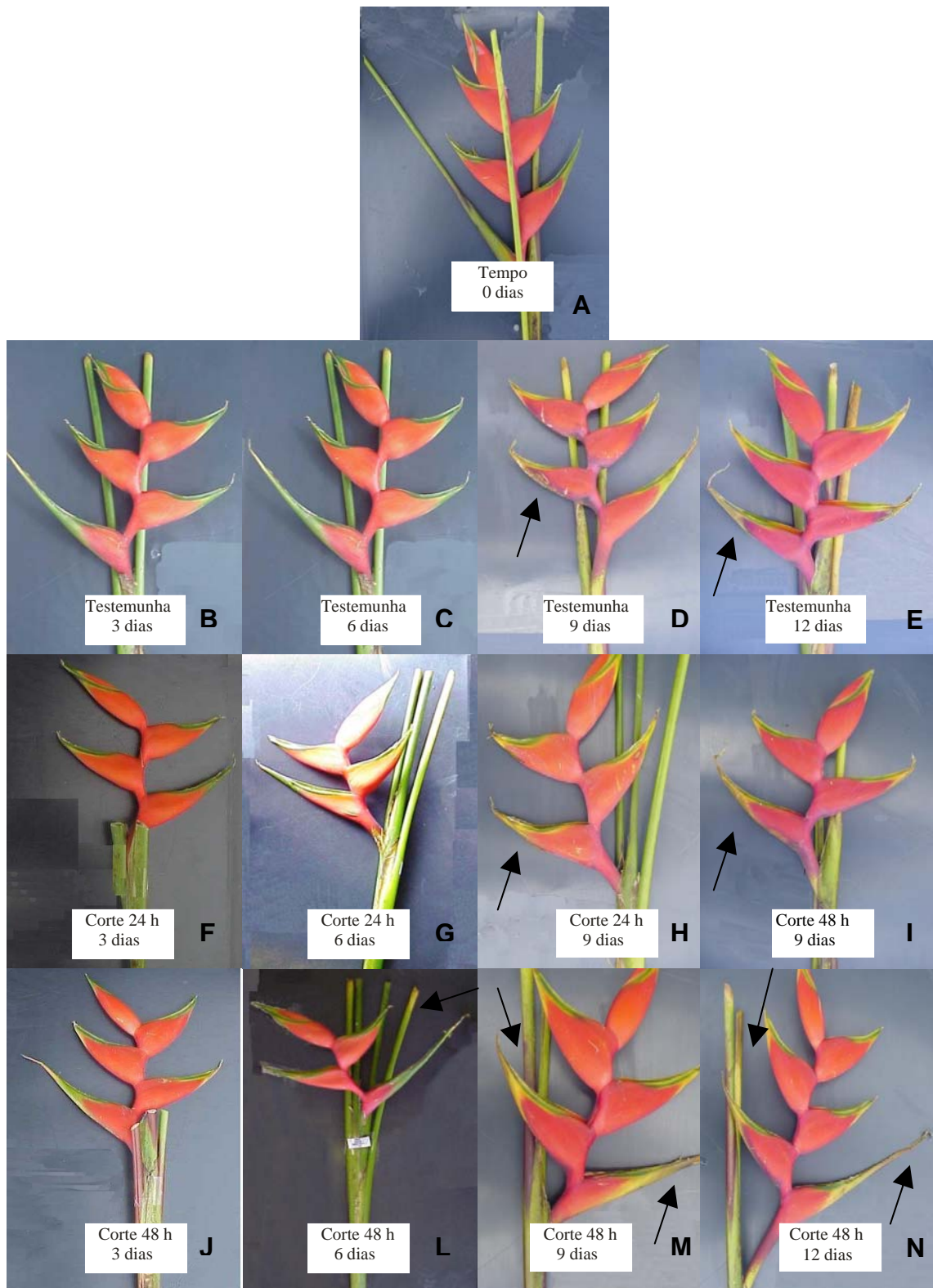
Nesse experimento observou-se que o corte a cada 24 horas da base das hastes de *Heliconia bihai* promoveu maior manutenção da aparência visual. Esse resultado concorda com o verificado por CAMPANHA *et al.* (1997) em ave-do-paráíso (*Strelitzia reginae* Ait.), cujos autores atribuíram a maior manutenção da aparência dessas hastes, a área limpa e fresca na superfície do fim da haste ocasionado pelo corte, quando comparada as hastes não cortadas.



**Figura 1:** Estimativas da aparência visual em hastes de *Heliconia bihai*, sem corte da base da haste e corte a cada 24 e 48 h após a colheita.



**Figura 2:** Sintomas de antracnose em hastes de *Heliconia bihai*. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.



**Figura 3:** Aparência visual de hastes de *Heliconia bihai* armazenadas sem o corte da base das hastes e cortadas a cada 24 e 48 horas após a colheita: **A** (caracterização); **B, F e J** (aos 3 dias); **C, G e L** (aos 6 dias); **D, H e M** (aos 9 dias); **E, I e N** (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.

### 3.4.2 Longevidade Floral

De acordo com as notas na aparência visual das hastes pode-se estimar a longevidade em 12 dias para hastes que receberam corte a cada 24 horas e de 10 dias para o controle (sem corte) e as hastes submetidas ao corte a cada 48 horas.

Segundo CASTRO (1993) helicônias que apresentam longevidade menor ou igual a 7 dias são classificadas como de vida curta, de 8 a 14 dias média e para aquelas que se mantêm com qualidade satisfatória de no mínimo 14 dias possuem longevidade alta. Nesse mesmo trabalho o autor verificou que a *Heliconia bihai* apresentou longevidade de 8 dias, portanto, inferior às longevidades obtidas nesse experimento, que foram estimadas em 10 e 12 dias, de acordo com o tratamento.

Ao contrário dos resultados em relação à longevidade obtida com o corte a cada 48 horas em hastes de *Heliconia bihai* a qual não diferiu das hastes destinadas ao controle, CAMPANHA *et al.* (1997) verificaram que em hastes de ave-do-paraíso (*Strelitzia reginae* Ait) o corte a cada 48 horas promoveu aumento da longevidade a qual foi estimada em 11,3 dias, ao passo que hastes que não receberam corte mantiveram longevidade de 7,6 dias.

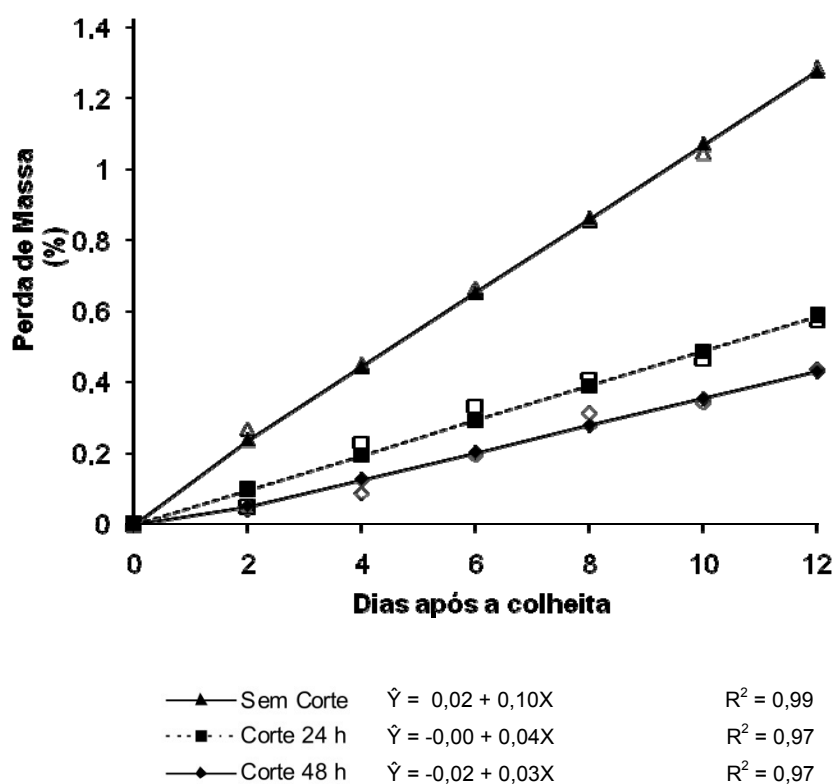
### 3.4.3 Perda de Massa

A perda de massa foi influenciada pela interação entre períodos de corte x armazenamento que, mostrou comportamento crescente ao longo do período de armazenamento em todas as hastes. Porém, esse aumento foi mais acentuado na testemunha (hastes que não receberam o corte), demonstrando que o corte da base da haste contribuiu significativamente para a redução da perda (Figura 4). Assim, no final do período experimental (12 dias) a perda de massa acumulada foi de 4,55; 2,04 e 1,44%, respectivamente, para o controle e hastes cortadas a cada 24 e 48 horas.

MENSUALI-SODI & FERRANTE (2005), trabalhando com três comprimentos de corte das hastes em girassol (*Helianthus annuus*) verificaram que nos dois primeiros dias de vida de vaso, o peso fresco

aumentou mais em flores com 60 e 70 cm em comparação as que apresentaram 50 cm, porém, a partir do quarto dia houve um decréscimo no peso fresco líquido em todos os tratamentos.

A turgidez dos produtos hortícolas é resultante do balanço entre a absorção e perda de água; sendo essa perda usualmente expressa como percentual de massa perdida. Assim, perda maior que a absorção, indica que há impedimento do consumo de água, ocasionado pelo bloqueio dos vasos xilemáticos.



**Figura 4:** Estimativas da perda de massa em hastes de *Heliconia bihai*, sem corte da base da haste e corte a cada 24 e 48 h após a colheita.

#### 3.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

A freqüência de corte da haste não influenciou no comportamento do TRA das brácteas e pseudocaule, porém ambas variáveis apresentaram

diferenças significativas em função dos períodos de armazenamento (Figuras 5 e 6).

Embora não tenha havido diferenças significativas entre os períodos de corte da base da haste e o controle (hastes que não receberam corte) para o TRA B, verifica-se de acordo com a Figura 5 uma tendência de aumento nessa variável a partir do 3º dia de armazenamento, quando comparado ao valor encontrado no início do período experimental. As taxas de acréscimos foram de 5,47; 6,39 e 2,74%, respectivamente, aos 3, 6 e 9 dias de armazenamento. Porém, no final do período experimental registrou-se decréscimo para essa variável de 5,48%, quando comparado ao valor no início do período experimental.

Semelhantemente, o TRA P (Figura 6) apresentou ligeiro aumento no 3º dia de armazenamento cujos acréscimo foi de 0,14 % em relação ao valor registrado no início do armazenamento. Após esse período, porém, verificou-se um decréscimo, atingindo aos 12 dias de armazenamento redução de 11,84%.

Resultados contrários foram verificados em relação ao corte das hastes em flores de *Grevillea*, cv. Crimson Yu-lo onde o corte a cada 24 horas de cerca de 2 cm proporcionou aumento da taxa de consumo da solução de vaso, manutenção do potencial hídrico e do teor relativo de água das inflorescências em relação a testemunha (hastes que não recebem corte) (HE *et al.*, 2006).

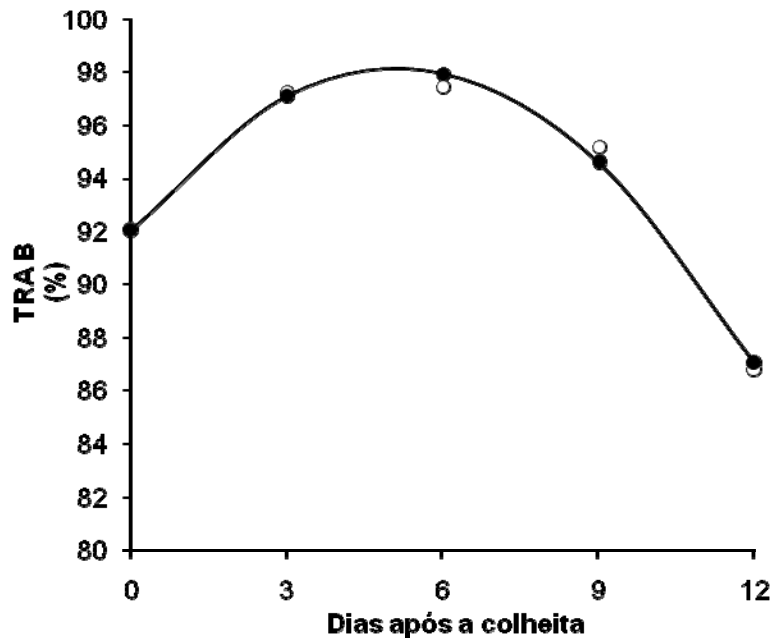
Semelhantemente, o corte de cerca de 5 cm de hastes florais de *Bouvardia*, dentro de recipientes contendo água, resultou na completa recuperação do turgor das folhas após 24 horas de armazenamento a seco sob temperatura de 20 °C e umidade relativa de 60%; porém, em relação as flores, a recuperação do turgor foi atingido mais tardiamente quando comparado às folhas, indicando que a oclusão nessa espécie esteve presente na parte mais baixa da haste (VASLIER & VAN DOORN, 2003). Já em flores de crisântemos (*Dedranthema grandiflora*) o corte de 4 cm na base da haste, após o armazenamento a seco resultou na recuperação de 67% da capacidade hidráulica (VAN IEPEREN *et al.*, 2002).

O corte da base da haste a cada 24 horas também promoveu efeito positivo em hastes de ave-do-paraíso (*Strelitzia reginae* Ait.), proporcionando manutenção do teor relativo de água de brácteas e sépalas, cujos valores foram em média de 93,9 e 89,1%, respectivamente (CAMPANHA *et al.*, 1997). Em folhas de ave-do-paraíso o corte do pecíolo não interferiu no teor relativo de água, cujos valores máximos foram atingidos aos 14,86 dias, logo após esse período mantiveram-se estáveis permanecendo em média em torno de 94% (CUNHA, 1998).

Uma possível explicação para o decréscimo menos acentuado no teor relativo de água das brácteas em relação ao caule pode ser devido à natureza esponjosa dos tecidos das brácteas os quais são capazes de armazenar relativamente maiores quantidades de água.

De acordo com VAN DOORN & CRUZ (2000) a oclusão vascular pode ser determinada pelo cálculo do balanço hídrico dado pela diferença entre a taxa de consumo de água e transpiração, pois quando esse balanço atinge valores negativos implica na presença de algum bloqueio.

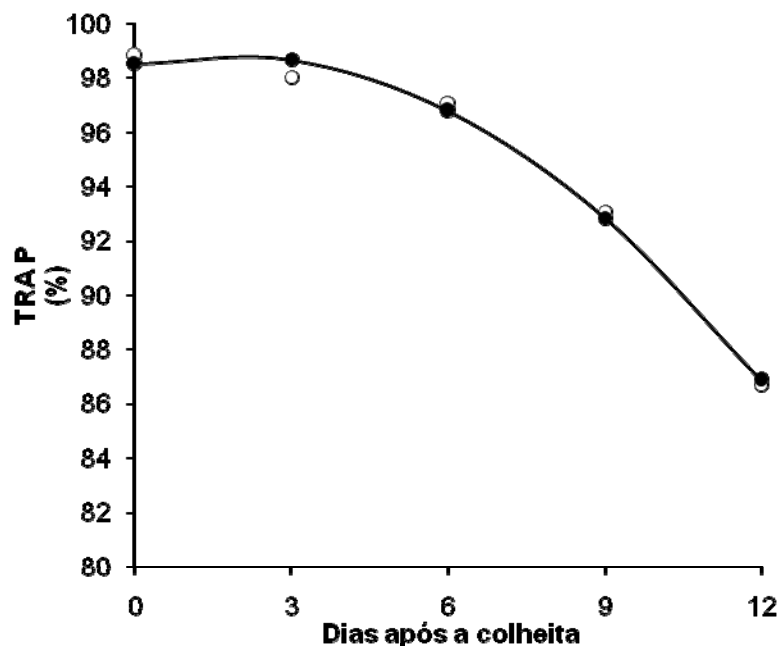
A restauração do bloqueio depende de alguns fatores como diâmetro dos vasos xilemáticos e a altura da água dos vasos, sendo esse último fator efetivo somente para espécies que possuem diâmetro grande dos vasos xilemáticos (VAN IEPEREN *et al.*, 2002), além do tempo de exposição das hastes a situação de estresse (VAN DOORN & JONES, 1994); altura do corte da base da haste (VAN DOORN, 1994) e de fatores genéticos.



$$\hat{Y} = 92,07 + 2,38x - 0,23x^2$$

$$R^2=0,99$$

**Figura 5:** Estimativa do teor relativo de água das brácteas (TRA B) em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2$  C° e umidade relativa de 60- 80%.



$$\hat{Y} = 98,53 + 0,38x - 0,113x^2$$

$$R^2=0,99$$

**Figura 6:** Estimativa do teor relativo de água do pseudocaule (TRA P) em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2$  C° e umidade relativa de 60- 80%.

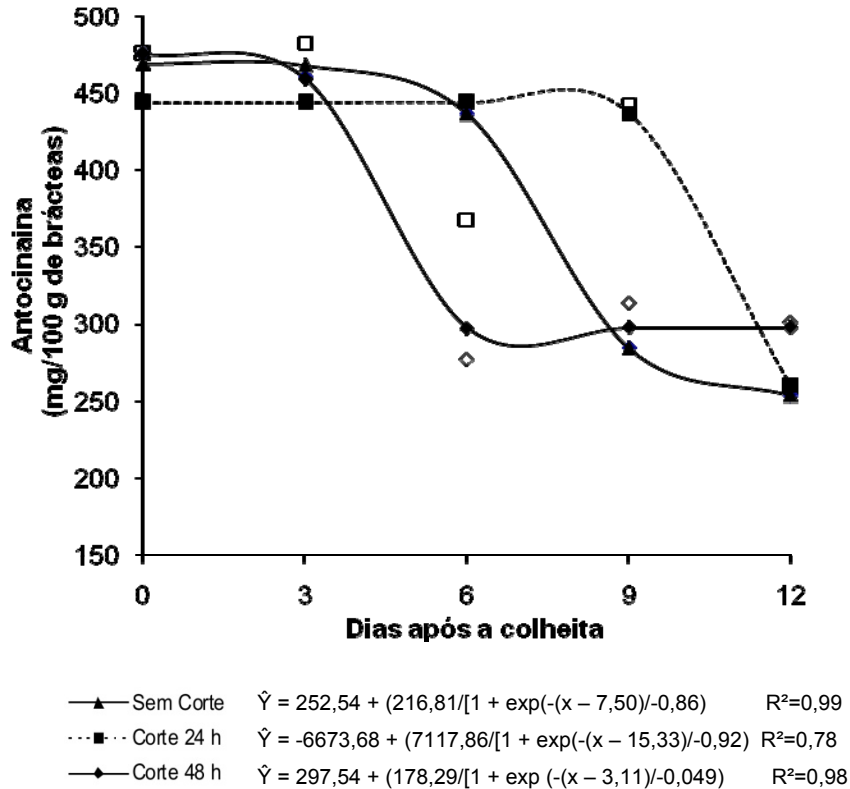
### 3.4.5 Antocianina

A concentração de antocianina foi influenciada pela interação entre os fatores períodos de armazenamento e corte da haste (Figura 7). Hastes que receberam corte a cada 48 horas apresentaram diminuição dessa variável a partir do terceiro dia de armazenamento, no sexto dia foi verificado um decréscimo de 37% (297,53 mg/100 g de brácteas) em relação à concentração inicial (475,83 mg/100 g de brácteas); no entanto, após esse período, o comportamento dessa variável manteve-se praticamente estável até o final do período experimental.

Por outro lado, hastes que não receberam corte (testemunha) e hastes cortadas a cada 24 horas praticamente não manifestaram mudanças para essa variável até o 6° e 9° dias, respectivamente. Após esse período de estabilização, houve decréscimo da concentração de antocianina em ambos os tratamentos, cujas taxas atingiram valores no final do período experimental de 45,94 e 41,55%, respectivamente, para a testemunha e hastes cortadas a cada 24 horas.

Dessa forma, verifica-se que o maior declínio da concentração de antocianina foi verificado nas hastes cortadas a cada 48 horas, ao passo que a maior retenção no conteúdo desse pigmento foi verificada nas hastes que receberam o corte a cada 24 horas após a colheita.

As antocianinas são pigmentos que exercem fator de atratividade ao consumidor e, portanto, fator de sucesso econômico em plantas ornamentais (DELA *et al.*, 2003), apresentam ainda algumas funções nas plantas, como por exemplo: proteção aos raios ultravioleta e ataque de patógenos, além de servirem como substrato para a atividade das enzimas oxidativas, peroxidases e polifenoloxidasas nas reações de escurecimento dos tecidos (TAIZ & ZEIGER 2004).



**Figura 7:** Estimativas da concentração de antocianina em hastes de *Heliconia bihai*, sem corte da base da haste e corte a cada 24 e 48 h após a colheita.

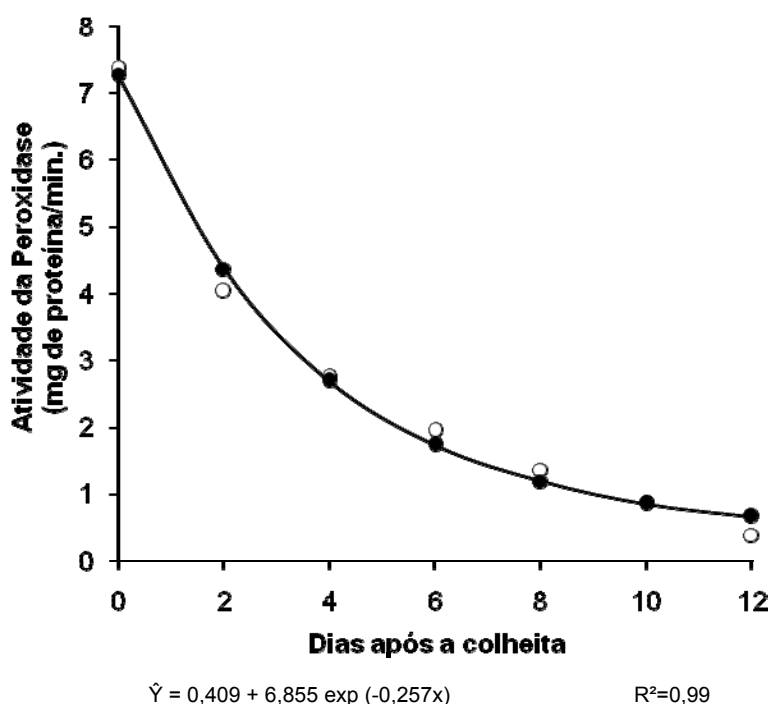
### 3.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)

Os períodos de corte da haste não influenciaram a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, no entanto, ambas enzimas foram influenciadas pelos períodos de armazenamento onde revelou comportamento decrescente ao longo de todo o armazenamento (Figuras 8 e 9). Por ocasião da colheita (início do armazenamento) os valores foram respectivamente para POD e PPO de 7,26 e 5,34, atingindo no final do período experimental (12 dias), 0,66 e 0,27  $\Delta\text{UA}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína, respectivamente.

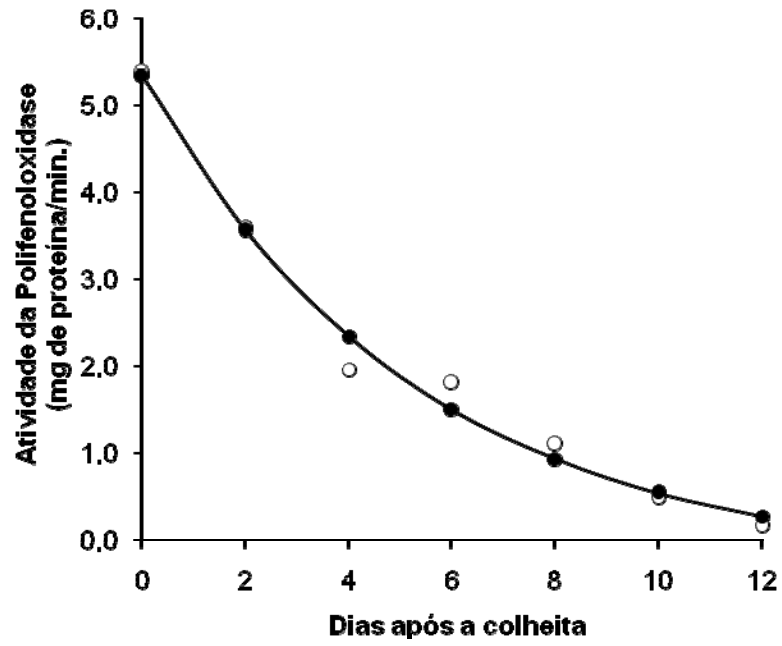
O decréscimo na atividade de ambas enzimas verificado nesse experimento, pode ser atribuído à diminuição dos compostos fenólicos que atuam como substrato para as reações de escurecimento promovidas por essas enzimas.

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase podem estar envolvidas também no bloqueio vascular de algumas espécies de flores, como verificado em rosas, *Astilbe x arendisii* e *Viburnum opulus* (LOUBAUD & VAN DOORN, 2004), *Bouvardia* (VASLIER & VAN DOORN, 2003); e crisântemos (VAN DOORN & VASLIER, 2002); (VAN DOORN & CRUZ, 2000), por participarem da síntese de lignina promovendo a oxidação dos álcools que são precursores da lignina (álcool  $\rho$ -cumaril, coniferil e sinapil).

A lignina é um composto que faz parte do metabolismo secundário das plantas e que, apesar de dar sustentação e estrutura no transporte de água no xilema pode, em caso de estress, como por exemplo, na colheita, funcionar como mecanismo de proteção contra ataque de patógenos (BOERJAN *et al.*, 2003).



**Figura 8:** Estimativa da atividade da peroxidase em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2$  C° e umidade relativa de 60-80%.



$$\hat{Y} = -0,302 + 5,646 \exp (-0,190x)$$

$$R^2=0,98$$

**Figura 9:** Estimativa da atividade da polifenoloxidase em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2 \text{ C}^\circ$  e umidade relativa de 60- 80%.

### **3.5 CONCLUSÕES**

O corte a cada 24 horas promoveu maior longevidade floral (estimada em 12 dias) em relação aos demais tratamentos (testemunha e hastes cortadas a cada 48 horas) cuja longevidade foi de 10 dias.

Os períodos de corte das hastes proporcionaram menor decréscimo na aparência visual, perda de massa e concentração de antocianina, porém, não influenciaram no teor relativo de água das brácteas e pseudocaule e atividade da peroxidase e polifenoloxidase quando comparado às hastes que não receberam corte.

**4. CAPÍTULO 2**  
**ENVOLVIMENTO DAS ENZIMAS PEROXIDASE**  
**E POLIFENOLOXIDASE NA OCLUSÃO XILEMÁTICA DE**  
*Heliconia bihai*

**RESUMO**

Com o intuito de verificar a influência das enzimas peroxidase e polifenoloxidase no possível bloqueio dos vasos xilemáticos de hastes florais de *Heliconia bihai*, utilizou-se o 2-mercaptoetanol (inibidor de ambas enzimas) em solução de *pulsing* durante 5 horas nas concentrações de 10 e 15 mM, em ambiente à  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa de 60-80%. (Hastes tidas como controle foram mantidas em água destilada). Após o tratamento de *pulsing*, as hastes foram mantidas em baldes contendo água destilada em ambiente com temperatura de 13°C, umidade relativa de 90-95%, permanecendo nessas condições durante 24 horas. Decorrido esse período, as hastes foram mantidas novamente sob as mesmas condições de temperatura e umidade relativa impostas na ocasião do *pulsing*, onde permaneceram até o final do período experimental (12 dias). A intensidade luminosa permaneceu constante durante todo o armazenamento atingindo valores de  $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As características avaliadas foram: aparência visual; longevidade floral, perda de massa, teor relativo de água das brácteas e pseudocaule, antocianina e atividade da peroxidase e polifenoloxidase. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas as três concentrações de 2-mercaptoetanol (0; 10 e 15 mM) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3; 6; 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento em cada tempo. O uso do inibidor enzimático 2-mercaptoetanol nas concentrações utilizadas não prolongou a vida pós-colheita de hastes de *Heliconia bihai* indicando, que as enzimas peroxidase e polifenoloxidase não estão envolvidas ou não foram a principal causa para a instalação do bloqueio vascular. O comportamento do teor relativo de água do pseudocaule revelou decréscimo acentuado no 3º dia após a colheita, possivelmente indicando a instalação de um bloqueio que foi posteriormente restaurado. O 2-mercaptoetanol não influenciou na

aparência visual, atividade da peroxidase, perda de massa e teor relativo de água do pseudocaulo de *Heliconia bihai*. A longevidade floral não diferiu entre os tratamentos, sendo estimada em 11 dias.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A taxa de absorção de água pode depender de alguns fatores, como taxa transpiratória, temperatura e composição da água do vaso (VAN DOORN, 1997). Por outro lado, o decréscimo na absorção, pode ser devido a uma série de fatores, os quais podem ser classificados como inerentes a haste, também chamados bloqueio fisiológico, bloqueio devido ao crescimento microbiano e formação de bolhas de ar (embolia e cavitação) (HE *et al.*, 2006).

O bloqueio fisiológico ocorre como resposta a um estresse, por reação ao corte, conduzindo à deposição de materiais como suberina, lignina, taninos, gomas, ou exudação de substâncias como látex, mucilagens ou resinas, no local lesionado que podem, parcialmente, entrar nos vasos do xilema (VAN DOORN, 1997).

As substâncias depositadas na superfície do corte, apesar de servirem como barreira à entrada de microrganismos no interior dos vasos, podem também ocasionar obstrução desses, impedindo a entrada de água. A ocorrência de tais substâncias pode estar envolvida com a síntese de etileno e ação de enzimas peroxidase (POD), fenilalanina amônia-liase (PAL) e polifenoloxidase (PPO), como determinado por VASLIER & VAN DOORN, (2003) em flores de *Bouvardia*, cuja vida de vaso foi prolongada após tratamento com inibidores das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, indicando que essas, provavelmente, poderiam estar envolvidas no bloqueio xilemático dessa espécie.

Outro tipo de bloqueio imposto por situações de estresse pode ser devido à formação de tiloses, as quais são definidas por VAN DOORN, (1999a) como o crescimento desordenado das células do parênquima que se sobressai dentro do lúmen dos vasos do xilema.

Alguns fatores como os genéticos, anatômicos, condições na pré e pós-colheita podem determinar se uma espécie ou mesmo uma cultivar pode ou não ser passível de bloqueio. Contudo, em uma mesma espécie ou cultivar pode existir mais de um tipo de bloqueio, conforme verificado em crisântemos da cv. Cassa (VAN MEETEREN *et al.*, 2006).

A maioria das espécies de helicônias, segundo VAN DOORN (1999b) não é sensível a problemas hídricos; no entanto, nessa mesma pesquisa com *Heliconia psittacorum* transportada à seco, o autor observou, já no primeiro dia após a colheita, decréscimo acentuado nas taxas de consumo de água, resultados igualmente verificados nas inflorescências transportadas úmidas, onde concluiu que o enrolamento prematuro das folhas e descoloração das brácteas foi resultante da oclusão vascular, sendo esta de natureza desconhecida.

Não há relatos na literatura sobre as relações hídricas em *Heliconia bihai*. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi investigar o envolvimento das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) no possível bloqueio vascular de hastes desta espécie.

## 4.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita

Hastes\* florais de *Heliconia bihai* oriundas de propriedade comercial localizada no distrito de Pacoti, pertencente ao município de Guaramiranga Estado do Ceará (latitude 4° 15' 48" S, longitude de 38° 55' 59" W e altitude de 736 m), distante 91 Km da capital Fortaleza, foram colhidas em junho de 2006, às 7:00 h da manhã, quando as inflorescências atingiram três a quatro brácteas abertas mais o ponteiro.

Após a colheita as hastes foram submetidas a duas lavagens, a primeira com a mistura de água e nim (*Azadirachta indica*) para desinfecção de formigas, e a segunda com água e sabão neutro, para retirada de impurezas oriundas do campo. Em seguida foram enxaguadas com água potável e submetidas ao tratamento antifúngico utilizando o Super S20, conforme recomendações.

As hastes foram acondicionadas em caixas de papelão tipo comercial medindo 1,15 m de comprimento x 0,45 m de largura x 0,20 m de altura previamente forrada com papel picado; a seguir foram transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical situada em Fortaleza.

### 4.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais

No Laboratório as hastes foram selecionadas e descartadas quanto à presença de danos mecânicos doenças e/ou pragas. Logo após, procedeu-se o corte da base das hastes padronizando em 70 cm de comprimento e a hidratação por 15 a 20 minutos em baldes contendo água destilada. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos.

\* Neste trabalho adotou-se o termo haste floral para o conjunto que compreende o pseudocaule e a inflorescência.

### **4.2.3 Tratamento com Inibidor Enzimático e Períodos de Armazenamento**

Hastes de *Heliconia bihai* foram mantidas em solução de *pulsing* com 2-mercaptoetanol (inibidor das enzimas peroxidase e polifenoloxidase) durante 5 horas nas concentrações de 10 e 15 mM, em ambiente á  $25 \pm 2$  °C. Hastes destinadas ao controle foram tratadas com água destilada.

Após o tratamento de *pulsing*, as hastes foram transferidas para baldes contendo água destilada em ambiente á 13°C, onde permaneceram por 24 horas. Decorrido esse período, as hastes foram novamente armazenadas a  $25 \pm 2$  °C por períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a colheita, onde a cada 48 horas, efetuou-se o corte da base da haste e a troca de água dos vasos. As condições de umidade relativa (60 - 80%) e intensidade luminosa ( $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) permaneceram constantes durante todo o período experimental.

### **4.2.4 Características avaliadas:**

#### **4.2.4.1 Aparência Visual**

A aparência visual foi avaliada diariamente por meio de uma escala de notas subjetiva a qual constou dos seguintes critérios: nota 3 = destinada às hastes que não apresentavam nenhum sintoma de murcha e/ou descoloração e escurecimento de brácteas e pecíolo das folhas; 2 = hastes que apresentavam incidência de 10 a 30% de murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas; 1 = 40 a 50% murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas e 0 =  $\geq 50\%$  murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas, sendo considerada nota de descarte.

#### 4.2.4.2 Longevidade Floral

Compreendeu o número de dias entre a colheita até 50% das hastes florais obterem a nota 0, ou seja, apresentarem sintomas acentuados de murcha e/ou necroses.

#### 4.2.4.3 Perda de Massa

Foi obtida a cada dois dias de acordo com a seguinte fórmula:

$$PM = \frac{(P \text{ S/C} - P \text{ C/C})}{P \text{ C/C}} 100$$

Onde:

**P S/C** = Peso das hastes antes do corte

**P C/C** = Peso das hastes após o corte

#### 4.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

Realizado a cada três dias, conforme metodologia proposta por CATSKY (1974) e WEATHERLEY (1950). Foram coletados nove discos das brácteas e pseudocaule para cada tratamento, com auxílio de um furador de 12 mm de diâmetro; esses discos foram pesados, inicialmente, para a obtenção do peso da matéria fresca e, em seguida, hidratados em espuma de 1,0 cm de espessura previamente umedecida com água destilada, sendo esta constantemente monitorada para evitar o excesso ou a falta de umidade. A cada 30 minutos procedeu-se a secagem, superficialmente, em papel absorvente, dos discos das brácteas e pseudocaule, efetuando-se a pesagem até a obtenção do peso constante, que caracterizou como peso da matéria túrgida. Logo após os discos das brácteas e pseudocaule foram colocados para secar em estufa, com circulação de ar forçado a 70 °C por um período de três dias, para a determinação do peso da matéria seca. O teor relativo de água foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{TRA} = (\text{F-S} / \text{T-S}) \times 100$$

Onde:

**F** = peso da matéria fresca (g)

**T** = peso da matéria túrgida (g)

**S** = peso da matéria seca (g)

#### **4.2.4.5 Antocianina**

Determinou-se, a cada 72 horas, conforme metodologia proposta por MARKAKIS (1982). Foram pesados 0,1 g de peso fresco das brácteas, homogeneizadas com 30 mL de solução de etanol: HCl (85:15) durante dois minutos e transferidos, sem filtrar, para balão de 50 mL previamente cobertos com papel alumínio, armazenados por uma noite em geladeira comum. Transcorridos esse período, o homogeneizado foi filtrado em papel de filtro quantitativo. O conteúdo de antocianina foi medido em espectrofotômetro a 535 nm, e os resultados expressos em mg de antocianina por peso de matéria fresca.

#### **4.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)**

Os ensaios enzimáticos foram determinados conforme metodologia proposta por WISSEMANN & LEE (1980) e MATSUNO & URITANI (1972). A cada dois dias, discos do pseudocaulo de aproximadamente 2,0 cm de espessura foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados em ultrafreezer a -70 °C até a ocasião da determinação das atividades enzimáticas. Ambas as enzimas foram extraídas com a maceração dos discos em almofariz acrescidos com uma pitada de areia lavada, previamente esterilizada, e cerca de 10 mL de tampão fosfato pH 7,0; em seguida procedeu-se a pesagem do material para logo após acrescentar tampão pH 7,0; e água destilada na proporção de 1:1:1 (amostra: tampão:

água) homogeneizando em seguida e centrifugando a 1.500 x g a 4°C por 10 minutos, sendo tomado como o extrato enzimático o sobrenadante.

A atividade da polifenoloxidase foi iniciada tomando-se uma alíquota de 0,3 mL do extrato enzimático e 1,8 mL de catecol em tubo de ensaio que, em seguida, foi agitado e colocado em banho-maria a 30 °C por 30 minutos. Transcorridos esse período acrescentou-se 0,8 mL de ácido perclórico, permanecendo em repouso por 5 a 10 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

Para a determinação da atividade da peroxidase tomou-se como alíquota 0,05 mL do extrato enzimático adicionando 2,95 mL de água destilada; 5,5 de guaiacol e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio; logo após foi agitado e aquecido em banho-maria a 30°C por cinco minutos. Decorrido esse período acrescentou-se 1 mL de bissulfito de sódio a 30%. A leitura feita em espectrofotômetro a 410 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

#### **4.2.4.7 Proteína Total**

As determinações da quantidade de proteína presente nos extratos foram feitas a cada 48 horas pelo método de BRADFORD (1976), usando Soroalbumina Bovina (BSA) como padrão.

#### **4.2.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas as três concentrações de 2-mercaptoetanol (0; 10 e 15 mM) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3; 6; 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento e cada tempo.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para a análise de regressão os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t”

adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e no fenômeno biológico.

## 4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

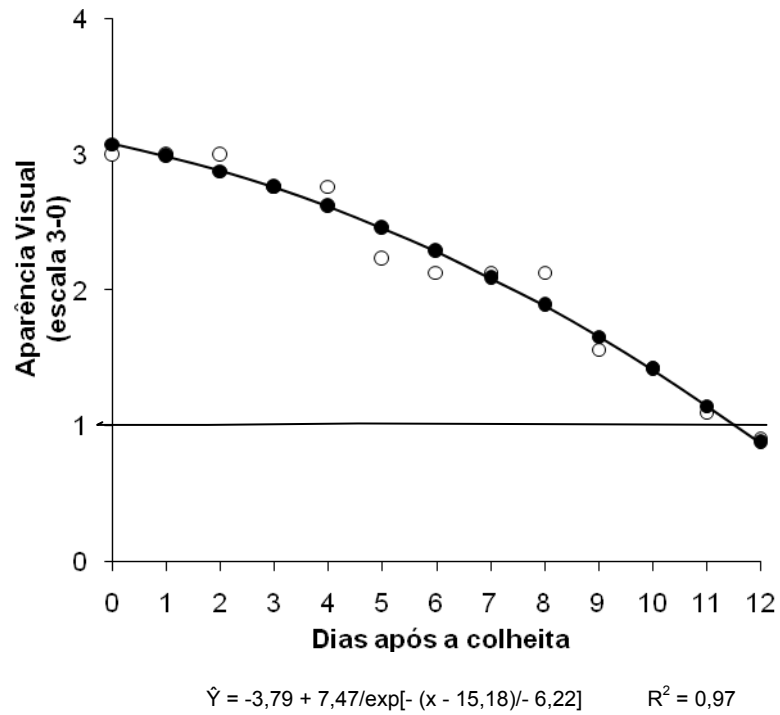
### 4.4.1 Aparência Visual

O uso do 2-mercaptoetanol nas concentrações utilizadas não influenciou a aparência visual de hastes de *Heliconia bihai*, porém, essa variável apresentou diferença significativa em função dos períodos de armazenamento ao nível de 1% de significância, apresentando ligeiro decréscimo ao longo do armazenamento (Figura 1), tornando-se impróprias à comercialização aos 12 dias após a colheita (hastes que apresentaram notas < 1 foram consideradas impróprias à comercialização).

O decréscimo na aparência visual dessas hastes foi decorrente do amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas e pecíolo das folhas, além de manchas escuras no centro e inserção das brácteas (Figura 2). O surgimento dessas manchas ocorreu no 5º dia de armazenamento, em todos os tratamentos, sendo que no final do período experimental, 25% das hastes submetidas ao tratamento com 10 mM de 2-mercaptoetanol apresentavam-se com aparência visual comprometida (notas inferiores a 1) (Figura 3); entretanto, nessa mesma ocasião, 50% das hastes submetidas aos demais tratamentos (controle e 15 mM de 2-mercaptoetanol) foram descartadas em decorrência do agravamento desses sintomas.

Uma possível explicação para o fato das hastes tratadas com o inibidor enzimático na concentração de 15 mM apresentarem agravamento dos sintomas depreciativos em relação as hastes tratadas com a concentração de 10 mM pode ser devido a fitotoxidez nos tecidos.

Algumas manchas escuras na superfície das brácteas (Figura 2) foram atribuídas à antracnose, doença comum em helicônias e que, segundo ASSIS *et al.* (2002), é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides*, (Penz.), cujos sintomas são manchas com colorações variadas de acordo com a espécie. Já o amarelecimento das hastes foi, possivelmente, decorrente da perda de água devido a elevada taxa transpiratória (Figura 3).



**Figura 1** – Estimativa da aparência visual em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2$  °C e umidade relativa de 60-80%.



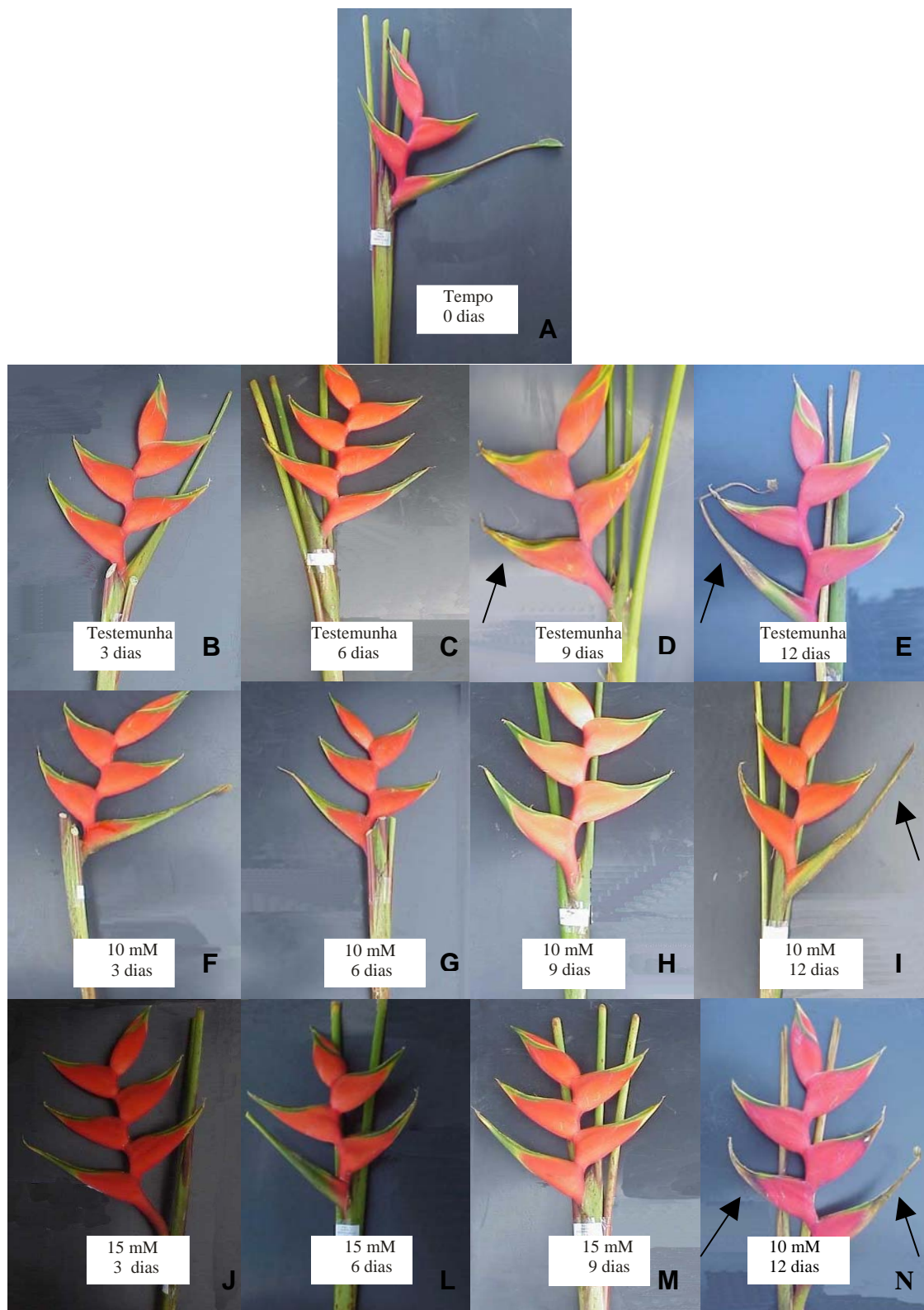
**Figura 2:** Sintomas de antracnose em hastes de *Heliconia bihai*. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.

Não foi verificada redução do pH nas soluções de 2-mercaptoetanol em ambas concentrações utilizadas, o qual se manteve na faixa de 6 e 6,5 respectivamente para as concentrações de 10 e 15 mM, enquanto que VASLIER & VAN DOORN (2003) e VAN DOORN & CRUZ, (2000) observaram redução do pH abaixo de 5 quando utilizou o 2-mercaptoetanol em flores de *Bouvardia* e em crisântemos respectivamente.

Alguns inibidores enzimáticos podem ser responsáveis ainda pela diminuição na tensão de superfície, como é o caso do hexilresorcinol e agral-LN, relatado por VASLIER & VAN DOORN (2003) em flores de *Bouvardia*. Porém, nenhum registro foi encontrado atribuindo tal propriedade ao 2-mercaptoetanol.

#### **4.4.2 Longevidade Floral**

De acordo com CASTRO (1993) helicônias que apresentam longevidade menor ou igual a 7 dias são classificadas como de vida curta, de 8 a 14 dias média e para aquelas que se mantêm com qualidade satisfatória de no mínimo 14 dias possuem longevidade alta. Esse mesmo autor trabalhando com várias espécies de helicônias, verificou que *H. bihai* apresentou longevidade de 8 dias, inferiores aos obtidos no presente experimento, estimada em 11 dias em todos os tratamentos.



**Figura 3:** Aparência visual de hastes de *Heliconia bihai* submetidas ao tratamento com 0, 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol: **A** (caracterização); **B**, **F** e **J** (aos 3 dias); **C**, **G** e **L** (aos 6 dias); **D**, **H** e **M** (aos 9 dias); **E**, **I** e **N** (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.

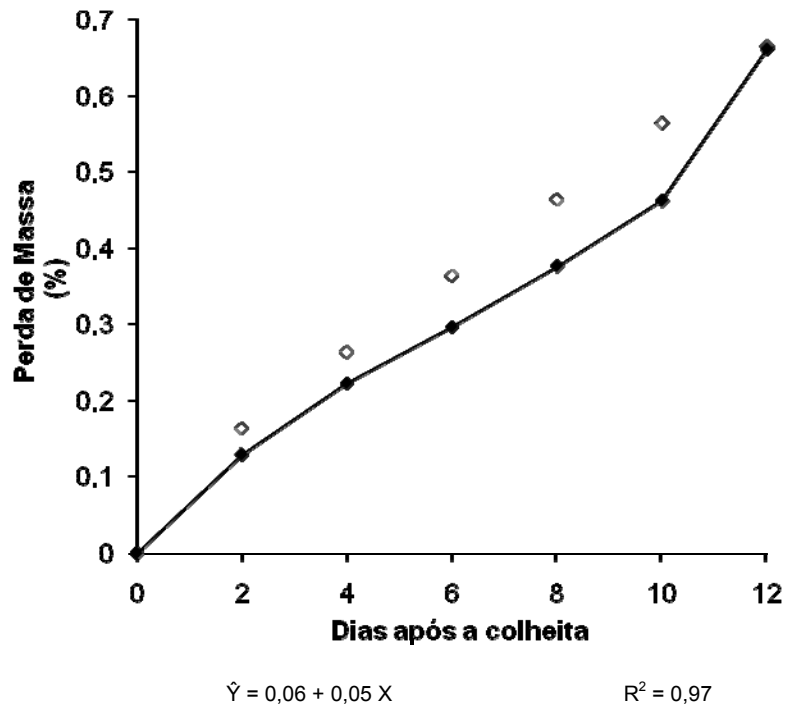
#### 4.4.3 Perda de Massa

A turgidez dos produtos hortícolas é resultante do balanço entre a absorção e perda de água. Assim, quando a perda de água torna-se maior que o consumo há aumento na perda de massa, indicando um impedimento do consumo de água, que pode ser proveniente do bloqueio dos vasos xilemáticos. Contudo, a capacidade de recuperação do peso inicial de flores e folhagens de corte, após serem transferidas de condições de estresse para condições normais de armazenamento, determina se uma espécie é passível ou não ao bloqueio (VAN DOORN & REID, 1995).

O uso de 2-mercaptoetanol em ambas concentrações utilizadas não influenciou o comportamento da perda de massa em hastes de *Heliconia bihai*. Porém, essa variável apresentou comportamento crescente ao longo do período de armazenamento (Figura 4), atingindo no final do período experimental (12 dias) um percentual acumulado de perda de massa de 2,15%. Essa perda foi manifestada na forma de amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas e pecíolos das folhas, todavia não sendo visualizado nenhum sinal de perda de turgidez das brácteas (Figura 3).

Resultados contrários foram verificados utilizando outro inibidor enzimático conhecido por s-carvone em flores de *Grevillea*, cv. Crinson Yullo, o qual promoveu retardo da perda de massa, em função de inibir a atividade da enzima fenilalanina amônia-liase, enzima chave no metabolismo dos fenilpropanóides onde estão incluídos vários compostos fenólicos, dentre eles a lignina (HE *et al.*, 2006) que pode ser depositada na superfície do corte das hastes e causar bloqueio dos vasos xilemáticos.

Outro inibidor enzimático que promove benefícios sobre o retardo na perda de massa é o tropolone, cujo tratamento em crisântemos cv. Cassa, foi responsável por maior percentagem de recuperação do peso inicial após período de armazenamento a seco, quando comparada ao controle (*pulsing* com água) provavelmente por agir na atividade das enzimas lacases (catecol oxidase) (VAN MEETEREN *et al.*, 2006).



**Figura 4** – Estimativa da perda de massa em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2$  C° e umidade relativa de 60-80%.

#### 4.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

Houve interação significativa entre concentrações de 2-mercaptoetanol x períodos de armazenamento para o TRA B (Figura 5). Até o 3° dia de armazenamento verificou-se discreta diminuição para essa variável, em todos os tratamentos, cujos valores variaram de 2,49%; 2,02 e 1,04%, respectivamente, para o controle e hastes tratadas com 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol. Porém, registrou-se decréscimos mais acentuados a partir do 6° dia até o final do período experimental (12 dias) atingindo-se, nessa ocasião, decréscimos no teor relativo de água das brácteas de 11,48; 16,73 e 12,25%, respectivamente, para o controle e hastes tratadas com 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol, em relação aos teores verificados no início do armazenamento.

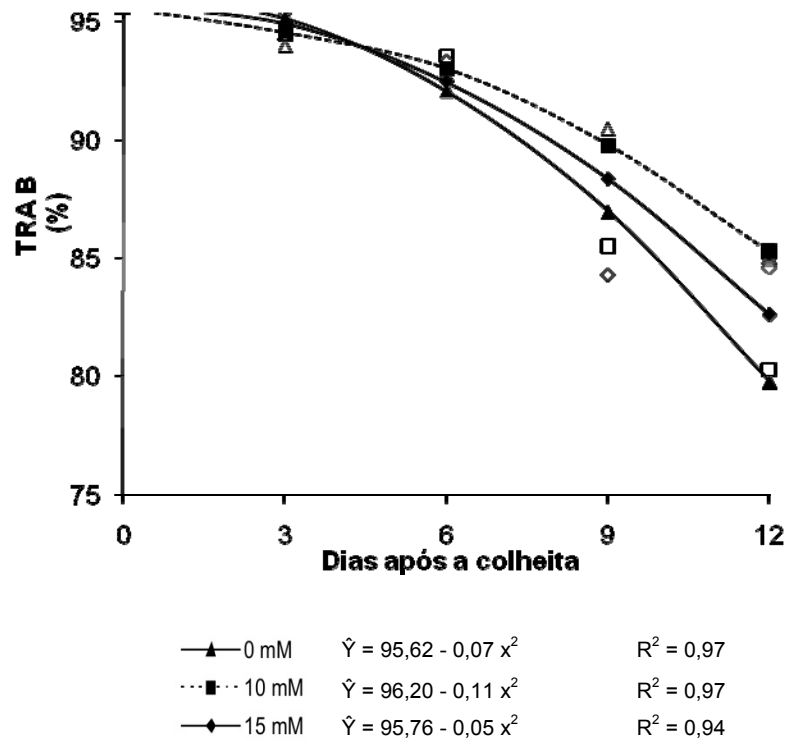
Em relação ao TRA do pseudocaule verifica-se (Figura 6) decréscimo até o 3º dia após a colheita atingindo-se, nessa ocasião, perda de 7,08% em relação os valores encontrados na colheita, o que indica, possivelmente, a instalação de um bloqueio nos vasos. Contudo esse bloqueio pode ter sido restaurado pelos cortes da base efetuados a cada 48 horas em todas as hastes, uma vez que foi registrado após o 3º dia um aumento para essa variável até o final do armazenamento, ocasião em que atingiu valor semelhante ao verificado no início do armazenamento (96,98%).

Dessa forma, observa-se que devido o comportamento distinto entre o TRA brácteas (decréscimo até o fim do período experimental) e pseudocaule (acréscimo até o final do período experimental), há indícios de que algum fator poderia estar atuando para impedir que a água se deslocasse em direção as brácteas, sendo esse fator de natureza desconhecida.

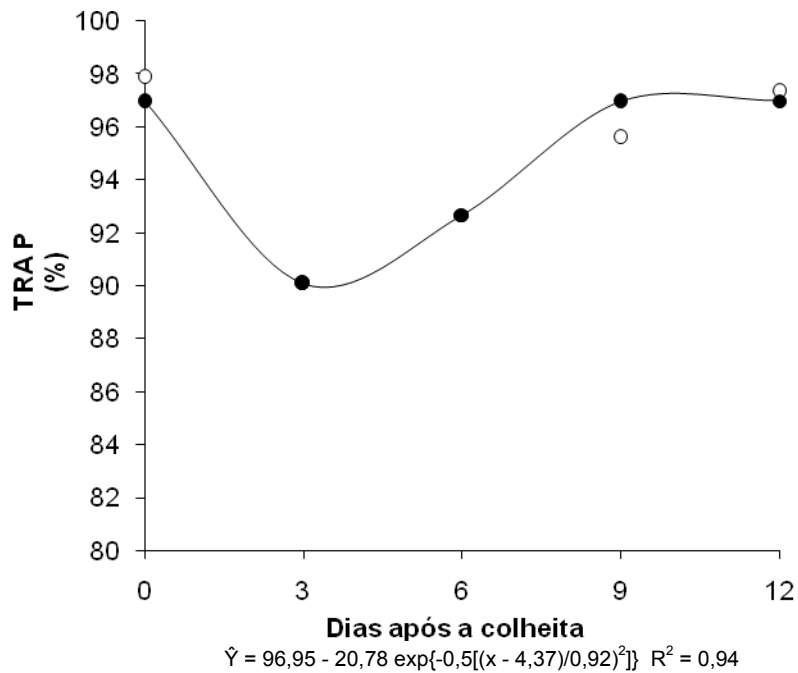
De acordo com VAN DOORN & CRUZ (2000), a oclusão vascular pode ser determinada pelo cálculo do balanço hídrico dado pela diferença entre a taxa de consumo de água e transpiração, pois quando esse balanço atinge valores negativos implica na presença de um bloqueio.

No presente experimento, evidências descartam o envolvimento das enzimas peroxidase e polifenoloxidase no bloqueio temporário da espécie em estudo, e/ou pelo menos que a ação dessas enzimas não foi a principal causa do decréscimo no TRA em brácteas e pseudocaule, uma vez a restauração do bloqueio ocorreu em todos os tratamentos.

O bloqueio fisiológico além de estar relacionado à síntese e oxidação de compostos fenólicos, lignina, suberina e tanino, que atuam como mecanismo de defesa ao estresse imposto na colheita, pode também envolver a formação de tiloses que, segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), correspondem ao supercrescimento dos protoplastos das células do parênquima vascular de células adjacentes, as quais se expandem para dentro dos vasos através de pontuações (tiloses) ocasionando obstrução dos vasos.



**Figura 5** – Estimativas do teor relativo de água das brácteas (TRA B) de *Heliconia bihai*, submetidas à solução contendo 0; 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol.



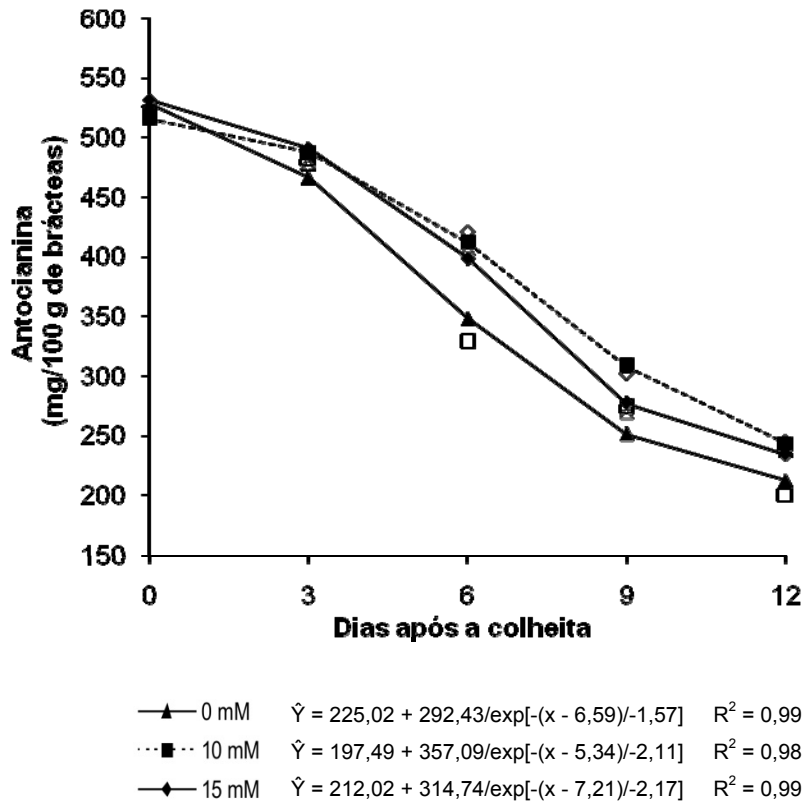
**Figura 6** – Estimativa do teor relativo de água do pseudocaule (TRA P) de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2$  C° e umidade relativa de 60- 80%.

#### 4.4.5 Antocianina

Os pigmentos são fatores de grande importância em flores de uma maneira geral, pois são responsáveis por conferirem coloração e, assim, exercerem atratividade ao consumidor. Na Figura 7 é mostrado o comportamento da concentração de antocianina, onde se verifica decréscimo ao longo do período de armazenamento em todos os tratamentos. No entanto, hastes submetidas aos tratamentos com 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol apresentaram maior retenção desse pigmento, quando comparado ao controle. Na ocasião da colheita os valores para antocianina foram, respectivamente, de 528,16; 515,85 e 531,19, atingindo no final do período experimental 212,18; 243,16 e 234,05 mg / 100 g de brácteas, respectivamente; para o controle, hastes submetidas ao tratamento com 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol.

As antocianinas pertencem ao grupo dos flavonóides, que de acordo com TAIZ & ZEIGER (2004) são substâncias que fazem parte do metabolismo secundário das plantas. Estas substâncias são caracterizadas por possuir um grupo hidroxila em um anel aromático, um fitol; apresentam várias funções nas plantas dentre elas, proteção aos raios ultra-violeta e ataque de patógenos, além de atrair polinizadores.

Os compostos fenólicos também agem como substrato para a atividade das enzimas oxidativas, como peroxidases e polifenoloxidasas nas reações de escurecimento.



**Figura 7** – Estimativas da concentração de antocianina em hastes de *Heliconia bihai*, submetidas à solução contendo 0; 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol.

#### 4.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)

A atividade da POD foi influenciada pela interação entre os fatores estudados, concentrações de 2-mercaptoetanol e períodos de armazenamento (Figura 8). Houve decréscimo na atividade dessa enzima ao longo do período de armazenamento, em todos os tratamentos. Porém, esse foi mais acentuado até o 4º dia de armazenamento em hastes tratadas com o inibidor enzimático, em ambas concentrações.

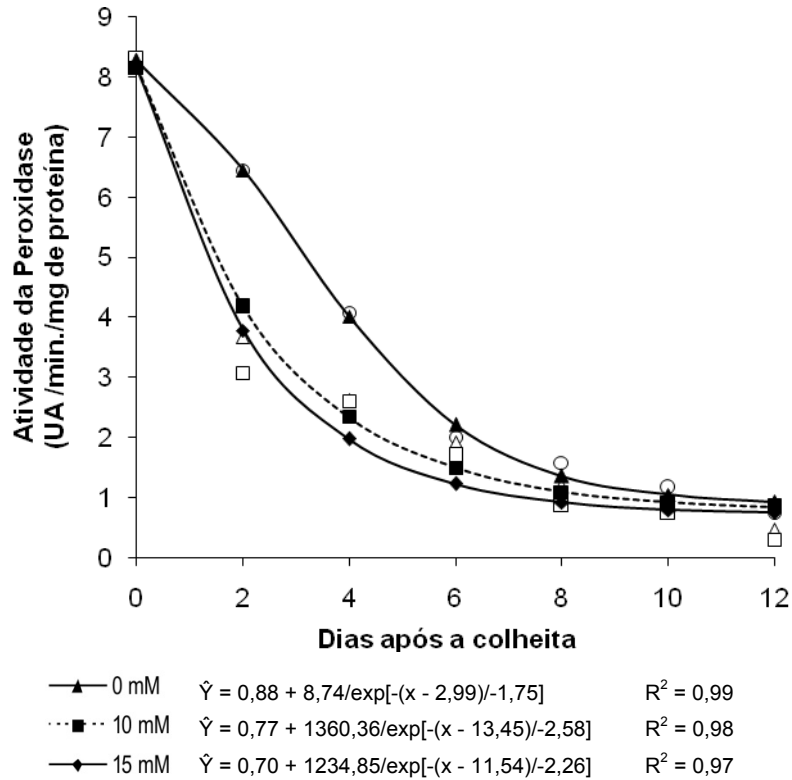
Comportamento semelhante ao da POD foi verificado na atividade da PPO (Figura 9) detectando-se decréscimo ao longo do período de armazenamento, independentemente do uso do inibidor enzimático, sendo de razão desconhecida, já que o 2-mercaptoetanol é utilizado como inibidor tanto da POD quanto da PPO.

O decréscimo na atividade de ambas enzimas verificado nesse experimento, pode ser atribuído à diminuição dos compostos fenólicos que atuam como substratos para as reações de escurecimento promovidas por essas enzimas.

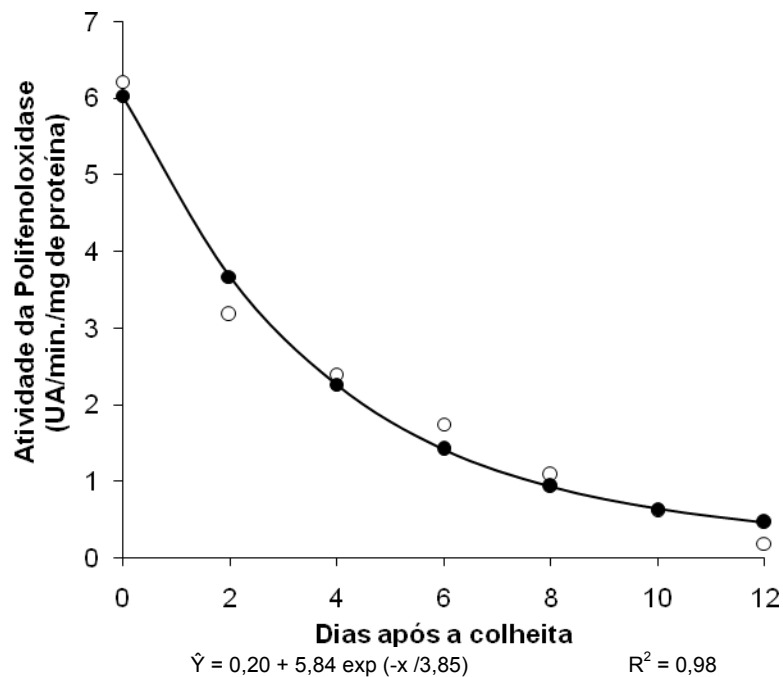
Em alguns produtos hortícolas, existe uma correlação positiva entre o conteúdo de compostos fenólicos e a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, como verificados em *Castanea henryi* (XU, 2005). Em outros produtos essa correlação pode ser negativa, como em frutos de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.) onde FINGER *et al.* (1997) verificaram que o decréscimo no conteúdo de antocianina coincidiu com o aumento da atividade da peroxidase; resultados semelhantes também foram encontrados em duas cvs. de banana Kluai Khai e Kluai Hom Thong por NGUYEN *et al.* (2003).

As enzimas peroxidase e polifenoloxidase podem estar envolvidas no bloqueio vascular de algumas espécies de flores, como verificado em rosas, *Astilbe x arendisii* e *Viburnum opulus* (LOUBAUD & VAN DOORN, 2004), *Bouvardia* (VASLIER & VAN DOORN, 2003) e crisântemos (VAN DOORN & VASLIER, 2002); (VAN DOORN & CRUZ, 2000), por participar da oxidação dos álcools,  $\rho$ -cumaril, coniferil e sinapil que são precursores da lignina.

A lignina é um composto que faz parte do metabolismo secundário das plantas e que, apesar de dar sustentação e estrutura para o transporte de água no xilema pode, em caso de estresse, como por exemplo na colheita, funcionar como mecanismo de proteção contra ataque de patógenos (BOERJAN *et al.*, 2003) pela oclusão dos vasos. Porém, pelo fato do 2-mercaptoetanol não ter proporcionado aumento na longevidade floral de hastes de *Heliconia bihai* possivelmente descarta-se o possível papel dessas enzimas no bloqueio vascular dessas hastes.



**Figura 8** – Estimativas da atividade da peroxidase em hastes de *Heliconia bihai*, submetidas à solução contendo 0; 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol.



**Figura 9** – Estimativa da atividade da polifenoloxidase em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm 2$  C° e umidade relativa de 60- 80%.

## 4.5 CONCLUSÕES

O uso do inibidor enzimático 2-mercaptoetanol nas concentrações utilizadas não prolongou a vida pós-colheita de hastes de *Heliconia bihai* indicando, que as enzimas peroxidase e polifenoloxidase não estão envolvidas ou não foram a principal causa para a instalação do bloqueio vascular nessas hastes.

O comportamento do teor relativo de água do pseudocaule revelou decréscimo acentuado no 3º dia após a colheita, possivelmente indicando a instalação de um bloqueio que foi posteriormente restaurado.

O 2-mercaptoetanol não influenciou na aparência visual, atividade da peroxidase, perda de massa e teor relativo de água do pseudocaule de *Heliconia bihai*. A longevidade floral não diferiu entre os tratamentos, sendo estimada em 11 dias.

## 5 CAPÍTULO 3

### AVALIAÇÃO DA LONGEVIDADE FLORAL DE *Heliconia bihai* PULVERIZADA COM SOLUÇÕES DE BENZILADENINA

#### RESUMO

Objetivando retardar a senescência de hastes de *Heliconia bihai* utilizou-se pulverizações nessas hastes com soluções de benziladenina (citocinina) nas concentrações de 150 e 300 mg L<sup>-1</sup>. Durante todo o período experimental as hastes foram mantidas em baldes contendo água destilada. A cada 48 horas foi efetuada a troca de água, bem como o corte de 2,0 cm da base da haste. O armazenamento foi realizado aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias em ambiente a 25 ± 2 °C, umidade relativa de 60 - 80% e intensidade luminosa de 5 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. As características avaliadas foram: As características avaliadas foram: aparência visual; longevidade floral, perda de massa, teor relativo de água das brácteas e pseudocaule, antocianina e atividade da peroxidase e polifenoloxidase. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas as três concentrações de benziladenina (0; 150 e 300 mg L<sup>-1</sup>) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3; 6; 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento em cada tempo. O uso de benziladenina promoveu menores perdas de massa e melhor aparência visual de hastes de *Heliconia bihai*. Não apresentou efeito sobre a concentração de antocianina, teor relativo de água das brácteas e pseudocaule e na atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. Baseado na aparência visual ao longo do armazenamento verificou-se que hastes tratadas com benziladenina em ambas concentrações, bem como hastes controle não apresentaram diferenças significativas na longevidade floral, que foi estimada em 10 dias.

## 5.1 INTRODUÇÃO

A senescência é um fenômeno complexo do ponto de vista histológico, fisiológico e genético-molecular que conduz a uma série de fatores como ativação de enzimas, degradação e síntese de pigmentos, ácidos nucleicos e proteínas. Diversos fatores interferem nesse processo dentre eles, condições pré-colheita, e, principalmente, fatores genéticos. A senescência pode ainda ser mediada por interações complexas onde estão envolvidos açúcares, enzimas hidrolíticas e hormônios vegetais (EASON, 2006).

De acordo com CASTRO *et al.* (2005), pode-se definir os hormônios vegetais como compostos orgânicos de ocorrência natural, produzidos em baixas concentrações pela planta, promovendo, inibindo ou modificando processos morfológicos e fisiológicos do vegetal. Cinco hormônios vegetais participam da regulação endógena da senescência em flores e folhas; sendo as auxinas, citocininas e giberelinas conhecidas como retardadores do processo de senescência, cujas concentrações endógenas apresentam considerável decréscimo após a colheita, e o etileno e ácido abscísico são considerados os promotores da senescência, apresentando aumento considerável após a colheita.

Dentre os reguladores vegetais, benziladenina (BA) e benzilaminopurina (BAP), que possui ação semelhante a da citocinina, têm sido utilizadas em produtos hortícolas, sobretudo em flores. De acordo com CASTRO (1993), podem atuar como estabilizadores da respiração e do metabolismo das proteínas e ácidos nucleicos, inibidores da degradação da clorofila, auxiliando na manutenção da permeabilidade das membranas e interferindo no balanço hídrico. Esses reguladores são também conhecidos como agentes mobilizadores, dirigindo a translocação dos assimilados para os órgãos tratados, além de inibir algumas enzimas como as nucleases e proteases e aumentar a razão de RNA e proteína para DNA (FLÓREZ-RONCÂNCIO *et al.*, 1996).

Outras funções importantes relacionadas às citocininas são citadas por MOK & MOCK (1994), como: inibição da respiração resistente ao cianeto; seqüestro de radicais livres; inibição das enzimas lipoxigenases que

estão ligadas à perda da integridade das membranas celulares e das peroxidases que estão envolvidas no estresse oxidativo e em reações de escurecimento. Podem ainda controlar a formação do álcool deidroconiferil glicosídeo relacionado à divisão celular.

Contudo, a explicação fisiológica para as citocininas retardarem a senescência em flores e folhas foi inicialmente atribuída a um aumento da intensidade dos drenos metabólicos em tecidos tratados. No entanto, o que foi constatado por pesquisas recentes é de que plantas com gens super expressados para a biossíntese de citocinina foram menos sensíveis ao etileno exógeno, requerendo tratamento mais longo para induzir a produção de etileno endógeno, fato esse já descrito por EISINGER (1977). Porém, a teoria mais aceita atualmente é a de que a, citocinina reprime a expressão dos genes associados à senescência.

Entretanto, a eficiência das citocininas como retardadores da senescência é dependente da taxa de consumo da substância pelo vegetal, da sensibilidade do tecido ao regulador (MORAES *et al.*, 2005), além do estágio de desenvolvimento do vegetal.

Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar quais concentrações de benziladenina promoverão maior vida pós-colheita em hastes de *Heliconia bihai*.

## 5.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita

Hastes\* florais de *Heliconia bihai* oriundas de propriedade comercial localizada no distrito de Pacoti, pertencente ao município de Guaramiranga Estado do Ceará (latitude 4° 15' 48" S, longitude de 38° 55' 59" W e altitude de 736 m), distante 91 Km da capital Fortaleza, foram colhidas em julho de 2006, às 7:00 h da manhã, quando as inflorescências atingiram três a quatro brácteas abertas mais o ponteiro.

Após a colheita as hastes foram submetidas a duas lavagens, a primeira com a mistura de água e nim (*Azadirachta indica*) para desinfecção de formigas, e a segunda com água e sabão neutro, para retirada de impurezas oriundas do campo. Em seguida foram enxaguadas com água potável e submetidas ao tratamento antifúngico utilizando o Super S20, conforme recomendações.

As hastes foram acondicionadas em caixas de papelão tipo comercial medindo 1,15 m de comprimento x 0,45 m de largura x 0,20 m de altura previamente forrada com papel picado; a seguir foram transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical situada em Fortaleza.

### 5.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais

No Laboratório as hastes foram selecionadas e descartadas quanto à presença de danos mecânicos doenças e/ou pragas. Logo após, procedeu-se o corte da base das hastes padronizando em 70 cm de comprimento e a hidratação por 15 a 20 minutos em baldes contendo água destilada. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos.

\* Neste trabalho adotou-se o termo haste floral para o conjunto que compreende o pseudocaule e a inflorescência.

### **5.2.3 Tratamento com o Regulador Vegetal e Períodos de Armazenamento**

As hastes, acondicionadas em baldes contendo água destilada foram pulverizadas com soluções de benziladenina (BA) nas concentrações de 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> até obter o máximo de cobertura; hastes controle foram pulverizadas com água destilada.

O armazenamento das hastes foi realizado por períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 dias em ambiente a 25 ± 2 °C, umidade relativa de 60 - 80% e intensidade luminosa de 5 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. A cada 48 horas foram efetuadas a troca da água do interior dos baldes com o intuito de evitar a proliferação de microrganismos, bem como o corte de 2,0 cm da base das hastes.

### **5.2.4 Características avaliadas:**

#### **5.2.4.1 Aparência Visual**

A aparência visual foi avaliada diariamente por meio de uma escala de notas subjetiva a qual constou dos seguintes critérios: nota 3= destinada às hastes que não apresentavam nenhum sintoma de murcha e/ou descoloração e escurecimento de brácteas e pecíolo das folhas; 2 = hastes que apresentavam incidência de 10 a 30% de murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas; 1 = 40 a 50% murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas e 0 = ≥ 50% murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas, sendo considerada nota de descarte.

#### **5.2.4.2. Longevidade Floral**

Compreendeu o número de dias entre a colheita até 50% das hastes florais obterem a nota 0, ou seja, apresentarem sintomas acentuados de murcha e/ou necroses.

### 5.2.4.3 Perda de Massa

Foi obtida a cada dois dias de acordo com a seguinte fórmula:

$$PM = \frac{(P\ S/C - P\ C/C)}{P\ C/C} 100$$

Onde:

**P S/C** = Peso das hastes antes do corte

**P C/C** = Peso das hastes após o corte

### 5.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

Realizado a cada três dias, conforme metodologia proposta por CATSKY (1974) e WEATHERLEY (1950). Foram coletados nove discos das brácteas e pseudocaule para cada tratamento, com auxílio de um furador de 12 mm de diâmetro; esses discos foram pesados, inicialmente, para a obtenção do peso da matéria fresca e, em seguida, hidratados em espuma de 1,0 cm de espessura previamente umedecida com água destilada, sendo esta constantemente monitorada para evitar o excesso ou a falta de umidade. A cada 30 minutos procedeu-se a secagem, superficialmente em papel absorvente, dos discos das brácteas e pseudocaule, efetuando-se a pesagem até a obtenção do peso constante, que caracterizou como peso da matéria túrgida. Logo após os discos das brácteas e pseudocaule foram colocados para secar em estufa, com circulação de ar forçado a 70 °C por um período de três dias, para a determinação do peso da matéria seca. O teor relativo de água foi calculado de acordo com a fórmula:

$$TRA = (F-S / T-S) \times 100$$

Onde:

**F** = peso da matéria fresca (g)

**T** = peso da matéria túrgida (g)

**S** = peso da matéria seca (g)

#### **5.2.4.5 Antocianina**

Determinou-se, a cada 72 horas, conforme metodologia proposta por MARKAKIS (1982). Foram pesados 0,1 g de peso fresco das brácteas, homogeneizadas com 30 mL de solução de etanol: HCl (85:15) durante dois minutos e transferidos, sem filtrar, para balão de 50 mL previamente cobertos com papel alumínio, armazenados por uma noite em geladeira comum. Transcorridos esse período, o homogeneizado foi filtrado em papel de filtro quantitativo. O conteúdo de antocianina foi medido em espectrofotômetro a 535 nm, e os resultados expressos em mg de antocianina por peso de matéria fresca.

#### **5.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)**

Os ensaios enzimáticos foram determinados conforme metodologia proposta por WISSEMANN & LEE (1980) e MATSUNO & URITANI (1972). A cada dois dias, discos do pseudocaulo de aproximadamente 2,0 cm de espessura foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados em ultrafreezer a -70 °C até a ocasião da determinação das atividades enzimáticas. Ambas as enzimas foram extraídas com a maceração dos discos em almofariz acrescidos com uma pitada de areia lavada, previamente esterilizada, e cerca de 10 mL de tampão fosfato pH 7,0; em seguida procedeu-se a pesagem do material para logo após acrescentar tampão pH 7,0; e água destilada na proporção de 1:1:1 (amostra: tampão: água) homogeneizando em seguida e centrifugando a 1.500 x g a 4°C por 10 minutos, sendo tomado como o extrato enzimático o sobrenadante.

A atividade da polifenoloxidase foi iniciada tomando-se uma alíquota de 0,3 mL do extrato enzimático e 1,8 mL de catecol em tubo de ensaio que,

em seguida, foi agitado e colocado em banho-maria a 30 °C por 30 minutos. Transcorridos esse período acrescentou-se 0,8 mL de ácido perclórico, permanecendo em repouso por 5 a 10 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

Para a determinação da atividade da peroxidase tomou-se como alíquota 0,05 mL do extrato enzimático adicionando 2,95 mL de água destilada; 5,5 de guaiacol e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio; logo após foi agitado e aquecido em banho-maria a 30°C por cinco minutos. Decorrido esse período acrescentou-se 1 mL de bissulfito de sódio a 30%. A leitura feita em espectrofotômetro a 410 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

#### **5.2.4.7 Determinação da Proteína Total**

As determinações da quantidade de proteína presente nos extratos foram feitas a cada 48 horas pelo método de BRADFORD (1976), usando Soroalbumina Bovina (BSA) como padrão.

### **5.3. Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas as três concentrações de benziladenina (0; 150 e 300 mg L<sup>-1</sup>) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3; 6; 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento e cada tempo.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para a análise de regressão os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t” adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e no fenômeno biológico.

## 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.4.1 Aparência Visual

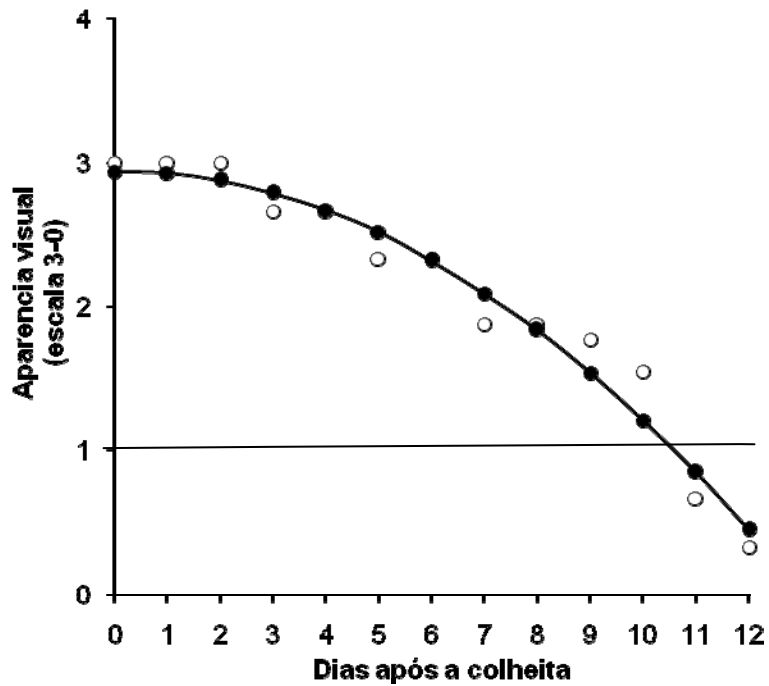
Não houve interação significativa entre os fatores: concentrações de benziladenina e períodos de armazenamento para aparência visual. Todavia, ambos fatores influenciaram de forma isolada essa variável. De acordo com o teste de Tukey ao nível de 5% de significância as médias para essa variável em hastes tratadas com BA nas concentrações de 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> foram respectivamente 2,31 e 2,21 as quais não diferiram estatisticamente entre si, no entanto, foram superiores as encontradas nas hastes destinadas ao controle (pulverizadas com água destilada) que foi de 1,74.

Em relação aos períodos de armazenamento a aparência visual apresentou comportamento decrescente ao longo do armazenamento (Figura 1), onde aos 11 dias após a colheita as hastes apresentavam-se em média com notas inferiores a 1 (notas < 1,0 foram consideradas de descarte), ou seja, impróprias à comercialização.

O decréscimo na aparência visual foi decorrente do surgimento de manchas escuras no tecido das brácteas (Figura 2), além do amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas e pecíolo das folhas (Figura 3), que pode ter sido ocasionado pela elevada taxa transpiratória.

Algumas manchas escuras na superfície das brácteas (Figura 2) foram atribuídas à antracnose, doença comum em helicônias e que segundo ASSIS *et al.* (2002) é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), tendo como sintomas manchas com colorações variadas de acordo com a espécie. Já o amarelecimento das hastes foi, possivelmente, decorrente da elevada taxa transpiratória (Figura 3).

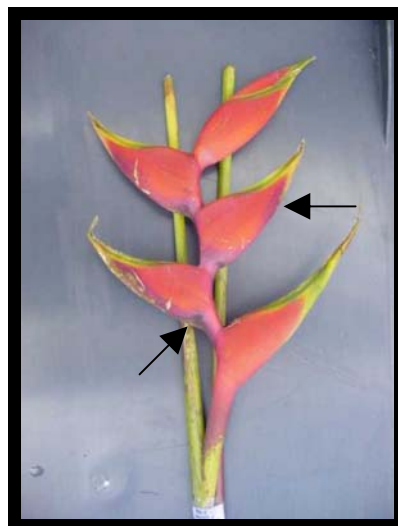
MAYAK *et al.* (1972) foi um dos pioneiros a verificar que em pétalas senescentes de rosas (*Rosa hybrida*) os níveis de citocinina foram mais baixos quando comparados aos verificados em pétalas jovens, e que os níveis desse fitormônio foram diretamente proporcionais à longevidade das flores.



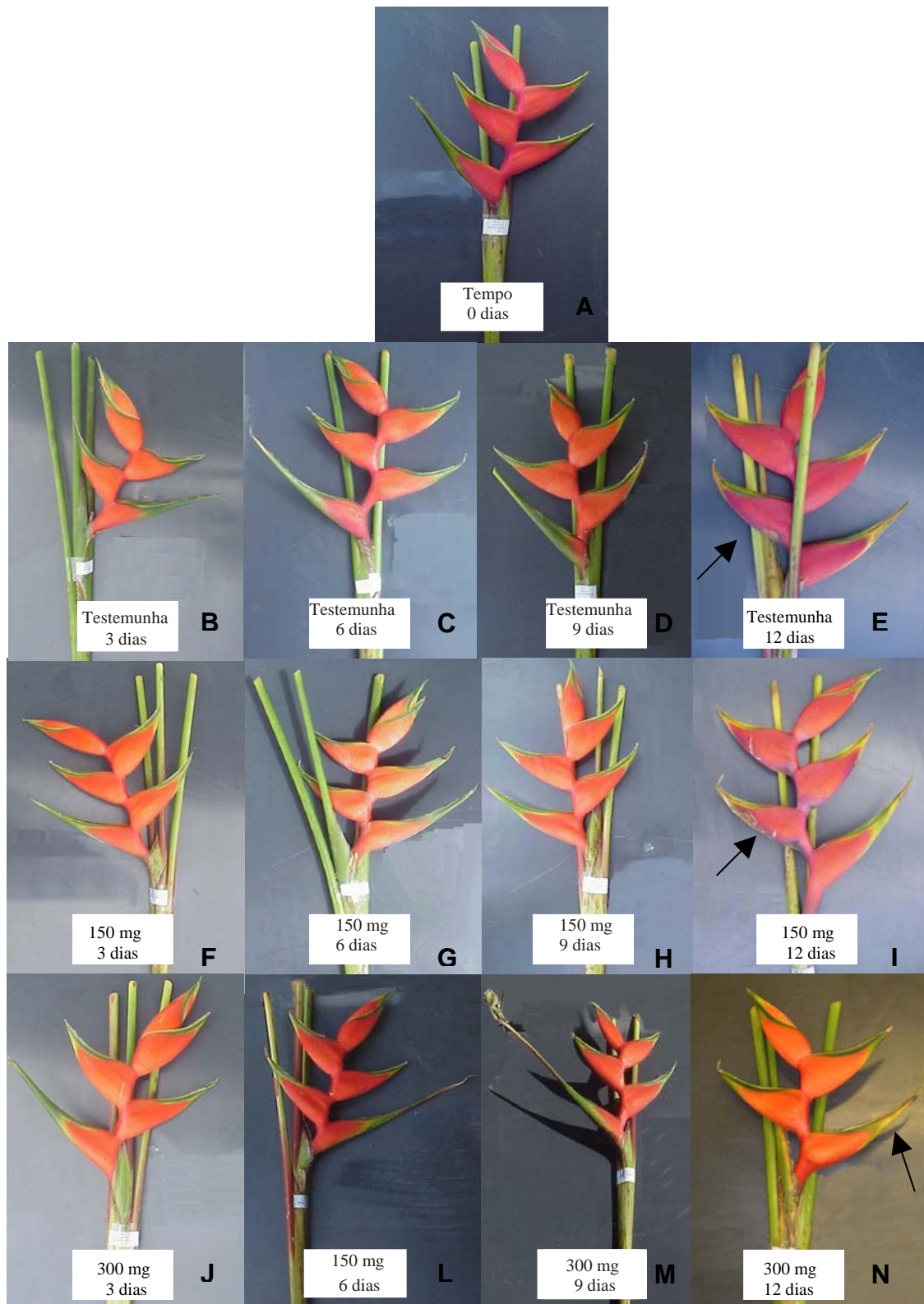
$$\hat{Y} = 2,94 - 0,017x^2$$

$$R^2 = 0,96$$

**Figura 1** – Estimativa da aparência visual em hastes de *Heliconia bihai* armazenadas por 12 dias a  $25 \pm ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60-80%.



**Figura 2:** Sintomas de antracnose em hastes de *Heliconia bihai*. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.



**Figura 3:** Aparência visual de hastes de *Heliconia bihai* submetidas ao tratamento com 0, 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina (BA): **A** (caracterização); **B, F e J** (aos 3 dias); **C, G e L** (aos 6 dias); **D, H e M** (aos 9 dias); **E, I e N** (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.

#### 5.4.2 Longevidade Floral

Baseado nas notas da aparência visual pode-se estimar a longevidade de *Heliconia bihai* em 10 dias, tanto nas hastes tratadas com benziladenina quanto nas do controle.

Para PAULL & CHANTRACHIT, (2001) uma possível explicação para o fato de algumas espécies responderem à aplicação de benziladenina pode ser devido à grande capacidade dos tecidos de absorverem esse regulador ou ainda que essas espécies possuam baixos teores em seus tecidos;

Ao contrário dos resultados verificados nesse experimento, encontra-se na literatura vários trabalhos relatando efeitos positivos com reguladores vegetais que possuem propriedades semelhantes a da citocinina. Por exemplo, MORAES *et al.* (2005) verificaram que o uso de benziladenina (BA) em *Heliconia latispatha* promoveu o aumento na vida de vaso que foi dependente da concentração utilizada, constatando efeito linear na concentração de 300 mg L<sup>-1</sup> desse regulador quando aplicado imediatamente após a colheita.

Efeito positivo com a utilização de BA foi verificado também em folhas de *Heliconia andrômeda* e inflorescências de *Heliconia chartaceae* variedade Sexy Pink, cujas vidas de vaso foram prolongadas de 7 para 21 dias quando tratadas com 200 mg L<sup>-1</sup>, na forma de pulverização, e de 18 dias quando o BA foi aplicado por imersão na mesma concentração. Os efeitos sobre o prolongamento foram decorrentes do atraso no amarelecimento, escurecimento e abscisão das brácteas (PAULL & CHANTRACHIT, 2001).

Alguns trabalhos relatam o uso da Promalina<sup>®</sup>, substância composta por 100 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina + GA<sub>4+7</sub>. Os efeitos de pulverizações contendo esse composto foram relatados por RANWALA & MILLER (1999) em flores de lírio da páscoa, que preveniu os sintomas de clorose. Além do controle das já existentes, estimulou o alongamento do caule que foi controlado quando a aplicação foi realizada mais tardiamente. Resultados positivos com o uso de BA também foram verificados por RANWALA & MILLER (2005) em cultivares de lírios oriental e asiático envasados, cujos

efeitos positivos foram o retardamento da abscisão e de clorose em botões e folhas.

Por outro lado, em flores de tulipas, KAWA-MISZCZAK *et al.* (2005) verificaram que BA só foi efetivo em retardar a senescência quando aplicada de forma isolada, não apresentando efeito quando utilizado em conjunto com o ácido abscísico.

As citocininas também podem agir suprimindo a produção de outros fitormônios que causam efeitos deletérios, como encontrados por SHANKHLA *et al.* (2005) em flores de *Lupinus densiflorus* Benth, cujo tratamento com tidiazuron, composto que possui as mesmas propriedades da citocinina, foi atribuído parcialmente à supressão da produção e sensibilidade ao etileno. Todavia, em algumas espécies de flores como *Eustoma*, o uso de benziladenina (BA) estimulou a produção de etileno; que foi contida pelo tratamento com sacarose; segundo HUANG & CHEN (2002) o estímulo à produção de etileno não foi suficiente para causar efeitos deletérios às flores tratadas com BA, que apresentaram aumento da longevidade, quando comparada às flores tratadas apenas com sacarose. Segundo os autores tal fato pode ser devido à citocininas possuírem papel complexo agindo em vários sistemas dentro da planta

SKUTNIK *et al.* (2001) investigando algumas substâncias dentre elas benziladenina (BA) sobre a longevidade de folhas de *Zantedeschia aethiopica*, verificaram que a longevidade diminuiu com o aumento nas concentrações desse regulador.

### 5.4.3 Perda de Massa

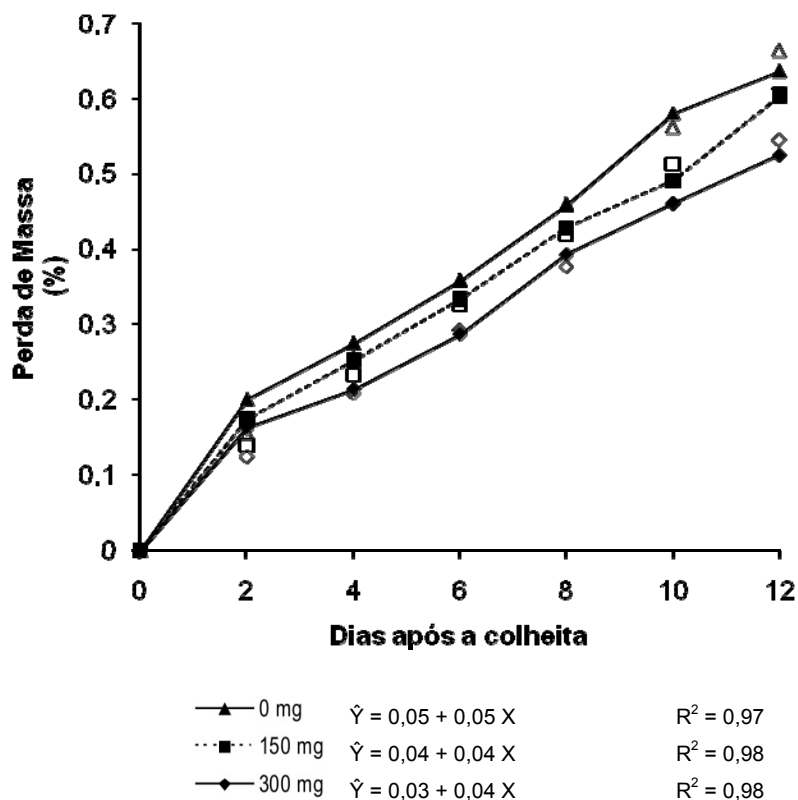
A turgidez dos produtos hortícolas é resultante do balanço entre a absorção e perda de água; sendo essa perda usualmente expressa como percentual de massa perdida.

Para a perda de massa em hastes de *Heliconia bihai* verificou-se interação significativa entre os fatores estudados, concentrações de benziladenina x períodos de armazenamento ao nível de 5% de significância, onde se observa comportamento crescente ao longo do armazenamento em todos os tratamentos (Figura 4).

Embora tenha verificado tendência de menores perdas de massa à medida que se elevaram-se as concentrações de benziladenina, percebe-se que esses valores não diferiram entre si no final do período experimental, sendo as perdas de massa de 2,45; 2,23 e 2,00% para o controle e hastes tratadas com 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de BA, respectivamente.

Resultados contrários aos do presente experimento foram verificados com o uso de benzilaminopurina isolada ou em combinação com ácido giberélico, que promoveu maiores perdas de massa em tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.) quando comparado aos verificados na testemunha (tratados com água deionizada) (ALEXOPOULOS *et al.*, 2007).

De acordo com CASTRO (1993) as citocininas podem atuar como estabilizadoras da respiração e interferir no balanço hídrico; também podem atuar como inibidores da respiração resistente ao cianeto (MOK & MOCK, 1994).



**Figura 4** – Estimativas da perda de massa em hastes de *Heliconia bihai*, submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina.

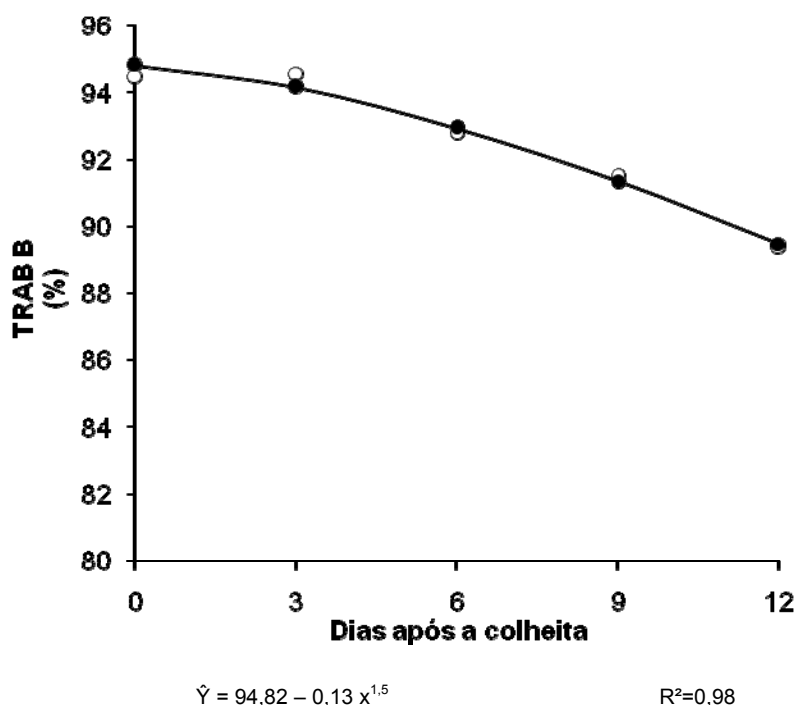
#### 5.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA- B) e Pseudocaule (TRA-P)

As concentrações de benziladenina não influenciaram no teor relativo de água de brácteas (Figura 5) e pseudocaule, cujos comportamentos foram influenciados pelos períodos de armazenamento.

Para o TRA B verifica-se decréscimo ao longo do período de armazenamento, observando-se no final do período experimental, perda de 5,63% em relação ao valor verificado no início do período experimental. O TRA do Pseudocaule atingiu valores médios de 94,73% durante o período experimental.

Resultado contraditório ao verificado nesse experimento, em relação ao uso da benziladenina em promover melhorias nas relações hídricas de flores, pode ser encontrado, como por exemplo, em flores de antúrios, cv.

Leilane, cujo tratamento promoveu aumento no consumo de água três vezes superior aos encontrados em flores não tratadas (PAULL & CHANTRACHIT, 2001).



**Figura 5** – Estimativa do teor relativo de água das brácteas (TRA B) de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60-80%.

#### 5.4.5. Antocianina

A concentração de antocianina das brácteas de *Heliconia bihai* apresentou decréscimo ao longo do período de armazenamento, (Figura 6). Todavia, aos seis dias após a colheita a concentração de antocianina não apresentou diferença entre os tratamentos, sendo verificado após esse período um maior decréscimo nas hastes tratadas com a concentração mais elevada de BA ( $300 \text{ mg L}^{-1}$ ) em comparação aos demais tratamentos (controle e  $150 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Assim, ao final do período experimental, esse decréscimo foi de 50,5%; 46,4% e 63,8% para os tratamentos controle e hastes pulverizadas

com 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de BA, respectivamente, em relação aos valores encontrados nessas hastes no início do armazenamento.

O uso de reguladores vegetais com propriedades semelhantes aos da citocinina tem retardado a degradação de pigmentos em algumas espécies de flores, por exemplo, o tidiazuron (TDZ) e a benziladenina, que foram testados por FERRANTE *et al.* (2002) em flores de *Alstroemeria*, onde segundo os autores verificaram sua superioridade em prevenir o amarelecimento das folhas, atribuindo alguns fatores como a possível interação entre o TDZ e os receptores das folhas, conversão de nucleotídeos da citocinina para ribonucleosídeos biologicamente mais ativos; indução no acúmulo endógeno de adenina baseada em citocininas ou ou ainda pela inibição da citocinina oxidase.

Semelhantemente no híbrido de *Santonia aurantiaca* x *Littonia modesta*, a benziladenina proporcionou manutenção da cor verde das folhas até aos 17 dias após a colheita, ao passo que as folhas destinadas ao controle (tratadas com água deionizada) tornaram-se amarelecidas já no quinto dia (EASON *et al.*, 2001).

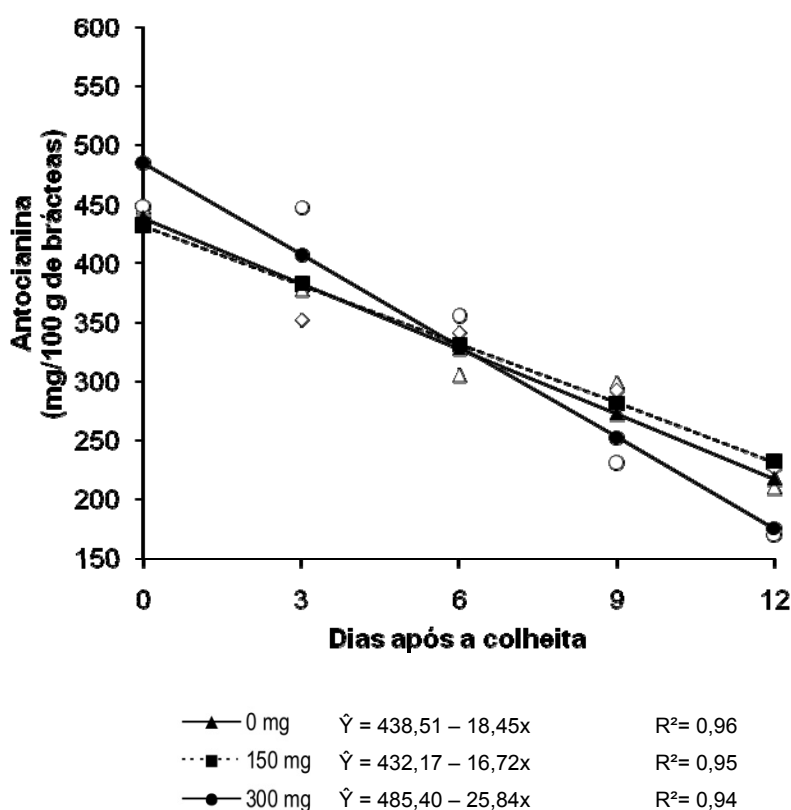
Outra espécie que repondeu positivamente ao tratamento com benziladenina (BA) foi a *Solidago canadensis*, que apresentou atraso no amarelecimento das folhas após 10 dias de armazenamento (PHILOSOPH-HADAS *et al.*, 1996).

Alguns trabalhos relatam o uso de regulador vegetal sobre a manutenção de pigmentos também têm sido pesquisados em brócolis (*Brassica oleracea* L.), por exemplo, COSTA *et al.* (2005) verificaram que o início de mudanças de coloração nos floretes tratados com benzilaminopurina ocorreu após o 4º dia de armazenamento; porém, os floretes destinados ao controle (tratados com água) bem como os tratados com etefon já apresentaram amarelecimento, respectivamente, entre 2 a 3 e de 1 a 3 dias.

Também em brócolis o uso benzilaminopurina (BAP) retardou a degradação de clorofila e da atividade das enzimas clorofilase e Mg dequelatase (COSTA *et al.*, 2005). Por outro lado, TIAN *et al.* (1995) verificaram que embora a citocinina tenha estimulado a produção de etileno

em brócolis foi o uso desse regulador foi responsável pelo retardo da degradação de clorofila.

O retardamento da senescência de folhas e flores pelas citocininas é devido ao estímulo na síntese de enzimas fotossintéticas e DNA, formação do grana, replicação e preservação dos cloroplastos.

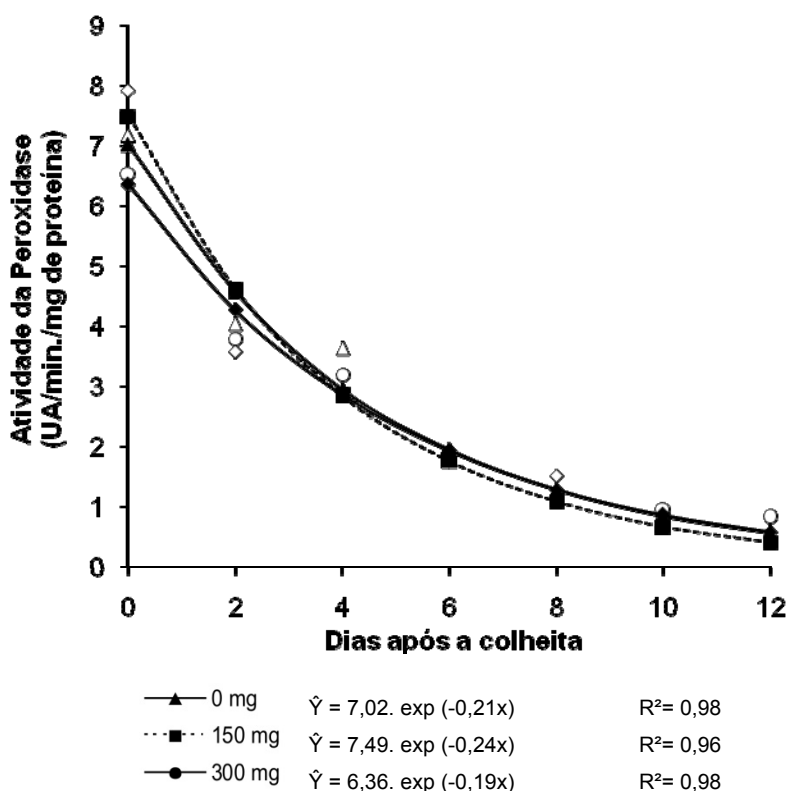


**Figura 6** – Estimativas da concentração de antocianina de hastes *Heliconia bihai*, submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina.

#### 5.4.6. Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)

Houve interação significativa entre as concentrações de benziladenina e os períodos de armazenamento para a atividade da peroxidase, no entanto, essa interação não foi significativa para a polifenoloxidase, cujo comportamento foi influenciado pelos períodos de armazenamento (Figuras 7 e 8).

Para a peroxidase observa-se (Figura 7) que a atividade dessa enzima manteve valores próximos em todos os tratamentos. Na colheita os valores foram de 7,02; 7,48 e 6,36  $\Delta$ UA/min/mg de proteína, respectivamente, para hastes controle e tratadas com 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de BA, atingindo no final do período experimental (12 dias) valores de 0,57; 0,41 e 0,58.

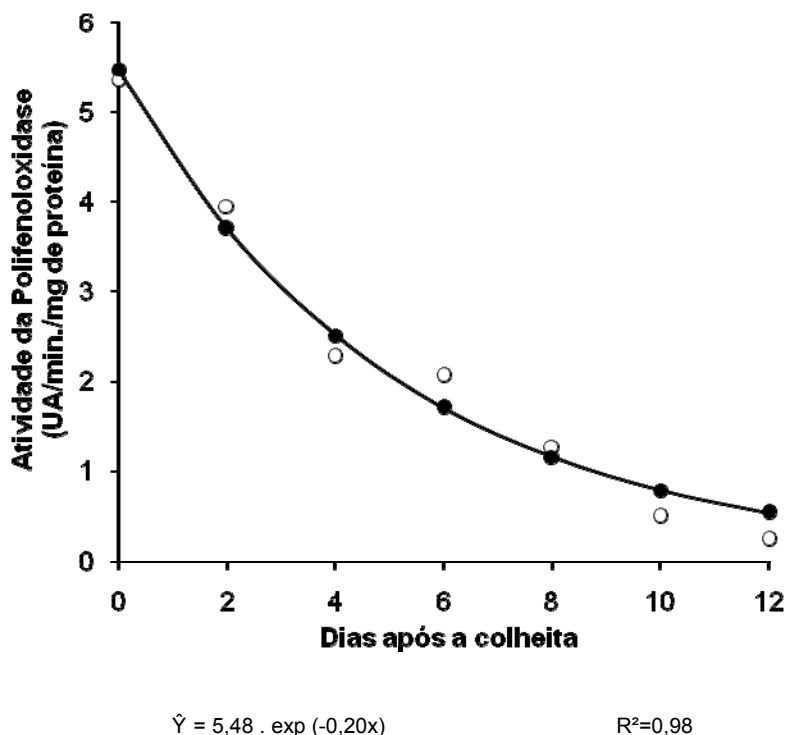


**Figura 7** – Estimativas da concentração de antocianina de hastes *Heliconia bihai*, submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina.

Em relação à polifenoloxidase os valores variaram de 5,47  $\Delta$ UA/min/mg de proteína na ocasião da colheita, para 0,53 no final do período experimental (Figura 8).

O decréscimo na atividade de ambas enzimas verificado nesse experimento, pode ser atribuído à diminuição dos compostos fenólicos que atuam como substrato para as reações de escurecimento promovidas por essas enzimas, pois segundo XU (2005) há correlação significativa entre a atividade da PPO e o conteúdo de compostos fenólicos.

COSTA *et al.* (2005), verificaram que a atividade da POD em brócolis tratadas com benzilaminopurina permaneceu constante até o 3º dia após a colheita, apresentando posterior acréscimo, porém, com taxas inferiores às verificadas no controle.



**Figura 8** – Estimativas da atividade da polifenoloxidase de hastes *Heliconia bihai*, submetidas pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg. L<sup>-1</sup> de benziladenina.

## 5.5. CONCLUSÕES

O uso de benziladenina promoveu menores perdas de massa e melhor aparência visual de hastes de *Heliconia bihai*. Não apresentou efeito sobre a concentração de antocianina, teor relativo de água das brácteas e pseudocaule e na atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase.

Baseado na aparência visual ao longo do armazenamento verificou-se que hastes tratadas com benziladenina em ambas concentrações, bem como hastes controle não apresentaram diferenças significativas na longevidade floral, que foi estimada em 10 dias.

## 6. CAPÍTULO 4

### AVALIAÇÃO DA SOLUÇÃO DE *PULSING* COM ÁCIDO GIBERÉLICO NA VIDA DE VASO DE *Heliconia bihai*

#### RESUMO

Objetivando avaliar a solução de *pulsing* durante seis horas com ácido giberélico nas concentrações de 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> sobre a vida de vaso de *Heliconia bihai*, foi instalado um experimento em ambiente a 25 ± 2 °C, umidade relativa de 60 - 80% e intensidade luminosa de 5 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. Após o tratamento de *pulsing* as hastes foram transferidas para vasos contendo água destilada, onde a cada 48 horas foram efetuadas a troca da água e o corte de cerca de 2,0 cm da base das hastes. As hastes foram armazenadas sob essas condições aos 0, 3, 6, 9 e 12 dias. As características avaliadas foram: aparência visual; longevidade floral, perda de massa, teor relativo de água das brácteas e pseudocaule, antocianina e atividade da peroxidase e polifenoloxidase. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas as três concentrações de ácido giberélico (0; 50 e 100 mg L<sup>-1</sup>) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento em cada tempo. O ácido giberélico nas concentrações e forma utilizada não influenciou nas variáveis, perda de massa, teor relativo de água do pseudocaule, antocianina, atividade da peroxidase e polifenoloxidase. Porém, apresentou efeito positivo na aparência visual. Baseado nas notas da aparência visual, a longevidade floral de hastes de *Heliconia bihai* foi estimada em 7 dias para a testemunha e de 9 dias para hastes tratadas com o ácido giberélico.

## 6.1 INTRODUÇÃO

As helicônias são espécies de flores que tem despertado grande interesse no mercado interno e externo, por apresentarem ampla diversidade de cores, forma e tamanho, podendo ser utilizadas tanto como flores de corte como plantas de jardim. No entanto, apesar de algumas espécies serem consideradas rústicas, por possuírem vida pós-colheita relativamente longa, há registros na literatura indicando a existência de alguns entraves na conservação de algumas espécies desse gênero, como alta taxa transpiratória que conduz o amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas e folhas, conduzindo à senescência rápida dessas espécies.

Uma das técnicas utilizadas no retardo da senescência foliar e floral é a aplicação de reguladores vegetais, como auxinas, citocininas e giberelinas (PHILOSOPH-HADAS *et al.*, 1996). Segundo CASTRO *et al.* (2005) reguladores vegetais são substâncias sintéticas que possuem ação similar à dos hormônios vegetais conhecidos, auxinas, giberelinas, citocininas, retardadores e/ou inibidores do etileno, que em concentrações relativamente pequenas, promovem, inibem ou modificam os processos morfológicos e fisiológicos dos tecidos vegetais.

Dentre os reguladores vegetais o ácido giberélico ( $GA_3$ ), a exemplo da benzilaminopurina e benziladenina tem sido bastante utilizado por se mostrar um potente inibidor da senescência foliar e floral de várias espécies. No entanto, a eficiência da aplicação desse regulador como de outros, varia conforme a concentração, forma de aplicação, época e a sensibilidade dos tecidos ao regulador. Adicionalmente, o mecanismo fisiológico da ação do ácido giberélico sobre os efeitos no retardo da senescência dos produtos hortícolas permanece ainda desconhecido.

A aplicação dos reguladores vegetais em flores é especialmente recomendada antes do armazenamento prolongado ou transporte (NOWAK & RUDNICKI, 1990), podendo ser fornecido na forma de soluções de vaso ou de *pulsing*. De acordo com MORAES *et al.* (1999), o uso de solução de *pulsing* é considerado um tratamento rápido de pré-transporte ou armazenamento que afeta a fase final da vida das flores, prolongando-a

mesmo após a transferência para a água ou para solução de vaso. Esse tratamento é utilizado nas primeiras 24 ou 48 horas após a colheita, onde os tecidos são saturadas com substâncias químicas, contendo açúcares, ácidos orgânicos, inibidores da ação ou da síntese de etileno, além de reguladores vegetais (CARNEIRO *et al.*, 2002).

Em flores de *Tulipa gesneriana* envasadas, o uso desse regulador aumentou significativamente a qualidade pós-produção tanto em flores jovens quanto nas mais velhas (KIM & MILLER, 2007).

O uso do ácido giberélico prolongou a longevidade floral em crisântemos (FLÓREZ-RONCANCIO, 1996). Semelhantemente em *Heliconia aurorea* o tratamento com esse regulador se destacou em relação ao uso de citocinina na manutenção da longevidade floral, proporcionando manutenção do brilho das brácteas ao mesmo tempo impedindo a ocorrência de manchas escuras, além de induzir a abertura floral (CASTRO, 1993). Outros efeitos positivos do GA<sub>3</sub> sobre a manutenção da aparência visual foram verificados em lírios asiáticos e orientais, como a prevenção do escurecimento e do aborto de botões florais (RANWALA & MILLER, 2005) e em rosas a supressão do ataque de *Botrytis blight* (SHAUL *et al.*, 1995 e 1996).

Dessa forma, a literatura não relata o uso de ácido giberélico em hastes de *Heliconia bihai*. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi verificar a influência de doses de ácido giberélico aplicado em solução de *pulsing* na vida de vaso de hastes de *Heliconia bihai*.

## 6.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 6.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita

Hastes\* florais de *Heliconia bihai* oriundas de propriedade comercial localizada no distrito de Pacoti, pertencente ao município de Guaramiranga Estado do Ceará (latitude 4° 15' 48" S, longitude de 38° 55' 59" W e altitude de 736 m), distante 91 Km da capital Fortaleza, foram colhidas em agosto de 2006, às 7:00 h da manhã, quando as inflorescências atingiram três a quatro brácteas abertas mais o ponteiro.

Após a colheita as hastes foram submetidas a duas lavagens, a primeira com a mistura de água e nim (*Azadirachta indica*) para desinfecção de formigas, e a segunda com água e sabão neutro, para retirada de impurezas oriundas do campo. Em seguida foram enxaguadas com água potável e submetidas ao tratamento antifúngico utilizando o Super S20, conforme recomendações.

As hastes foram acondicionadas em caixas de papelão tipo comercial medindo 1,15 m de comprimento x 0,45 m de largura x 0,20 m de altura previamente forrada com papel picado; a seguir foram transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical situada em Fortaleza.

### 6.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais

No Laboratório as hastes foram selecionadas e descartadas quanto à presença de danos mecânicos doenças e/ou pragas. Logo após, procedeu-se o corte da base das hastes padronizando em 70 cm de comprimento e a hidratação por 15 a 20 minutos em baldes contendo água destilada. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos.

\* Neste trabalho adotou-se o termo haste floral para o conjunto que compreende o pseudocaule e a inflorescência.

### 6.2.3 Tratamento com o Regulador Vegetal e Períodos de Armazenamento

Hastes de *Heliconia bihai* foram mantidas em solução de *pulsing* com ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) nas concentrações de 50 e 100 mg/L durante seis horas, em ambiente a  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa de 60-80%, a e intensidade luminosa de  $5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Hastes controle foram mantidas em água destilada.

Após o tratamento de *pulsing* as hastes foram transferidas para baldes contendo água destilada, mantendo as mesmas condições de temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa e armazenadas por períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 dias após a colheita, onde a cada 48 horas foi efetuada a troca da água com o intuito de evitar a proliferação de microrganismos, além do de cerca de 2,0 cm da base da haste.

### 6.2.4 Características avaliadas:

#### 6.2.4.1 Aparência Visual

A aparência visual foi avaliada diariamente por meio de uma escala de notas subjetiva a qual constou dos seguintes critérios: nota 3= destinada às hastes que não apresentavam nenhum sintoma de murcha e/ou descoloração e escurecimento de brácteas e pecíolo das folhas; 2 = hastes que apresentavam incidência de 10 a 30% de murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas; 1 = 40 a 50% murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas e 0 =  $\geq 50\%$  murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas, sendo considerada nota de descarte.

#### 6.2.4.2 Longevidade Floral

Compreendeu o número de dias entre a colheita até 50% das hastes florais obterem a nota 0, ou seja, apresentarem sintomas acentuados de murcha e/ou necroses.

#### 6.2.4.3 Perda de Massa

Foi obtida a cada dois dias de acordo com a seguinte fórmula:

$$PM = \frac{(P \text{ S/C} - P \text{ C/C})}{P \text{ C/C}} 100$$

Onde:

**P S/C** = Peso das hastes antes do corte

**P C/C** = Peso das hastes após o corte

#### 6.2.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

Realizado a cada três dias, conforme metodologia proposta por CATSKY (1974) e WEATHERLEY (1950). Foram coletados nove discos das brácteas e pseudocaule para cada tratamento, com auxílio de um furador de 12 mm de diâmetro; esses discos foram pesados, inicialmente, para a obtenção do peso da matéria fresca e, em seguida, hidratados em espuma de 1,0 cm de espessura previamente umedecida com água destilada, sendo esta constantemente monitorada para evitar o excesso ou a falta de umidade. A cada 30 minutos procedeu-se a secagem, superficialmente em papel absorvente, dos discos das brácteas e pseudocaule, efetuando-se a pesagem até a obtenção do peso constante, que caracterizou como peso da matéria túrgida. Logo após os discos das brácteas e pseudocaule foram colocados para secar em estufa, com circulação de ar forçado a 70 °C por um período de três dias, para a determinação do peso da matéria seca. O teor relativo de água foi calculado de acordo com a fórmula:

$$\text{TRA} = (\text{F-S} / \text{T-S}) \times 100$$

Onde:

**F** = peso da matéria fresca (g)

**T** = peso da matéria túrgida (g)

**S** = peso da matéria seca (g)

#### **6.2.4.5 Antocianina**

Determinou-se, a cada 72 horas, conforme metodologia proposta por MARKAKIS (1982). Foram pesados 0,1 g de peso fresco das brácteas, homogeneizadas com 30 mL de solução de etanol: HCl (85:15) durante dois minutos e transferidos, sem filtrar, para balão de 50 mL previamente cobertos com papel alumínio, armazenados por uma noite em geladeira comum. Transcorridos esse período, o homogeneizado foi filtrado em papel de filtro quantitativo. O conteúdo de antocianina foi medido em espectrofotômetro a 535 nm, e os resultados expressos em mg de antocianina por peso de matéria fresca.

#### **6.2.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)**

Os ensaios enzimáticos foram determinados conforme metodologia proposta por WISSEMANN & LEE (1980) e MATSUNO & URITANI (1972). A cada dois dias, discos do pseudocaule de aproximadamente 2,0 cm de espessura foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados em ultrafreezer a -70 °C até a ocasião da determinação das atividades enzimáticas. Ambas as enzimas foram extraídas com a maceração dos discos em almofariz acrescidos com uma pitada de areia lavada, previamente esterilizada, e cerca de 10 mL de tampão fosfato pH 7,0; em seguida procedeu-se a pesagem do material para logo após acrescentar tampão pH 7,0; e água destilada na proporção de 1:1:1 (amostra: tampão: água) homogeneizando em seguida e centrifugando a 1.500 x g a 4°C por 10 minutos, sendo tomado como o extrato enzimático o sobrenadante.

A atividade da polifenoloxidase foi iniciada tomando-se uma alíquota de 0,3 mL do extrato enzimático e 1,8 mL de catecol em tubo de ensaio que, em seguida, foi agitado e colocado em banho-maria a 30 °C por 30 minutos. Transcorridos esse período acrescentou-se 0,8 mL de ácido perclórico, permanecendo em repouso por 5 a 10 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa  $\Delta\text{UA}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína.

Para a determinação da atividade da peroxidase tomou-se como alíquota 0,05 mL do extrato enzimático adicionando 2,95 mL de água destilada; 5,5 de guaiacol e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio; logo após foi agitado e aquecido em banho-maria a 30°C por cinco minutos. Decorrido esse período acrescentou-se 1 mL de bissulfito de sódio a 30%. A leitura feita em espectrofotômetro a 410 nm e a atividade expressa em  $\Delta\text{UA}/\text{min}/\text{mg}$  de proteína.

#### **6.2.4.7 Proteína Total**

As determinações da quantidade de proteína presente nos extratos foram feitas a cada 48 horas pelo método de BRADFORD (1976), usando Soroalbumina Bovina (BSA) como padrão.

#### **6.2.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas as três concentrações de ácido giberélico (0; 50 e 100 mg L<sup>-1</sup>) e na subparcela os cinco períodos de armazenamento (0, 3; 6; 9 e 12 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento em cada tempo.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão. Para a análise de regressão os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t” adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e no fenômeno biológico.

## 6.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

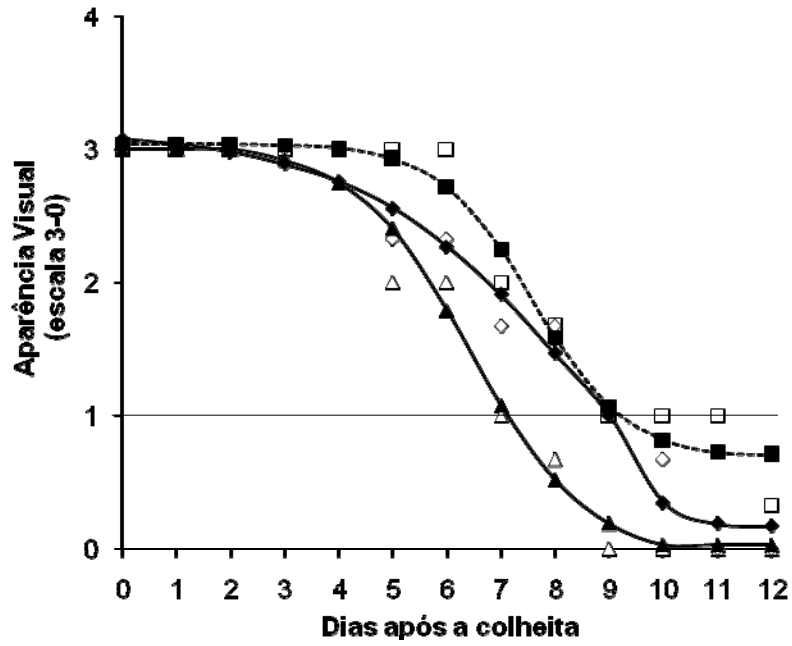
### 6.4.1 Aparência Visual

A aparência visual em hastes de *Heliconia bihai* mostrou tendência de estabilidade até o 4º dia após a colheita, em todos os tratamentos; no entanto, após esse período, verificou-se decréscimo na qualidade de todas as hastes, porém, com tendência mais acentuada na testemunha, seguido do tratamento com 100 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) (Figura 1). No entanto, aos 8 e 9 dias após a colheita as hastes tratadas nas duas concentrações de GA<sub>3</sub> não apresentaram diferenças entre si, sendo superiores à testemunha.

O declínio na aparência visual tornou as hastes impróprias à comercialização (nota inferiores a 1), respectivamente aos 8 dias para a testemunha e 10 dias para hastes tratadas com 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>). Desse modo, o uso do ácido giberélico promoveu aumento de 20% na longevidade em comparação às hastes não tratadas.

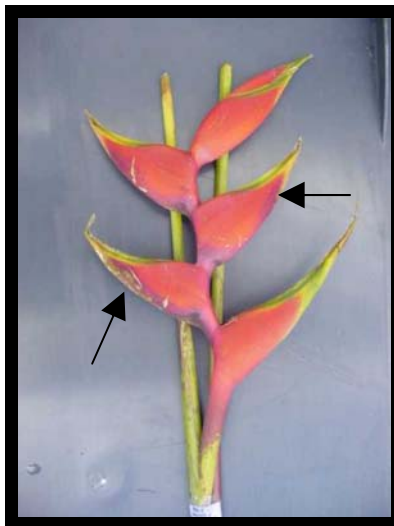
O decréscimo na aparência visual foi decorrente do surgimento de manchas escuras no tecido das brácteas (Figura 2), além do amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas e pecíolo das folhas (Figura 3), que pode ter sido ocasionado pela elevada taxa transpiratória.

Algumas manchas escuras na superfície das brácteas (Figura 2) foram atribuídas à antracnose, doença comum em helicônias. Segundo ASSIS *et al.* (2002) é causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), cujos sintomas são caracterizados por manchas de colorações que variam conforme a espécie. Já o amarelecimento das hastes (Figura 3) foi possivelmente decorrente da elevada taxa transpiratória.

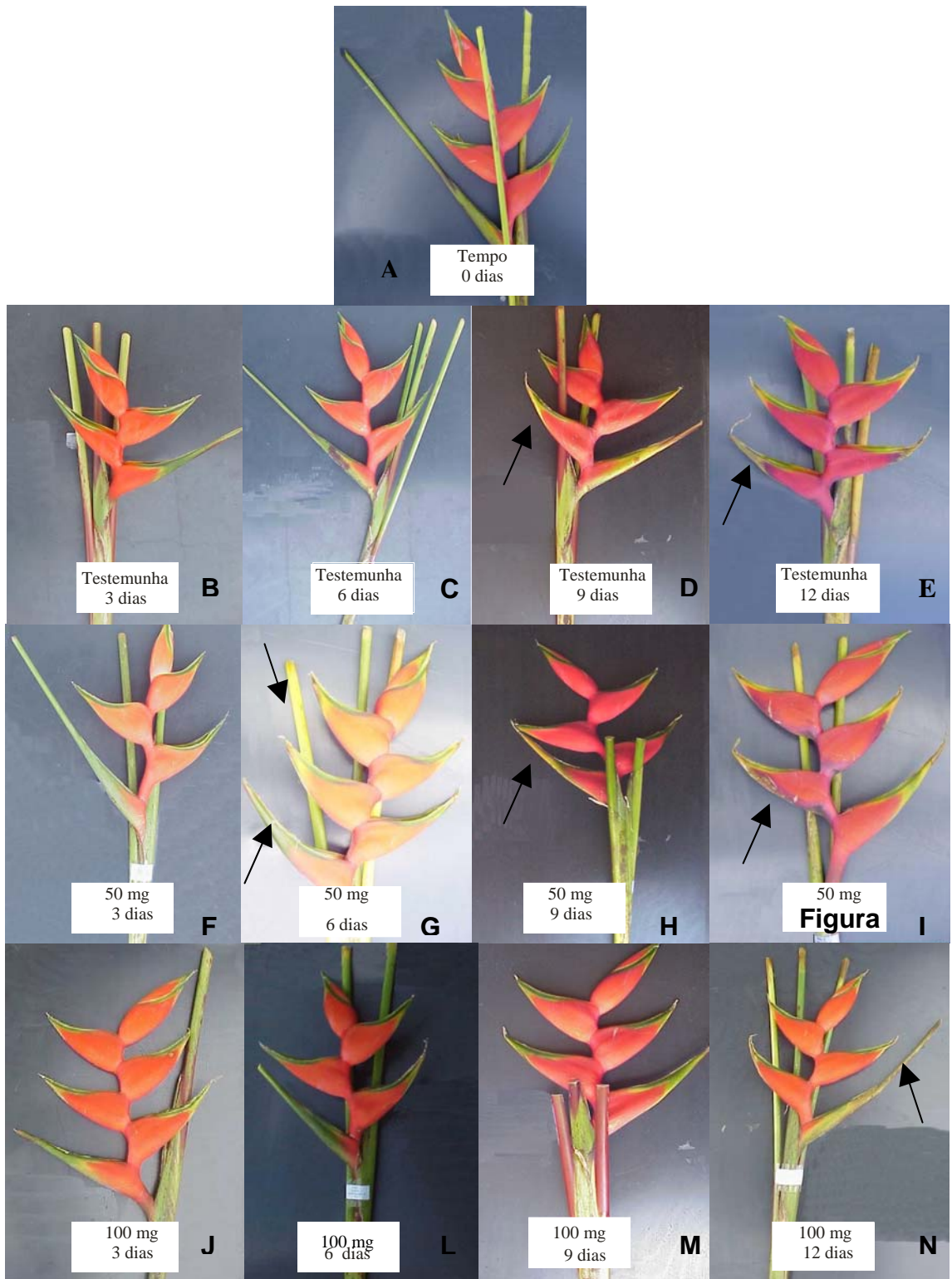


—▲— 0 mg/L	$\hat{Y} = -0,08 + (3,14/[1 + \exp(-(x - 6,42)/ -1,09)])$	$R^2=0,98$
---■--- 50 mg/L	$\hat{Y} = 0,69 + (2,35/[1 + \exp(-(x - 7,58)/ -0,86)])$	$R^2=0,97$
—●— 100 mg/L	$\hat{Y} = -0,67 + (3,81/[1 + \exp(-(x - 8,51)/ -2,05)])$	$R^2=0,98$

**Figura 1** – Estimativas da atividade da aparência visual de hastes *Heliconia bihai*, submetidas à solução de *pulsing* contendo 0; 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>.



**Figura 2:** Sintomas de antracnose em hastes de *Heliconia bihai*. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.



**Figura 3:** Aparência visual de hastes de *Heliconia bihai* submetidas ao tratamento com 0, 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>): **A** (caracterização); **B, F e J** (aos 3 dias); **C, G e L** (aos 6 dias); **D, H e M** (aos 9 dias); **E, I e N** (aos 12 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.

#### 6.4.2 Longevidade Floral

Baseado nas notas da aparência visual, a longevidade foi estimada em 7 dias para hastes destinadas ao controle e de 9 dias para hastes tratadas com o ácido giberélico, em ambas concentrações.

De acordo com CASTRO (1993) helicônias que apresentam longevidade menor ou igual a 7 dias são classificadas como curtas, de 8 a 14 dias como média e acima de 14 dias como de longevidade alta. Esse mesmo autor trabalhando com várias espécies de helicônias, verificou que *H. bihai* apresentou longevidade de 8 dias, inferior ao obtido nesse experimento, nas hastes tratadas com ácido giberélico em ambas concentrações, que foi de 9 dias.

Alguns trabalhos relatam os efeitos positivos do ácido giberélico no prolongamento da longevidade floral de espécies de flores. Por exemplo, em *Heliconia aurorea* esse regulador destacou-se no prolongamento da longevidade quando fornecido juntamente com nitrato de prata, sacarose, ácido cítrico e 8-hidroquinolina, proporcionando longevidade floral de 21,85 dias, ao passo que a longevidade das flores mantidas nas demais substâncias, sem a inclusão de ácido giberélico, foi de 8,8 dias (CASTRO, 1993).

Folhas de *Zantedeschia aethiopica* tratadas com ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) apresentaram prolongamento da longevidade à medida que as concentrações de GA<sub>3</sub> foram aumentadas (SKUTNIK *et al.*, 2001). Em *Tulipa gesneriana*, cv. Seadov tratada com solução contendo GA<sub>4+7</sub> (giberelina) em conjunto com benziladenina (citocinina), observou-se aumento da longevidade quando a solução foi aplicada nos botões que já apresentavam a coloração; porém, não proporcionaram aumento da longevidade quando os botões foram tratados em estágio ainda verde (KIM & MILLER, 2007).

Em hastes de pripioca (*Cyperus articulatus*), o *pulsing* por 24 horas com 100 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico associado à hidratação, imediatamente após a colheita, prolongou a durabilidade comercial em mais de 60% quando comparado ao controle (ROBLES *et al.*, 2007).

Hastes de *Lilium longiflorum* tratadas na pré-colheita com promalina (GA<sub>4+7</sub>: benziladenina, 1:1) ou accel (GA<sub>4+7</sub>: benziladenina, 1:10)

apresentaram retardamento da senescência foliar, cujas taxas foram respectivamente de 3 e 9%, para hastes tratadas com promalina e accel respectivamente. Todavia, hastes não tratadas em nenhuma das substâncias atingiram 21% de taxa de senescência (WHITMAN *et al.*, 2001).

Por outro lado, resultados negativos com a aplicação de ácido giberélico sobre a longevidade floral de crisântemos (*Dedranthema grandiflora*), cvs. Flippo; Recita e Bronze Repim, apresentaram prematura senescência, tanto de folhas como de flores, quando tratadas com todas as concentrações de ácido giberélico utilizadas (10; 40; 60; 80 e 100 mg L<sup>-1</sup>) (BRACKMANN *et al.*, 2005). Também em crisântemo, cv. Rosa Repim a utilização de ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) na concentração de 20 mg L<sup>-1</sup> e sacarose, bem como a mistura entre GA<sub>3</sub> e sacarose promoveu aceleração da senescência tanto em folhas como nas flores (SANCHES & LASCHI, 2007).

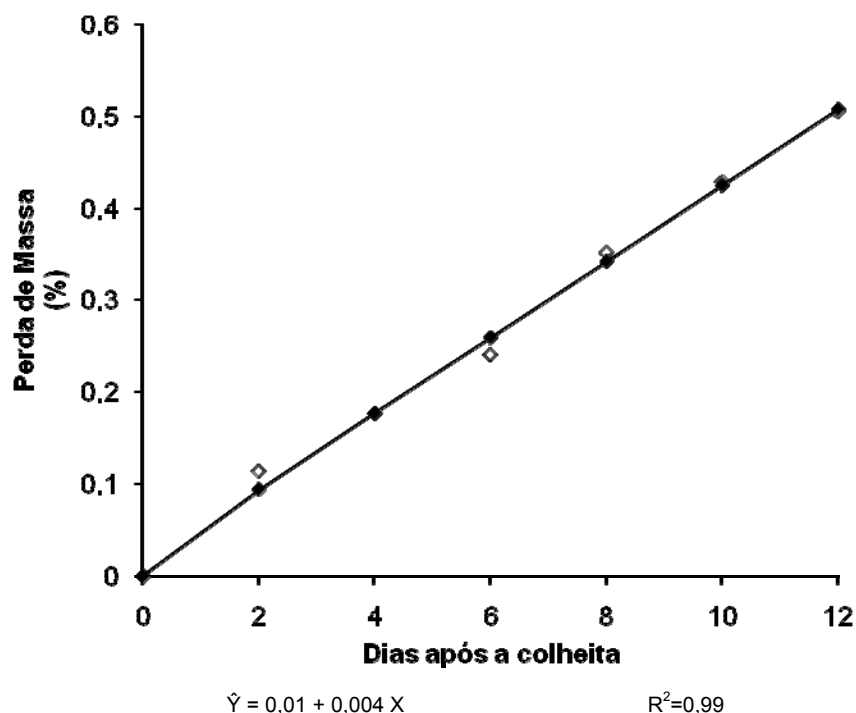
#### **6.4.3 Perda de Massa**

O mecanismo inicial dessa perda é devido à difusão de vapor entre o produto e ambiente, sendo diretamente proporcional à taxa respiratória, aumento da temperatura, perda de água por transpiração e composição de gases da atmosfera.

O tratamento com ácido giberélico não apresentou efeito significativo sobre a perda de massa em hastes de *Heliconia bihai*, porém, essa foi influenciada pelos períodos de armazenamento, onde apresentou comportamento crescente. As taxas foram de 0,17; 0,26; 0,34; 0,43 e 0,51% respectivamente aos 2; 4; 6; 8; 10 e 12 dias de armazenamento, atingindo, no final do período experimental, perda cumulativa de 1,80% (Figura 4). Essa perda não promoveu sintomas de murcha no tecido das brácteas, porém, sinais de ressecamento na ponta das brácteas e pecíolo das folhas foram constatados no presente experimento.

O ácido giberélico, nas mesmas concentrações utilizadas do presente experimento, também foi testado em hastes de *Zantedeschia elliottiana* (W. Wats) Engl., onde constatou-se aumento da perda de massa em hastes

mantidas em água destilada (testemunha) comparado àquelas tratadas com 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico (JANOWSKA & JERZY, 2004).



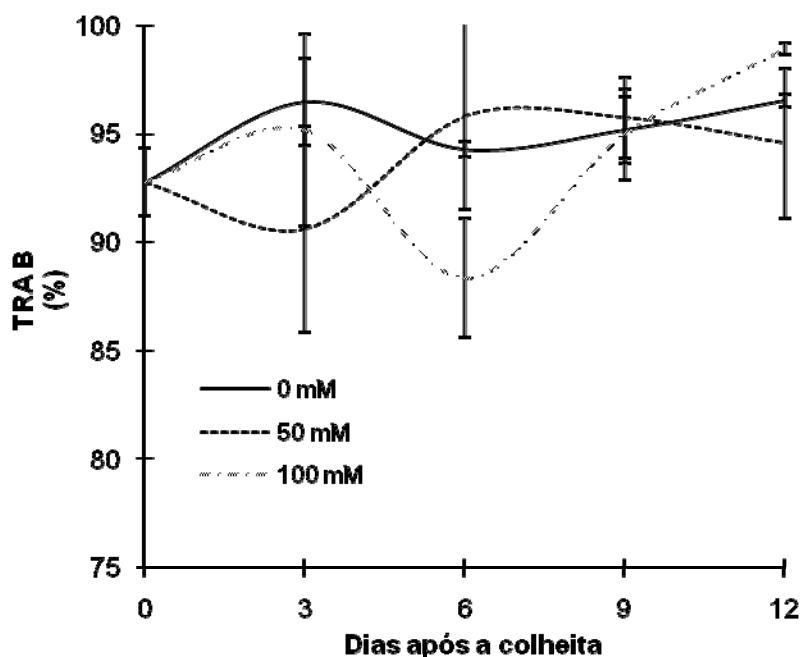
**Figura 4** – Estimativa da perda de massa de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60-80%.

#### 6.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

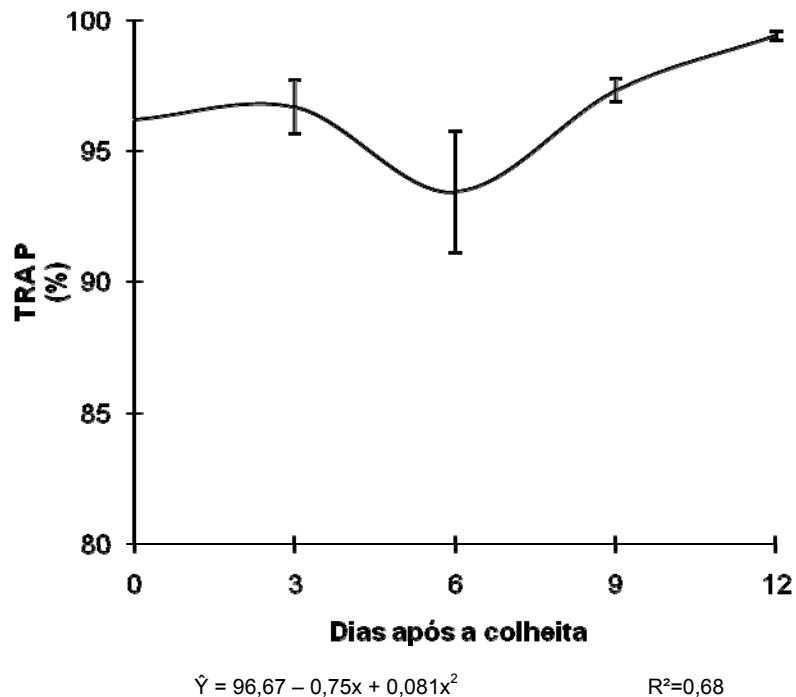
O teor relativo de água das brácteas foi influenciado pela interação entre os fatores estudados, concentração de ácido giberélico x períodos de armazenamento. Assim, em hastes submetidas ao tratamento com 100 e 50 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico, ocorreu ligeiro decréscimo aos 3 e 6 dias após a colheita, respectivamente em ambos os tratamentos (2,31 e 4,76%) em relação aos valores encontrados na ocasião da colheita (Figura 5), porém, no final do período experimental (12 dias) essa variável apresentou aumento respectivamente de 6,63 e 1,93% em ambos os tratamentos.

O teor relativo de água das brácteas controle (*pulsing* com água destilada) apresentou acréscimo durante todo o período experimental, alcançando, no final do período experimental, 4,09% de aumento em relação aos valores encontrados na ocasião da colheita. De algum modo o uso do ácido giberélico interferiu negativamente na absorção de água pelos tecidos das brácteas, embora a causa para esse resultado seja de natureza desconhecida.

Para o TRA do pseudocaule observou-se que as concentrações de ácido giberélico não influenciaram o comportamento dessa variável, a qual manteve-se praticamente estável até próximo ao final do período experimental, ocasião em que apresentou um ligeiro aumento, atingindo um acréscimo de 2,9% em relação aos valores verificados no início do período experimental (Figura 6).



**Figura 5** – Estimativas da atividade do teor relativo de água das Brácteas (TRA B) de hastes *Heliconia bihai*, submetidas à solução de *pulsing* contendo 0; 50 e 100 mg. L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub>.



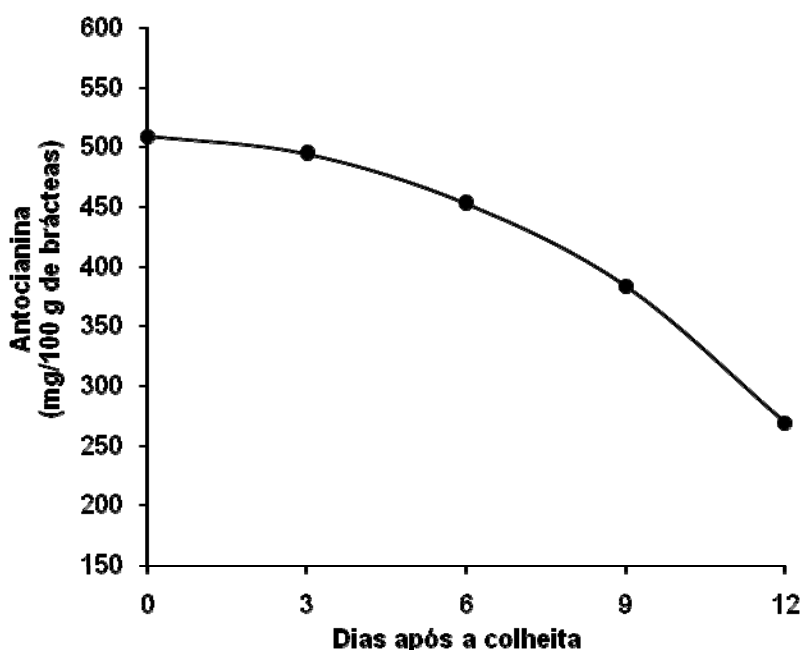
**Figura 6** – Estimativas da atividade do teor relativo de água do pseudocaule (TRAP) de *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60-80%.

#### 6.4.5 Antocianina

O tratamento com ácido giberélico, no presente experimento não mostram efeito significativo quanto a concentração de antocianina em brácteas de *Heliconia bihai*. O comportamento foi decrescente em função dos períodos de armazenamento, atingindo no final do período experimental perda na concentração desse pigmento de 47% em relação aos valores verificados na ocasião da colheita (Figura 7).

Ao contrário dos resultados obtidos nesse experimento, o ácido giberélico tem promovido a manutenção da coloração de flores e folhas de várias espécies ornamentais, tais como no híbrido *Santonia (Sandersonia aurantiaca x Littonia modesta)*, onde o tratamento com ácido giberélico, preservou a coloração dessa espécie, sem a visualização de sinal de clorose foliar durante 12 dias de vida de vaso (EASON *et al.*, 2001).

Folhas de *Alstroemeria* também responderam positivamente ao tratamento com ácido giberélico, onde o teor de clorofila nas folhas tratadas permaneceu mais alto quando comparado aos das folhas tratadas com água e etileno (FERRANTE *et al.*, 2002). Semelhantemente, efeitos positivos utilizando o ácido giberélico também foram verificados em frutos de Cactus pear [(*Opuntia ficus-indica* Miller (L.)), cujo tratamento pré-colheita com esse regulador vegetal, associado ao tratamento hidrotérmico, retardou mudanças de coloração durante 45 dias de armazenamento (SCHIRRA *et al.*, 1999).



$$\hat{Y} = -156,93 + (681,62/[1 + \exp(-(x - 13,86)/ - 3,64)]) \quad R^2=0,99$$

**Figura 7** – Estimativas da concentração de antocianina de hastes *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60-80%.

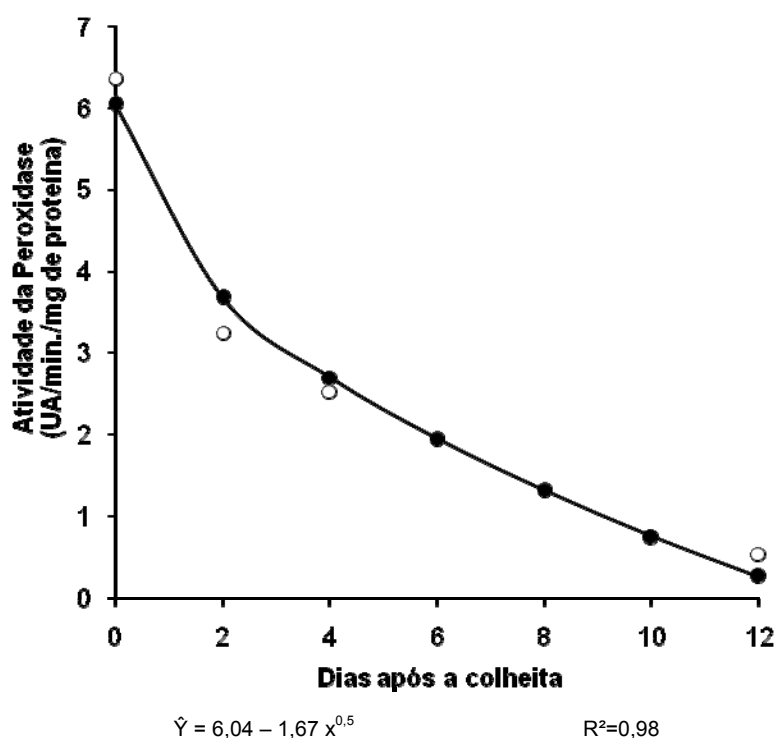
#### 6.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)

As concentrações de ácido giberélico não influenciaram a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase. No entanto, a atividade de ambas enzimas foi influenciada pelos períodos de armazenamento com comportamento decrescente ao longo de todo o período experimental (Figuras 8 e 9).

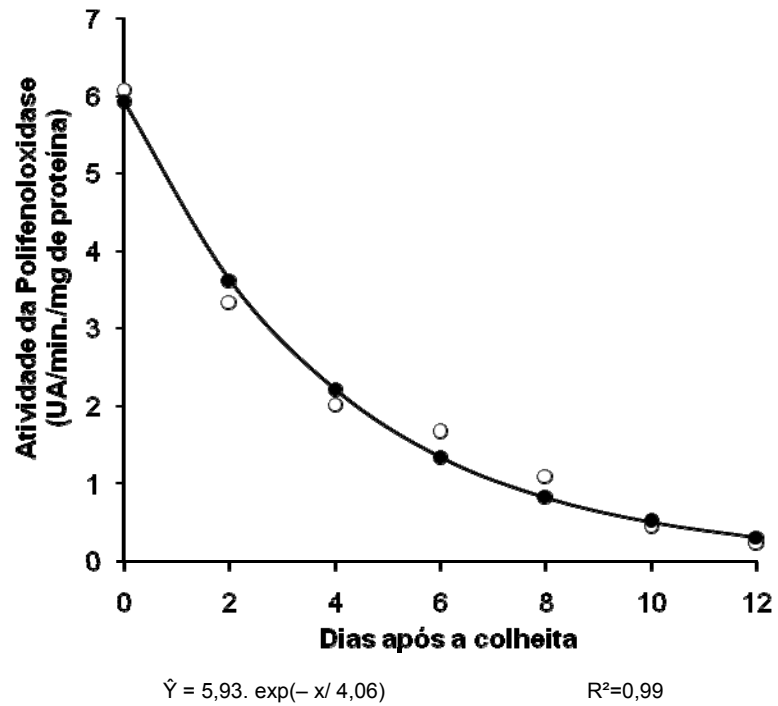
Por ocasião da colheita (início do armazenamento) as atividades da POD e PPO foram respectivamente de 6,04 e 5,93, atingindo no final do período experimental (12 dias); 0,26 e 0,31  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

O decréscimo na atividade de ambas enzimas, verificado nesse experimento, pode ser atribuído à diminuição dos compostos fenólicos que atuam como substrato nas reações de escurecimento promovidas por essas enzimas.

Resultados contrários aos verificados no presente experimento foram encontrados em *Myrica rubra* Bieb., onde o tratamento com ácido giberélico durante a indução dos botões florais inibiu significativamente a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase (LI *et al.*, 2003).



**Figura 8** – Estimativas da atividade da peroxidase de hastes *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60-80%.



**Figura 9** – Estimativas da atividade da polifenoloxidase de hastes *Heliconia bihai*, armazenadas por 12 dias a  $25 \pm ^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 60-80%.

## 6.4 CONCLUSÕES

O ácido giberélico nas concentrações e forma utilizada não influenciou nas variáveis, perda de massa, teor relativo de água do pseudocaule, antocianina, atividade da peroxidase e polifenoloxidase. Porém, apresentou efeito positivo na aparência visual.

Baseado nas notas da aparência visual, a longevidade floral de hastes de *Heliconia bihai* foi estimada em 7 dias para a testemunha e de 9 dias para hastes tratadas com o ácido giberélico.

**7. CAPÍTULO 5**  
**ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE *Heliconia bihai***  
**ASSOCIADO À ATMOSFERA MODIFICADA**

**RESUMO**

Objetivou-se definir a temperatura de injúria pelo frio e a eficácia da película biodegradável à base de galactomanana em inibir esses sintomas, e a temperatura associada ou não ao uso da película que proporciona maior vida de vaso de hastes de *Heliconia bihai*. Para tal, hastes foram colhidas quando apresentaram de três a quatro brácteas abertas mais o ponteiro e armazenadas em câmaras frias com intensidade luminosa de  $3,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , nas temperaturas de 7 °C (97 % U. R.); 13 °C (92% U. R.) e 15 °C (58 % U. R.), revestidas ou não com película, por períodos de 3 (1 dia em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C); 6 (4 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C); 9 (7 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C); 12 (10 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C) e 15 (13 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C) dias após a colheita. As testemunhas constaram de hastes armazenadas a 25 °C revestidas ou não com película, umidade relativa de 90% e intensidade luminosa de  $3,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . As características avaliadas foram: aparência visual; longevidade floral; antocianina, perda de massa, atividade da peroxidase e polifenoloxidase; teor relativo de água das brácteas e pseudocaule e vazamento de eletrólitos. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo na parcela um esquema fatorial 2x4 (sendo o primeiro fator referente ao uso ou não da película biodegradável; e o segundo as temperaturas de armazenamento (7, 13, 15 e 25 °C) e na subparcela os seis períodos de armazenamento (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento e cada período de armazenamento. Hastes de *Heliconia bihai* armazenadas a 7 e 13 °C manifestaram injúria por frio aos 6 dias após a colheita (4 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C) em ambas atmosferas (com e sem película). O uso da película não foi eficiente em inibir e/ou retardar os

sintomas de injúria por frio. Dentre as temperaturas utilizadas, a que promoveu melhor aparência nas hastes foi a 15 °C. A longevidade em hastes submetidas à temperatura de 15 °C foi estimada em 10 e 13 dias, respectivamente para hastes não revestidas e revestidas com película. Menores longevidades foram obtidas em hastes armazenadas a 25 °C sem película, bem como nas submetidas a 7 e 13 °C revestidas com película.

## 7.1 INTRODUÇÃO

O uso de temperaturas relativamente baixas é um dos mais importantes fatores de sucesso no armazenamento de flores e folhagens de corte (VAN DOORN & CRUZ, 2000), pois essas retardam a senescência dos produtos e prolongam a vida útil pós-colheita. Porém, algumas espécies de origem tropical e subtropical sofrem injúria pelo frio em temperaturas de armazenamento relativamente baixas (JOYCE *et al.*, 2000).

Injúria pelo frio é o termo utilizado para definir o dano fisiológico que ocorre em muitos produtos hortícolas resultantes da exposição a temperaturas baixas. Porém, acima do ponto de congelamento (PARKIN *et al.*, 1999). Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), esse distúrbio é dividido em duas fases, a primeira compreende uma resposta primária à temperatura, usualmente considerada de natureza física, que acarreta em alterações nas membranas celulares. A segunda inclui a manifestação dos sintomas resultantes das alterações ocorridas na primeira fase.

Os sintomas variam de espécie para espécie sendo mais comumente verificado o escurecimento, a descoloração e a perda da turgidez dos tecidos reduzindo a aparência visual, e diminuindo a vida pós-colheita (JOYCE *et al.*, 2000). Esses sintomas podem ser visualizados já no segundo dia de armazenamento e/ou transporte em temperaturas abaixo de 8 a 10 °C em algumas espécies de helicônias (JAROENKIT & PAULL, 2003).

O escurecimento dos tecidos se dá principalmente pela oxidação dos compostos fenólicos (ABREU, 1998), onde as enzimas fenilalanina amônia-liase (PAL), peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) podem estar envolvidas (HERSHKOVITZ, 2005). Já a descoloração e perda da turgidez dos tecidos podem ser decorrentes da elevação da taxa respiratória que é um evento comum em situações de estress como na injúria por frio. Contudo, algumas técnicas têm sido utilizadas visando retardar os sintomas de injúria por frio. Dentre essas as mais utilizadas são: o pré-condicionamento dos produtos hortícolas em temperaturas ligeiramente acima da faixa crítica que provoca a injúria, calor intermitente; reguladores de crescimento, ácido acetil salicílico e uso de atmosfera controlada e modificada.

O efeito da atmosfera em retardar ou minimizar os efeitos de injúria por frio é decorrente da elevação da umidade no interior do produto, além da elevação nos níveis de CO<sub>2</sub> e diminuição nos de O<sub>2</sub>. Esse último é apontado como o principal fator atuante na redução desses sintomas, já que as enzimas oxidativas peroxidase, polifenoloxidase e fenilalanina amônia-liase, causadoras do escurecimento dos tecidos, possuem baixa afinidade pelo oxigênio.

A modificação da atmosfera pode ser obtida através de filmes plásticos e revestimentos como ceras e emulsões. Porém, sua eficiência está em função da permeabilidade aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e taxa respiratória do produto, sendo esses diretamente afetados pela temperatura de armazenamento (MAFTOOZANAD & RAMASWAMY, 2005). Outros benefícios do uso da atmosfera modificada são atribuídos à capacidade de minimizar as superfícies de abrasão e redução na propagação de doenças (KADER & WATKINS, 2000).

No entanto, a crescente preocupação na redução do volume do lixo e a dificuldade em reciclar a maioria das embalagens, têm incentivado pesquisas no desenvolvimento de materiais biodegradáveis. Esses revestimentos podem criar uma atmosfera modificada, similar às obtidas pelas embalagens e apresentam vantagens adicionais de não agredirem o meio ambiente e de terem baixo custo em comparação às formulações ou embalagens encontradas no mercado (MAFTOOZANAD & RAMASWAMY, 2005).

Esses revestimentos podem ser fabricados a base de lipídeos e polissacarídeos, os quais, na maioria das vezes, são extraídos de plantas nativas, sendo de fácil acesso e, portanto, baixo custo. A exemplo disso cita-se películas fabricadas à base de galactomanana de sementes de *Caesalpinia pulcherrima* uma leguminosa de fácil ocorrência no Brasil, sobretudo na região Nordeste. As sementes de *C. pulcherrima* são ricas em polissacarídeos tipo galactomanas, são hidrofóbicas e insolúveis em solventes orgânicos.

Diante do exposto, o trabalho objetivou avaliar os efeitos da temperatura sobre o desenvolvimento de injúria pelo frio e a eficácia da película biodegradável em inibir esses sintomas, visando definir a

temperatura associada ou não ao uso da película que proporciona maior vida de vaso de hastes de *Heliconia bihai*.

## 7.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 7.2.1 Origem do Material Utilizado e Colheita

Hastes\* florais de *Heliconia bihai* oriundas de propriedade comercial localizada no distrito de Pacoti, pertencente ao município de Guaramiranga Estado do Ceará (latitude 4° 15' 48" S, longitude de 38° 55' 59" W e altitude de 736 m), distante 91 Km da capital Fortaleza, foram colhidas em outubro de 2006, às 7:00 h da manhã, quando as inflorescências atingiram três a quatro brácteas abertas mais o ponteiro.

Após a colheita as hastes foram submetidas a duas lavagens, a primeira com a mistura de água e nim (*Azadirachta indica*) para desinfecção de formigas, e a segunda com água e sabão neutro, para retirada de impurezas oriundas do campo. Em seguida foram enxaguadas com água potável e submetidas ao tratamento antifúngico utilizando o Super S20, conforme recomendações.

As hastes foram acondicionadas em caixas de papelão tipo comercial medindo 1,15 m de comprimento x 0,45 m de largura x 0,20 m de altura previamente forrada com papel picado; a seguir foram transportadas ao Laboratório de Fisiologia e Tecnologia Pós-Colheita da Embrapa Agroindústria Tropical situada em Fortaleza.

### 7.2.2 Seleção e Padronização das Hastes Florais

No Laboratório as hastes foram selecionadas e descartadas quanto à presença de danos mecânicos doenças e/ou pragas. Logo após, procedeu-se o corte da base das hastes padronizando em 70 cm de comprimento e a hidratação por 15 a 20 minutos em baldes contendo água destilada. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos. Transcorrido esse período, foram distribuídas ao acaso, nos diferentes tratamentos.

\* Neste trabalho adotou-se o termo haste floral para o conjunto que compreende o pseudocaule e a inflorescência.

### 7.2.3 Preparo e Aplicação da Película Biodegradável

O preparo da película teve início com a extração da galactomana de sementes de *Caesalpinia pulcherrima* em etanol e água destilada. Nesse processo, as sementes foram removidas das vagens, limpas e colocadas em um blender para que fosse retirada a película e separação do cotilédone, O endosperma foi separado do cotilédone, despeliculado e suspenso em etanol previamente aquecido por 15 minutos para inativação de algumas enzimas que pudessem degradar o polissacarídeo. Logo após, o polissacarídeo foi suspenso em etanol previamente aquecido por 15 minutos para inativação de algumas enzimas que causassem a degradação do mesmo. Em seguida, o etanol foi decantado e foi adicionado água destilada em proporção 1:1000 a este. A mistura permaneceu em repouso por aproximadamente 1h, transcorrido esse período a mistura foi agitada em um blender durante 5 min. Transcorrido esse período procedeu-se a purificação da galactomanana por meio de filtração em tecido de nylon e a centrifugação a 3200 g por 30 min. A galactomanana foi precipitada em etanol na proporção 2:1 (etanol - solução de galactomanana). Para finalizar o processo, a galactomanana precipitada foi liofilizada, e colocada em freezer até a dissolução.

O procedimento da dissolução foi efetuado em água destilada adicionando-se em seguida o agente plasticizante (glicerol), na proporção de 2: 2,6 (galactomana-glicerol). A solução foi homogeneizada durante cinco minutos em temperatura ambiente sendo mantida em repouso por 10 minutos na mesma temperatura.

A aplicação da película nas hastes florais foi realizada com auxílio de um pincel de cerdas macias, sendo distribuídas por toda a haste até o completo encharcamento. Logo após, foram postas para secar ao natural em posição vertical, dentro de baldes (Comunicação pessoal do professor Álvaro Lima).

## **7.2.4 Armazenamento das Hastes**

Oito lotes compostos por 45 hastes cada, foram distribuídos de acordo com os seguintes tratamentos: hastes revestidas ou não com película foram armazenadas em câmaras frias com intensidade luminosa de  $3,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , nas temperaturas de  $7 \text{ }^\circ\text{C}$  (97 % U. R.);  $13 \text{ }^\circ\text{C}$  (92% U. R.) e  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  (58 % U. R.), revestidas ou não com película, por períodos de 3 (1 dia em temperatura refrigerada + 2 dias a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ); 6 (4 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ); 9 (7 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ); 12 (10 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e 15 (13 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) dias após a colheita. Hastes controles foram revestidas ou não com película e mantidas a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 90% e intensidade luminosa de  $3,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

## **7.2.5 Características avaliadas:**

### **7.2.5.1 Aparência Visual**

A aparência visual foi avaliada diariamente por meio de uma escala de notas subjetiva a qual constou dos seguintes critérios: nota 3 = destinada às hastes que não apresentavam nenhum sintoma de murcha e/ou descoloração e escurecimento de brácteas e pecíolo das folhas; 2 = hastes que apresentavam incidência de 10 a 30% de murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas; 1 = 40 a 50% murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas e 0 =  $\geq 50\%$  murcha e/ou descoloração do pecíolo das folhas e brácteas, sendo considerada nota de descarte.

### **7.2.5.2 Longevidade Floral**

Compreendeu o número de dias entre a colheita até 50% das hastes florais obterem a nota 0, ou seja, apresentarem sintomas acentuados de murcha e/ou necroses.

### 7.2.5.3 Perda de Massa

Foi obtida a cada dois dias de acordo com a seguinte fórmula:

$$PM = \frac{(P S/C - P C/C)}{P C/C} 100$$

Onde:

**P S/C** = Peso das hastes antes do corte

**P C/C** = Peso das hastes após o corte

### 7.2.5.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P)

Realizado a cada três dias, conforme metodologia proposta por CATSKY (1974) e WEATHERLEY (1950). Foram coletados nove discos das brácteas e pseudocaule para cada tratamento, com auxílio de um furador de rolhas de 12 mm de diâmetro; esses discos foram pesados, inicialmente, para a obtenção do peso da matéria fresca e em seguida, hidratada em espuma de 1,0 cm de espessura previamente umedecida com água destilada, sendo esta constantemente monitorada para evitar o excesso ou a falta de umidade. A cada 30 minutos procedeu-se a secagem, superficialmente em papel absorvente, dos discos das brácteas e pseudocaule, efetuando-se a pesagem até a obtenção do peso constante, que caracterizou como peso da matéria túrgida. Logo após os discos das brácteas e pseudocaule foram colocados para secar em estufa, com circulação de ar forçado a 70 °C por um período de três dias, para a determinação do peso da matéria seca. O teor relativo de água foi calculado de acordo com a fórmula:

$$TRA = (F-S / T-S) \times 100$$

Onde:

**F** = peso da matéria fresca (g)

**T** = peso da matéria túrgida (g)

**S** = peso da matéria seca (g)

#### **7.2.5.5 Antocianina**

Determinou-se, a cada 72 horas, conforme metodologia proposta por MARKAKIS (1982). Foram pesados 0,1 g de peso fresco das brácteas, homogeneizadas com 30 mL de solução de etanol: HCl (85:15) durante dois minutos e transferidos, sem filtrar, para balão de 50 mL previamente cobertos com papel alumínio, armazenados por uma noite em geladeira comum. Transcorridos esse período, o homogeneizado foi filtrado em papel de filtro quantitativo. O conteúdo de antocianina foi medido em espectrofotômetro a 535 nm, e os resultados expressos em mg de antocianina por peso de matéria fresca.

#### **7.2.5.6 Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO)**

Os ensaios enzimáticos foram determinados conforme metodologia proposta por WISSEMANN & LEE (1980) e MATSUNO & URITANI (1972). A cada dois dias, discos do pseudocaule de aproximadamente 2,0 cm de espessura foram congelados em nitrogênio líquido e armazenados em ultrafreezer a -70 °C até a ocasião da determinação das atividades enzimáticas. Para ambas as enzimas a maceração dos discos do pseudocaule foi efetuado em almofariz acrescidos com uma pitada de areia lavada previamente esterilizada e cerca de 10 mL de tampão fosfato pH 7,0, em seguida procedeu-se a pesagem do material para logo após acrescentar tampão pH 7,0; e água destilada na proporção de 1:1:1 (amostra: tampão: água) homogeneizando em seguida e centrifugando a 1.500 x g a 4°C por 10 minutos, sendo tomado como o extrato enzimático o sobrenadante.

A atividade da polifenoloxidase foi iniciada tomando-se uma alíquota de 0,3 mL do extrato enzimático e 1,8 mL de catecol em tubo de ensaio que,

em seguida, foi agitado e colocado em banho-maria a 30 °C por 30 minutos. Transcorridos esse período acrescentou-se 0,8 mL de ácido perclórico, permanecendo em repouso por 5 a 10 minutos. A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 395 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

Para a determinação da atividade da peroxidase tomou-se como alíquota 0,05 mL do extrato enzimático adicionando 2,95 mL de água destilada; 5,5 de guaiacol e 0,5 mL de peróxido de hidrogênio; logo após foi agitado e aquecido em banho-maria a 30 °C por cinco minutos. Decorrido esse período acrescentou-se 1 mL de bissulfito de sódio a 30%. A leitura feita em espectrofotômetro a 410 nm e a atividade expressa em  $\Delta$ UA/min/mg de proteína.

#### **7.2.5.7 Proteína Total**

As determinações da quantidade de proteína presente nos extratos foram feitas a cada 48 horas pelo método de BRADFORD (1976), usando Soroalbumina Bovina (BSA) como padrão.

#### **7.2.5.8 Vazamento de Eletrólitos**

O vazamento de eletrólitos foi medido a cada três dias, conforme metodologia proposta por SEREK *et al.* (1995) com algumas modificações. Foram retirados discos de cerca de 2,0 cm da região mediana da epiderme das brácteas por meio de um furador de rolhas. Esses discos foram lavados em água destilada e secos superficialmente em papel absorvente, permanecendo em repouso por duas horas em tubos de ensaio contendo 18 mL de água destilada em condições ambiente. Após o repouso, mediu-se a condutividade elétrica da água com um condutivímetro Schot modelo DM 20. Posteriormente, os tubos de ensaio contendo os discos foram autoclavados (121 °C a 1,5 atm) por 30 minutos, em seguida procedeu-se a leitura da condutividade elétrica, onde resultados foram expressos como a razão entre os valores obtidos na primeira e segunda medição da condutividade elétrica

multiplicadas por 100. A partir desses valores, foi composto a média dos valores para o vazamento de eletrólitos das brácteas.

### **7.2.6 Delineamento Experimental e Análise Estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo na parcela um esquema fatorial 2 x 4 (sendo o primeiro fator referente ao uso ou não da película biodegradável; e o segundo as temperaturas de armazenamento 7; 13; 15 e 25 °C) e na subparcela os seis períodos de armazenamento (0, 3; 6; 9; 12 e 15 dias), com três repetições de três hastes para cada tratamento em cada tempo.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância. Para o fator qualitativo as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey adotando-se o nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo as médias foram submetidas à análise de regressão, para isso os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão utilizando o teste “t” adotando-se o nível de 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e no fenômeno biológico.

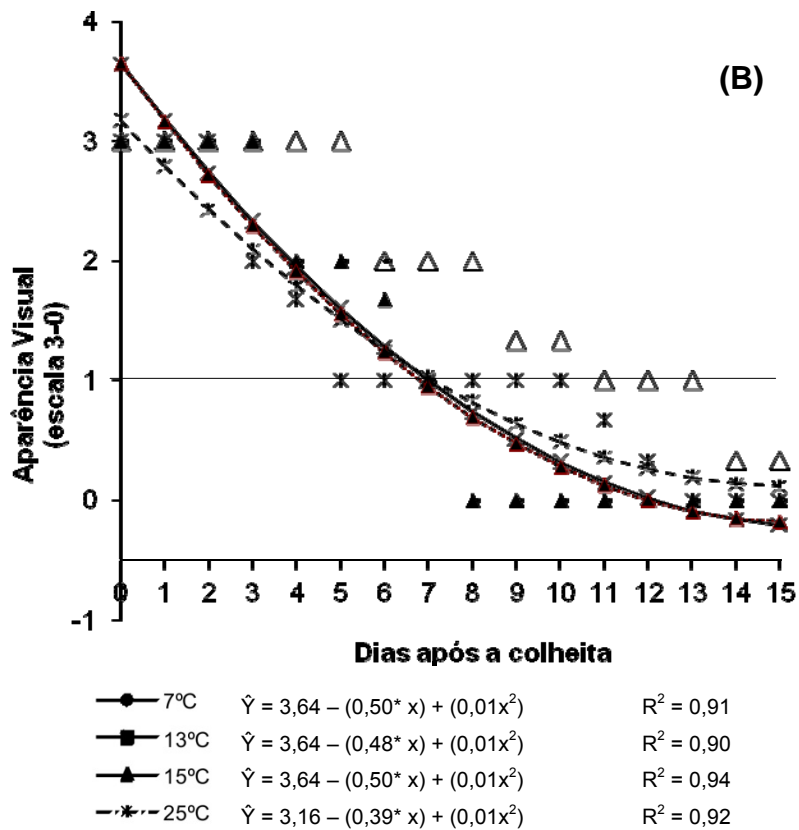
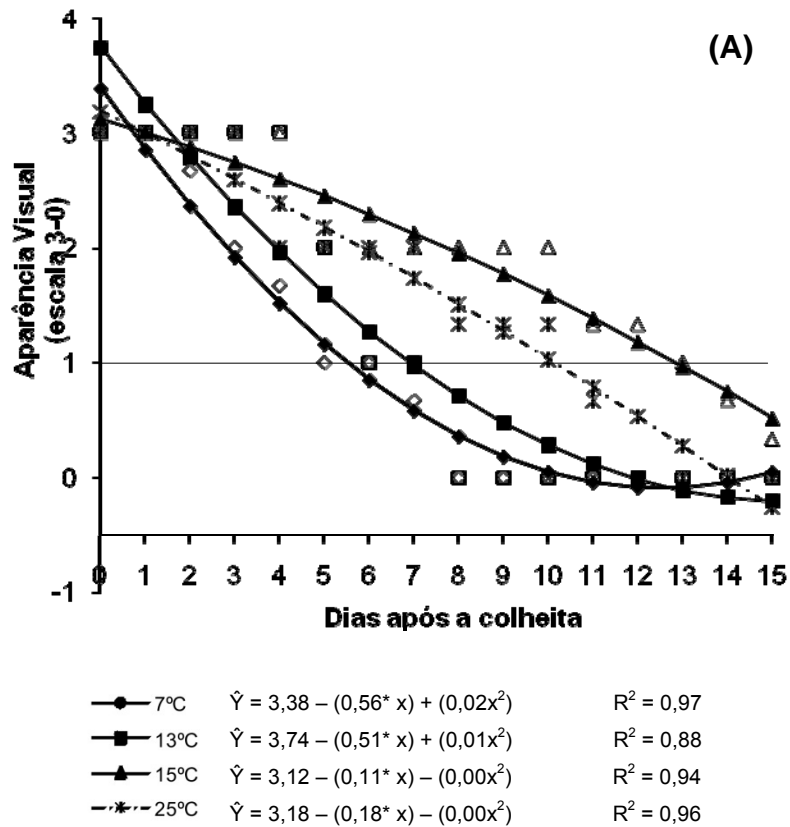
## 7.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 7.4.1 Aparência Visual

Houve interação significativa entre os fatores estudados, períodos de armazenamento x temperaturas x uso ou não da película (Figura 1). Nas hastes submetidas às temperaturas de 7 e 13 °C os principais causadores do decréscimo na aparência visual foram os sintomas de injúria por frio (Figura 2). O surgimento desses sintomas ocorreu aos 6 dias após a colheita (4 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a temperatura ambiente) em hastes submetidas a 7 °C em ambas atmosferas (com e sem película) e 13 °C com película (Figura 1 A e B), esses sintomas se intensificando aos 8 dias, tornando essas hastes impróprias à comercialização (notas na aparência inferiores a 1).

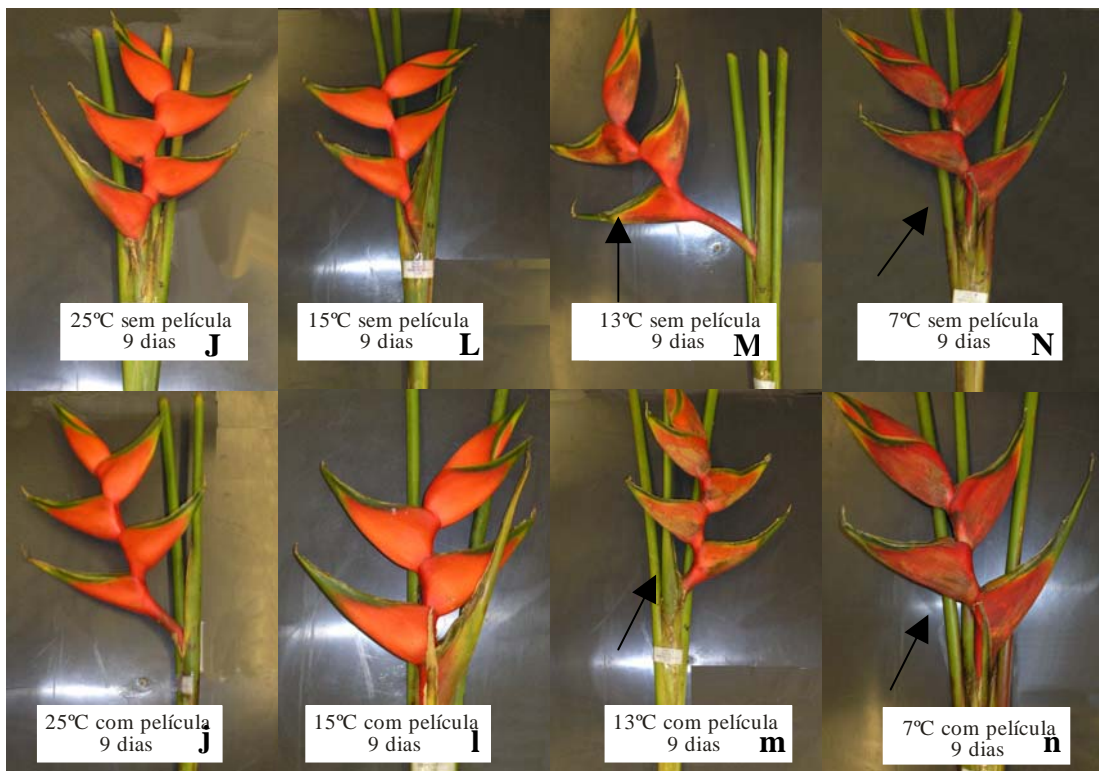
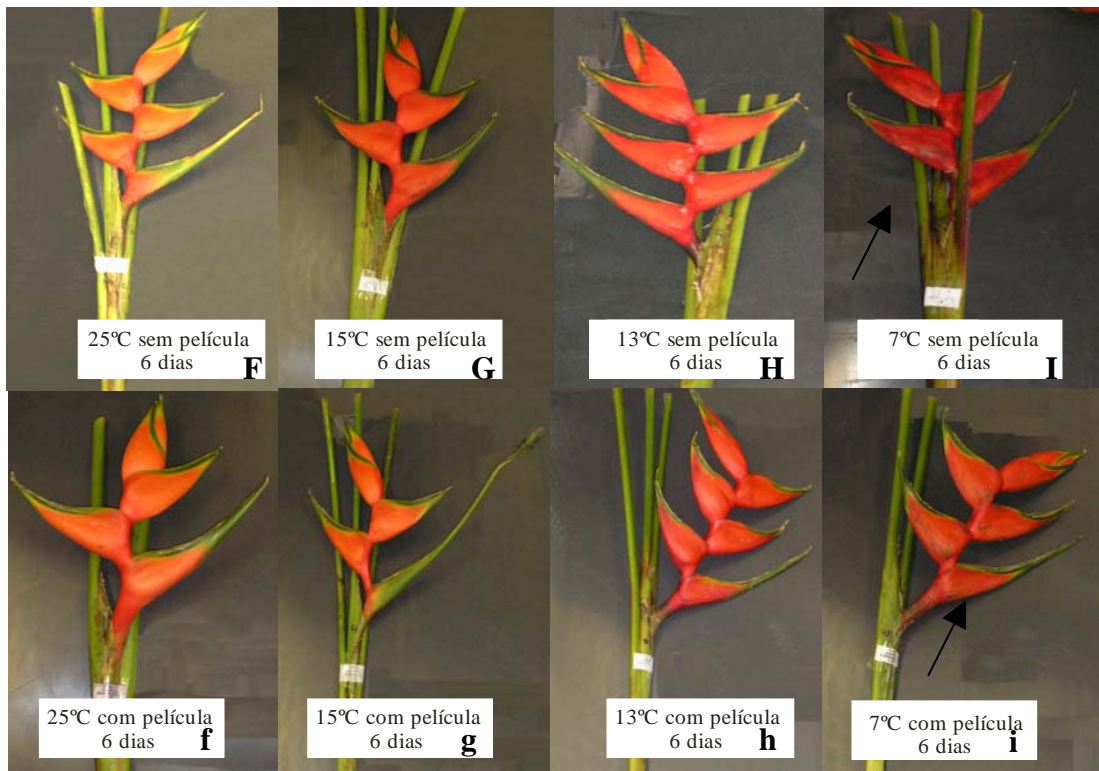
No entanto, hastes armazenadas a 25 °C não revestidas com película apresentaram decréscimo acentuado na aparência visual até o 5º dia após a colheita (Figura 1B), em consequência do amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas e pecíolo das folhas (Figura 2), que pode ter sido consequência da elevação na taxa respiratória. Contudo, após o 5º dia, as notas na aparência mantiveram-se constantes até o fim do período experimental. Porém, as hastes armazenadas a 25 °C, revestidas com película e as hastes armazenadas a 15 °C com e sem película apresentaram declínio gradual ao longo do período de armazenamento (Figura 1).

Os sintomas de injúria por frio verificados em *Heliconia bihai* são semelhantes aos verificados em *Heliconia psittacorum* x *Heliconia spathocircinata* cv. Golden Adrian e *Heliconia psittacorum* cv. Suriname, armazenadas a 10 e 12 °C, cujas brácteas apresentaram aspecto de “queimado”, além de manchas escuras na inserção das brácteas e murcha das extremidades do pecíolo das folhas e base das hastes (SOUZA *et al.*, 2007). Também são semelhantes aos observados por OLIVEIRA (1996) em *Heliconia* Golden Torch armazenadas a 10 °C, que apresentaram escurecimento total das brácteas aos 12 dias de armazenamento, conduzindo à perda do valor comercial dessa espécie.



**Figura 1** – Estimativas da aparência visual em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas a 7; 13; 15 e 25 °C com película (A) e sem película (B).







**Figura 2:** Aparência visual de hastes de *Heliconia bihai* armazenadas a 25; 15; 13 e 7 °C revestidas com película e não revestidas com película: **A** (caracterização inicial); **B, b, C, c, D, d, E, e** (aos 3 dias após a colheita). **F, f, G, g, H, h, I, i** (aos 6 dias); **J, j, L, l, M, m, N, n** (aos 9 dias); **O, P, Q, R** (25 °C sem e com película; 15 °C sem e com película aos 12 dias); **p, q** (15 °C sem e com película aos 15 dias). EMBRAPA: Fortaleza – Ceará, 2008.

Segundo JOYCE *et al.* (2000), embora os sintomas de injúria por frio variem de espécie para espécie, os mais comumente verificados são o escurecimento e descoloração dos tecidos. Os resultados verificados no presente experimento, em relação ao uso da atmosfera modificada, sobre os sintomas de injúria por frio são semelhantes aos encontrados por CASTRO (1993) em *Heliconia aurea* onde revestimento com cera Semprefresh ocasionou escurecimento das brácteas por razão desconhecida. Porém, são discordantes dos verificados por NERES *et al.* (2004), onde o uso de embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) em jiló foi eficiente em impedir a ocorrência de injúria por frio nos frutos armazenados a 5 °C, sendo tal resultado atribuído, segundo os autores, a maior permeabilidade do filme aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>.

Hastes mantidas nas temperaturas de 7 e 13 °C não revestidas com a película a base de sementes de *Caesalpinia pulcherrima*, apresentaram-se com notas comercializáveis um dia a mais (longevidade de 7 dias) quando comparadas às revestidas, indicando que o uso da película promoveu o agravamento dos sintomas de injúria por frio nessas hastes.

Dessa forma, verifica-se que o uso da película a base de sementes de *C. pulcherrima* não foi eficiente em inibir e/ou retardar os sintomas de injúria por frio, que pode ser devido ao fato da película possuir elevada permeabilidade ao O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, que pode não ter proporcionado redução de O<sub>2</sub> e o acúmulo de CO<sub>2</sub> necessários para impedir a ocorrência de injúria por frio, já que a redução nos níveis de O<sub>2</sub> é efetiva em inibir os sintomas de injúria pelo frio pela redução da atividade das enzimas oxidativas (POD e PPO).

Todavia, hastes revestidas com a película, submetidas às temperaturas de 15 e 25 °C apresentaram notas comercializáveis ( $\geq 1$ ) até aos 12 e 10 dias após a colheita, respectivamente, (Figura 1A); porém, quando não foram revestidas (Figura 1B), mantiveram-se com notas comercializáveis até 10 e 5 dias, respectivamente.

Revestimentos a base de polissacarídeos apresentam controvérsia em relação à permeabilidade aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e ao vapor d'água. Por exemplo: BALDWIN *et al.* (1999) cita que os revestimentos á base de polissacarídeos são menos permeáveis aos gases O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e mais permeáveis ao vapor d'água; já RIBEIRO *et al.* (2007) enfatiza que esses possuem igualmente alta seletividade aos gases e vapor d'água.

#### **7.4.2 Longevidade Floral**

De acordo com os valores obtidos para aparência visual a longevidade floral de hastes de *Heliconia bihai* revestidas com película e submetidas às temperaturas de 7; 13; 15 e 25 °C foram de 5; 6; 13 e 10 dias (Figura 1A); porém em hastes não revestidas (Figura 1B), a longevidade foi de 7 dias para as menores temperaturas (7 e 13 °C) e de 10 e 5 dias para hastes mantidas nas temperaturas de 15 e 25 °C, respectivamente.

O uso da atmosfera modificada em hastes de *Heliconia bihai* promoveu aumento da longevidade em hastes que não sofreram injúria por frio (armazendas a 15 e 25 °C) concordando com os resultados obtidos em outra flor tropical, o sorvetão (*Zingiber spectabilis* Griff.), onde o uso da atmosfera modificada prolongou a longevidade em 1 dia (longevidade de 12 dias) quando comparado às hastes não revestidas (CAVALCANTE *et al.*, 2007). Semelhantemente, o uso da atmosfera controlada com baixos níveis de O<sub>2</sub> foi efetivo em prolongar a vida de prateleira de híbridos de lírios em função de inibir o alongamento das hastes, que é um parâmetro indesejável pelo consumidor (LEGNANI *et al.*, 2004).

#### **7.4.3 Perda de Massa**

A perda de massa em hastes de *Heliconia bihai* foi influenciada pela interação entre as atmosferas (uso ou não da película) e temperaturas de armazenamento. Observa-se que menores perdas de massa foram verificadas nas hastes armazenadas a 15 °C, cujos valores médios praticamente não variaram em relação ao uso ou não da película (0,66 a 0,62% respectivamente); já as hastes submetidas às temperaturas de 7; 13 e 25 °C apresentaram percentuais de perda de massa em média de 0,82; 0,53; 0,65% para as revestidas com a película e de 0,70; 0,86 e 0,7% para as não revestidas (Tabela 1).

Dessa forma, verifica-se que o uso da película foi responsável por minimizar a perda de massa nas hastes armazenadas a 13 e 25 °C, porém, promoveu ligeiro aumento nas hastes mantidas a 7°C, e não promoveu mudanças nas hastes submetidas as temperaturas de 15 °C (Tabela 1).

As maiores perdas de massa foram obtidas nas hastes armazenadas a 7 °C, em ambas atmosferas, e nas hastes a 13 °C não revestidas com a película. Esses resultados podem ser atribuídos à elevada taxa metabólica apresentada por essas hastes em decorrência do estresse de injúria por frio e, no caso das armazenadas a 7 °C pode-se ainda somar o fator umidade relativa baixo (58%), já que a umidade relativa das câmaras frias reguladas nas demais temperaturas permaneceu acima de 90% (Tabela 1).

O mecanismo inicial da perda de umidade de produtos hortícolas dá-se através da difusão de vapor dirigido por um gradiente de pressão, onde a transferência de umidade é dirigida de um local mais concentrado para um menos concentrado. Fatores como permeabilidade do revestimento, temperatura e umidade relativa do ambiente de armazenamento exercem importância nesse processo de transferência. Em relação à permeabilidade dos revestimentos à base de polissacarídeos, algumas pesquisas relatam resultados distintos. Assim, BALDWIN *et al.* (1999) afirmam que esse tipo de revestimento é menos permeável aos gases ( $O_2$  e  $CO_2$ ) e mais permeável ao vapor d'água, em comparação à cêra de carnaúba; já RIBEIRO *et al.* (2007) citam que esse tipo de película possui permeabilidade igualmente alta ao vapor d'água e a gases.

Outras informações a serem consideradas sobre revestimentos de uma maneira geral dizem respeito à adição de plasticizante, onde VIÑA *et al.* (2007), citam que a adição de glicerol em revestimentos, apesar de promover integridade física, proporciona reduzida barreira à difusão de vapor d'água e aos gases, uma vez que esses autores verificaram que a adição de glicerol ao filme de PVC (Cloroeto de Polivinil) proporcionou perda de massa acima do limite recomendável para o repolho (*Brassica oleraceae* L.) que é de 8%.

Por outro lado, cerejas revestidas com películas à base de polissacarídeos extraídos de *Aloe vera* L., apresentaram reduzidas perdas de massa sem a incorporação de lipídeos em sua composição (MARTINEZ-ROMERO *et al.*, 2006). Outros tipos de revestimentos comumente utilizados em produtos hortícolas foram efetivos em minimizar a perda de massa, como o PVC utilizado em hastes florais de sorvetão (*Zingiber spectabilis* Griff.). Nesse caso o PVC minimizou a perda de massa fresca quando comparado às hastes não revestidas, cujos valores variaram de 2,6% e 2,4%, respectivamente, para hastes embaladas com abertura incompleta e completa da região apical; para as não embaladas, nos dois pontos de colheita, a perda de massa foi de 10 e 11% (CAVALCANTE *et al.*, 2007).

A utilização da cera SemperFresh™ na concentração de 20 g L<sup>-1</sup> reduziu a perda de massa em cerejas (*Prunus avium*) quando comparadas as não revestidas (YAMAN & BAYOINDIRLI, 2002).

De acordo com ZUÑIGA (1977), a perda de massa em produtos hortícolas maior que 4%, é suficiente para comprometer a perda de qualidade e o valor comercial do produto. Porém, nesse experimento, apenas hastes submetidas às temperaturas de 7 e 13 °C apresentaram sinais de murcha acentuada no tecido das brácteas. Por outro lado, hastes armazenadas a 15 e 25 °C, que não sofreram injúria por frio e apresentaram apenas sinais de ressecamento da ponta das brácteas e pecíolo das folhas, não sendo verificado nenhum sinal de perda estrutural ou enrugamento no tecido das brácteas.

**Tabela 1** – Valores médios da Perda de Massa (%) em hastes de *Heliconia bihai* em função das temperaturas de armazenamento (7 °C; 13 °C; 15 °C e 25 °C), e do uso ou não da película.

Película	Temperatura (°C)			
	7	13	15	25
Com	0,82Aa*	0,53Bb	0,66Ac	0,65Ac
Sem	0,70Bb	0,86Aa	0,62Ac	0,70Ab

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

#### 7.4.4 Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA-B) e Pseudocaule (TRA-P)

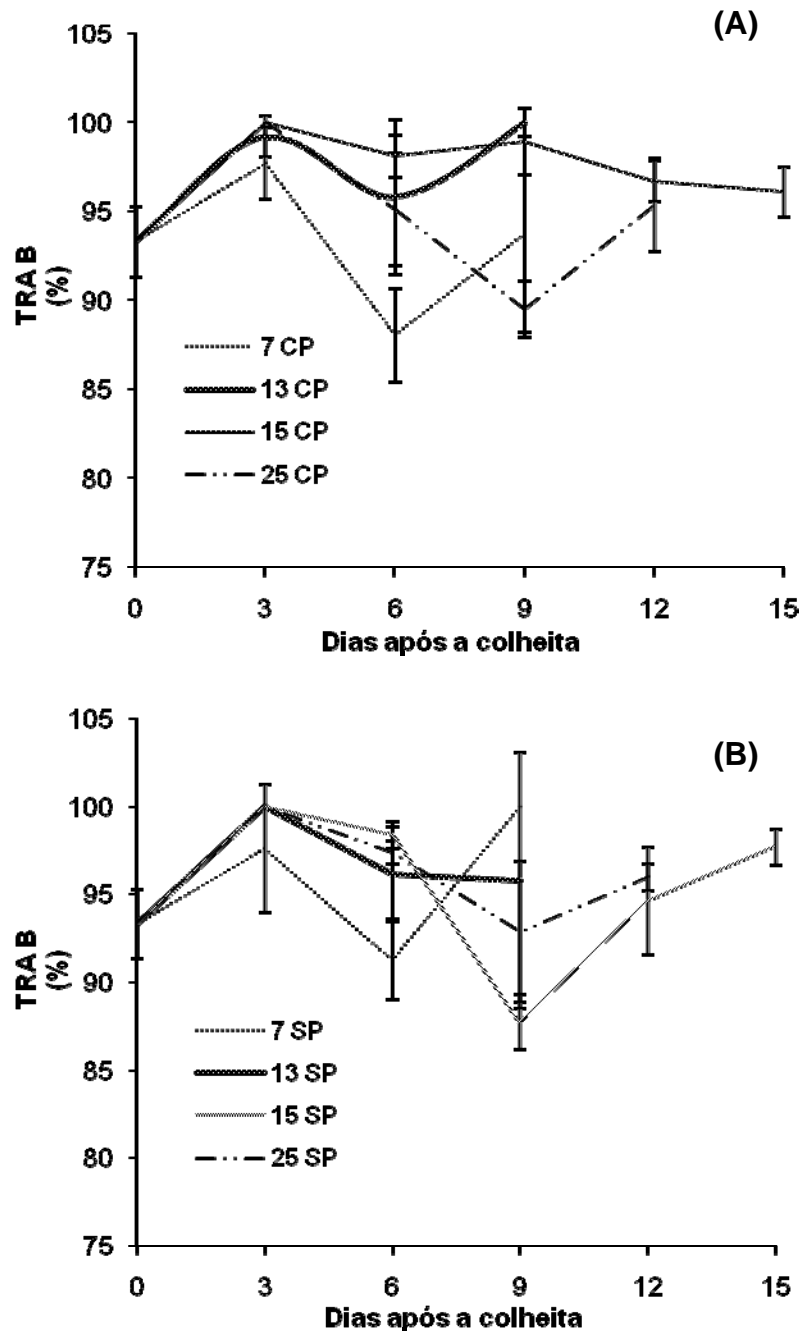
Houve interação significativa entre os fatores estudados: períodos de armazenamento x temperaturas x uso ou não da película, para o teor relativo de água das brácteas (Figura 3). Verifica-se decréscimo para essa variável aos 6 dias após a colheita, para hastes armazenadas a 7 °C revestidas e não revestidas com película (5,65 e 2,10%) e aos 9 dias para hastes armazenadas a 15 °C sem película (5,9%) e 25 °C em ambas atmosferas, (4,09 e 0,43%) em relação aos valores encontrados para essa variável no início do armazenamento. No entanto, mesmo apresentando esses decréscimos nos referidos períodos, verificou-se no final do período experimental aumentos que variaram de 0,45; 7,17; 3,0 e 2,20% para hastes armazenadas a 7; 13; 15 e 25 °C revestidas com película; para as não revestidas os acréscimos foram de 7,16; 2,68; 4,74 e 2,88% em comparação aos valores verificados na ocasião da colheita.

Os acréscimos verificados para o TRA B em todos os tratamentos no final do período experimental, indica que, embora hastes armazenadas à 7; 15 e 25 °C tenham exibido decréscimo nessa variável, aos 6 e 9 dias de armazenamento possivelmente em decorrência de algum tipo de bloqueio dos vasos xilemáticos, esse foi restaurado, ao que tudo indica, devido a freqüente área limpa e fresca promovida pelo corte da base da haste a cada 2 dias.

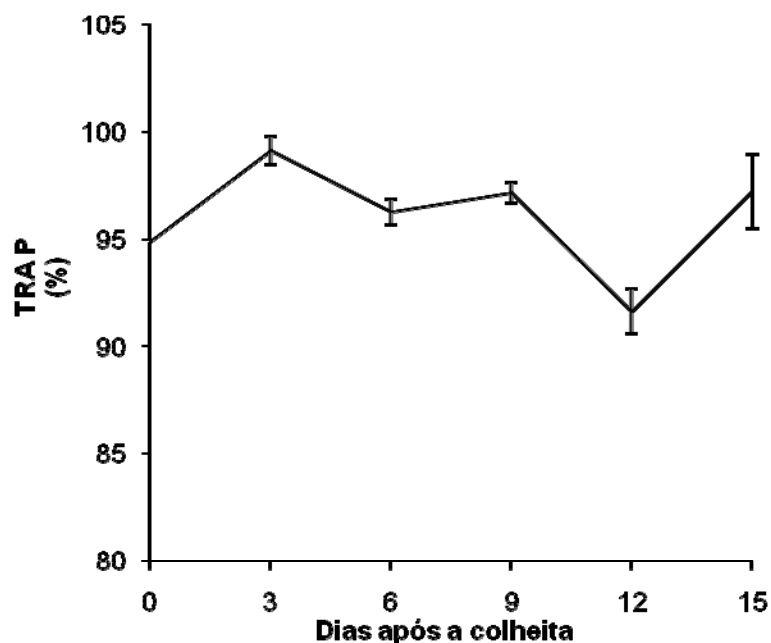
A redução no consumo de água pode estar relacionada ao bloqueio dos vasos xilemáticos, que dependendo da espécie, pode ser devido a uma série de fatores, os quais podem ser classificados como inerentes à haste, também chamado bloqueio fisiológico, bloqueio devido ao crescimento microbiano e bloqueio ocasionado por formação de bolhas de ar (embolia) (VAN DOORN, 1999b; HE *et al.*, 2006).

Para o TRA do pseudocaulo, não houve mudança entre os tratamentos. Todavia; os resultados foram semelhantes aos verificados no TRA B (Figura 4) pois apesar do decréscimo de 3,5% registrado nessa variável aos 12 dias de armazenamento houve, no final do período experimental (15 dias), um acréscimo de 2,3% em relação ao TRA-P encontrado nas hastes no início do armazenamento.

Em hastes de ave-do-paráíso (*Strelitzia reginae* Ait.), CAMPANHA *et al.* (1997) verificaram que o TRA das brácteas apresentou aumento crescente nas primeiras 10 horas em hastes mantidas em água, sendo esse resultado atribuído, segundo os autores, à capacidade das brácteas armazenar água nos espaços intercelulares.



**Figura 3** – Estimativas do teor relativo de água das brácteas (TRA B) em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas a 7; 13; 15 e 25 °C com película (CP) **(A)** e sem película (SP) **(B)**.



**Figura 4** – Estimativas do teor relativo de água do pseudocaule (TRAP) de *Heliconia bihai*, armazenadas por 15 dias.

#### 7.4.5 Antocianina

Antocianinas pertencem à classe dos flavonóides, que fazem parte do metabolismo secundário das plantas. São compostos derivados de glicosídeos, solúveis, que se acumulam nos vacúolos das células de brácteas e pétalas através do transporte realizado pela enzima Glutathione-S-Transferase (GST) e transportadores. Desempenham papel importante na proteção contra os raios ultravioleta, além de servirem como sinalizadores entre plantas e agentes polinizadores (CASTRO *et al.*, 2005). São grupos de pigmentos responsáveis pela coloração vermelha, azul, violeta (OREN-SHAMIR *et al.*, 1999), rosa e laranja da maioria das flores (COUTO *et al.*, 1998).

O conteúdo de antocianina em hastes de *H. bihai* foi influenciado pela interação entre os fatores estudados, temperatura, atmosfera (uso ou não da película) e período de armazenamento. O conteúdo de antocianina apresentou declínio ao longo do período experimental nas hastes armazenadas em ambas as atmosferas (com e sem película) (Figura 5); os

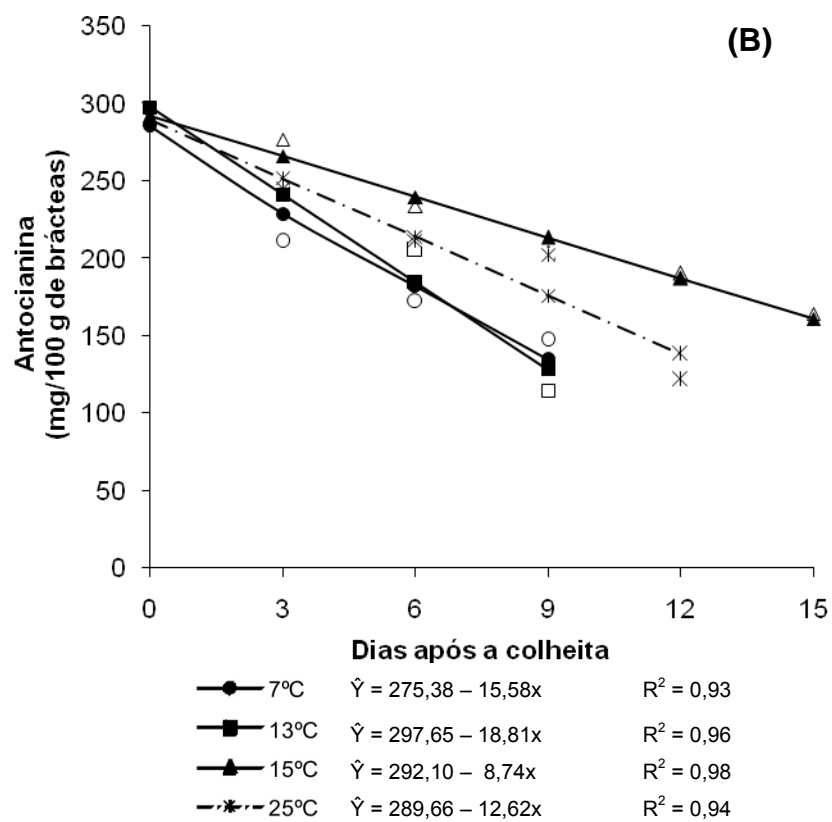
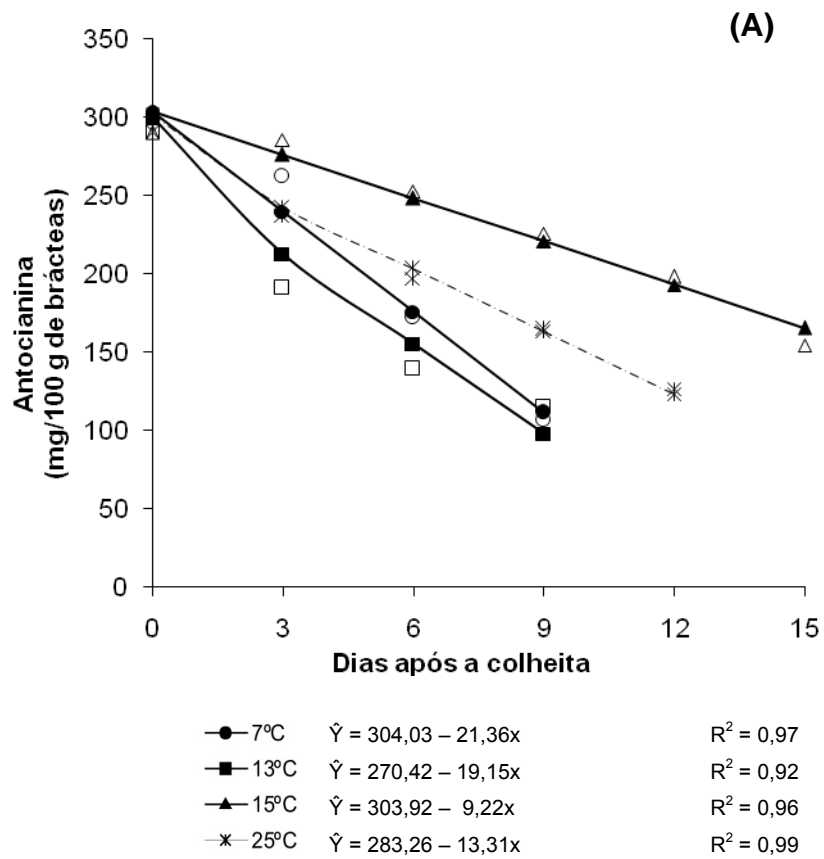
decréscimos totais foram de 63,2; 67,3; 45,5 e 59,1% para hastes revestidas e 52,6; 56,9; 44,9 e 52,3% para as não revestidas, em relação ao conteúdo verificado no início do armazenamento, respectivamente para hastes mantidas a 7; 13; 15 e 25 °C.

Os maiores decréscimos no conteúdo de antocianina nas hastes armazenadas a 7 e 13 °C, ocorreram em ambas atmosferas, o que é perfeitamente justificável já que as hastes mantidas sob essas temperaturas apresentaram sintomas de injúria por frio, caracterizados por manchas escuras, ao passo que hastes mantidas sob temperaturas mais elevadas (15 e 25 °C) , apresentaram sintomas de amarelecimento e ressecamento da ponta das brácteas, possivelmente decorrentes da elevada taxa respiratória.

Alguns fatores podem afetar o conteúdo de antocianina, dentre eles a composição da atmosfera e temperatura. Em cenouras de cor púrpura o conteúdo de antocianina decresceu em atmosfera com 95% de O<sub>2</sub> + 5% de CO<sub>2</sub>, porém, quando foram mantidas em atmosfera composta por 5% de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>, o conteúdo de antocianina permaneceu praticamente estável durante todo o armazenamento (ALASALVAR *et al.*, 2005).

A temperatura de armazenamento influencia fortemente a expressão dos genes para antocianina; temperaturas relativamente baixas proporcionam aumento severo na transcrição destes (DELA *et al.*, 2003), como verificado em flores de *Tibouchina semidecandra* L., que apresentaram menor decréscimo desse pigmento ao serem armazenadas a 25 °C quando comparadas às flores mantidas em ambiente a 31 °C (JANNA *et al.*, 2007).

Resultados semelhantes foram obtidos em morangos, onde, de acordo com AYALA-ZAVALA *et al.* (2004), frutos armazenados a 10 °C apresentaram aumento gradual no conteúdo de antocianina em função dos períodos de armazenamento, atingindo valores mais altos próximo ao fim do período experimental (cerca de 11 dias); enquanto comportamento inverso foi observado em frutos mantidos em temperaturas mais baixas (0 e 5 °C), com manifestaram decréscimo ao longo do período experimental. No entanto, os autores não relacionarem esse resultado a ocorrência de injúria sofrida por esses frutos.



**Figura 5** – Estimativas do Conteúdo de Antocianina em hastes de *Heliconia bihai*, armazenadas a 7; 13; 15 e 25 °C com (A) e sem película (B).

#### 7.4.6 Atividade da Peroxidase (POD) e da Polifenoloxidase (PPO)

A atividade das enzimas POD e PPO declinou durante todo o período experimental em todos os tratamentos (Tabelas 2 e 3). Porém, menor decréscimo na atividade de ambas enzimas foi verificado aos 6 e 8 dias em hastes armazenadas a 7 e 13 °C.

Essa tendência de menor decréscimo de ambas enzimas, verificada nessa ocasião, coincidiu com o início dos sintomas de injúria pelo frio visualizados nessas hastes. Dessa forma, é perfeitamente justificável o decréscimo menos acentuado, já que a peroxidase e polifenoloxidase estaria atuando na oxidação dos compostos fenólicos resultando em produtos de coloração escura, os quais são característicos dos sintomas de injúria por frio.

Para a atividade da PPO verifica-se, de acordo com a Tabela 3, que houve interação significativa entre os fatores estudados, temperatura, película e períodos de armazenamento. Constatou-se que a película proporcionou maior retenção na atividade enzimática, em hastes armazenadas a 7 °C, que foram estatisticamente superiores às não revestidas. Contudo, resultados inversos em relação ao uso da película foram verificados no 6º dia em hastes submetidas à temperatura de 13 °C.

O declínio na atividade da POD e PPO provavelmente foi devido a diminuição dos compostos fenólicos que servem como substrato para ambas as enzimas no processo de oxidação. Esse processo é resultante da junção das enzimas e os compostos fenólicos, que em situações de estresse, entram em contato devido à descompartimentalização das membranas das células quando expostas a situações de estresse físicos e/ou fisiológicos (TIAN *et al.*, 2004).

Em relação ao comportamento da PPO, alguns resultados semelhantes aos verificados no presente experimento, foram encontrados por outros autores, como os de XU (2005) em *Castanea henryi*. Esse autor atribuiu o decréscimo na atividade da PPO durante o armazenamento à grande instabilidade dessa enzima, bem como sua rápida atividade; uma

diminuição na atividade dessa enzima foi também verificada em alface (*Lactuca sativa* L.) por DEGL'INNOCENTI *et al.* (2006).

No entanto, o aumento da PPO em bananas foi verificado por NGUYEN *et al.* (2003), sendo esse aumento relacionado positivamente com o índice de escurecimento desses frutos. Em outro trabalho, realizado pelos mesmos autores em 2004, o aumento na atividade dessa enzima durante o armazenamento pôde ser retardado com a utilização do filme de polietileno, que resultou também em menor índice dos sintomas de injúria por frio. Porém, resultados contrários foram obtidos por CHOEHOM *et al.* (2004), também em bananas embaladas com filme plástico, cuja atividade da PPO em cascas de bananas aumentou mais rapidamente quando comparada aos frutos não embalados.

Outros trabalhos relacionando a atividade dessas enzimas e a modificação da atmosfera pode ser citada, como os encontrados em cerejas, onde a atividade da POD foi mais alta nos frutos mantidos em atmosfera controlada com 10% de CO<sub>2</sub> + 5% de O<sub>2</sub> quando comparadas aos demais tratamentos: atmosfera modificada (15-18% de O<sub>2</sub> + 2-4% de CO<sub>2</sub>) e controlada com 70% O<sub>2</sub> + 0% CO<sub>2</sub> (TIAN *et al.*, 2004).

**Tabela 2** – Valores médios da Atividade da Peroxidase ( $\Delta$ UA/min/mg de proteína) em hastes de *Heliconia bihai* ao longo dos períodos de armazenamento (0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias após a colheita) em função das temperaturas (7 °C; 13 °C ; 15 °C e 25 °C).

Temperatura °C	Períodos de Armazenamento							
	0	2	4	6	8	10	12	14
7	5,83a*	4,73a	4,41a	2,55a	2,52a	-	-	-
13	5,83a	4,15b	4,45a	2,56a	2,55a	-	-	-
15	5,83a	4,71a	4,49a	1,99b	1,30b	0,78a	0,51a	0,26
25	5,83a	4,90a	4,42a	1,90b	1,27b	0,71a	0,42a	-

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

**Tabela 3** – Valores médios da Atividade da Polifenoloxidase ( $\Delta$ UA/min/mg de proteína) em hastes de *Heliconia bihai* em função dos períodos de armazenamento (0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias após a colheita), temperaturas (7 °C; 13 °C; 15 °C e 25 °C), revestidas **(A)** ou não **(B)** com película.

**(A)**

Temperatura °C	Períodos de Armazenamento							
	0	2	4	6	8	10	12	14
7	5,66a*	4,85b	4,38b	4,34a	4,28a	-	-	-
13	5,66a	5,26a	4,13c	3,99b	4,20a	-	-	-
15	5,66a	3,89c	3,50d	2,63c	1,85c	1,12a	0,45a	0,08
25	5,66a	5,23a	4,53a	2,47c	1,60c	0,99a	0,40a	-

**(B)**

Temperatura °C	Períodos de Armazenamento							
	0	2	4	6	8	10	12	14
7	5,66a*	4,48c	3,36c	2,66b	2,62b	-	-	-
13	5,66a	4,77b	4,20a	4,13a	4,03a	-	-	-
15	5,66a	5,04a	4,35a	2,52b	1,93c	1,30a	0,47a	0,08
25	5,66a	4,75b	3,93b	2,42b	1,75c	0,95a	0,48a	-

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

#### 7.4.7 Vazamento de Eletrólitos

O vazamento de eletrólitos é medido por meio da condutividade elétrica, sendo utilizado como indicador da integridade da membrana celular.

Hastes de *H. bihai* armazenadas a 7 e 13 °C apresentaram percentagem de vazamento de eletrólitos estatisticamente superiores aos demais tratamentos (hastes armazenadas a 15 e 25 °C) (Tabela 4). Isso é perfeitamente justificável, já que essas hastes sofreram injúria por frio, cujos sintomas foram, dentre outros, murcha acentuada no tecido de brácteas, provavelmente em decorrência da perda estrutural da membrana (Figura 2).

A perda de integridade da membrana ocorre em situações de estresse, (como injúria por frio); nessas condições os ácidos graxos insaturados das membranas se tornam rígidos e viscosos, com baixa mobilidade, e ao mesmo tempo, os fosfolipídeos das membranas diminuem por ação das enzimas fosfolipases (EASON, 2006), conduzindo à perda da integridade da membrana celular, que acarreta na liberação dos seus componentes, os quais se unem desordenadamente fora das células (PAULIN, 1997), promovendo aumento da perda de solutos citoplasmáticos

com propriedades eletrolíticas e da taxa de vazamento de eletrólitos (JIANG *et al.*, 2001). Nessas condições é comum ocorrer o catabolismo de proteínas e outras macromoléculas que acompanham o início da senescência, gerando aumento nas concentrações de aminoácidos, ácidos orgânicos e ésteres fosfatos, bem como ânions e cátions que resultam no aumento da condutividade elétrica do suco celular (SKUTNIK *et al.*, 2001).

O uso da película à base de galactomanana utilizada nesse experimento não influenciou no vazamento de eletrólitos, uma vez que esta não foi eficiente em aliviar e/ou retardar os sintomas de injúria por frio. Resultados semelhantes foram verificados em tomates injuriadas mecanicamente e armazenados em atmosfera controlada (3% de O<sub>2</sub> e 4% CO<sub>2</sub> + balanço com N<sub>2</sub>) (MORETTI *et al.*, 2002).

**Tabela 4** – Valores médios do Vazamento de Eletrólitos (%) em hastes de *Heliconia bihai* em função dos períodos de armazenamento (0; 2; 4; 6; 8; 10; 12 e 14 dias após a colheita) e temperaturas (7 °C; 13 °C ; 15 °C e 25 °C).

Temperatura °C	Tempo (Dias)					
	0	3	6	9	12	15
7	96,64a*	85,21a	98,01a	87,77a	-	-
13	96,64a	86,00a	95,47b	84,54b	-	-
15	96,64a	82,02b	92,85c	79,40c	84,55a	72,52
25	96,64a	79,87c	93,67c	75,13d	80,32a	-

\*Médias seguidas pela mesma letra dentro da coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

## 7.5 CONCLUSÕES

Hastes de *Heliconia bihai* armazenadas a 7 e 13 °C manifestaram injúria por frio aos 6 dias após a colheita (4 dias em temperatura refrigerada + 2 dias a 25 °C) em ambas atmosferas (com e sem película).

O uso da película não foi eficiente em inibir e/ou retardar os sintomas de injúria por frio.

Dentre as temperaturas utilizadas, a que promoveu melhor aparência nas hastes foi a 15 °C. A longevidade em hastes submetidas à temperatura de 15 °C foi estimada em 10 e 13 dias, respectivamente para hastes não revestidas e revestidas com película. Menores longevidades foram obtidas em hastes armazenadas a 25 °C sem película, bem como nas submetidas a 7 e 13 °C revestidas com película.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C. M. P. de; SANTOS, C. D. dos; CHAGAS, S. J. de R.; COSTA, L. Efeito da embalagem de polietileno e da refrigeração no escurecimento interno e nas atividades da peroxidase e polifenoloxidase, durante a maturação do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr. cv. Smooth Cayenne). **Revista Ciência e Agrotécologia**, v. 22, n. 4, p. 454-465, 1998.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS BRASIL-ÁRABE (ANBA). Agronegócio. Disponível em: <http://www.anba.com.br/noticia>. Acesso em 03 de janeiro de 2007.

ALASALVAR, C.; AL-FARSI, M.; QUANTICK, P. C.; SHAHIDI, F.; WIKTOROWICZ. Effect of chill and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. **Food Chemistry**, v.89, p. 69-76, 2005.

ALEXOPOULOS, A. A.; AKOUMIANAKIS, K. A.; VEMMOS, S.; PASSAM, H. C. The effect of postharvest application of gibberellic acid and benzyladenine on the duration of dormancy of potatoes produced by plants grown from TPS. **Postharvest Biology and Technology** , v. 46, p. 54–62, 2007.

ASSIS, S. M. P.; MARIANO, R. R. L.; GONDIM JÚNIOR, M. G. C.; MENEZES, M.; ROSA, R. C. T. da. **Doenças e pragas das helicônias**. UFRPE. Recife-PE, 120 p., 2002.

AYALA-ZAVALA, F.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y. GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, v. 37, p. 687–695, 2004.

BALDWIN, E. A.; BURNS, J. K.; KAZOKAS, W.; BRECHT, J. K.; HAGENMAIER, R. D.; BENDER, R. J.; PESIS, E. Effect of two edible coatings with different permeability characteristics on mango (*Mangifera*

*indica* L.) ripening during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v., 15, p. 215-226, 1999.

BOERJAN, W.; RALPH, J.; BAUCHER, M. Lignin biosynthesis. **Annu. Rev. Plant Biol.**, v. 54, p. 519-546, 2003.

BRACKMANN, A.; BELLÉ, R. A.; FREITAS, S. T. de; MELO, A. M. de. Qualidade pós-colheita de crisântemos (*Dendrathera grandiflora*) mantidos em soluções de ácido giberélico. **Revista Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1451-1455, 2005.

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

BUCHANAN, B. B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R. L. (eds.). **Biochemistry and molecular biology of plants**. American Society of Plant Physiologists, Rockville, 2000.

CAMPANHA, M. M.; FINGER, F. L.; CECON, P. R.; BARBOSA, J. G. Water relations of cut bird-of-paradise (*Strelitzia reginae* Ait.) inflorescences. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 3, n. 1, p. 27-31, 1997.

CARNEIRO, T. F.; FINGER, F. L.; SANTOS, V. R. dos; NEVES, L. L. de M.; BARBOSA, J. G. Influência da sacarose e do corte da base da haste na longevidade de inflorescências de *Zínia elegans*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 8, p. 1065-1070, 2002.

CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; PERES, L. E. P. **Manual de Fisiologia Vegetal**. 1. ed. Piracicaba: CERES, 2005. 650p.

CASTRO, C. E. F. de. **Helicônias como flores de corte: adequação de espécies e tecnologia pós-colheita**. Piracicaba: ESALQ, 1993. 191p. (Tese de Doutorado).

CATSKY, J. Water content In: SLAVIK, B. **Methods of studying plant water relations**. Berlim, Springer-Verlang, 1974. p. 121-131.

CAVALCANTE, R. A.; MOSCA, J. L.; PAIVA, W. O.; MACIEL, W. T.; ALMEIDA, J. B. S. A.; GUIMARÃES, A. A. Conservação pós-colheita de sorvetão (*Zingiber spectabilis* Griff.) utilizando filmes plásticos em diferentes pontos de colheita. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas-SP, v. 12, p. 117-121, 2007.

ÇELIKEL, F. G.; REID, M. S. Storage temperature affects the quality of cut flowers from the asteraceae. **HortScience**, v. 37, n.1, p. 148-150, 2002.

CEVALLOS, J. C.; REID, M. S. Effects of temperatura on the respiration and vase life of Narcissus flowers. **Acta Horticulturae**, v. 517, p. 335-341, 2000.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós – colheita de frutos hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

CHOEHOM, R.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Senescent spotting of banana peel is inhibited by modified atmosphere packaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 167-175, 2004.

COSTA, M. L.; CIVELLO, P. M.; CHAVES, A. R.; MARTÍNEZ, G. A. Effect of ethephon and 6-benzylaminopurine on chlorophyll degrading enzymes and a peroxidase-linked chlorophyll bleaching during post-harvest senescence of broccoli (*Brassica oleracea* L.) at 20 °C. **Postharvest Biology and Technology**, v. 35, p. 191-199, 2005.

COUTO, A. B.; RAMOS, L. A.; CAVALHEIRA, E. T. G. Aplicação de pigmentos de flores no ensino da química. **Revista Química Nova**, v. 21, n. 2, 221-227, 1998.

CUNHA, J. C. da. **Manejo pós-colheita de folhas de cinco espécies ornamentais: ave-do-paráiso (*Strelitzia reginae*), samambaia-paulista**

(*Nephrolepis pectinata*), **costela-de-adão**, (*Monstera deliciosa*), **samambaia-rabo-de-peixe** (*Nephrolepis biserrata*) e **palmeira-rápis** (*Rhapis excelsa*). Viçosa: UFV, 1998. 91p. (Dissertação de Mestrado).

DEGL'INNOCENTI, E.; PARDOSSI, A.; TOGNONI, F.; GUIDI, L. Physiological basis of sensitivity to enzymatic browning in “lettuce”, “escarole” and “rocket salad” when stored as fresh-cut products. **Food Chemistry**, v. xxx, p. xxx-xxx, 2006.

DELA, G.; ETTI, O.; OVADIA, R.; Nissim-Levi, A.; WEISS, D.; OREN-SHAMIR, M. Changes in anthocyanin concentration and composition in “Jaguar” rose flowers due to transient high-temperature conditions. **Plant Science**, v. 164, p. 333-340, 2003.

DEL-VALE, V.; HERNANDEZ-MUÑOZ, P.; GUARDA, A.; GALLOTTO, M. J. Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia .ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life. **Food Chemistry**, v. 91, p. 751–756, 2005.

DE MARTINS, G.; VIZOVITIS, K.; BOTONDI, R.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, A. 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activities. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 38-47, 2006.

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

EASON, J. R. Molecular and genetic aspects of flower senescence. **Stewart Postharvest Review**, p. 1-7, 2006.

EASON, J. R.; MORGAN, E. R.; MULLAN, A. C.; BURGE, G. K. Postharvest characteristics of santonia “Golden Lights” a new hybrid cut flower from

*Sandersonia aurantiaca* X *Littonia modesta*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 22, p. 93-97, 2001.

EISINGER, W. Role of cytokinins in carnation flower senescence. **Plant Physiology**, v. 59, p. 707-709, 1977.

ELGAR, H. J.; FULTON, T. A.; WALTON, E. F. Effect of harvest stage, storage and ethylene on the vase life of *Leucocoryne*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 213-217, 2003.

FARAGHER, J. D.; MAYAK, S. Physiological responses of cut rose flowers to exposure to low temperature: changes in membrane permeability and ethylene production. **Journal of Experimental Botany**, v. 35, n. 156, p. 965-974, 1984.

FARIA, A. D. de; RIBEIRO, J. E. L. da S.; BITTRICH, V. S.; CARVALHO-SOBRINHO, J. G. de; ZARTMAN, C. E. Plantas Ornamentais da Amazônia: região do Rio Uatumã, Presidente Figueiredo, AM. In: 16° Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais, 2007, Goiânia-GO. **Resumos do 16° Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais**. Goiânia-GO: Sociedade Brasileira de Floricultura e Plantas Ornamentais/CBFPO2007. CD-ROM. v.13.

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, p. 333-338, 2002.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G.; LEDSHAM, L. R. Maturity standard and pericarp browning of litchi fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9, n. 1, p. 15-18, 1997.

FLÓREZ-RONCANCIO, V. J.; CASTRO, C. E. F. de; DEMATTÊ, M. E. S. P. Manutenção da qualidade e aumento da longevidade floral de crisântemo cv. White Polaris. **Bragantia**, v. 55, n. 2, p. 299-307, 1996.

FRANCK, C.; LAMMERTYN, J.; TRI HO, Q.; VERBOVEN, P.; VERLINDEN, B.; NICOLAI, B. M. Browning disorders in pear fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43, p. 1-13, 2007.

GULZAR, S.; TAHIR, I.; AMIN, I.; FAROOQ, S.; SULTAN, S. M. Effect of cytokinins on the senescence and longevity of isolated flowers of Day Lily (*Hemerocalis fulva*) cv. Royal Crown sprayed with cycloheximide. *Acta Horticulturae*, v. 669, p. 395-403. In: **Proc. VIII<sup>th</sup> IS Postharvest Phys. Ornamentals**, 2005.

HE, S.; JOYCE, D. C.; IRVING, D. E.; FARAGHER, J. D. Stem end blockage in cut *Grevillea* "Crimson Yul-lo" inflorescences. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, p. 78-84, 2006.

HERSHKOVITZ, V.; SAGUY, S. I.; PESIS, E. Postharvest application of 1-MCP to improve the quality of various avocado cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, p. 252–264, 2005.

HUANG, K.-L.; CHEN, W-S. BA and sucrose increase vase life of cut *Eustoma* flowers. **HortScience**, v. 37, n.3, p. 547-549, 2002.

JANNA, O.A.; KHAIRUL, A. K.; MAZIAH, M. Anthocyanin stability studies in *Tibouchina semidecandra* L. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1640–1646, 2007.

JANOWSKA, B.; JERZY, M. Effect of gibberellic on the quality of cut flowers of *Zantedeschia elliottiana* (W. Wats.) Engl. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, v. 7, issue 2, Series Horticulturae, 2004.

JAROENKIT, T.; PAULL, R. E. Postharvest handling of heliconia, red ginger, and bird-of-paradise. **HortTechnology**, v. 13, n. 2, p. 259-266, 2003.

JIANG, Y.; SHINA, T.; NAKAMURA, N.; NAKAHARA, A. Electrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 9, p. 1392-1395, 2001

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

JOYCE, D. C.; SHORTER, A. J. Long term, low temperature storage injures kangaroo paw cut flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, p. 203-206, 2000.

KADER, A. A.; WATKINS, C. B. Modified atmosphere packaging-toward 2000 and Beyond. **HortTechnology**, v. 10, n. 3, 2000.

KAWA-MISZCZAK, L.; WEGRZYNOWICZ-LESIAK, E.; SANIEWSKI, M. Retardation of tulip shoot senescence by auxin. *Acta Horticulturae*, v. 669, p. 183-190. In: **Proc. VIII<sup>th</sup> IS Postharvest Phys. Ornamentals**, 2005.

KELLEY, K. M.; CAMERON, A. C.; BIERBAUM, J. A.; POFF, K. L. Effect of storage temperatura on the quality of edible flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 341-344, 2003.

KIM, H-J; MILLER, W. B. Effects of GA4+7 and benzyladenine application on postproduction quality of 'Seadov' pot tulip flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. xxx, p. xxx-xxx, 2007.

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera Modificada e Controlada: Aplicação na Conservação de Produtos Hortícolas**. Brasília, DF: Embrapa, 2000. 34p. (Comunicação para Transferência de Tecnologia).

LEGNANI, G.; WATKINS, C. B.; MILLER, W. B. Low oxygen affects the quality of Asiatic hybrid lily bulbs during simulated dry-sale storage and

subsequent forcing. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, p. 223–233, 2004.

LI, X.; LI, S.; LIN, J. Effect of GA3 spraying on lignin and auxin contents and the correlated enzyme activities in bayberry (*Myrica rubra* Bieb.) during flower-bud induction. **Plant Science**, v. 164, p. 549-556, 2003.

LIU, J.; TIAN, S.; MENG, X.; XU, Y. Effects of chitosan on control of postharvest diseases and physiological responses of tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 44, p. 300–306, 2007.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2001. 3<sup>a</sup> ed. 1088 p.

LOUBAUD, M.; VAN DOORN, W. G. Wound-induced and bacteria-induced xylem blockage in roses, *Astilbe*, and *Viburnum*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, p. 281-288, 2004.

LYONS, J. M.; RAISON, J. K. Oxidative activity of mitochondria isolated from plant tissues sensitive and resistant to chilling injury. **Plant Physiology**, v. 45, p. 193-197. 1970.

MAFTOONAZAD, N.; RAMASWAMY, H.S. Postharvest shelf-life extension of avocados using methyl cellulose-based coating. **LWT**, v. 38, p. 617–624, 2005.

MARKHART, A. H. Chilling injury: a review of possible causes. **HortScience**, v. 21, n. 6, dez. 1986.

MARKAKIS, P. **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p. 181-207.

MARTÍNEZ-ROMERO., D.; ALBURQUERQUE, N.; VALVERDE, J. M.; GUILLÉN, F.; CASTILLO, S.; VALERO, D.; SERRANO, M. Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, p. 93–100, 2006.

MATSUNO, H.; URITANI, I. Physiological behavior of peroxidase isozymes in sweet potato root tissue injured by cutting or with black rot. **Plant and Cell Physiology**, Tokio, v. 13, p. 1091-1101, 1972.

MAYAK, S.; HALEVI, A. H.; KATZ, M. Correlativ changes in phytormones in relation to senescence in rose petals. **Physiol. Plant.**, v. 27, p. 1-4, 1972.

MENSUALI-SODI, A.; FERRANTE, A. Physiological changes during postharvest life of cut sunflowers. *Acta Horticulturae*, v. 669, p. 219-224. **In: Proc. VIII<sup>th</sup> IS Postharvest Phys. Ornamentals**, 2005.

MOK, D. W. S.; MOCK, M.C. Cytokinins, chemistry, activity and function. Boca Raton, CRC Press, 1994.

MORETTI, C. L.; SARGENTZ, S. A.; HUBER, D. J.; PUSCHMANN, R. Armazenamento sob atmosfera controlada de tomates com injúria interna de impacto. **Revista de Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 465-469, setembro 2002.

MORAES, P. J. de; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; CECON, P. R. Influence of benzyladenine on longevity of *Heliconia latispatha* Benth. *Acta Horticulturae*, v. 683. **In: Prov. V<sup>th</sup> IS on New Flor. Crops**, p.369-373, 2005.

MORAES, P. J. de; CECON, P. R.; FINGER, F. L.; BARBOSA, J. G.; ALVARES, V. de S. Efeito da refrigeração e do condicionamento em sacarose sobre a longevidade de inflorescências de *Strelitzia reginae* Ait. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v. 5, n. 2, p. 151-156, 1999.

MURRAY, R.; LUCANGELI, C.; POLENTA, G.; BUDDE, C. Combined pre-storage heat treatment and controlled atmosphere storage reduced internal breakdown of 'Flavorcrest' peach. **Postharvest Biology and Technology**, v. xxx, p.xxx–xxx, 2007.

NERES, C. R. L.; VIEIRA, G.; DINIZ, E. R.; MOTA, W. F. da; PUIATTI, M. Conservação do jiló em função da temperatura de armazenamento e do filme de polietileno de baixa densidade. **Revista Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.431-438, 2004.

NGUYEN, T. B. T.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Effect of modified atmosphere packaging on chilling-induced peel browning in banana. **Postharvest Biology and Technology**, v. 31, p. 313-317, 2004.

NGUYEN, T. B. T.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Relationship between browning and the activities of polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase in banana peel during low temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 30, p. 187-193, 2003.

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

OLIVEIRA, M. J. G. de. **Tecnologia pós-colheita de *Heliconia spp.*** Campinas: UNICAMP, 1996, 211 p. (Tese de Doutorado).

OREN-SHAMIR, M.; SHAKED-SACHRAY, L.; NISSIM-LEVI, A.; ECKER, R. Anthocyanin pigmentation of lisianthus flower petals. **Plant Science**, V. 140, p. 99-106, 1999.

PARKIN, K. L.; MARANGONI, A.; JACKMAN, R. L.; YADA, R. Y.; STANLEY, D. W. Chilling injury. A Review of possible mechanisms. **Journal of Food Biochemistry**, v. 13, p. 127-153, 1989.

PAULL, R. E. Effect of storage duration and temperature on cut anthurium flowers. **HortScience**, v. 22, n. 3, p. 459-460, 1987.

PAULL, R. E.; CHANTRACHIT, T. Benzyladenine and vase life of tropical ornamentals. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 303-310, 2001.

PAULIN, A. **Postcosecha de las flores cortadas bases fisiológicas**. Ediciones HortiTecnica LTDA, segunda edição, Santa Fé de Bogotá, Colômbia, 1997.

PAULIN, A.; KERHARDY, F.; MAESTRI, B. Effect of drought and prolonged refrigeration on senescence in cut carnation (*Dianthus caryophyllus*). **Physiol. Plant**, v. 64, p. 535-540, 1985.

PENNYCOOKE, J. C.; COX, S.; STUSHNOFF, C. Relationship of cold acclimation, total phenolic content and antioxidant capacity with chilling tolerance in petunia (*Petunia x hybrid*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, p. 225-232, 2005.

PETRIDOU, M.; VOYIATZI, C.; VOYIATZI, D. Methanol, ethanol and other compounds retard leaf senescence and improve the vase life and quality of cut chrysanthemum flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 23, p. 79-83, 2001.

PHILOSOPH-HADAS; S.; MICHAELI, R.; REUVENI, Y.; MEIR, S. Benzyladenine pulsing retards leaf yellowing and improves quality of goldenrod (*Solidago Canadensis*) cut flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 9, p. 65-73, 1996.

RANWALA, A. P.; MILLER, W. B. Effects of cold storage on postharvest leaf and flower quality of potted Oriental-, Asiatic- and LA-hybrid lily cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 105, p. 383-392, 2005.

RANWALA, A. P.; MILLER, W. B. Timing of gibberellin<sub>4+7</sub> + benzyladenine sprays influences efficacy against foliar chlorosis and plant height in easter lily. **HortScience**, v. 34, n. 5, p. 902-903, 1999.

RATTANAWISALANON, C.; KETSA, S.; VAN DOORN, W. G. Effect of aminooxyacetic acid and sugars on the vase life of Dendrobium flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, p. 93-100, 2003.

RIBEIRO, C.; VICENTE A. A.; TEIXEIRA, J. A.; MIRANDA, C. Optimization of edible coating composition to retard strawberry fruit senescence. **Postharvest Biology and Technology**, v. xxx , p. xxx–xxx, 2007.

ROBLES, R. C.; MATTHES, L. A. F.; MAY, A.; DIAS-TAGLIACOZZO, G. **Efeito do GA<sub>3</sub> e de diferentes períodos sem hidratação após a colheita na durabilidade comercial de hastes de priprioca (*Cyperus articulatus*)**. IN: 16° CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 2007, GOIÂNIA-GO. **Resumos do 16° Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais**. Goiânia-GO: CD-ROM. v.13, p.119-122.

SANCHES, L. V. C.; LASCHI, D. **Efeito de ácido giberélico (GA) e sacarose em pós-colheita de crisântemo var. 'chá repin'**. IN: 16° CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 2007, GOIÂNIA-GO. **Resumos do 16° Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais**. Goiânia-GO: CD-ROM. v.13, p.99-102.

SCAVANACA JÚNIOR, L.; FONSECA, N.; PEREIRA, M. E. C. Uso de fécula de mandioca na pós-colheita de manga “surpresa”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n.1, p. 67-71, 2007.

SCHIRRA, M.; D’HALLEWIN, G.; INGLESE, P.; LA MANTIA, T. Epicuticular changes and storage potencial of cactus pear [*Opuntia ficus-indica* Miller

(L.)] fruit following gibberellic acid preharvest sprays and postharvest heat treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 79-88, 1999.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v. 94, p. 229-232, 1995.

SHANKHLA, N.; MACKAY, W. A.; DAVIS, T. D. Effects of thidiazuron on senescence of flowers in cut inflorescences of *Lupinus densiflorus* Benth. *Acta Horticulturae*, v. 669, p. 239-243. In: **Proc. VIII<sup>th</sup> IS Postharvest Phys. Ornamentals**, 2005.

SHAUL, O.; ELAD, Y.; ZIESLIN, N. Suppression of Botrytis blight in cut rose flowers with gibberellic acid. Effects of exogenous application of abscísico acid and paclobutrazol. **Postharvest Biology and Technology**, v. 7, p. 145-150, 1996.

SHAUL, O.; ELAD, Y.; ZIESLIN, N. Suppression of Botrytis blight in cut rose flowers with gibberellic acid. Suppression of Botrytis blight in cut rose flowers with gibberellic acid: effect of concentration and mode of application. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 321-330, 1995.

SKUTNIK, E.; LUKASZEWSKA, A.; SEREK, M.; RABIZA, J. Effect of growth regulators on postharvest characteristics of *Zantedeschia aethiopica*. **Postharvest Biology and Technology**, v. 21, p. 241-246, 2001.

SOUZA, A. M. F.; COSTA, A. S. da; OLIVEIRA, C. M. de; GUIMARÃES, W. N. R.; VERONA, A. L.; PRAZERES, A. L.; NICANUZIA, J.; LOGES, V. **Efeito do tipo de armazenamento na durabilidade pós-colheita de hastes florais de *Heliconia* spp.** IN: 16<sup>o</sup> CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS, 2007, GOIÂNIA-GO.

**Resumos do 16º Congresso Brasileiro de Floricultura e Plantas Ornamentais.** Goiânia-GO: CD-ROM. v.13, p.136-139.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Editora Artmed: Porto Alegre-RS, 3ª edição, 2004, 719 p.

TANO, K.; OULÉ, M. K.; DOYON, G.; LENCKI, R. W.; ARUL, J. Comparative evaluation of the effect of storage temperature fluctuation on modified atmosphere packages of selected fruit and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, p. 212-221, 2007.

TIAN, S-P.; JIANG, A-L.; XU, Y.; WANG, Y-S. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. **Food Chemistry**, v. 87, p. 43–49, 2004.

TIAN, M. S.; DAVIESA, L.; DOWNS, C. G.; LIU, X. F.; LILL, R. E. Effects of floret maturity, cytokinin and ethylene on broccoli yellowing after harvest. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 29-40, 1995.

TSANTILI, E.; PONTIKIS, C. Response to ethylene and its interactive effects with N<sup>6</sup>-benzyladenine (BA) in harvested green olives during ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v. 33, p. 153–162, 2004.

VAN DOORN, W. G. Aspiration of air at the cut surface of rose stems and its effect on the uptake of water. **J. Plant Physiol.**, v. 137, p. 160-164, 1990.

VAN DOORN, W. G.; JONES, R. B. Ultrasonic acoustic emissions from excised items of two *Thryptomene species*. **Physiologia Plantarum**, v. 92, p. 431-436, 1994.

VAN DOORN, W. G. Vascular occlusion in cut flowering rose stems exposed to air: role of the xylem wall pathway for water. **Physiologia Plantarum**, v. 90, p. 45-50, 1994.

VAN DOORN, W. G.; REID, M. S. Vascular occlusion in stems of cut rose flowers exposed to air: role of xylem anatomy and rates of transpiration. **Physiologia Plantarum**, v. 93, p. 624-629, 1995.

VAN DOORN, W. G. Water relations of cut flowers. **Horticultural Reviews**, v. 18, 1997.

VAN DOORN, W. G. Vascular occlusion in cut flowers. I. General Principles and Recent Advances. *Acta Horticulturae*, v. 482. In: **Proc. of the Int. Symp. on Cut Flowers in the Tropics**, p.59-63, 1999a.

VAN DOORN, W. G. Water relations of cut flowers. II. Some Species of tropical provenance. *Acta Horticulturae*, v. 482. In: **Proc. of the Int. Symp. on Cut Flowers in the Tropics**, p. 65-69, 1999b.

VAN DOORN, W. G.; CRUZ, P. Evidence for a wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers. **Postharvest Biology and Technology**, v.19, p. 73-83, 2000.

VAN DOORN, W. G.; VASLIER, N. Wounding-induced xylem occlusion in stems of cut chrysanthemum flowers: roles of peroxidase and catechol oxidase. **Postharvest Biology and Technology**, v.26, p. 275-284, 2002.

VAN IEPEREN, W.; MEETEREN, U. V.; NIJSSE, J. Embolism repair in cut flower stems: a physical approach. **Postharvest Biology and Technology**, v.25, p. 1-14, 2002.

VAN MEETEREN, U.; ARÉVALO-GALARZA, L.; VAN DOORN, W. G. Inhibition of water uptake after dry storage of cut flowers: role of aspired air and wound-induced processes in chrysanthemum. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 70–77, 2006.

VARGAS, M.; ALBORS, A.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, p. 164–171, 2006.

VASLIER, N.; VAN DOORN, W. G. Xylem occlusion in bouvardia flowers: evidence for a role of peroxidase and catechol oxidase. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p. 231-237, 2003.

VIÑA, S. Z.; MUGRIDGE, A.; GRACY, M. A.; FERREYRA, R. M.; MARTINO, M. N.; CHAVES, A. R.; ZARITZKY, N. E. Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. **Food Chemistry**, v. 103, p.701-709, 2007.

WANG, C. Y.; QI, L. Modified atmosphere packaging alleviates chilling injury in cucumbers. **Postharvest Biology and Technology**, v.10, p. 195-200, 1997.

WEATHERLEY, P. E. Studies in water relations of cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. **New Phytology**, v. 49, p. 81-97, 1950.

WISSEMANN, K. W.; LEE, C. Y. Polyphenoloxidase activity during grape maturation and wine production. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 31, n. 3, p. 206-211, 1980.

WHITMAN, C. M.; HEINS, R. M.; FUNNEL, K. A. GA<sub>4+7</sub> plus benzyladenine reduce foliar chlorosis of *Lilium longiflorum*. **Scientia Horticulturae**, v. 89, p. 143–154, 2001.

XU, J. The effect of low-temperature storage on the activity of polyphenol oxidase in *Castanea henryi* chestnuts. **Postharvest Biology and Technology**, v. 38, p. 91-98, 2005.

YAMAN, O.; BAYOINDIRLI, L. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.**, v. 35, p. 146–150, 2002.

ZHANG, D.; QUANTICK, P. Effects of chitosan coating on enzymatic browning and decay during postharvest storage of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, p. 195-202, 1997.

ZUÑIGA, G. **Segundo sinposio sobre manejo, calidad y fisiología de post cosecha de frutas**. Publicaciones misceláneas agrícolas N° 12. Universidad de Chile. 1977.

## **APÊNDICE**

**Quadro 1-** Resumo da análise de variância para as características Aparência Visual (AV); Perda de Massa (PM); Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P), Antocianina (ANTO); Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) armazenadas sem corte da base da haste, corte a cada 24 e 48 h após a colheita e mantidas a  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa de 60-80%. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO (Características)						
		AV	PM	TRA B	TRA P	ANTO	POD	PPO
Corte (C)	2	2,15 <sup>ns</sup>	1,201 <sup>**</sup>	11,297 <sup>ns</sup>	25,891 <sup>ns</sup>	6106,92 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>ns</sup>	0,078 <sup>ns</sup>
Erro a	6	0,51	0,013	6,381	13,578	5591,75	0,395	0,102
Tempo (T)	6	5,95 <sup>**</sup>	0,685	176,554 <sup>**</sup>	225,634 <sup>**</sup>	67511,73 <sup>**</sup>	46,916 <sup>**</sup>	27,247 <sup>**</sup>
C x T	12	0,36 <sup>**</sup>	0,072	19,846 <sup>ns</sup>	13,775 <sup>ns</sup>	9237,75 <sup>*</sup>	0,099 <sup>ns</sup>	0,189 <sup>ns</sup>
Erro b	36	0,11	0,002	10,642	13,957	3703,28	0,231	0,185
Média		2,15	0,383	93,75	94,73	384,60	2,83	2,16
CV(%)		15,07	11,990	3,47	3,94	15,82	16,99	19,97

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor. <sup>ns</sup>: Não significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor

**Quadro 2-** Resumo da análise de variância para as características Aparência Visual (AV); Perda de Massa (PM); Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P), Antocianina (ANTO); Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) submetidas à solução contendo 0; 10 e 15 mM de 2-mercaptoetanol e mantidas a  $25 \pm 2$  °C, umidade relativa de 60-80%. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO (Características)						
		AV	PM	TRA B	TRA P	ANTO	POD	PPO
DOSE (D)	2	2,26 <sup>ns</sup>	0,000	10,75 <sup>ns</sup>	6,65 <sup>ns</sup>	4012,09 <sup>ns</sup>	5,42 <sup>**</sup>	1,32 <sup>**</sup>
Erro a	6	0,99	0,005	7,98	22,91	3775,62	0,20	0,22
Tempo (T)	6	4,61 <sup>**</sup>	0,432 <sup>**</sup>	280,56 <sup>**</sup>	97,61 <sup>**</sup>	140599,95 <sup>**</sup>	67,06 <sup>**</sup>	37,61 <sup>**</sup>
D x T	12	0,17 <sup>ns</sup>	0,003	11,00 <sup>*</sup>	19,10 <sup>ns</sup>	1524,30 <sup>*</sup>	1,22 <sup>**</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Erro b	36	0,14	0,002	3,81	17,96	621,74	0,22	0,09
Média		2,12	0,307	90,87	94,72	379,05	2,89	2,20
CV(%)		46,93	16,735	3,11	5,05	16,21	15,47	21,32

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup>: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor. <sup>ns</sup>: Não significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor

**Quadro 3-** Resumo da análise de variância para as características Aparência Visual (AV); Perda de Massa (PM); Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P), Antocianina (ANTO); Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) pulverizadas com soluções contendo 0; 150 e 300 mg L<sup>-1</sup> de benziladenina (BA) e mantidas a 25 ± 2 °C, umidade relativa de 60-80%. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO (Características)						
		AV	PM	TRA B	TRA P	ANTO	POD	PPO
DOSE (D)	2	3,521**	0,023**	0,142 <sup>ns</sup>	0,407 <sup>ns</sup>	63,215 <sup>ns</sup>	0,142 <sup>ns</sup>	0,407 <sup>ns</sup>
Erro a	6	0,145	0,003	0,213	0,378	1013,559	0,213	0,378
Tempo (T)	6	6,632**	0,370**	48,264**	31,036**	75150,286**	48,264**	31,036**
D x T	12	0,160 <sup>ns</sup>	0,001**	0,309**	0,081 <sup>ns</sup>	8395,753*	0,309**	0,081 <sup>ns</sup>
Erro b	36	0,108	0,000	0,108	0,200	3436,611	0,108	0,200
Média		2,08	0,325	2,71	2,23	330,01	2,71	2,23
CV(%)		15,77	6,733	12,15	20,03	17,76	12,15	20,03

\*\*,: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor. ns: Não significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor

**Quadro 4-** Resumo da análise de variância para as características Aparência Visual (AV); Perda de Massa (PM); Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P), Antocianina (ANTO); Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) submetidas a solução de *pulsing* contendo 0; 50 e 100 mg L<sup>-1</sup> GA<sub>3</sub> e mantidas a ± 25 ± 2 °C, umidade relativa de 60-80%. EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.

FV	GL	QUADRADO MÉDIO (Características)						
		AV	PM	TRA B	TRA P	ANTO	POD	PPO
DOSE (D)	2	3,111*	0,044**	5,957 <sup>ns</sup>	3,01 <sup>ns</sup>	82,88 <sup>ns</sup>	0,782 <sup>ns</sup>	0,207 <sup>ns</sup>
Erro a	6	0,171	0,027	5,777	1,44	2688,62	0,840	0,450
Tempo (T)	6	12,045*	0,289**	25,297*	41,76**	86841,47**	35,986**	37,070*
D x T	12	0,259*	0,003	20,873*	4,27 <sup>ns</sup>	661,19 <sup>ns</sup>	0,083 <sup>ns</sup>	0,284 <sup>ns</sup>
Erro b	36	0,059	0,004	7,05	1,97	1000,29	0,339	0,231
Média		1,88	0,259	94,32	96,61	421,52	2,38	2,13
CV(%)		13,01	26,89	2,81	1,45	7,50	24,37	22,60

\*\*,: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor. ns: Não significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor .

**Quadro 5-** Resumo da análise de variância para as características Aparência Visual (AV); Perda de Massa (PM); Teor Relativo de Água das Brácteas (TRA B) e Pseudocaule (TRA P), Antocianina (ANTO); Atividade da Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) e Vazamento de Eletrólitos (VE), armazenadas a 25; 15; 13 e 7 °C com (A) e sem película (B). EMBRAPA: Fortaleza - Ceará, 2008.

FV	QUADRADO MÉDIO (Características)								
	GL	AV	PM	TRA B	TRAP	ANTO	POD	PPO	VE
Película (P)	1	0,39**	0,063 <sup>ns</sup>	5,02	3,61	1437,48	0,04	1,56	16,93
Temperatura (T)	3	13,73**	0,515**	25,12	10,23	20247,31**	0,92	4,80*	170,59**
P x T	3	1,46**	0,242**	32,64*	2,26	1912,68**	0,20	2,23*	12,63
Erro a	16	0,05	0,025	8,40	11,82	850,30	0,34	0,42	5,82
Tempo (t)	5	29,63**	1,217**	96,56**	93,80**	66635,02**	66,13**	46,80**	1117,71**
t x P	5	0,11**	0,004 <sup>ns</sup>	9,75	5,13	404,05**	0,18	0,14	19,10
t x T	15	0,71**	0,024 <sup>ns</sup>	36,99**	15,08	2766,27**	0,77**	1,51**	34,23**
t x P x T	15	0,25**	0,002 <sup>ns</sup>	19,65**	14,07	1247,18**	0,12	0,42**	19,16
Erro b	80	0,02	0,003	5,42	7,98	54,91	0,24	0,08	11,02
Média		1,37	0,063 <sup>ns</sup>	96,70	96,35	213,05	3,15	3,39	87,57
CV a (%)		12,51	0,515**	3,00	3,57	13,69	18,51	19,12	2,75
CV b (%)		0,39**	0,242**	2,43	2,93	3,48	15,45	8,18	3,80

\*\*,\*: Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor.

ns: Não significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F de Snedecor