

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AMBIÊNCIA PARA MORANGUEIRO, EM HIDROPONIA,
PARA A PRODUÇÃO NA ENTRESSAFRA E BAMBU COMO
ELEMENTO CONSTRUTIVO PARA CASA DE VEGETAÇÃO**

WELLINGTON MARY

CAMPINAS
AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AMBIÊNCIA PARA MORANGUEIRO, EM HIDROPONIA,
PARA A PRODUÇÃO NA ENTRESSAFRA E BAMBU COMO
ELEMENTO CONSTRUTIVO PARA CASA DE VEGETAÇÃO**

Tese submetida à banca examinadora para
obtenção do título de Doutor em Engenharia
Agrícola na área de concentração em
Construções Rurais e Ambiente.

WELLINGTON MARY

Orientador: Prof. Dr. PAULO MARTINS LEAL

Co-Orientador: Prof. Dr. NILTON NÉLIO COMETTI

CAMPINAS
AGOSTO DE 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Mary, Wellington

M369a Ambiência para morangueiro, em hidroponia, para a
produção na entressafra e bambu como elemento
construtivo para casa de vegetação / Wellington Mary.--
Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientadores: Paulo Martins Leal, Nilton Nélio
Cometti

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Morango. 2. Bambu. 3. Hidroponia. 4. Materiais
de construção. 4. Estufas. I. Leal, Paulo Martins. II.
Cometti, Nilton Nélio. III. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
Título.

Titulo em Inglês: Environmental control for out-of-season production of
strawberry in hydroponics, and bamboo as a constructive
element for greenhouses

Palavras-chave em Inglês: Photoperiod, Aeroponic, Alternative material, Bamboo,
Fragaria x ananassa Duch.

Área de concentração: Construções Rurais e Ambiente

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Francisco Passos, Pedro Roberto Furlani, Wesley Jorge Freire
e Sylvio Luís Honório

Data da defesa: 15/08/2005

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

*Com carinho ofereço este trabalho como forma de reconhecimento à educação e amor de meus pais, **Silvanira e Nelson**.*

*À minha querida mulher **Juliana Arruda**, sempre amiga e companheira.*

Dedico esta tese a todas as pessoas que possam usufruir de alguma forma dos resultados nela obtidos.

*A **Deus** eu dedico a minha vida e a forma como a levo, aguardando pelo seu julgamento final...*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. **Paulo Martins Leal**, que com sua capacidade técnica, compreensão e envolvimento em busca de um objetivo em comum, me oferecendo a confiança e estímulo necessário para a condução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. **Nilton Nélio Cometti**, pela oportunidade de tê-lo como co-orientador e pela transferência de seus valiosos conhecimentos de informática e saudável convivência.

Aos técnicos bolsistas **Felipe Boveri** e **Guilherme Cruz Vialves** pela dedicação e amizade construída e aos alunos bolsistas do curso de Engenharia Agrícola, em especial ao **Claudio Sadao Kenmochi**.

Aos funcionários **José Benedito dos Santos**, **Dona Laura** e ao **Sr. Robinson**, pelo entusiasmo em realizar as tarefas e contornar os problemas junto comigo ao longo do caminho percorrido.

Aos companheiros e responsáveis pelo Laboratório de Ensaio de Materiais, pela carinhosa acolhida e a paciência dedicada a mim, quando tudo de errado parecia acontecer comigo, em especial o Prof. Dr. **Antonio L. Beraldo**, **Gisleiva C. Ferreira**, **Flávia F. Vieira**.

Ao colega **Edilson Costa**, pelo apoio e motivação em realizar os estudos com a apaixonante cultura do morangueiro.

Ao apoio financeiro do Programa de Incentivo e Capacitação de Docentes e Técnicos (**PICDT**) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Ao apoio financeiro da Fundação de Apoio a Pesquisa de São Paulo (**FAPESP**), sem o qual essa pesquisa não teria sido possível.

A todos aqueles que direta ou indiretamente fizeram parte da construção desta minha jornada de aprendizado e cumprimento de mais uma etapa de formação da minha vida.

Minhas persistências e equívocos, obviamente, não devem ser creditados a nenhuma pessoa aqui citada. Eles até que tentaram me alertar. Entretanto, sou descendente de italianos...

Meus sinceros agradecimentos e reconhecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABELAS.....	XIV
LISTA DE ABREVIATURAS.....	XVII
RESUMO	XVIII
ABSTRACT	XIX
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	1
2. OBJETIVOS	5
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO VEGETAL	5
3.2. UTILIZAÇÃO DE CASA DE VEGETAÇÃO PARA CULTIVO FORÇADO	6
3.3. USO DO BAMBU COMO ELEMENTO ESTRUTURAL.....	9
3.3.1. <i>Colheita e Preservação</i>	13
3.3.2. <i>Espécie Bambusa tuldoides</i>	14
3.4. USO DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO EM CASAS DE VEGETAÇÃO	15
3.4.1. <i>Sistemas de resfriamento evaporativo para casas de vegetação</i>	16
3.4.2. <i>Sistema meio poroso-ventilador (“pad and fan”)</i>	17
3.4.3. <i>Resfriamento por nebulização</i>	23
3.5. HIDROPONIA	26
3.5.1. <i>Zona de Resfriamento</i>	28
3.6. APLICAÇÃO DE GÁS CARBÔNICO (CO ₂).....	29
3.7. A CULTURA DO MORANGUEIRO	30
3.7.1. <i>Aspectos fisiológicos da cultura do morangueiro</i>	31
3.7.2. <i>Alguns aspectos sobre métodos de cultivos utilizados na cultura do morangueiro</i>	36
4. MATERIAL E MÉTODOS	38
4.1. EXPERIMENTO 1: ANÁLISE DA ESTRUTURA DE CASA DE VEGETAÇÃO CONSTRUÍDA COM BAMBU, SOB DIFERENTES ESFORÇOS DE CARGA	38
4.1.1. <i>Construção das vigas e colunas</i>	39
4.1.2. <i>Montagem dos Pórticos</i>	40
4.1.3. <i>Variáveis analisadas e delineamento experimental</i>	43
4.1.4. <i>Aspectos construtivos da casa de vegetação com estrutura de bambu</i>	45

4.2. CONTROLE AMBIENTAL APLICADO AO CULTIVO DE MORANGUEIRO NA ENTRESSAFRA	49
4.2.1. <i>Experimento 2: Produtividade do morangueiro em aeroponia com zona de resfriamento</i>	50
4.2.1.1. Variáveis analisadas	53
4.2.2. <i>Descrição do experimento 3: “Análise dos efeitos do ambiente na produtividade de morango em sistema aeropônico com zona de resfriamento.”</i>	54
4.2.2.1. Variáveis analisadas e delineamento experimental.....	62
4.2.3. <i>Descrição do experimento 4: Efeito do fotoperíodo na produção de entressafra do morangueiro em casa de vegetação climatizada</i>	62
4.2.3.1. Variáveis analisadas e delineamento experimental.....	63
4.2.4. <i>Descrição do experimento 5: Aclimação de mudas de morangueiro para produção na entressafra</i>	64
4.2.4.1. Variáveis analisadas e delineamento experimental.....	65
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1. EXPERIMENTO 1: ANÁLISE DE ESTRUTURA DE PROTEÇÃO DE PLANTAS CONSTRUÍDA COM BAMBU, SOB DIFERENTES ESFORÇOS	66
5.1.1. <i>Avaliação do ensaio no pórtico transversal</i>	67
5.1.2. <i>Avaliação do ensaio no pórtico longitudinal</i>	69
5.1.3. <i>Comentários sobre os aspectos construtivos e do comportamento das estruturas comercial e tipo tenda em campo</i>	71
5.2. CONTROLE AMBIENTAL APLICADO AO CULTIVO DE MORANGUEIRO NA ENTRESSAFRA	75
5.2.1. <i>Experimento 2: Produtividade do morangueiro em aeroponia com zona de resfriamento</i>	75
5.2.2. <i>Experimento 3: Análise dos efeitos do ambiente na produtividade de morango em sistema aeropônico com zona de resfriamento</i>	77
5.2.2.1. Avaliação de massa fresca de pseudofrutos.....	86
5.2.2.2. Avaliação do teor de sólidos solúveis totais	88
5.2.2.3. Avaliação da área de raiz.....	89
5.2.3. <i>Experimento 4: Efeito do fotoperíodo na produção de entressafra do morangueiro em casa de vegetação climatizada</i>	93
5.2.4. <i>Experimento 5: Aclimação de mudas de morangueiro para produção na entressafra</i>	100
6. CONCLUSÕES.....	110
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
8. APÊNDICES	124
8.1. EXPERIMENTO 1: ANÁLISE DE ESTRUTURA DE PROTEÇÃO DE PLANTAS CONSTRUÍDA COM BAMBU, SOB DIFERENTES ESFORÇOS	124

8.1.1. ANOVAS.....	124
8.1.2. Tabelas com registro de dados referentes ao experimento	126
8.2. EXPERIMENTO 2 : PRODUTIVIDADE DO MORANGUEIRO EM AEROPONIA COM ZONA DE RESFRIAMENTO.....	135
APRESENTAÇÃO APENAS DE MÉDIAS OBTIDAS, EM FUNÇÃO DA INDISPONIBILIDADE DE DADOS PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA.	135
8.3. EXPERIMENTO 3: PRODUTIVIDADE DO MORANGUEIRO EM AEROPONIA COM ZONA DE RESFRIAMENTO	135
8.3.1. ANOVAS.....	135
8.4. ANOVAS DO EXPERIMENTO 4: EFEITO DO FOTOPERÍODO NA PRODUÇÃO DE ENTRESSAFRA DO MORANGUEIRO EM CASA DE VEGETAÇÃO CLIMATIZADA	137
8.5. ANOVAS DO EXPERIMENTO 5: ACLIMATAÇÃO DE MUDAS DE MORANGUEIRO PARA PRODUÇÃO NA ENTRESSAFRA EM CASA DE VEGETAÇÃO CLIMATIZADA	139

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	a) Sistema antecâmara com nebulização (Pad House); b) Sistema meio poroso-ventilador (Pad Fan) (Van der Hoeven, 1999).....	19
Figura 2.	Sistema único de resfriamento (SUR) (Van der Hoeven, 1999).....	19
Figura 3.	Disposição dos ventiladores e do meio poroso (BUCKLIN et al., 1993).	20
Figura 4.	Potencial resfriamento com 85% por cento de eficiência (BUCKLIN et al., 1993).....	21
Figura 5.	Carta psicrométrica demonstrando o efeito da eficiência operacional sobre a temperatura do ar resfriado em um sistema meio poroso-ventilador (Baseada em BUCKLIN et al., 1993).	22
Figura 6.	Anteparos para direcionar o fluxo de ar refrigerado (BUCKLIN et al., 1993)..	23
Figura 7.	Método de amarração dos colmos no espaçador.....	39
Figura 8.	Gabarito para fixação e alinhamento dos colmos de bambu.....	40
Figura 9.	Croqui da distribuição das cargas aplicadas e os pontos de medição para variação do deslocamento vertical no pórtico transversal.....	41
Figura 10.	Croqui da distribuição das cargas aplicadas e os pontos de medição para variação do deslocamento vertical no pórtico longitudinal.	42
Figura 11.	Desenho ilustrativo da estrutura tipo tenda.....	46
Figura 12.	Corte transversal da estrutura tipo tenda.	46
Figura 13.	Estrutura comercialmente vendida, tipo túnel alto em formato gótico (Hidrogood®).....	47
Figura 14.	Apoio e fixação das colunas sobre uma sapata de concreto com vergalhão chumbado em formato de “U”.....	48
Figura 15.	Croqui demonstrando a bancada com zona de resfriamento e seus detalhes. ...	51
Figura 16.	Resfriador evaporativo utilizado em uma das extremidades da bancada para gerar a zona de resfriamento (ECOBRISA®, modelo EB20).	52
Figura 17.	Vista da bancada com resfriamento.....	52
Figura 18.	Croqui do experimento 3 – “Análise dos efeitos do ambiente na produtividade de morango em sistema aeropônico com zona de resfriamento”.	56
Figura 19.	Vista geral das bancadas instaladas no ambiente a “céu aberto”.....	57

<i>Figura 20.</i>	<i>Vista da bancada instalada em estufa climatizada.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 21.</i>	<i>Vista das bancadas instaladas em estufa não climatizada com injeção de CO₂. 58</i>	
<i>Figura 22.</i>	<i>Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), coletada em 17/10/2003, data anterior à aclimação das mudas na câmara fria (vernalização), entre 12:40 e 13:10 h.</i>	<i>59</i>
<i>Figura 23.</i>	<i>Varição média das temperaturas mínimas e máximas durante os meses de manutenção das mudas.</i>	<i>60</i>
<i>Figura 24.</i>	<i>Cortina fechada para controle de fotoperíodo.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 25.</i>	<i>Espaçador de madeira com amarração de arame e cinta de aço esticada por parafuso.</i>	<i>66</i>
<i>Figura 26.</i>	<i>Varição média da elevação da viga nos diferentes pontos de medição em função da carga aplicada no pórtico transversal.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 27.</i>	<i>Varição média da elevação das vigas nos pontos de medição 4 e 5 em função das cargas, aplicadas no pórtico longitudinal.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 28.</i>	<i>Varição dos deslocamentos verticais das colunas representadas pelos pontos 1, 2 e 3 em função das diferentes cargas aplicadas no pórtico longitudinal.</i>	<i>70</i>
<i>Figura 29.</i>	<i>Rompimento do filme plástico no ponto de tirantamento central.</i>	<i>72</i>
<i>Figura 30.</i>	<i>Vista da estrutura tipo tenda construída com bambu antes (a) e após a modificação na fixação do plástico de cobertura (b).</i>	<i>73</i>
<i>Figura 31.</i>	<i>Quebra da coluna por cisalhamento devido à ação de vento de 115,5 km/h.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 32.</i>	<i>Vista da estrutura tipo tenda construída com bambu, após destruição ocorrida por ação de vento de 115,5 km/h.</i>	<i>74</i>
<i>Figura 33.</i>	<i>Massa fresca média de pseudofrutos/planta nos sistemas “sem e com zona de resfriamento”.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 34.</i>	<i>Número médio de pseudofrutos/planta nos sistemas “sem e com zona de resfriamento”.</i>	<i>76</i>
<i>Figura 35.</i>	<i>Massa total média de pseudofrutos/planta nos sistemas “sem e com zona de resfriamento”.</i>	<i>77</i>
<i>Figura 36.</i>	<i>Varição média diária da radiação global externa e interna à casa de vegetação climatizada (Ambiente C). Média do período entre 8:30 e 17:00h. ...</i>	<i>80</i>

<i>Figura 37. Variação média diária da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR) em casa de vegetação (Ambiente A), casa de vegetação climatizada (Ambiente C) e à céu aberto (Ambiente D) sob a cobertura de tecido não tecido (TNT). Média do período entre 8:30 e 17:00h.....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 38. Variação média das temperaturas máximas no dossel das bancadas em função dos diferentes ambientes, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 39. Variação das temperaturas médias no dossel das bancadas em função dos diferentes ambientes, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 40. Variação média das temperaturas máximas no dossel das bancadas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.</i>	<i>83</i>
<i>Figura 41. Variação média das temperaturas mínimas no dossel das bancadas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.</i>	<i>84</i>
<i>Figura 42. Variação média das temperaturas máximas de bulbo úmido dentro das bancadas e das soluções nutritivas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.</i>	<i>85</i>
<i>Figura 43. Variação média das temperaturas mínimas no dossel das bancadas e das soluções nutritivas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 44. Variação média das temperaturas mínimas dentro das bancadas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 45. Teor médio de sólidos solúveis totais nos pseudofrutos em função dos diferentes sistemas.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 46. Efeito sobre o crescimento das raízes em bancadas sem (a) e com (b) zona de resfriamento.</i>	<i>91</i>
<i>Figura 47. Análise da área exposta da raiz através da imagem digitalizada.....</i>	<i>91</i>
<i>Figura 48. Variação média da área exposta de raiz em função dos diferentes tratamentos com e sem zona de resfriamento.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 49. Variação média da área exposta de raiz em ambiente a céu aberto.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 50. Variação média da área exposta de raiz em ambiente protegido.....</i>	<i>93</i>

Figura 51.	<i>Efeito de fotoperíodo controlado no número médio de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Sweet Charlie”; período analisado de 26/01 a 22/04.....</i>	96
Figura 52.	<i>Efeito de fotoperíodo controlado no número médio acumulado de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Sweet Charlie” ; período analisado de 26/01 a 22/04.</i>	97
Figura 53.	<i>Efeito de fotoperíodo controlado no número médio acumulado de estolhos por planta, na cultivar “Sweet Charlie”; período analisado de 26/01 a 22/04.....</i>	98
Figura 54.	<i>Efeito do controle de fotoperíodo sobre a planta de morangueiro cultivada em casas de vegetação climatizada, para manutenção da indução floral durante o período de entressafra.....</i>	98
Figura 55.	<i>Aspecto das plantas durante a produção em 30/03/2004.</i>	100
Figura 56.	<i>Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Sweet Charlie”; período analisado de 26/01 a 23/02.</i>	102
Figura 57.	<i>Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio acumulado de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Sweet Cahrlie”; período analisado de 26/01 a 23/02.....</i>	103
Figura 58.	<i>Efeito do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio estolhos por planta, na cultivar “Sweet Chalie”; durante o período de 26/01 a 23/02.....</i>	104
Figura 59.	<i>Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Seascape”; período analisado de 26/01 a 23/02.....</i>	105
Figura 60.	<i>Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio acumulado de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Seascape”; período analisado de 26/01 a 23/02.....</i>	106

<i>Figura 61. Efeito do controle de fotoperíodo precedido da vernalização no número médio estolhos por planta, na cultivar “Seascape”; período analisado de 26/01 a 23/02.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura 62. Vernalização das mudas de morangueiro em câmara fria com temperatura e fotoperíodo controlado por lâmpadas.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura 63. Planta da cultivar Sweet Charlie com o tratamento “controle de fotoperíodo antes da vernalização”, em fase produtiva.....</i>	<i>109</i>

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	<i>Relação entre a resistência à tração e peso específico (GHAVAMI, 1992).</i>	<i>11</i>
Tabela 2.	<i>Quantidades em volume dos nós, internódios e vazios em colmos de três espécies de bambu⁽¹⁾, em porcentagem (%) (AZZINI et al.,1990).....</i>	<i>15</i>
Tabela 3.	<i>Temperatura média em casa de vegetação com ou sem sistema “meio poroso-ventilador” comparadas com as temperatura ambiente (adaptado de Carpenter e Wills, citado por MASTARLEZ, 1977).....</i>	<i>18</i>
Tabela 4.	<i>Temperatura em casa de vegetação com resfriamento por nebulização em alta pressão comparado com uma casa de vegetação sombreada e ventilação natural. (Kalbfleisch, citado por MASTARLEZ, 1977).....</i>	<i>24</i>
Tabela 5.	<i>Vantagens e desvantagens do método meio poroso-ventilador.</i>	<i>25</i>
Tabela 6.	<i>Vantagens e desvantagens do método de resfriamento por nebulização.....</i>	<i>26</i>
Tabela 7.	<i>Teste de carga pontual em quilograma (kg) num pórtico transversal com três variações e distribuição do peso em sete pontos.</i>	<i>44</i>
Tabela 8.	<i>Teste de carga pontual em quilograma (kg) num pórtico longitudinal com três variações e distribuição do peso em seis pontos.....</i>	<i>44</i>
Tabela 9.	<i>Concentração da solução nutritiva usada por FERNANDES JUNIOR (2001)..</i>	<i>53</i>
Tabela 10.	<i>Diferentes respostas dos valores médios obtidos das variáveis analisadas em função dos diferentes tratamentos.....</i>	<i>79</i>
Tabela 11.	<i>Radiação fotossinteticamente ativa coletada à céu aberto e em casa de vegetação climatizada em 19/02/2004 às 12:00 h.</i>	<i>81</i>
Tabela 12.	<i>Valores médios das variáveis analisadas em função dos diferentes tratamentos.....</i>	<i>87</i>
Tabela 13.	<i>Valores médios das variáveis analisadas em função dos tratamentos com e sem controle de fotoperíodo, na cultivar “Sweet Charlie”, durante o período de janeiro à abril.....</i>	<i>95</i>
Tabela 14.	<i>Valores médios das variáveis analisadas em função dos tratamentos com e sem controle de fotoperíodo antes da vernalização das mudas, cultivar “Sweet Charlie”, durante o período de 26/01 à 23/02/2004.....</i>	<i>104</i>

Tabela 15.	Valores médios das variáveis analisadas em função dos tratamentos com e sem controle de fotoperíodo antes da vernalização das mudas, cultivar “Seascape”, durante o período de 26/01 a 23/02/2004.....	107
Tabela 16.	Anova da Figura 26- Variação média da elevação da viga nos diferentes pontos de medição em função da carga aplicada no pórtico transversal.	124
Tabela 17.	Anova da Figura 27- Variação média da elevação das vigas nos pontos de medição 4 e 5 em função das cargas, aplicadas no pórtico longitudinal.....	124
Tabela 18.	Anova da Figura 28- Variação dos deslocamentos verticais das colunas representadas pelos pontos 1, 2 e 3, média em função das diferentes cargas aplicadas no pórtico longitudinal.	125
Tabela 19.	Carga do pórtico transversal – REPETIÇÃO 1.....	126
Tabela 20.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico transversal – REPETIÇÃO 2.....	127
Tabela 21.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico transversal – REPETIÇÃO 3.....	128
Tabela 22.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,0m – FACE LESTE.....	129
Tabela 23.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,0m – FACE OESTE.	130
Tabela 24.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,5m – FACE LESTE.....	131
Tabela 25.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,5m – FACE OESTE.	132
Tabela 26.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 3,0m – FACE LESTE.....	133
Tabela 27.	Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 3,0m – FACE OESTE.	134
Tabela 28.	Anova da Figura 45- Teor médio de sólidos solúveis totais nos pseudopseudofrutos em função dos diferentes sistemas.	135
Tabela 29.	Anova da Figura 48 - Variação média da área de raiz em função dos diferentes tratamentos.	136

<i>Tabela 30. Anova da Figura 49- Variação média da área de raiz em ambiente à céu aberto.</i>	<i>136</i>
<i>Tabela 31. Anova da Figura 50 - Variação média da área de raiz em ambiente protegido.</i>	<i>137</i>
<i>Tabela 32. Anova da Tabela 13. Efeitos do fotoperíodo controlado, sobre a massa fresca média de pseudofrutos (g) (A), o número médio de pseudofrutos (B) e o número médio de estolhos (C) por planta sobre a cultivar de morangueiro Sweet Charlie produzida em hidroponia NFT em casa de vegetação climatizada, ao longo do período analisado (01/01 a 22/04/2004).</i>	<i>137</i>

LISTA DE ABREVIATURAS

CEPAGRI	Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura
DFFFA	Densidade de Fluxo de Ftons Fotossinteticamente Ativos
DAP	Dias Após Plantio
DAT	Dias Após Transplântio
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
EVA	Etil Vinil Acetato
FEAGRI	Faculdade de Engenharia Agrícola
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
NFT	Nutrient Film Technique (técnica do fluxo laminar)
PAR	Radiação Fotossinteticamente Ativa
PDC	Probabilidade da Distribuição Cumulativa
SEACF	Seascape Com controle de Fotoperíodo
SEASF	Seascape Sem controle de Fotoperíodo
SUR	Sistema Único de Resfriamento
SIDAR	Sistema de Determinação de Área foliar
SWCF	Sweet Charlie Com controle de Fotoperíodo
SWSF	Sweet Charlie Sem controle de Fotoperíodo
TNT	Tecido Não Tecido, manta de polipropileno
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
WB	Waiting Bed (mudas preparadas em canteiros de espera)

RESUMO

O uso da tecnologia do cultivo protegido e hidroponia no Brasil para a produção de hortaliças e plantas ornamentais passou por diversas fases de adaptação, visando sempre a atender às necessidades de oferta e qualidade dos produtos com a preocupação de se minimizar os custos de produção e os efeitos negativos do clima. A grande maioria destas adaptações partiu da iniciativa dos próprios agricultores, utilizando-se de diferentes materiais e outros artifícios para contornar problemas do seu dia-a-dia.

Com os objetivos de analisar o sistema construtivo de estrutura de bambu para utilização em casa de vegetação e testar diferentes sistemas de controle ambiental, visando à produção na entressafra do morangueiro. Foram realizados cinco experimentos na área do campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP, no período compreendido entre Fevereiro de 2002 e Janeiro de 2004.

No primeiro experimento testou-se o uso de vigas e colunas contruídas com de colmos de bambu da espécie *Bambusa tuldoides* Munro. As vigas e colunas foram estruturadas com espaçadores de plástico, especificamente desenhados para facilitar e padronizar a construção, conferindo-lhe maior resistência e estabilidade. Foram avaliados três espaçamentos entre colunas (2,0, 2,5 e 3,0m) sob diferentes esforços de carga, dos quais o melhor resultado foi obtido com o espaçamento de 2,5m.

Nos outros experimentos o objetivo foi estudar o controle ambiental aplicado ao cultivo do morangueiro para produção na entressafra no Estado de São Paulo, cultivado em sistema NFT e aeroponia sem e com zona de resfriamento. Foram avaliados: massa fresca de cada pseudofruto/planta e massa total de pseudofrutos/planta, número de pseudofrutos e de estolhos/planta. Utilizou-se as cultivares: Campinas; Sweet Charlie; Seascape; Oso Grande e Tudla. Também foi analisado o microclima gerado pelos sistemas aeropônicos

A produtividade dos sistemas aeropônicos sem e com resfriamento foi inexpressiva, porém influenciaram sobre a temperatura da solução nutritiva e do microclima dentro das bancadas. Os tratamentos envolvendo o controle de fotoperíodo e vernalização promoveram a produção durante o período de entressafra.

PALAVRAS-CHAVES: Fotoperíodo; Aeroponia; Material Alternativo; Bambu; Fragaria x ananassa Duch..

ABSTRACT

The use of the hydroponic technology and the Brazilian horticulture and ornamental plants had many different phases of adaptation and always looking for the necessity to offer and the quality of the production with the concern to minimise the production cost. Also to at the negative effects of the climate. The majority of these adaptations start with the farmers and they used different materials to fix their day to day problems.

With the objective to analyse the constructive system of the bamboo structure for use in the vegetation house and to test different environmental control systems with the aim to look at the production between the harvest of the strawberry plants. In the period between February 2002 and January 2004 five experiments of this type were carried out at the experimental station at the College of Agricultural/Unicamp Engineering.

In the first experiment they tested the use of beams and columns of colmos of *Bambusa tuldoidea* Munro species of bamboo. The beams and columns had been structured with plastic spacers specifically made to standardize the construction, due to greater resistance and stability. Three spaces between columns (2,0, 2,5 and 3,0m) under different load efforts had been evaluated, and the best result was obtained with the spacing of 2,5m.

In the other experiments the objective was to study the ambient temperature control applied to the culture of the strawberry plants for production in the period between harvests in the state of São Paulo, cultivated in NFT system and aeroponics with and without and a cooling zone. They had evaluated cool and total mass of fruit/plant, the number of fruits and stolon/plant. The varieties used had been: Campinas; Sweet Charlie; Seascape; Oso Grande and Tudla. The microclimate generated for the aeropônico system with cooling zone was also analyzed.

The treatments involving the control of photoperiod had promoted the production during the period of period between harvests. Despite the aeroponics systems with and without cooling, produced during the period between harvests, the productivity was good, however they had influenced inside on the temperature of the nutritional solution and the microclimate of the different plant groups.

KEY WORDS: Photoperiod, Hydroponics, Alternative material, Bamboo, *Fragaria x ananassa* Duch..

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Nos países desenvolvidos o cultivo de hortaliças, flores e plantas ornamentais em ambiente protegido é amplamente utilizado. Alguns países em desenvolvimento estão demonstrando forte aptidão para a utilização deste tipo de cultivo na produção da maioria dos produtos comercializados nos grandes centros consumidores aplicando, na maioria das vezes, tecnologias oriundas dos países com tradição em cultivo protegido.

O Brasil vivenciou três fases do cultivo protegido para produção de hortaliças, sendo a primeira com o uso de casa de vegetação, “estufa”, propriamente dita, como armazenadora de calor, obtendo sucesso durante o período de inverno na região sul do país e cinturão verde do estado de São Paulo (KUMAGAIA, 1989; SALVETTI, 1993).

Os modelos aplicados nessa primeira fase geraram condições de temperatura e umidade relativa do ar ideais para o desenvolvimento de pragas e doenças, em função da baixa eficiência da ventilação natural e do desconhecimento das técnicas de manejo das mesmas (PICANÇO E MARQUINI, 1999).

O uso desta tecnologia de cultivo, fundamental para aumentar a qualidade e produção, associado à introdução de mais um sistema de produção, a hidroponia, criou a necessidade da qualificação dos agricultores para acompanhar esta evolução tecnológica, além da necessidade de capital para adquiri-las.

O Brasil possui uma grande variabilidade climática, segundo WASCAM (1989), portanto apresentando condições para produzir a maioria dos produtos (hortaliças e ornamentais) mais importantes, cultivados em ambiente protegido no mundo e em alguns casos com menores custos de investimentos.

A dificuldade maior de produção está em função da localização das áreas de cultivo e dos grandes centros consumidores que, na maioria das vezes, encontra-se em regiões não aptas aos cultivos pretendidos, onde o clima torna-se o principal fator limitante, necessitando o desenvolvimento de tecnologias adaptadas para situações de clima tropical e não as estudadas nos países desenvolvidos, na maioria de clima temperado. Como consequência desta dificuldade deu-se o início da segunda fase, observando-se a necessidade de modificar os desenhos das estruturas de maneira a favorecer um maior controle do ambiente interno,

construindo-se estruturas com pé-direito mais elevado e novos modelos que favoreciam a ventilação natural, além do uso de telas de sombreamento e de nebulização.

A fase atual envolve o controle do ambiente interno, buscando-se o máximo de produção por unidade de área e volume. Nesse caso, são fatores decisivos, a luz e os níveis de CO₂ da atmosfera interna da estrutura, associados ao uso da automação para o controle de equipamentos e o correto manejo da estrutura, que são peculiares para cada modelo de estrutura utilizado e a cultura produzida (CARMO JÚNIOR et al., 2000; SEGINER et al., 1997).

Observou-se no Brasil um rápido crescimento do cultivo protegido de hortaliças no início da década de 90, onde estimativas apontavam uma área de cultivo protegido com cerca de 2000 ha, com taxa anual de crescimento de 30%, sendo estimada para a virada do milênio em 20.000 ha (DELLA VECCHIA e KOCH, 1999). Este crescimento foi desordenado e sem um domínio da tecnologia do cultivo protegido que propiciou vários casos de insucessos, levando muitos a abandonar a atividade após algum tempo (FONTES, 2000). Como exemplo, a construção de modelos de estruturas inadequados às condições climáticas peculiares de cada local, o aumento da salinidade do solo, o uso inadequado da irrigação, o favorecimento ao desenvolvimento de pragas e doenças após sua instalação, a falta de planejamento do investimento e da produção etc. (FONTES, 2000; GOTO e TIVELLI, 1998; GOTO e DUARTE FILHO, 1999).

Todos os casos citados acima são fruto da falta de conhecimento na aplicação de tal tecnologia, principalmente por produtores que nunca tiveram contato com o sistema, desconhecendo suas exigências ou por não possuírem aptidão, porém cativados pela falsa idéia de um processo quase milagroso, mais rentável, mais fácil e sem limitações, e melhor, investiram muito na aquisição de estruturas de proteção e equipamentos de irrigação, porém não obtendo os resultados esperados (FONTES, 2000).

Outro fator que se deve levar em consideração é a condição sócio-econômica dos produtores, principalmente o pequeno produtor, não adaptado à tecnologia e que não possui condições financeiras para iniciar na atividade, necessitando utilizar materiais alternativos de baixo custo e de fácil aplicação, de maneira que possam evoluir em compasso com a sofisticação das estruturas e a tecnologia do cultivo protegido, reconhecendo sua aptidão de local (comercialização, clima) e principalmente humana para sua utilização, com sucesso, do cultivo protegido. Em consequência disto, observam-se várias estruturas abandonadas, os

produtores descapitalizados e desconfiantes, denegrindo assim, a imagem do cultivo protegido (BRANDÃO FILHO e CALLEGARI, 1999; FONTES, 2000; GOTO e TIVELLI, 1998; MARTINS, 1996).

Diversas empresas atualmente comercializam estruturas de proteção de diferentes modelos e custos, porém, o pequeno produtor que ainda não utiliza a tecnologia do cultivo protegido, necessita de uma estrutura que possibilite a utilização de materiais alternativos encontrados na própria propriedade, como é o caso do bambu, a fim de diminuir os custos de instalação.

Por ser o bambu um material muito versátil, largamente utilizado nos países asiáticos e latinos como material de construção e encontrado comumente nas propriedades agrícolas, torna-se uma opção interessante como matéria-prima para o estudo e desenvolvimento de casas de vegetação. Possui ainda muitas outras características, destacando-se seu rápido crescimento e rusticidade (GHAVAMI, 1992; LÓPEZ, 1974).

A primeira parte do presente trabalho teve como proposta o uso de vigas e colunas de colmos de bambu da espécie *Bambusa tuldoides* Munro, como elemento construtivo da casa de vegetação, estruturadas com espaçadores de plástico especificamente desenhados para facilitar e padronizar a construção, conferindo-lhe maior resistência e estabilidade. A casa de vegetação foi desenhada de maneira a facilitar a diminuição da temperatura interna através de lanternins e grandes aberturas laterais.

Na hidroponia, tecnologia associada ao cultivo protegido, também foi observado uma situação parecida à relatada com a introdução do uso de casas de vegetação, pois não se dominava totalmente a tecnologia e o crescimento em toda cadeia produtiva, desde a produção de mudas até o tratamento pós-colheita, com os produtores hidropônicos se enveredando pelo caminho da produção sem embasamento científico e sem suporte para solucionar problemas únicos ocorridos em ambientes de clima tropical. Como conseqüência, a demanda de pesquisas na área abre uma grande lacuna entre a solução para os problemas que têm surgido e a pesquisa gerada pelas universidades e pelos órgãos de pesquisa (COMETTI, 2003).

Alguns aspectos foram problemáticos para o estabelecimento de uma boa produção, principalmente os relacionados à produção de mudas (substratos inadequados); qualidade dos adubos; manejo do sistema (condutividade elétrica e pH da solução nutritiva, etc.), temperatura no interior das casas de vegetação e da solução nutritiva, pois dependendo do sistema, se eleva além dos limites recomendados, principalmente durante o verão, ocorrendo o

aparecimento de problemas de ordem fitossanitária e nutricional em função da alta temperatura na região radicular conforme relatado por PEREIRA e MARTINEZ (1999).

No Brasil, ainda são escassas as informações relativas ao efeito do micro-clima gerado pelas casas de vegetação, sob o ponto de vista das variáveis climáticas e seus efeitos sobre o desenvolvimento das culturas (FRISINA e ESCOBEDO, 1999). Mesmo em regiões de clima temperado durante as épocas mais quentes do ano e na maioria das regiões produtivas do mundo, observou-se a necessidade de se evitar também as altas temperaturas geradas no interior destas estruturas, que apesar de seus efeitos serem menos danosos à produção, podem interferir na expressão máxima dos potenciais genotípicos de algumas culturas através de reações fisiológicas negativas (BAILEY, 1990; GIACOMELLI e ROBERTS, 1989; LEAL, 1992; NISHINA et al., 1995; WASCAMAM, 1989).

A segunda parte do presente trabalho teve como proposta o cultivo hidropônico (NFT- Nutrient Film Technique e Aeroponia) do morangueiro, utilizando-se do controle fotoperiódico; da exposição ao frio (vernalização) e da zona de resfriamento radicular, para a aclimação das plantas, a fim de avaliar a resposta sobre a produtividade.

Dentre os sistemas citados, cabe ressaltar que a zona de resfriamento se propõe, a criar condições ambientais adequadas para o desenvolvimento da planta conforme proposto por NISHINA et al. (1995), minimizando os problemas de produção em condições de altas temperaturas, fator limitante atualmente para o cultivo hidropônico, principalmente pela baixa disponibilidade de oxigênio para a raiz (GARZOLI, 1989; LEE e TAKAKURA 1995).

Utilizou-se para teste deste sistema a cultura do morangueiro, por ser uma planta exigente em temperatura amena, visando a produção de morango durante o período de entressafra, com os experimentos realizados no período de janeiro a abril de 2004.

2. OBJETIVOS

- Analisar diferentes sistemas de controle ambiental visando à produção de entressafra do morangueiro cultivado em sistema hidropônico tipo NFT e em aeroponia modificada com zona de resfriamento.
- Avaliar o sistema construtivo de estrutura de bambu para utilização em casa de vegetação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Os sistemas de produção vegetal

Um dos grandes desafios da interferência do homem na produção agrícola é o controle do ambiente. As diferentes condições climáticas já podem ser controladas com o uso de estruturas de proteção genericamente chamadas de estufas, incluindo casa de vegetação e túneis de cultivo forçado, recobertos com um material transparente e impermeável ou ripado e viveiros com telas plásticas para sombreamento. Desta forma, o agricultor pode modificar o clima no lugar cultivado, criando condições necessárias para o cultivo que se deseja implantar, através do manejo adequado, interferindo na temperatura, luminosidade, umidade relativa do ar e composição atmosférica da mesma (CASTILHO, 1989). Tais condições permitem contornar vários aspectos negativos tais como: disseminação de doenças, lixiviação de nutrientes, danos mecânicos às plantas, entre outras (GOTO e TIVELLI, 1998; ZONTA e MARY, 1999). A técnica de proteger os cultivos contra condições climáticas extremas foi sendo desenvolvida em diversas regiões. A partir dos anos 40, sua aplicação tem sido o fator mais decisivo e polivalente no desenvolvimento da agricultura, onde já se esgotou o uso de métodos convencionais para a obtenção de maiores produtividades, principalmente em locais de clima frio, difundindo-se destas regiões para as tropicais, passando inclusive pelas desérticas (ARAÚJO, 1989; CASTILHO, 1989; GARZOLI, 1989; SGANZERLA, 1989).

As estruturas de proteção sofreram modificações, visto que o objetivo, que anteriormente era a proteção contra o frio, passou a ser a minimização e/ou atenuação de outros fatores climáticos típicos tais como excesso de calor e/ou as precipitações e o vento (ARBEL et al., 1990; RAULT, 1988).

A evolução desse tipo de sistema de cultivo pode ser distinguida em termos de evolução em "mulching" (cobertura de canteiros) \Rightarrow ripados e viveiros \Rightarrow túnel de cultivo forçado e túnel alto \Rightarrow estufas \Rightarrow casa de vegetação \Rightarrow fitotrons. À medida que se segue o esquema na escala de condução de cultivos, tem-se maior capacidade de interferir nos fatores de desenvolvimento das plantas (água, umidade relativa do ar, temperatura, O₂ e CO₂ e nutrição mineral) (ZONTA e MARY, 1999).

A plasticultura (designação para o uso do plástico na agricultura) tem mudado o hábito de consumidores, bem como a política econômica dos países onde é utilizada, reduzindo as importações de alimentos e favorecendo uma nutrição mais completa e racional. Também pode ser considerada como um importante fator comercial, pois oferece aos produtores novas opções de cultivo com maior rentabilidade, assegurando o crescimento da produção e a fixação do homem no campo, além de viabilizar a atividade agrícola em áreas periféricas aos grandes centros urbanos através da produção intensiva em pequenas áreas (ALPI e TOGNONI, 1978; CASTILHO, 1989; CERMEÑO, 1977; SGANZERLA, 1989).

3.2. Utilização de casa de vegetação para cultivo forçado

A utilização do plástico para fins agrícolas no Brasil teve início em 1970, restringindo-se basicamente à produção de flores em casa de vegetação no Estado de São Paulo ou como cobertura morta para o cultivo do morangueiro e em proteção de viveiros de mudas. Na maioria dos casos os produtores eram de colônias japonesa ou holandesa, que importavam as técnicas de seus países de origem (SALVETI, 1993).

Um grande avanço da difusão da plasticultura teve início em 1984, com o projeto São Tomé no Rio Grande do Sul, elaborado pelo Departamento de Assistência Técnica e Desenvolvimento da Petroquímica Triunfo S.A. e EMATER, com o objetivo de levar as técnicas da plasticultura para os horticultores, obtendo total êxito (SGANZERLA, 1989).

No estado do Rio de Janeiro, destacou-se o projeto de uso de casa de vegetação de clima tropical, desenvolvido pelo Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em convênio com a empresa RACIMEC Ltda., localizada em Jacarepaguá-RJ. Testaram-se, durante o período de 1984 a 1985, as casas de vegetação da marca “Agritec[®]”, para produção de olerícolas como alface, beterraba, chicória, cenoura, couve-flor, repolho e tomate, além de plantas ornamentais (samambaias e antúrio) com resultados excelentes (MIRANDA e PEREIRA, 1984).

A horticultura é uma atividade que exige tecnologia, mão-de-obra intensiva e investimento, porém, a situação atual dos agricultores nem sempre permite que se adote técnicas mais sofisticadas, como a plasticultura. A região de Almería, na costa da Espanha, era tida como um deserto, um ambiente impróprio ao cultivo convencional, entretanto é hoje considerada a horta da Europa, graças aos investimentos e incentivos feitos pelo governo daquele país para o desenvolvimento da plasticultura no local, servindo como motivação para outros países (SGANZERLA, 1989).

As condições climáticas severas são as causas mais comuns de fracasso da utilização das estruturas de proteção. Desta forma, o desenho de estrutura tem que seguir algumas regras relacionadas às condicionantes do clima local (ELSNER et al., 2000).

O Brasil não apresenta um clima uniforme, por estar situado entre as latitudes 5°16’N e 33°45’S e longitudes 34°47’L e 73°59’O, além da desuniformidade de seu relevo e das diferentes orientações de sua costa, do qual resultam 11 tipos climáticos (WASCMAN, 1989). Nesta situação, o emprego da plasticultura deve ser diferenciado, de acordo com o clima predominante de cada região, necessitando de proteção para as plantas devido ao inverno rigoroso (geadas, ventos frios) e às intempéries de verão (chuvas e ventos fortes) (GOTO e TIVELLI, 1998; ZONTA e MARY, 1999). Nas regiões onde predomina um verão chuvoso, torna-se necessário estudar a construção de uma estrutura de proteção de plantas com o objetivo de fornecer proteção contra a forte insolação, temperaturas elevadas e principalmente, o excesso de chuvas. Portanto, o modelo torna-se diferente do utilizado na região sul do país, onde o objetivo foi possibilitar o armazenamento de calor da massa de ar, aquecido durante o dia (SGANZERLA, 1989).

Podem ser descritos quatro fatores como sendo responsáveis pela redução da temperatura em estruturas de proteção: a ventilação ou renovação do ar; a evapotranspiração

das plantas; redução da radiação solar e o uso dos sistemas de resfriamento evaporativo. Em muitos casos a ventilação natural pode ser utilizada com eficiência ou associada com sombreamento e/ou ventilação mecânica (BOILY, 1999; BOULARD e BAILLE, 1993; BAILEY, 1990; GARZOLI, 1989; MONTERO et al., 1990).

Nas condições de clima tropical é necessário que uma estrutura ofereça proteção, robustez, ventilação eficiente, custo baixo e, se possível, possibilite o abaixamento da temperatura interna em relação à externa, sanando os problemas de excesso de chuvas, ventos fortes e excesso de umidade relativa do ar. Portanto, estruturas com vão central de altura mínima de 4 m e largura com até 6 m oferecem maior eficiência para a ventilação natural (ARBEL et al., 1990; RAULT, 1988).

REIS et al. (1991), utilizando-se de casa de vegetação com a cobertura plástica de somente uma água e aberta nas laterais, obtiveram nas condições climáticas de Brasília (DF), proteção contra chuva durante o verão e também a diminuição da temperatura máxima do ar e do solo no interior da estrutura em 3,3 °C e 2,9 °C, respectivamente, em relação à temperatura ambiente.

A eficiência da ventilação natural pode ser favorecida pelo efeito chaminé, realizado através da movimentação do ar pela abertura lateral ao longo da estrutura (entrada de ar) e no vão central (saída de ar quente), cuja eficiência está relacionada à diferença de gradientes de pressão do ar na parte superior e inferior da casa de vegetação, criados devido às diferenças de densidade do ar (CERMEÑO, 1977; SGANZERLA, 1989).

BAILEY (1990) descreve o valor ideal da relação entre a abertura do lanternim no vão central com a abertura lateral como sendo $0,075 \times L$ (largura); descreve, também, a importância da diferença entre altura de entrada do ar e da saída, uma vez que esta diferença interfere no gradiente de pressão e, conseqüentemente, no maior fluxo de ar, devido ao aumento da velocidade de saída do ar aquecido.

As distâncias longitudinais entre as seções (pórticos) das estruturas variam em função do tipo de material utilizado e as cargas a serem suportadas pela estrutura, sendo as mais importantes as cargas estáticas ou permanentes, ou seja, o peso da própria estrutura, equipamentos (ventiladores, irrigação, nebulização, etc) e as cargas dinâmicas (vento, forças causadas por abertura e fechamento de janelas ou cortinas, carga de tutoramento da cultura, etc). Os espaçamentos podem variar de 2 a 4,5 m (ALPI e TOGNONI, 1978; CERMEÑO,

1977; ELSNER et al., 2000; LEAL et al., 1999; MARY, 1998; SGANZERLA, 1989; SILVA e LEAL, 1997).

3.3. Uso do Bambu como elemento estrutural

O bambu, como é vulgarmente conhecido, pertence à família *Gramineae* e sub-família *Bambusoidae*, apresentando fuste reto e presença de nós. Sua história remonta ao começo da civilização na Ásia, sendo a origem da palavra bambu, desconhecida. Apresenta mais de mil espécies espalhadas pelo mundo, encontra-se distribuído nos continentes Asiático e Americano, sendo a Ásia o maior centro de biodiversidade do bambu (BERALDO, 2002; LÓPEZ, 1974).

A utilização de materiais disponíveis localmente para realizar obras de edificação nas zonas rurais e até mesmo urbana e peri-urbana é uma estratégia para resolver alguns problemas de infra-estrutura utilizando-se materiais de construção alternativos como o bambu.

O crescente interesse pelo bambu como material alternativo para construções rurais simples em nível de pequenas propriedades está baseado em fatores estruturais pela sua leveza, resistência e flexibilidade, fácil manejo e transporte, com características específicas e peculiares diferenciadas das estruturas convencionais de madeira, uma vez que, por ser oco, possui quantidade de massa fibrosa menor otimizando sua utilização, trazendo vantagens para os momentos de inércia axial e polar (BERALDO e AZZINI, 2004; SONDY, 1940).

Dentre os variados usos do bambu, destaca-se a construção de estruturas nas áreas da engenharia civil e em zonas rurais. Em função da existência no mundo de cerca de 75 gêneros e 1250 espécies de bambus, das quais 62% são nativas da Ásia, 34% das Américas e 4% da África e Oceania, existe uma grande dificuldade para classificar e identificar botanicamente as espécies, uma vez que este tipo de vegetal floresce em intervalos de tempo muito longos (30 a 100 anos), dependendo da espécie e das condições ambientais locais (FERREIRA, 2002; LÓPEZ, 1974).

Segundo AZZINI et al. (1990), a velocidade de crescimento dos colmos de bambu é uma de suas principais características. Estudando as espécies de bambu, *Bambusa vulgaris*, *B. tuldoides*, *B. vulgaris* var. *vittata*, *Dendrocalamus giganteus* e *Guadua angustifolia*, os autores concluíram que a maior velocidade de crescimento do colmo, tanto para o valor médio (10,6

cm/dia) como máximo (22,0 cm/dia), foi observada em *D. giganteus*. Valores menores foram observados na espécie *G. angustifolia*, com velocidade média de 5,7 cm/dia e máxima de 7,9 cm/dia.

As espécies de bambu mais difundidas no Brasil são *B. tuldoides* Munro (bambu comum), *B. vulgaris* Schrad (bambu verde), *B. vulgaris* Schrad var. *vittata* (bambu imperial, amarelo), *Dendrocalamus giganteus* Munro (bambu gigante, balde) e algumas espécies do gênero *Phyllostachys* sp (cana da Índia) (AZZINI e SALGADO, 1981).

A idade do bambu para alcançar a resistência máxima quanto à flexão, tensão, compressão e desgaste está compreendida entre três e seis anos, declinando à medida em que o colmo vai secando, e a idade mais apropriada para o corte dos colmos situa-se entre dois e seis anos, dependendo da espécie e da sua aplicação final (FERREIRA, 2002; LÓPEZ, 1974).

Recomenda-se realizar o corte dos colmos nas estações de seca, em função do reduzido crescimento vegetativo e baixos teores de umidade e de açúcares em comparação com as outras estações, reduzindo assim o ataque de fungos e pragas (BERALDO e AZZINI, 2004; FERREIRA, 2002; LÓPEZ, 1974).

FERREIRA (2002) cita diversas características dos colmos de bambu, tais como: leveza, dureza, flexibilidade, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho, ideais para inúmeras aplicações tecnológicas. Isto está em função de sua estrutura anatômica, pois existe um comportamento diferenciado das células dos internós, as quais possuem orientação axial e as dos nós com interconexões transversais.

As propriedades mecânicas do bambu foram estudadas por vários pesquisadores, porém é difícil se encontrar o mesmo resultado para diferentes autores. A divergência entre valores está em função da ausência de normas para a realização dos ensaios, ficando a cargo de cada pesquisador executar o ensaio de acordo com o que achar mais apropriado. Pelo fato do bambu ser um material natural, ele é, conseqüentemente, um material heterogêneo (FERREIRA, 2002).

Devido à sua alta resistência à tração, o uso do bambu é recomendado como um material alternativo, substituindo o aço como reforço em peças de concreto. As melhores espécies para este fim são *B. vulgaris* e *D. giganteus*, respectivamente, com 170 MPa e 135 MPa de resistência à tração (GHAVAMI, 1992).

No Brasil o bambu é pouco conhecido como alternativa tecnológica para utilização como material de construção, sendo uma espécie vegetal desvalorizada e muito pouco

estudada em relação às suas características agrônômicas e tecnológicas (BERALDO e AZZINI, 2004).

Poucos estudos são feitos em relação ao bambu e a maioria deles estão focados no seu uso como elemento estrutural de concreto, solo-cimento e compósitos (partículas) visando sua utilização na construção civil (LOPES et al., 2001; MARTINS e BERALDO, 2002).

Pelos estudos realizados por AZZINI e SALGADO (1981), para se realizar o corte dos colmos de bambus devem ser seguidas as seguintes recomendações:

- Escolher colmos maduros, de coloração escura;
- Cortar o colmo rente ao solo deixando-os em pé no campo até secagem e início da queda das folhas;
- Cortar os galhos laterais e deixar os colmos secarem em local sombreado por mais trinta dias.

GHAVAMI (1992) estudando a relação entre a resistência à tração e o peso específico, para alguns materiais (**Tabela 1**), constatou que o bambu é o material que apresenta maior valor para esta relação, o que torna vantajosa a sua utilização como material de construção.

Tabela 1. Relação entre a resistência à tração e peso específico (GHAVAMI, 1992).

Material	Res. Tração σ_t (N/mm²)	Peso específico γ (N/mm³.10⁻²)	R = $\sigma_t / \gamma \cdot 10^2$	R/R_{aço=1,00}
Aço (CA 50-A)	500	7,83	0,63	1,00
Bambu	140	0,80	1,75	2,77
Alumínio	304	2,70	1,13	1,79
Ferro fundido	281	7,20	0,39	0,62

Segundo RAJ (1991), a camada externa do bambu é até duas vezes mais forte do que a camada interna, com valores médios observados de resistência à tração de 140 MPa para a camada externa e 52 MPa para a camada interna.

Vantagens e desvantagens do bambu, segundo BERALDO e AZZINI (2004) e LÓPEZ (1974), sobre a utilização do bambu como material estrutural:

Vantagens:

- Permite seu emprego em qualquer tipo de peça estrutural, desde cabos para pontes até em estruturas rígidas geodésicas e laminadas;
- Sua forma circular e sua seção oca e com septos (diafragmas), lhe garante flexibilidade e leveza, tornando-o um material de fácil transporte e armazenamento, permitindo a construção rápida de estruturas temporárias ou permanentes;
- Devido ao seu ciclo de crescimento rápido, o bambu pode ser produzido em grande escala em uma pequena área;
- O bambu é considerado um material resistente apesar de sua baixa densidade, pois suporta elevadas solicitações quando tracionado;
- Tem uma estrutura que resiste muito bem à cargas dinâmicas;
- Possui um custo muito baixo se comparado com outros materiais de construção.

Desvantagens:

- Durabilidade natural reduzida, necessitando de tratamento de preservação contra o ataque do caruncho (*Dinoderus minutus*), durando menos de 1 ano sem tratamento;
- O posicionamento paralelo dos internós dos colmos é praticamente impossível, devido à grande diferença no comprimento do colmo entre os nós;

- Variações dimensionais: a exemplo da madeira, o bambu apresenta modificação em suas dimensões quando é submetido à variações de umidade. Por não apresentar raios, o bambu fendilha-se facilmente;
- O fogo é um grande risco para o bambu;
- Ausência de normas técnicas para que o bambu possa vir a ser considerado um material de engenharia. Devem ser efetuados esforços para que sejam padronizados os testes de resistência.

3.3.1. Colheita e Preservação

A conservação do bambu se inicia com um corte adequado do colmo, somente os adultos devem ser cortados, e com idade em torno de três anos de idade, dependendo da espécie. A idade de um colmo pode ser estimada pela coloração, dependendo da espécie botânica. Sua durabilidade pode ser aumentada para 15 a 20 anos dependendo da espécie, sendo o *Guadua angustifolia* a mais durável, e utilizando-se de preservativos, tais como: impermeabilizantes, betumem, fungicidas etc.

Durante a colheita dos colmos de bambu os agentes que favorecem sua deterioração devem ser levados em consideração: umidade e ataque de insetos. Durante a época da seca estes fatores são melhores controlados, pois assim os colmos de bambu terão menos água reduzindo o ataque de fungos e insetos. Porém, o tratamento preventivo se torna necessário para a manutenção das qualidades desejadas e maior durabilidade. Alguns tratamentos são definidos por LOPES (1974) em relação a:

- Corte do colmo em função da sua idade ou grau de desenvolvimento, o qual determina a maior ou menor resistência física do bambu (dureza);
- Cura do bambu;
- Secagem do bambu;
- Tratamento com preservativos contra fungo e insetos;

- Tratamento com resinas sintéticas, para melhoramento de suas qualidades físicas.

A durabilidade natural é pequena, entre um e três anos, quando exposto à atmosfera de clima tropical, ocasionando a inutilização e freqüentes substituições do material em serviço. Uma alternativa utilizada para estocagem de bambu e minimizar o ataque de insetos e a biodegradação é a sua imersão em água, como uma forma de retirar o amido, açúcar e materiais solúveis (RAJ, 1991).

Após a colheita é necessário atentar para a secagem do bambu antes de ser utilizado, pois a retração é muito alta podendo perder em 12% de seu diâmetro e 16% de sua espessura de parede, mas esta variação pode ser reduzida pela metade quando atingida sua maturidade e mantendo-se sua umidade entre 12 e 20% (RAJ, 1991).

Os processos mais simples de tratamento e que podem ser utilizados nas zonas rurais são: banho frio, banho quente e o processo de substituição da seiva com sais hidrossolúveis. Nos processos de banho frio e quente são empregadas soluções oleosas à base de creosoto ou outros produtos similares. No de substituição de seiva devem-se empregar sais de ação fungicida e/ou inseticida, hidrossolúveis associados como: sulfato de cobre, bicromato de sódio ou potássio, sulfato de zinco e outros, sendo uma opção interessante o sulfato de cobre e o bicromato de sódio na concentração de 1,5% para cada sal (BERALDO e AZZINI, 2004).

Um fator a ser levado em consideração para o tratamento de substituição de seiva é o fato de os colmos estarem verdes por ocasião do processo, sendo que a duração do tratamento dependerá da tecnologia envolvida, podendo ser por imersão vertical dos colmos com a base recebendo a solução preservativa que será transferida por difusão e capilaridade até a outra extremidade da peça, ou por processos mecânicos mais tecnificados a base de ar comprimido, chamado método Boucherie (LÓPEZ, 2003). Outra opção de tratamento químico é a utilização de CCB (Bicromato de sódio – 0,9%, sulfato de cobre – 0,85% e ácido bórico – 0,65% + 100 ml de ácido acético) (BERALDO e AZZINI, 2004; LÓPEZ, 1974).

3.3.2. Espécie *Bambusa tuldoides*

Apesar de seu reduzido diâmetro em comparação com outras espécies como *B. vulgaris* e *D. giganteus*, respectivamente considerados como de média e de elevada dimensão,

os colmos do *B. vulgaris*, conforme dados obtidos por AZZINI et al. (1990), apresentam maior quantidade de massa fibrosa que os mencionados anteriormente (**Tabela 2**).

Tabela 2. Quantidades em volume dos nós, internódios e vazios em colmos de três espécies de bambu ⁽¹⁾, em porcentagem (%) (AZZINI et al.,1990).

Espécie	Nó	Internódio	Nó/internódio	Vazio
<i>Bambusa tuldooides</i>	5,91b	55,28a	61,99a	38,81a
<i>Bambusa vulgaris</i>	12,01a	41,31b	53,32b	46,68b
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	10,70a	35,59c	46,09c	53,91c
Dms (Tukey a 5%)	2,18	5,55	5,54	5,56
CV (%)	22,84	11,9	10,31	11,31

⁽¹⁾Médias de doze colmos.

3.4. Uso de resfriamento evaporativo em casas de vegetação

O método mais eficiente para o resfriamento de uma planta é através de sua transpiração natural realizada nos estômatos; apesar disto, se ainda não for suficiente para um bom desenvolvimento da planta, deve-se utilizar métodos artificiais para tal finalidade, sendo os métodos de resfriamento evaporativo os mais utilizados pelos produtores (SEGINER, 1994). Os sistemas de resfriamento evaporativo surgiram da necessidade de se manter uma temperatura de cultivo ideal para cada tipo de cultura, mantendo-se a produtividade e a qualidade dos produtos mesmo durante os períodos de altas temperaturas. O resfriamento evaporativo é o método mais efetivo para o resfriamento de estruturas de proteção (NISHINA et al., 1995; GARZOLI, 1989).

Existem três tipos de resfriamento evaporativo utilizados em casa de vegetação: Sistema meio poroso-ventilador (“Pad and Fan”); Sistema antecâmara com nebulização (“Pad-House”) e Sistema nebulizador com ou sem ventilador (“Fogging ou Mist”). A análise da utilização de cada sistema exige uma elaboração de projeto no sentido de se escolher e construir sistemas realmente eficientes (GARZOLI, 1989; LEAL, 1992).

A avaliação correta da eficiência de um sistema de resfriamento pode ser definida de três maneiras:

- Resfriamento absoluto;
- Uniformidade do resfriamento dentro da casa de vegetação;
- Combinação de ambos.

Caberá ao produtor a decisão de como deverá proceder para se obter uma eficiência desejada, a qual estará em função dos métodos de resfriamento existentes, avaliando o melhor regime de temperatura e umidade relativa do ar para as necessidades de seu cultivo, considerando ainda o clima local, a facilidade de utilização, as culturas produzidas e o potencial benefício do uso do resfriamento (FANG, 1995; GIACOMELLI e ROBERTS 1989).

3.4.1. Sistemas de resfriamento evaporativo para casas de vegetação

O processo físico de transferência de calor promovido pela evaporação da água permite que dois sistemas sejam aplicados em estrutura de proteção de plantas, funcionando como trocadores de calor e massa, são eles: sistema meio poroso-ventilador e ventilador com ou sem nebulizador, ambos possuem o mesmo processo termodinâmico, porém necessitando de uma justificativa econômica para serem empregados, sendo o ventilador-nebulizador mais utilizado em estruturas de grande área coberta (BUCKLIN et al., 1993; LEAL, 1992; MASTARLEZ, 1977).

“A troca de massa ocorre quando a água evapora da superfície do meio poroso para o ar, enquanto a troca de calor pode acontecer de duas maneiras. A primeira pode ocorrer quando o calor é requerido para evaporar a água durante a transferência de massa mencionada anteriormente. Este calor é chamado de calor latente de vaporização e é retirado do sistema de duas origens. A primeira origem é o ar, onde calor é removido como resfriamento evaporativo. A segunda origem é a água. Entretanto, a quantidade de calor da água que flui através do meio poroso é diminuída quando é removido deste para evaporar a água. A segunda troca de calor ocorre através da transferência de calor convectivo desde que haja um diferencial de temperatura entre a água e o ar” (LEAL, 1992, p.09).

A eficiência de resfriamento evaporativo está diretamente relacionada com o diferencial de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido. É a temperatura de bulbo úmido e não a umidade relativa do ar que determina a que temperatura o ar pode ser resfriado pela evaporação da água nas condições climáticas de cultivo, ou seja, como a temperatura de bulbo úmido está relacionada com a pressão de vapor da água no ar, pode-se utilizar o resfriamento evaporativo mesmo em regiões de alta umidade relativa, desde que exista uma grande diferença entre a temperatura de bulbo seco e a de bulbo úmido; conseqüentemente, será mais efetivo em condições de baixa umidade relativa do ar, sendo que esta condição ocorre geralmente nas horas mais quentes do dia (AUGSBURGER et al., 1980; BAILEY, 1990; BUCKLIN et al., 1993).

Não basta somente analisar as condições externas de temperatura de bulbo úmido, uma vez que alguns métodos de irrigação e cultivos com grande área foliar, podem promover o aumento da umidade relativa no interior da estrutura em relação à externa, devido à evapotranspiração (FANG, 1995).

Temperaturas de bulbo úmido podem ser determinadas através de uma estação meteorológica mais próxima ou através de um psicrômetro, lembrando que na elaboração de um projeto devem-se utilizar os dados baseados em no mínimo dez anos de observação de uma estação meteorológica local, fazendo-se uso da Probabilidade da Distribuição Cumulativa (PDC) da temperatura e umidade relativa (FANG, 1995).

3.4.2. Sistema meio poroso-ventilador (“pad and fan”)

Sistema meio poroso-ventilador consiste de um ou mais ventiladores instalados no final ou lateral da estrutura e a parede com o meio poroso úmido sempre do lado da estrutura oposto a este. Na **Figura 1** aparecem o esquema de funcionamento do sistema antecâmara com nebulização (“pad house”) e o sistema meio poroso-ventilador, respectivamente.

Para cada litro de água evaporada, 2.189 BTUs de energia de calor são absorvidos do ar pela água na mudança de líquido para vapor; com isto, o abaixamento de temperatura interna de até 12 °C, em relação ao ambiente externo, pode ser conseguido com este sistema (**Tabela 3**), ou pode-se dizer que, 1,0 g de água evaporada em 1 m³ de ar reduz a temperatura em 2,5 °C (BUCKLIN et al., 1993; GARZOLI, 1989; MASTARLEZ, 1977).

Variação deste sistema pode ser observado na **Figura 2**, onde unidades compostas de exaustor e meio poroso são colocadas no entorno da estrutura, insuflando o ar resfriado para o seu interior de maneira que o ar quente saia pela abertura zenital. Este sistema é denominado “sistema único de resfriamento” (SUR).

Tabela 3. Temperatura média em casa de vegetação com ou sem sistema “meio poroso-ventilador” comparadas com as temperatura ambiente (adaptado de Carpenter e Wills, citado por MASTARLEZ, 1977).

Temperatura ambiente	Sistema	Temperatura durante o dia (°C)			
		9:00 h	11:00 h	14:00 h	16:00 h
26,6 a 31,6 °C	Com “meio poroso-ventilador”	23,5	25,6	27,27	25,5
	Sem “meio poroso-ventilador”	26,4	30,5	34,9	33,2
32,2 a 37,2 °C	Com “meio poroso-ventilador”	26,2	28,5	29,5	28,3
	Sem “meio poroso-ventilador”	30,2	35,3	38,5	37,9
37,7 a 42,7 °C	Com “meio poroso-ventilador”	27,5	29,9	30,8	29,5
	Sem “meio poroso-ventilador”	32,9	38,0	40,8	40,9

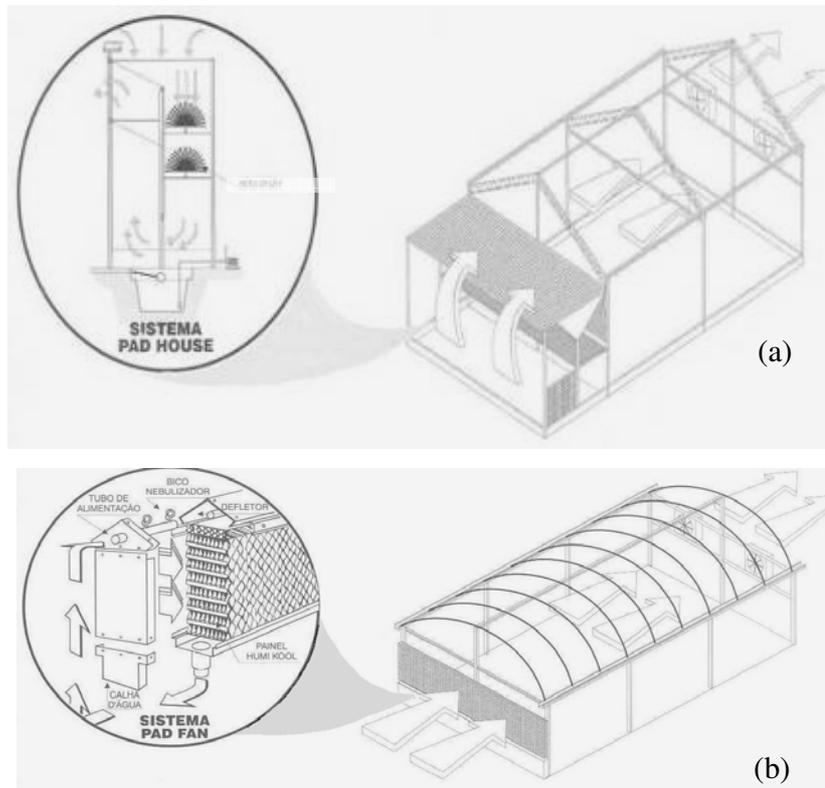


Figura 1. a) Sistema antecâmara com nebulização (Pad House); b) Sistema meio poroso-ventilador (Pad Fan) (Van der Hoeven, 1999).

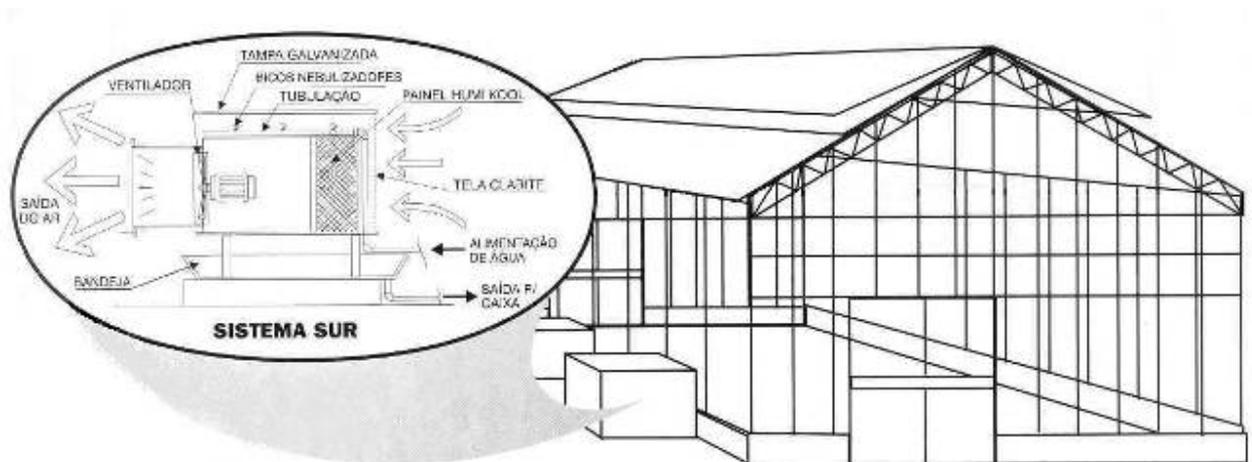


Figura 2. Sistema único de resfriamento (SUR) (Van der Hoeven, 1999).

Os ventiladores devem ser dispostos na lateral oposta a direção do vento predominante e sempre no sentido transversal da casa de vegetação (**Figura 3**).

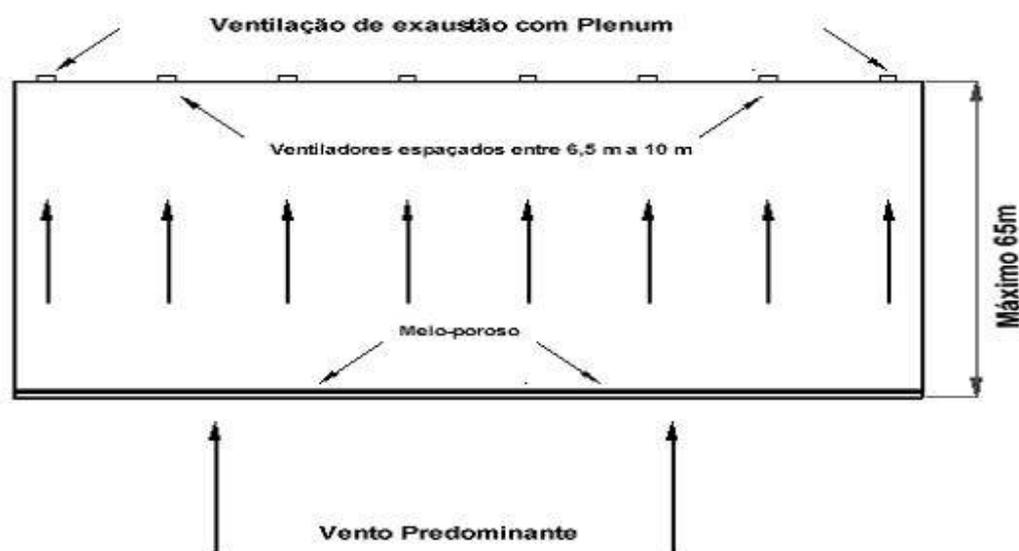


Figura 3. Disposição dos ventiladores e do meio poroso (BUCKLIN et al., 1993).

Com um sistema eficiente e bem administrado, deve-se reduzir a temperatura do ar que entra na estrutura em até 2,2°C em relação à temperatura de bulbo úmido (AUGSBURGER et al., 1980; BUCKLIN et al., 1993; MASTARLEZ, 1977).

Nos parágrafos a seguir BUCKLIN et al. (1993) descrevem a eficiência e estudo de caso para um sistema de resfriamento tipo “meio poroso-ventilador” que, projetado, instalado e operado corretamente, poderá ter uma eficiência de até 85% (**Figura 4**). A diferença entre temperatura de bulbo seco e temperatura de bulbo úmido é chamada depressão de bulbo úmido.

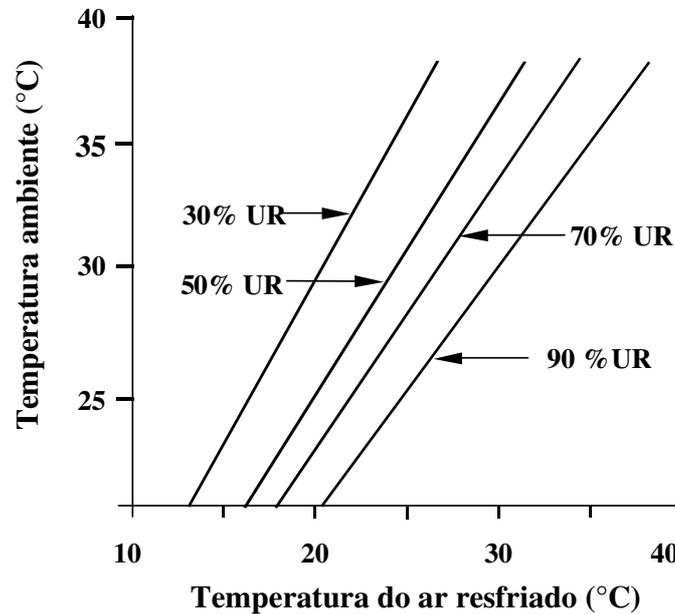


Figura 4. Potencial resfriamento com 85% por cento de eficiência (BUCKLIN *et al.*, 1993).

Um dos problemas deste sistema está relacionado à qualidade do ar de ventilação, uma vez que a presença de poeira e outras partículas aéreas podem diminuir a porosidade do material utilizado como meio poroso, diminuindo sua eficiência (LEAL, 1992).

A qualidade da água também é importante em qualquer dos sistemas de resfriamentos evaporativos; no caso do meio poroso-ventilador a salinização da parede úmida pode diminuir a eficiência do sistema (BAILEY, 1990).

Usando a carta psicrométrica (**Figura 5**) com a temperatura ar e umidade relativa externos, pode-se calcular a temperatura de bulbo úmido que, teoricamente, seria a temperatura do ar entrando no meio poroso.

Se a eficiência do sistema é 85%, então a temperatura do ar entrando no meio poroso seria a temperatura de bulbo úmido mais 15% da depressão de bulbo úmido. A **Figura 5** demonstra o que acontece com o ar com uma temperatura bulbo seco de 35 °C e com uma temperatura de bulbo úmido de 26,6 °C, sendo resfriado por meio poroso evaporativo. Se o meio for 85% eficiente, o ar será resfriado até o ponto A, ou seja, 27,7 °C. Se o meio for 70% eficiente, o ar é resfriado até o ponto B, ou seja, 29,1 °C e se o meio é 50% eficiente, o ar é resfriado até o ponto C, ou seja, 30,8 °C.

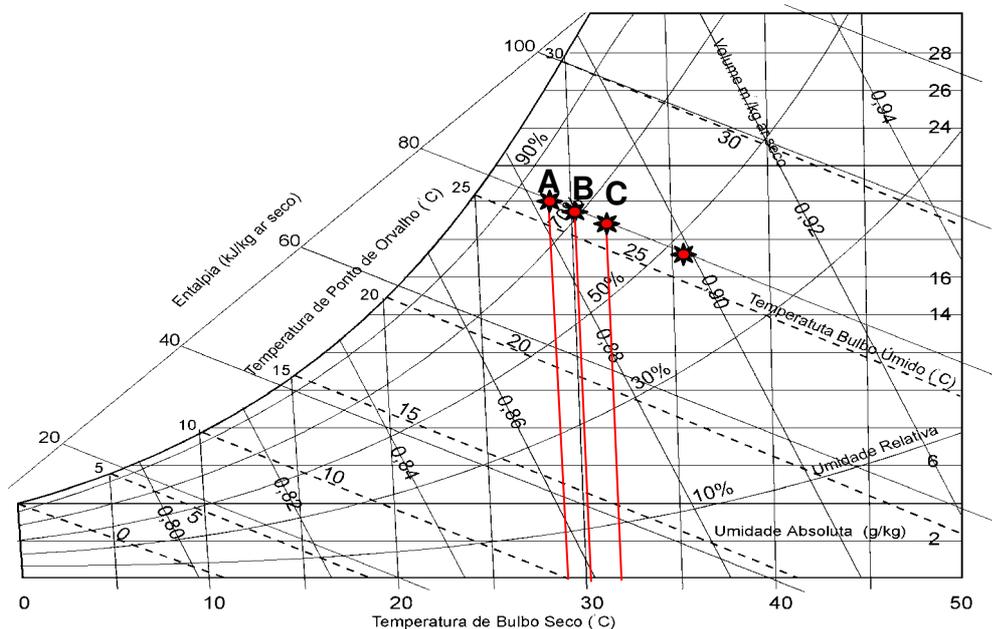


Figura 5. Carta psicrométrica demonstrando o efeito da eficiência operacional sobre a temperatura do ar resfriado em um sistema meio poroso-ventilador (Baseada em BUCKLIN et al., 1993).

A diferença de temperatura do ar ao sair do meio poroso em relação ao está próximo ao exaustor poderá aumentar em até 2,0 °C, sendo considerada normal, porém em um sistema mal conduzido este diferencial poderia ser muito maior (BUCKLIN et al., 1993). Em consequência disto, existirá um gradiente de temperatura e umidade absoluta do ar entre o meio poroso e o exaustor, que influenciará na fisiologia da planta (BAILEY, 1990).

Para se ter um resfriamento mais efetivo pode-se colocar anteparos transparentes dispostos verticalmente no sentido transversal ao fluxo de ar fresco de maneira que este ar passe ao nível do cultivo (BUCKLIN et al., 1993) (**Figura 6**).

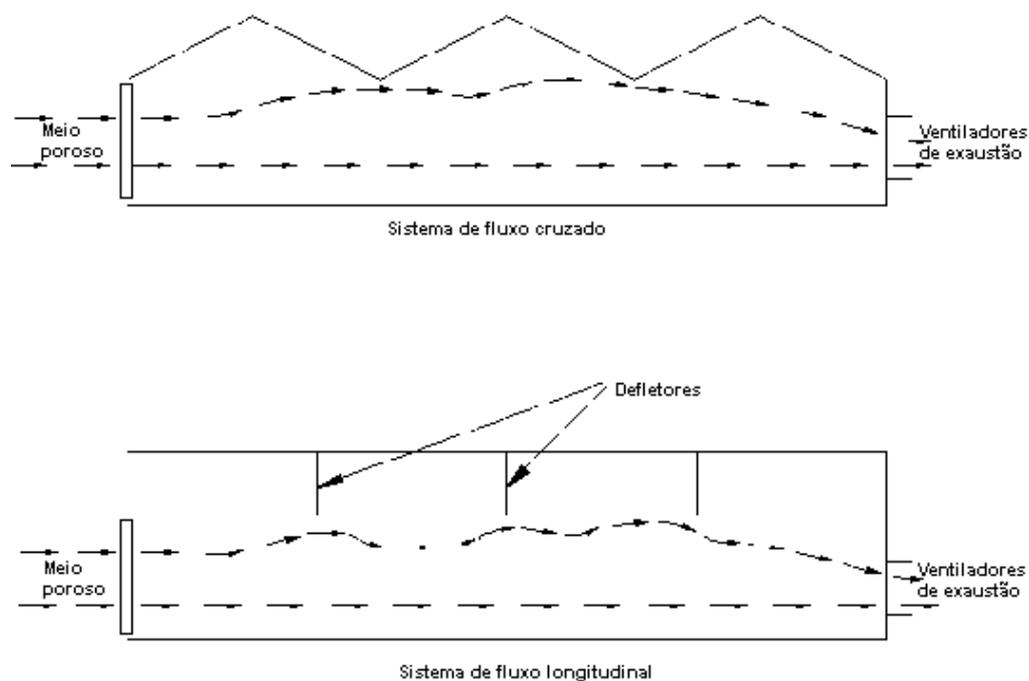


Figura 6. Anteparos para direcionar o fluxo de ar refrigerado (BUCKLIN et al., 1993).

A vazão de ar para operar o sistema está em torno de $5 \text{ m}^3/\text{s}$, porém pode-se dimensionar os ventiladores em função de cálculos através de modelos matemáticos de simulação, em função da radiação solar, temperatura e umidade absoluta do ar, transpiração das plantas etc., podendo prever, com certo grau de confiança, o comportamento destes parâmetros para avaliação em relação à elaboração de projetos (ALBRIGHT, 1984; BAILEY, 1990; BOULARD e BAILLE, 1993; FANG, 1995; GARZOLI, 1989; SEGNER, 1994).

3.4.3. Resfriamento por nebulização

Recentemente vêm sendo utilizados os sistemas de nebulização de alta pressão em estruturas de proteção. Estes sistemas podem ser projetados e operados para manter temperaturas e umidade relativa do ar mais uniformes ao longo das estruturas se comparado ao sistema meio poroso-ventilador. Os sistemas de nebulização são mais caros que o sistema meio poroso-ventilador, mas quando se deseja maior uniformidade na temperatura e o alto

nível de umidade relativa, estes podem ser os melhores métodos de resfriamento evaporativo (BUCKLIN et al., 1993).

É o mais eficiente dentre todos os métodos de resfriamento evaporativo; consiste na evaporação da água com partículas de tamanho muito pequeno, 10 µm, geradas por bicos nebulizadores de alta pressão em uma mistura de ar e água com pressão de serviço em torno de 600 e 300 kPa, respectivamente. Os bicos são distribuídos no alto da estrutura ou como no sistema “pad house” onde o resfriamento do ar é feito em uma câmara antes de entrar na estrutura (FANG, 1995; MONTERO et al., 1990; VERLODT et al., 1990). Esse método não exige necessariamente o uso de ventilação forçada, porém melhores resultados são obtidos com taxas de 1 troca de ar/minuto e uma vazão de água de 1,2 L/minuto (GIACOMELLI e ROBERTS, 1989).

A associação de métodos pode ser utilizada para o efeito desejado, podendo-se obter diferenças de até 14,0 °C em relação ao ambiente, quando consorciado o sistema de nebulização com alta pressão ao sistema meio poroso-ventilador (**Tabela 4**) (BAILEY, 1990; GARZOLI, 1989; MASTARLEZ, 1977; MONTERO et al., 1990).

O sombreamento também pode ser utilizado em consórcio com os sistemas de resfriamento evaporativo. Em simulação, quando utilizado com o sistema de nebulização, a altas taxas de ventilação teve pouco efeito na temperatura do ar dentro da estrutura; entretanto sem os sistemas de resfriamento e com baixas taxas de trocas de ar o sombreamento se torna muito eficaz (MONTERO et al., 1990).

Tabela 4. Temperatura em casa de vegetação com resfriamento por nebulização em alta pressão comparado com uma casa de vegetação sombreada e ventilação natural. (Kalbfleisch, citado por MASTARLEZ, 1977).

Fluxo radiante (gramas. cal. min ⁻¹)	Temp. ambiente (°C)	Temp. casa de vegetação sombreada e ventilação Natural (°C)	Temp. casa de vegetação nebulização alta pressão + meio poroso-ventilador (°C)	U.R. ambiente (%)	U.R. casa de vegetação refrigerada (%)
0,58	27,8	33,3	24,4	71	90
1,31	27,8	33,8	27,1	85	98
1,43	35,0	43,3	29,4	40	82

Outros métodos baseados no resfriamento evaporativo podem ser utilizados dependendo das condições climáticas locais de cada região, como exemplo, o realizado na Estação Experimental de Smida em El Khebeyet, região com clima de deserto com umidade relativa do ar entre 25 a 30%. Neste experimento foram utilizadas cortinas com 50 cm de largura, penduradas ao longo da estrutura e umidificadas por tubo poroso de irrigação, sendo a evaporação realizada pela ventilação natural com 7,0 % de abertura em relação à área coberta, permitindo uma redução de 2,0 a 2,5°C (VERLODT et al., 1990).

Na **Tabela 5** e na **Tabela 6** estão demonstradas algumas vantagens e desvantagens do sistema de meio poroso-ventilador e nebulização, respectivamente.

Tabela 5. Vantagens e desvantagens do método meio poroso-ventilador.

MEIO POROSO - VENTILADOR	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Possibilidade da manutenção de temperaturas entre 20 e 30 °C durante o período verão.	Alto custo inicial de investimento.
Produção com alta qualidade durante o ano todo.	Necessidade de vedação da estrutura.
Manutenção da programação de cultivo.	Formação de algas e salinização do meio poroso.
Permite cultivo com alta intensidade luminosa.	Possibilidade de desuniformidade do cultivo em estrutura com grandes dimensões e mal dimensionadas.
Redução do número de irrigação.	Manutenção dos equipamentos envolvidos no sistema.
Melhor controle de pragas.	Aumento da umidade relativa do ar.
Maior conforto térmico para os trabalhadores.	Pouco eficiente durante o período noturno e em clima com alta umidade relativa do ar.

Fonte: Baseada em ALBRIGHT, 1984; BAILEY, 1990; BOULARD e BAILLE, 1993; BUCKLIN et al., 1993; FANG, 1995; GARZOLI, 1989; SEGNER, 1994.

Tabela 6. Vantagens e desvantagens do método de resfriamento por nebulização.

NEBULIZAÇÃO	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Alta eficiência.	Necessidade de alta qualidade da água.
Melhor uniformidade de temperatura e umidade.	Necessidade de alta pressão da bomba.
Pode ser instalado em qualquer tipo de estrutura.	Necessidade de alta qualidade dos atomizadores.
A estrutura não necessita ser toda vedada.	Alto custo inicial e operacional.
Pode ser utilizado sem o uso de ventilação forçada.	Indispensável o uso de ventilação forçada quando a ventilação natural for deficiente.

Fonte: Baseada em FANG, 1995; GIACOMELLI e ROBERTS, 1989; MONTERO et al., 1990; VERLODT et al., 1990.

Diante do exposto, o produtor, antes de optar pelo sistema evaporativo de resfriamento, deverá, segundo FANG (1995), primeiramente se questionar sobre:

- Qual a disponibilidade de investimento para utilização do resfriamento?
- Qual é a limitação para utilização do resfriamento em função do clima local e a eficiência do sistema?
- Qual tipo de cultivo pode ser produzido no ambiente controlado?

3.5. Hidroponia

Uma das opções de cultivo em condições adversas é a utilização da técnica da hidroponia, pois pode permitir a produção em épocas de entressafra, explorando os melhores preços do produto em função da sazonalidade de produção da cultura, antecipando e/ou estendendo o período de colheita, mesmo em regiões com ou sem aptidão para o cultivo (CASTELANE e ARAÚJO, 1994; GUSMÃO, 2000).

A hidroponia é uma técnica que já conquistou espaço entre os agricultores brasileiros e também entre as pessoas sem tradição agrícola, que desejam optar por outra fonte de renda.

No entanto, vários casos de insucessos foram observados tendo-se como os principais fatores: a) a tecnologia ainda não estar totalmente dominada durante sua introdução; b) fertilizantes de qualidade duvidosa; c) formulação e manejo não adequados da solução nutritiva; d) condições climáticas adversas ao cultivo (com temperaturas muito altas etc.). Dentre estes fatores citados, o clima tropical tornou-se um fator limitante para o uso da hidroponia, ocorrendo diminuição da qualidade dos produtos e, em muitos casos, perdas totais de produção. O sistema mais utilizado no Brasil é o NFT (Nutrient Film Technique), o qual tem ganhado destaque na produção de hortaliças, dentre os vários sistemas disponíveis, pelas suas vantagens de praticidade e eficácia na produção (COMETTI, 2003; FURLANI et al., 1999).

A temperatura da solução nutritiva é considerada a maior causa de instabilidade durante a produção e a qualidade do produto cultivado, segundo Itagi (citado por LEE e TAKAKURA, 1995). Em locais de temperaturas altas durante o período de verão, o sistema NFT pode provocar o aumento excessivo da temperatura na região radicular. Esse fato despertou o interesse de MATTOS et al. (2001), que observaram um aumento da massa de matéria fresca da alface, quando da comparação de diferentes materiais de cobertura das bancadas com este sistema, uma vez que as diferenças entre as médias de temperaturas máximas do ar no interior dos canais de cultivo no início de desenvolvimento da cultura foi maior do que 6,8 °C, em relação à temperatura no interior da estufa.

Para a cultura do morangueiro, a temperatura na região da raiz não pode ultrapassar 30 °C (DONNAN, 1997).

Dentre os sistemas de produção que mais se adaptam às condições de clima tropical estão o “floating¹” e a “aeroponia²”, por permitirem maior estabilidade da temperatura ideal da solução nutritiva. Porém, as desvantagens para aplicação destes sistemas no Brasil são o alto

¹ Sistema onde a raiz da planta fica submersa em uma lâmina de solução nutritiva entre 20 a 50 cm com circulação e aeração realizada por sistema moto-bomba/venturi ou ar comprimido (JONES, 1983).

² A aeroponia é definida pela Sociedade Internacional para Soilless Culture (STEINER, 1976) como um sistema onde raízes são mantidas em um ambiente que é contínua ou descontinuamente saturado com gotas minúsculas (uma névoa ou aerossol) de solução nutriente.

custo inicial para o caso da aeroponia e a grande profundidade do reservatório de solução nutritiva para o “floating”, que consome grandes quantidades de sais e possui elevado consumo de energia elétrica para a oxigenação da solução nutritiva, realizada por sistema de venturi e moto-bomba.

A aeroponia é utilizada comercialmente em vários países, desde 1982, quando uma companhia israelita, Adi Ltd., anunciou um sistema complexo de aeroponia com rendimentos consideravelmente acima dos obtidos com a hidroponia convencional. Porém, o custo inicial do sistema era muito alto e limitava sua aplicação comercial (FOX, 1996). Em Cingapura foi instalado um sistema de aeroponia, em 1991, para testar sua eficiência em condições de clima tropical dentro de uma casa de vegetação com variação da temperatura média ambiente diurna do ar entre 29 °C e 39 °C, apresentando temperaturas média noturna e diurna de 26 °C e 33 °C respectivamente (FOX, 1996).

A aeroponia foi indicada particularmente em Cingapura, porque exige um baixo volume de água para operar o sistema. Isto é importante, por que os recursos hídricos na área urbana de Cingapura não são abundantes, assim como a escassez de terra. Portanto, a aeroponia é um sistema flexível que pode ser usado em diversas situações como em edifícios altos de zonas urbanas (FOX, 1996).

Outro fator importante em hidroponia é a produção e transplântio das mudas, além de danos mecânicos ao sistema radicular por ocasião do transplântio, pode-se causar injúrias ao expor as raízes à luz direta e às temperaturas elevadas. Quanto maior o estresse, maior o tempo para se restabelecer a razão raiz/parte aérea, própria da espécie para aquele ambiente, e assim, maior o tempo de recuperação após o transplântio (PEREIRA e MARTINEZ, 1999).

3.5.1. Zona de Resfriamento

A atenção para o resfriamento em casa de vegetação durante os dias quentes de verão gerou novas técnicas de controle ambiental, dentre elas a zona de resfriamento utilizada em cultivo protegido. É definida como um sistema onde somente o ar da zona ao redor da planta é resfriado, sendo considerado um sistema de resfriamento eficiente (NISHINA et al., 1995).

Estes mesmos autores, utilizando um trocador de calor em sistema aberto, com água a uma temperatura de 21 °C para o processo de resfriamento, obtiveram às 12:00 h diferenças de

5 °C em relação à temperatura ambiente, que era de 33 °C, enquanto a temperatura da casa de vegetação e a umidade relativa do ar onde o sistema estava montado eram, respectivamente, 35 °C e 66-67%. Em outro experimento, os autores, obtiveram resultados ainda melhores com a utilização de um sistema fechado obtendo diferença de 8 °C às 12:00 h em relação à temperatura ambiente (33 °C), observando-se que a temperatura interna da casa de vegetação era de 37 °C e a temperatura da água do trocador de calor estava entre 19 °C e 20 °C, com umidade relativa do ar entre 86-87%. Avaliando o consumo de energia dos dois sistemas acima citados (aberto e fechado), os autores observaram que, para uma redução de 6 °C em relação a temperatura dentro da casa de vegetação, o sistema aberto consumiu 2,5 kW e o fechado 0,5 kW nas mesmas condições, demonstrando assim a melhor eficiência energética para o sistema fechado.

3.6. Aplicação de gás carbônico (CO₂)

Várias pesquisas no hemisfério Norte indicam o aumento de produção, precocidade e qualidade do produto colhido em várias culturas com a otimização de anidrido carbônico (CO₂) na atmosfera de ambientes protegidos (KIMBALL e MITCHEL, 1979). Em clima tropical sua utilização requer pesquisas quanto à forma de aplicação e viabilidade, pois as condições climáticas nestas regiões são bastante distintas daquelas encontradas no hemisfério norte e não permitem que as estruturas possuam pouca ventilação. Assim sendo, o rendimento da aplicação é comprometido devido às condições do ambiente interno ser dependente de equipamentos e sistemas que propiciem um ambiente ideal para o desenvolvimento das culturas para a utilização desta técnica de injeção (CARMO JÚNIOR et al., 2000).

COSTA (2001) testando a aplicação de CO₂ no cultivo de alface em hidroponia, observou que, apesar dos custos elevados, a qualidade e a precocidade alcançada com esta tecnologia associada a um ambiente controlado por resfriamento evaporativo (meio poroso-ventilador), obteve uma relação em porcentagem de matéria fresca 22,0% maior, em comparação com um ambiente sem climatização.

O fornecimento de CO₂ em períodos do dia em que os vegetais são mais ávidos pelo gás (as condições para atividade metabólica são mais propícias) e onde as concentrações naturais do ar são menores, entre 10 e 14 horas, tem propiciado, em pesquisas e produções

comerciais, significativos aumentos de produtividade, precocidade e qualidade do produto colhido (COSTA, 2001).

Em estudo desenvolvido com a cultivar japonesa de morango Hoko-Wase, foi verificado que a redução dos níveis de CO₂ retardava o crescimento da planta e que, aumentando a concentração do gás, era necessário aumentar-se a intensidade luminosa para 5000 Lux, caso contrário o crescimento seria inibido (ODA, 1989).

3.7. A cultura do morangueiro

O cultivo do morangueiro no Brasil começou em hortas domésticas há muito tempo, não sendo muito precisa a data, mas certamente remonta a meados do século 19. A exploração comercial do morango no Brasil teve início no Rio Grande do Sul, nas primeiras décadas do século passado. Foi trazido para São Paulo, onde alcançou grande desenvolvimento, há mais ou menos 50 anos; mas, somente a partir dos anos 60 as lavouras foram ampliadas com a introdução de cultivares mais adaptados, destacando-se a Campinas (PASSOS, 1997), e de novas técnicas de cultivo, primeiramente nas cidades de Suzano e Itaquera, depois em Jundiaí e mais tarde em Piedade e Atibaia. Em seguida, foi introduzido nos municípios de Campinas, Monte Alegre do Sul, Cabreúva, Louveira e Vinhedo (RONQUE, 1998).

No Estado de São Paulo, o plantio do morangueiro é feito anualmente de março a abril, com colheita de maio a novembro, alcançando um pico no período de julho-agosto, declinando então. O Estado de São Paulo produz pouco morango no início de sua safra (maio a junho), época em que os preços alcançados são sempre maiores.

Na última década, os Estados do Rio Grande do Sul e de Minas Gerais vêm se destacando na produção, tanto precoce quanto tardia de morangos (prolongamento da safra), através principalmente do plantio de cultivares adaptadas a regiões serranas, com temperaturas mais amenas durante o verão.

A produção do Estado de São Paulo é restrita aos meses de inverno/primavera, e, como está concentrada na região dos municípios de Atibaia, Jarinu e Jundiaí, os produtores vêm se ressentindo da falta de remuneração obtida durante a safra, pois não conseguem antecipar ou prolongar a produção para poder competir com outras regiões produtoras. Faz-se então

necessário o estudo de novas técnicas que possibilitem a produção de morango durante a entressafra, devolvendo assim a competitividade perdida pelos produtores paulistas.

O morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivado comercialmente no Brasil é um híbrido das espécies *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana*, sendo estas espécies de origem americana. A espécie *F.ovalis* é utilizada como uma das origens para genótipos de plantas com baixo requerimento de frio e indiferentes à resposta fotoperiódica (SANTOS, 1999).

Uma outra espécie de origem européia, chamada *Fragaria vesca* L., não é cultivada comercialmente; é usada apenas como indicadora de viroses (PASSOS et al., 1998; SANTOS, 1999).

3.7.1. Aspectos fisiológicos da cultura do morangueiro

O morangueiro é uma planta rasteira da família das Rosáceas, segundo a classificação botânica, possuindo folhas ovaladas e flores de pétalas brancas. Seu caule rastejante gera folhas e raízes que dão origem a novas touceiras. A parte comercializada é constituída por um receptáculo carnoso e suculento, de coloração vermelha, ao qual se prendem os verdadeiros frutos, que são pequeninos, duros e superficiais (aquênios). Nas cultivares mais utilizados no Estado de São Paulo, as flores são hermafroditas, sendo de cultura autopolinizadora (PASSOS et al., 1998; RESENDE et al., 1999).

A cultura do morangueiro é muito estudada nos países de clima temperado e a grande motivação para o estudo desta planta é a sua produção durante a entressafra, devido à sua exigência em temperaturas amenas e fotoperíodo para indução floral. A interação entre esses fatores é decisiva para a indução floral e reprodução da planta.

O comprimento do dia, ou seja, o fotoperíodo, afeta a cultura, sendo que dias curtos estimulam a frutificação e dias mais longos favorecem a fase vegetativa, estimulando a formação de estolhos (caule rastejante), que darão origem a mudas, o que acontece nas nossas condições durante a época de verão (SANTOS, 1999).

As plantas de morangueiro são normalmente classificadas em três tipos, de acordo com o estímulo ao florescimento: plantas de “dia-curto”, plantas de “dia-longo” e plantas de “dia-neutro”. As plantas de “dia-curto” são as mais cultivadas no mundo todo. São também as

mais produtivas e as preferidas pelos consumidores. As de “dia-longo” são pouco cultivadas e pouco produtivas. Seu cultivo é restrito às regiões de temperaturas amenas durante o verão, mas são muito populares em jardins domésticos de alguns países. As plantas de “dia-neutro” são uma introdução relativamente recente; foram lançadas no fim da década de 70 e se popularizaram com relativa rapidez em certas regiões produtoras. Vêm substituindo as plantas de dia-longo por oferecer uma produção mais consistente e de melhor qualidade durante os períodos de primavera, verão e outono. SANTOS (1999) e TESSARIOLI NETO (2001), comentam que a vantagem das plantas de dia neutro é a possibilidade de produção de pseudofrutos em plena entressafra (verão), cultivadas em região de clima ameno nesta época.

O melhoramento genético é o melhor caminho a ser seguido para que se possa contar com cultivares menos exigentes em frio e fotoperíodo, sem o gasto de energia para se criar condições ambientais adequadas de cultivo de entressafra. A exemplo existem cultivares desenvolvidos graças a projetos como o da Universidade da Califórnia e em outras regiões como Flórida, Espanha, Itália e Nova Zelândia, cultivares estas denominadas de dia neutro ou indiferente ao fotoperíodo (SANTOS, 1999); porém é um processo que demanda muito tempo e pesquisas.

Outro caminho a ser seguido para a produção fora de época ou precoce/tardia é o conhecimento aprofundado dos fatores envolvidos no processo do florescimento e métodos de cultivo que prolongam a duração da colheita (DUARTE et al., 1999; GUTTRIDGE, 1985; LIETEN, 1999; LIETEN, 2002; SANTOS, 1999).

As plantas de “dia-curto” necessitam menos de 12 h de luz e/ou temperaturas amenas para indução floral, sendo este processo inibido em temperaturas acima de 25 °C. Quando submetidas às condições de dias longos e altas temperaturas, é induzida a formação de estolhos. Nessas plantas existe uma relação inversamente proporcional entre comprimento do dia e temperatura: quanto mais longo for o dia menor deverá ser a temperatura e, quanto maior for a temperatura, menor deverá ser o comprimento do dia para que ocorra florescimento, ou seja, uma compensação de uma ou outra variável (DARROW, 1966; DUARTE et al., 1999).

Após o plantio das mudas, que ocorre normalmente no final do verão e início do outono, o crescimento vegetativo é favorecido, sendo este de fundamental importância, pois influi sobre o número de gemas florais (Branzanti, citado por SANTOS 1999). O processo de florescimento se baseia em quatro fases: indução, iniciação, diferenciação e desenvolvimento da flor. As folhas são os sensores das condições de fotoperíodo, temperatura e temperatura

combinada com fotoperíodo para que ocorra a formação do botão floral. A iniciação é o conjunto de mudanças físicas e químicas que ocorre na gema sob a recepção de estímulos florais produzidos nas folhas. A diferenciação da flor é o desenvolvimento real dos órgãos florais das flores e da inflorescência, dentro do botão. O desenvolvimento da flor é a expansão visível das partes florais do botão. Todas as fases deste processo são altamente dependentes de um conjunto de fatores ambientais, hormonais e genéticos (GUTTRIDGE, 1985; OKIMURA e IGARASHI, 1997; SANTOS, 1999).

Existe uma grande variação de respostas indutivas para o morangueiro em função das diferentes cultivares existentes, porém, de maneira geral, temperaturas de pelo menos 23 °C e 15 h de luz são eficazes para a iniciação de estolhos e, abaixo de 10 °C para favorecimento da floração, sendo esta inibida acima de 25 °C (DUARTE et al., 1999), fato este também observado por OKIMURA e IGARASHI (1997), quando plantas oriundas de cruzamentos de cultivares de dia neutro foram submetidas à temperatura de 28 °C.

Países do centro-norte da Europa, os EUA e o Canadá, têm conseguido superar as dificuldades existentes para produção de morangos na entressafra. Entretanto, é importante verificar que esses países estão situados em alta latitude, o que determina grande diferença climática quando comparada às tradicionais regiões produtoras do Estado de São Paulo, situadas no Trópico de Capricórnio. A entressafra desses países ocorre no outono/inverno, pois a temperatura diminui consideravelmente, impossibilitando o desenvolvimento vegetativo da planta, a qual entra em dormência. A entressafra do Estado de São Paulo ocorre nos meses de verão predominantemente, pois a planta é submetida à temperaturas e fotoperíodo favoráveis apenas à produção de estolhos, tornando difícil a aplicação das técnicas desenvolvidas em outros países.

A produção no centro-norte europeu e Canadá é realizada predominantemente no fim da primavera e início de verão, durando apenas 4-5 semanas, diferente da produção brasileira, que é realizada nos meses de inverno. Os EUA possuem uma característica peculiar, pois, dada a grande variabilidade climática existente no país, é possível encontrar perfis e sistemas de produção bastante distintos. O centro-norte tem um padrão semelhante ao europeu, assim como o Canadá. O Estado da Flórida e a costa sul do Estado da Califórnia têm perfis de produção semelhantes ao do Estado de São Paulo. A costa central da Califórnia distingue-se das demais regiões, pois tem um inverno moderado e verões relativamente frescos, o que

permite a produção de morangos por um longo período, de abril a dezembro (KIRSCHBAUM et al., 2000; WELCH, 1989).

Para os países do centro-norte europeu a entressafra do morango é o outono/inverno, assim como no centro-norte americano e no Canadá. No centro-norte da Europa a utilização de casa de vegetação, cultivo sem solo em sacos de turfa e plantio de mudas frigorificadas dos tipos “A+” (diâmetro de coroa maior que 15 mm) e ‘WB’ (waiting bed – plantas de coroas múltiplas) é muito utilizada (LIETEN, 1998; TESSARIOLI, 2001), tanto para produção precoce (início da primavera), meia estação (verão) e tardia (outono e início do inverno), uma vez que elas produzem entre 5 a 8 semanas depois de plantadas (KIRSCHBAUM et al., 2000).

O sistema de produção utilizando plantas do tipo ‘WB’ foi desenvolvido no início dos anos 70, exclusivamente para cultivo em casa de vegetação para obter produção precoce com a finalidade de alcançar melhores preços no mercado, e a Holanda, na década de 80, foi pioneira na utilização deste sistema para produção do fruto nos meses de agosto a outubro (DIJKSTRA, 1989; JAMIESON, 1991). A utilização de plantas ‘WB’ em regiões de clima sub-tropical para a obtenção precoce de morangos em quantidade e qualidade desejáveis foi comprovado por KIRSCHBAUM et al. (2000), comparando o uso de plantas ‘WB’ com o plantio de mudas obtidas em diferentes condições de altitude e latitude da Argentina.

O sistema de produção de mudas ‘WB’ no Brasil não é realizado, pois além do tempo despendido, 20 meses em clima temperado, a dificuldade de se encontrar regiões com temperaturas médias baixas compromete o sistema, já que essas mudas são retiradas do campo em estado de latência, para posterior frigo-conservação. Caso o plantio seja realizado, se faz necessário que o local possua temperaturas amenas durante o plantio (verão/outono), uma vez que foi observado por DIJKSTRA, (1989) e LÓPEZ-GALARZA et al., (1997) que a produção destas mudas foi afetada pela ocorrência de temperaturas mais elevadas.

VERDIAL (2004), citando comunicação pessoal de Passos, descreve que alguns produtores do sul do Estado de Minas Gerais utilizam sobras de mudas do ano anterior com coroas múltiplas para o plantio antecipado em janeiro, porém não cita a produtividade alcançada e o comportamento da indução floral destas mudas. O alto custo de produção das mudas ‘WB’ está levando alguns pesquisadores a testar outras alternativas para produção de entressafra, destacando-se a vernalização e o controle de fotoperíodo. A vernalização consiste em aclimatar as mudas artificialmente com temperatura baixa, associada ou não ao controle de fotoperíodo, para que ocorra a diferenciação das gemas em botões florais (BALDINI, 1997). A

mesma autora cita ainda que houve precocidade na colheita, concordando com dados anteriormente obtidos por BRANDÃO FILHO et al. (1989) que também observaram aumento significativo na produção de pseudofrutos até as quatro primeiras semanas após o plantio.

A técnica de vernalização está começando a ser utilizada no Canadá com sucesso (CIDES, 2000). Pesquisadores da Noruega, Finlândia e Reino Unido desenvolveram técnicas alternativas para a produção de morangos durante a entressafra, utilizando vernalização e/ou controle de fotoperíodo (HYTÖNEN e PALONEN, 2003; SONSTEBY, 1997; TAYLOR, 2002).

Um outro artifício para influenciar no desenvolvimento e produtividade das culturas é a utilização de reguladores de crescimento (fitorreguladores) (LUCCHESI, 1980). DUARTE FILHO et al. (1999) citam seu efeito sobre a cultura do morangueiro com o objetivo de precocidade de colheita e aumento de produção. Dentre os fitorreguladores se destaca o uso do ácido giberélico (GA_3); porém, dependendo da concentração utilizada, pode atrasar ou reduzir o florescimento e o peso dos pseudofrutos (CASTRO et al., 1995; LUCCHESI, 1980; PAROUSSI et al., 2002; TEHRANIFAR e BATTEY, 1997).

DUARTE FILHO et al. (1999), ao estudar o efeito de vários fitorreguladores na cultura do morangueiro, observaram o aumento do número de pseudofrutos/planta quando da aplicação de três fitorreguladores: GA_3 na dosagem de 30 ppm; CPA (ácido 2-(3-clorofenox) propiônico) na dosagem de 75 ppm e IAA (ácido indolil -3-acético) na dosagem de 30 ppm. Os autores observam ainda a precocidade na produção de pseudofrutos e a indução das plantas a produzirem por mais tempo em relação à testemunha, concordando com dados obtidos por LUCCHESI (1980), que observou ainda maior crescimento das plantas.

Em outro experimento, DUARTE FILHO et al. (2004) observaram que o efeito dos fitorreguladores sobre o morangueiro é influenciado pela cultivar; dentre as cultivares estudadas, o que melhor respondeu significativamente à aplicação de GA_3 (40 ppm), foi a de dia neutro Seascape, comparado com o de dia curto Oso Grande.

O pedúnculo, bráctea e pedicelos podem também ser aumentados de comprimento com a utilização de ácido giberélico (GA_3) (GUTTRIDGE, 1985; PAROUSSI, 2002; TEHRANIFAR e BATTEY, 1997).

O estado da Califórnia, nos EUA, detém a maior área de morangos plantada no mundo, respondendo por 88% da produção dos EUA. Sua produção utiliza

predominantemente cultivares de dia-neutro com mudas frigorificadas na costa central e cultivares de dia-curto com mudas frescas na costa sul. Tradicionalmente, a colheita nos distritos do sul se inicia no final do outono/inverno e segue até o final da primavera na costa sul, enquanto que, nos distritos da costa central, a colheita começa em meados da primavera e segue até o final do outono. Dessa forma, o estado da Califórnia consegue produzir morangos ao longo de todo ano, havendo apenas um pico na primavera quando todos os distritos estão em produção (WELCH, 1989). RICE JÚNIOR (1990), testando cultivares desenvolvidos na Califórnia em uma zona tropical, observou que a produção nesta zona é dependente de interações entre as cultivares utilizados, temperatura e fotoperíodo.

O Japão é uma exceção entre os países localizados em alta latitude em termos de produção de morango. O uso de túneis altos com aquecimento, injeção de CO₂ e iluminação artificial é comum entre os produtores japoneses. Entretanto sua produção é também realizada no outono/inverno utilizando cultivares de dia-curto, assim como em regiões mais quentes. Isso se deve a alguns fatores, entre os quais pode-se citar: a preferência do consumidor japonês por frutas mais macias e a baixa produtividade obtida com as cultivares de dia-neutro, até o momento disponíveis. Uma alternativa seria a utilização de cultivares de dia-neutro norte-americanas, mais adaptadas às altas temperaturas, mas seus pseudofrutos são considerados muito firmes para o mercado japonês.

O estado de São Paulo enfrenta os mesmos fatores limitantes encontrados em outras regiões do mundo com perfil de produção e clima semelhante para produzir morangos na entressafra, como, por exemplo, o Estado da Flórida nos EUA, o Estado de Queensland na Austrália e o Egito. A baixa produtividade obtida com as cultivares de dia-neutro, a baixa qualidade dos pseudofrutos, assim como a concorrência exercida pela importação de morango oriunda de outras regiões são os principais entraves encontrados.

3.7.2. Alguns aspectos sobre métodos de cultivos utilizados na cultura do morangueiro

Entre os métodos de cultivo que atenuam ou até mesmo resolvem o problema de entressafra se destacam o cultivo protegido e o uso da hidroponia, com os quais se consegue prolongar o período de colheita até os meses de novembro e dezembro (COSTA, 2004).

Dentre as estruturas para cultivo protegido se destaca o túnel baixo para cobertura dos canteiros, muito utilizado em regiões onde ocorre temperaturas muito baixas e geada, além de diminuir os efeitos negativos da chuva (doenças) e favorecer temperatura adequada para o desenvolvimento vegetativo após o plantio, garantindo assim precocidade na colheita (GOTO e DUARTE FILHO, 1999). Estes podem ser cobertos com filme plástico agrícola e/ou telas de sombreamento e mantas de tecido não tecido (TNT).

A utilização de telas de sombreamento durante o verão pode ser um fator problemático, pois a luz adequada é necessária para o bom desenvolvimento vegetativo da cultura e, conseqüentemente, uma boa produtividade. GARRISON et al. (1991) estudaram o efeito de diferentes percentagens de sombreamento em sistema com cobertura plana com TNT, durante o período de iniciação floral, coincidindo com o final do verão (julho a novembro) e durante o crescimento vegetativo na época de primavera (abril a maio). Os autores observaram um decréscimo do número e peso dos pseudofrutos, concluindo que a luz pode afetar diretamente a performance da fotossíntese e a fixação de carbono. Portanto, o uso de tela de sombreamento como artifício para diminuir a temperatura em épocas quentes pode afetar a produtividade.

KHOURY et al. (1991) estudaram o efeito do sombreamento parcial em cultivares de dia curto, utilizando tela de coloração branca com aproximadamente 65% de sombreamento durante as horas mais quentes, com aplicação parcial do sombreamento de 2,0 h e 1,0 h de duração. Os autores não observaram diferença significativa entre os tratamentos comparados com a testemunha.

A manta de TNT é utilizada na Europa para prevenir principalmente geada, sendo colocada nos canteiros sobre as plantas (manta flutuante) ou em túneis de cultivo forçado. No Brasil, seu lançamento se deu em 1989 e com custo inviável na época. Atualmente o TNT é utilizado em cultivos de plantas ornamentais com necessidade de sombreamento e por favorecer no incremento da temperatura do ambiente protegido da ordem de 1,4 °C a 4,3 °C na temperatura mínima e de 2 °C a 3 °C nas temperaturas médias, devido às suas qualidades de transmitância e reflectância (BLISKA JÚNIOR e HONÓRIO, 1996).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados na área do campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), situada em Campinas – SP. A região está situada na latitude 22° 47' S e longitude 45° 47' W, apresenta altitude média de 678 metros acima do nível do mar, com microrelevos de 0 a 3% de declividade e segundo a carta de Köppen possui classificação climática do tipo Aw. Os dados climáticos do ambiente (temperatura e umidade relativa do ar) foram obtidos junto ao CEPAGRI (Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura), coletados na estação meteorológica da FEAGRI/UNICAMP, distante aproximadamente 80 m das casas de vegetação.

Foram realizados um total de cinco experimentos sendo um relacionado com a utilização do bambu como elemento estrutural para casa de vegetação e outros quatro visando o cultivo de entressafra do morangueiro. As respostas aos tratamentos foram analisadas através do programa “StatGrafics® Plus”.

4.1. Experimento 1: Análise da estrutura de casa de vegetação construída com bambu, sob diferentes esforços de carga

Na primeira parte deste trabalho, foram realizados três ensaios de esforços de carga entre dezembro de 2002 e janeiro de 2003, a fim de se determinar o melhor espaçamento entre pórticos (seções) para a instalação de uma casa de vegetação, construídos com vigas e colunas feitas de colmos de bambu da cultivar *B. tuldoides*. Foram utilizados três tipos de espaçamentos entre os pórticos: 2,0 m; 2,5 m e 3,0 m.

Os colmos de bambu para construção das vigas e colunas foram coletados no mês de novembro de 2002 na área do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) com alguns colmos apresentando ataque da broca (*Dinoderus minutus*). Porém, eram retilíneos, condição esta que favorece a construção das vigas e colunas. Logo após a coleta os colmos foram imersos em um lago por um período de 10 dias na tentativa de se eliminar amido, açúcares e insetos, conforme recomendação descrita por RAJ (1991). Como o objetivo maior deste trabalho foi a análise construtiva e de pouca duração no campo experimental, não foi realizado o tratamento preventivo para aumentar a durabilidade das vigas.

Os colmos com diâmetro de aproximadamente 4 cm foram colocados em túnel baixo para antecipar sua secagem, necessária para se evitar a variação de seu diâmetro após a construção das vigas, uma vez que este diâmetro possui uma relação direta com o teor de umidade do colmo, conforme descrito por LÓPEZ (1974) e BERALDO (2002), tendo como consequência o afrouxamento das amarrações realizadas para a construção das vigas e colunas, comprometendo-as estruturalmente.

4.1.1. Construção das vigas e colunas

Para a construção das vigas foi feita uma amarração utilizando-se três colmos de bambu apoiados em espaçadores de plástico (polipropileno) especialmente desenhados e produzidos para tal finalidade, a fim de padronizar e facilitar a construção das vigas e colunas. Para amarração foram utilizados dois fios de arame galvanizado número 12, colocados um de cada lado do espaçador (**Figura 7**). Os espaçadores foram distanciados entre si em 60 cm.

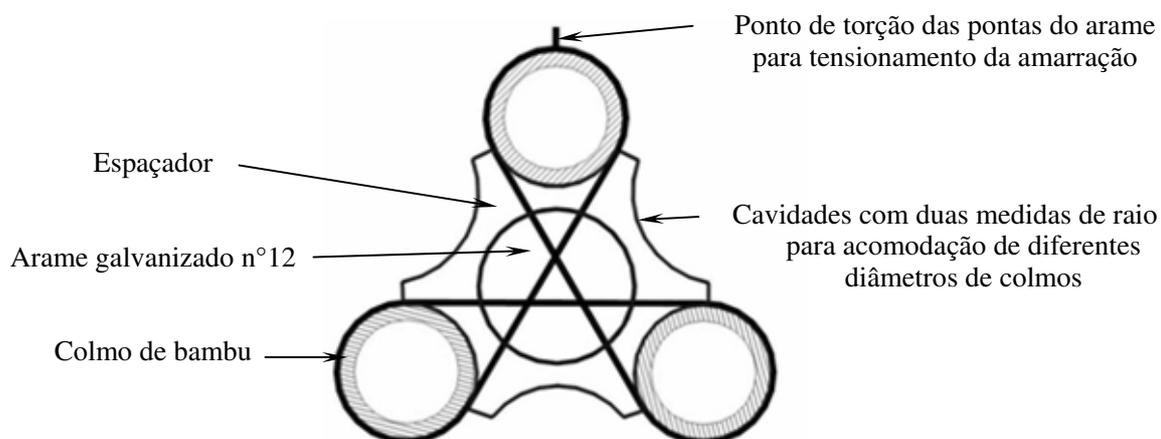


Figura 7. Método de amarração dos colmos no espaçador.

Para facilitar a construção e manter a viga retilínea e firme, os colmos foram fixados nos gabaritos antes da amarração dos espaçadores, cada gabarito foi feito em perfil metálico e distanciados a cada 1,5 m entre si (**Figura 8**).



Figura 8. Gabarito para fixação e alinhamento dos colmos de bambu.

As vigas possuíam um comprimento máximo de 6 m e as colunas, de 4,2 m, e nestas o último espaçador localizava-se a 4 m da base, com a finalidade de se manter a uniformidade na altura da amarração das vigas com as colunas (intersecção).

4.1.2. Montagem dos Pórticos

Foram realizados três ensaios de carga nos pórticos formados pela estrutura proposta com largura fixa de 6 m e com diferentes espaçamentos entre colunas construídas com colmos de bambu: 2 m; 2,5m e 3 m, sendo analisados os efeitos das cargas sobre os pórticos transversais e longitudinais (**Figura 9 e Figura 10**).

Para a fixação e amarração da estrutura foram utilizadas sapatas pré-moldadas em concreto nas dimensões de 37 cm de altura e 15 cm de raio com um encaixe para suportar a carga das colunas e sua fixação, sendo desse modo possível economizar material e agilizar todo o processo. Foram também instalados vergalhões enterrados ao solo para fixação dos tirantes. As sapatas e os vergalhões para fixação das colunas e tirantes, respectivamente, eram móveis em função dos diferentes espaçamentos a serem testados. Os tirantes eram de arame de aço ovalado para cerca e tensionados à base de torção.

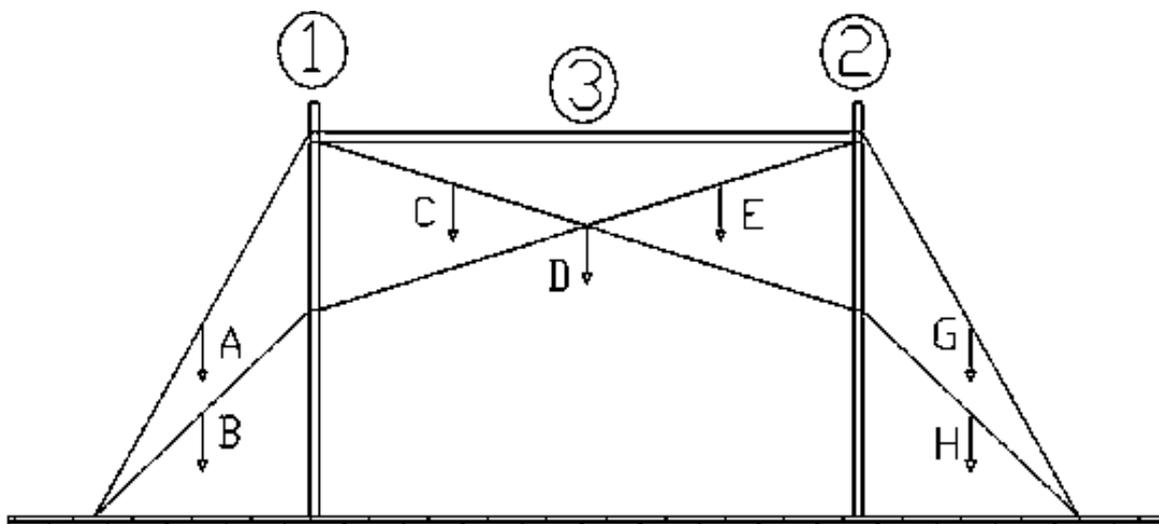


Figura 9. Croqui da distribuição das cargas aplicadas e os pontos de medição para variação do deslocamento vertical no pórtico transversal.

Para montagem do pórtico a amarração entre as vigas e as colunas foi feita com arame galvanizado número 12, o mesmo usado para a amarração dos colmos de bambu. Foi inserido nos tirantes, antes de sua amarração, um pedaço de (50 cm) tubo de polietileno ($\varnothing=12$ mm), a fim de proteger os colmos da tensão pontual (contato) causada pelo tirante na intersecção das vigas com as colunas.

Utilizou-se amarração com arame número 12, como simulação de uma carga pontual exercida pelo filme plástico, uma vez que este não foi inserido como cobertura da estrutura durante teste.

O mesmo procedimento construtivo foi utilizado para os outros tratamentos (2,5 e 3,0 m).

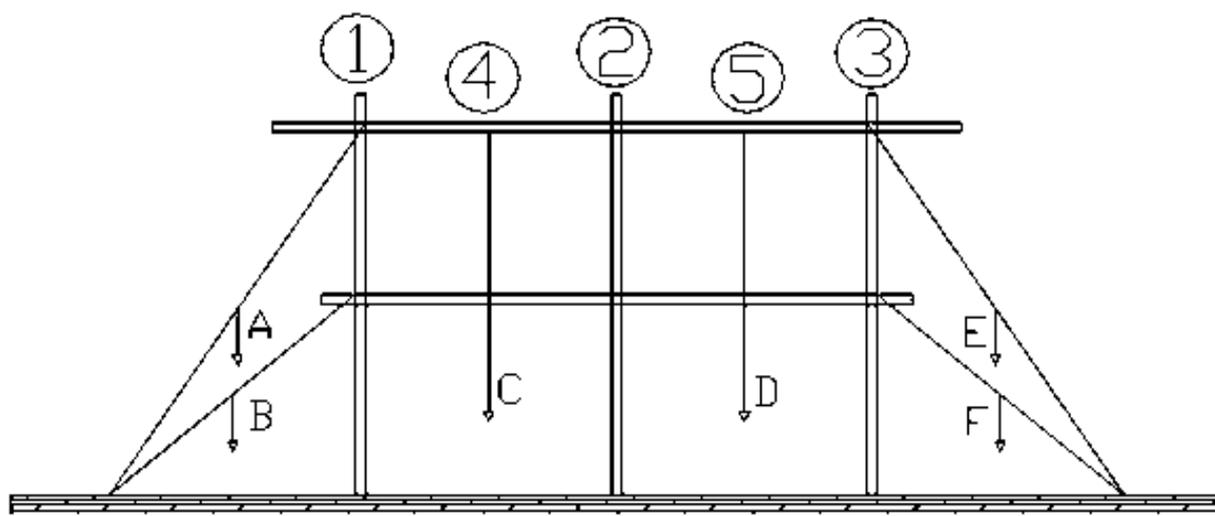


Figura 10. Croqui da distribuição das cargas aplicadas e os pontos de medição para variação do deslocamento vertical no pórtico longitudinal.

4.1.3. Variáveis analisadas e delineamento experimental.

Para realização dos ensaios foram utilizadas balizas (miras e tripés) utilizadas em topografia, a fim de se avaliar o deslocamento vertical das vigas após a aplicação das cargas.

Foram registradas as variações de elevação em pontos pré-determinados, 1, 2 e 3 para o pórtico transversal (**Figura 9**) e nos pontos de 1 a 5 para o pórtico longitudinal (**Figura 10**), sendo que a estrutura foi instalada no sentido norte-sul e suas variações medidas em centímetros.

Antes da realização dos testes se delimitou que 10,0 cm seria uma variação máxima admissível, para se encerrar os testes em quaisquer dos pontos estudados, uma vez que, uma variação maior que esta poderia comprometer o alinhamento e estabilidade da estrutura. Tal comprometimento poderia gerar a formação de rugas no plástico de cobertura, afetando também na distribuição das tensões, diminuindo a sua vida útil, bem como favorecer a formação de bolsões devido ao acúmulo de água de chuva, que poderia queimar as plantas devido a convergência dos raios solares (efeito lente) e em caso extremo criar um peso extra para a estrutura, podendo comprometê-la.

Os pesos utilizados foram de corpos de prova de concreto inutilizados, colocados em saco de rafia e diferenciados em dois tipos de carga contendo 28 kg e 36 kg. As diferenças nas cargas estiveram em função dos tamanhos diferenciados dos corpos de prova e favorecer menores variações nas leituras de elevação.

As cargas (A, B, C, D, E, F, G, e H) em cada pórtico foram distribuídas e fixadas nos tirantes conforme demonstrado nas **Figura 9** e **Figura 10** e as cargas pontuais descritas nas **Tabela 7** e **Tabela 8**.

Para efeito de análise do pórtico transversal, foram utilizadas médias das variações em centímetros, dos pontos 1, 2 e 3 (**Figura 9**), realizadas em três pórticos, perfazendo assim três repetições.

Tabela 7. Teste de carga pontual em quilograma (kg) num pórtico transversal com três variações e distribuição do peso em sete pontos.

Pontos	Carga pontual		
	1	2	3
A	36	64	92
B	28	28	28
C	28	36	36
D	0	28	36
E	28	36	36
G	36	64	92
H	28	28	28
Carga total	184	284	348

Tabela 8. Teste de carga pontual em quilograma (kg) num pórtico longitudinal com três variações e distribuição do peso em seis pontos.

Pontos	Carga pontual		
	1	2	3
A	36	64	84
B	28	28	28
C	28	100	136
D	28	100	136
E	36	64	84
F	28	28	28
Carga total	184	384	496

Para o caso dos pórticos longitudinais, para efeito de análise, os pontos 1, 2, e 3, referentes aos deslocamentos verticais das colunas foram considerados uma repetição (**Figura 10**), perfazendo um total de seis repetições, pois haviam dois pórticos. Ainda neste pórtico os pontos que definiriam o melhor espaçamento entre colunas objetivando uma menor flexão das

vigas, foram os pontos 4 e 5, obtendo-se nos dois pórticos (face leste e face oeste) a média de quatro repetições para efeito de análise.

Foi utilizado o esquema fatorial 3 x 3 (três pontos e três cargas), sendo que as diferentes respostas quanto à variações (em centímetros) de flexão e compressão foram avaliadas pela análise de variância através do teste F, processadas pelo programa “StatGraphics® Plus”. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para avaliação das diferentes respostas quanto à variações (em centímetros) de flexão e compressão foram feitas análises separadamente dos pontos 1, 2 e 3 em relação aos pontos 4 e 5, uma vez que, estruturalmente, seus comportamentos são distintos. Portanto foi utilizado o esquema fatorial 3x3 (três cargas e três pontos) para os pontos 1, 2 e 3 e um esquema fatorial 3x2 (três cargas e dois pontos) para análise dos pontos 4 e 5. Os resultados desses pontos foram avaliados pela análise de variância através do teste F, processadas pelo programa “StatGraphics® Plus”. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si através do teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

4.1.4. Aspectos construtivos da casa de vegetação com estrutura de bambu

Após a realização dos ensaios de carga definindo o espaçamento entre pórticos mais adequado (2,5 m), foram construídas duas casas de vegetação com a finalidade de se comparar alguns aspectos construtivos e seus comportamentos estruturais em campo sobre diferentes aspectos (facilidade construtiva, comportamento em relação à incidência de ventos, etc.) sob condições normais de cultivo.

Durante o mês de agosto de 2004 foi concluída a construção de duas casas de vegetação, uma estruturada com bambu e outra comercialmente vendida estruturada com tubo plástico em polipropileno. Ambas estruturas possuíam as mesmas dimensões (6 x 15 m), uma tipo túnel alto com formato gótico (marca Hidrogood®) (**Figura 11; Figura 12 e Figura 13**), que foi considerada testemunha e outra com formato diferenciado, proposto pelo presente projeto, por não haver estrutura transversal (arcos) para apoio do plástico de cobertura e modelo diferenciado, designado tipo “tenda”. Ambas estruturas possuíam abertura zenital (lanternim) para ventilação natural.

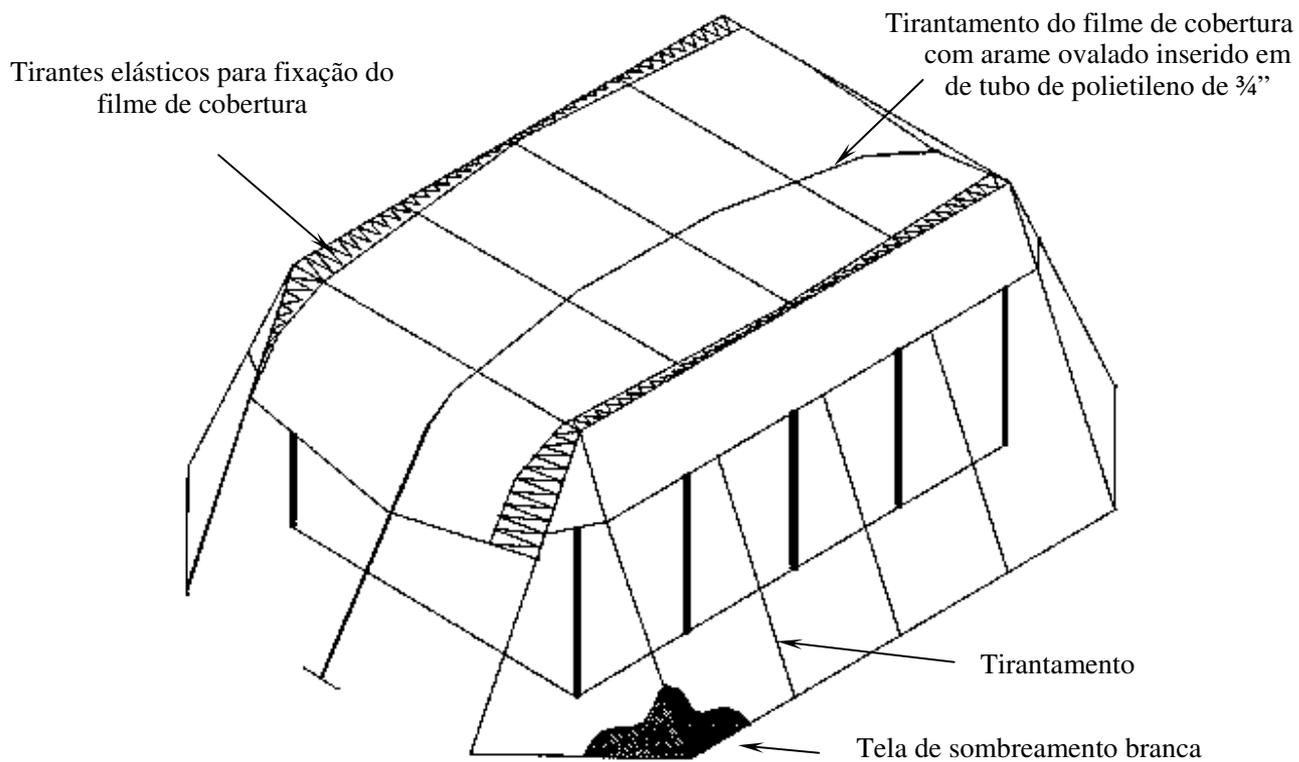


Figura 11. Desenho ilustrativo da estrutura tipo tenda.

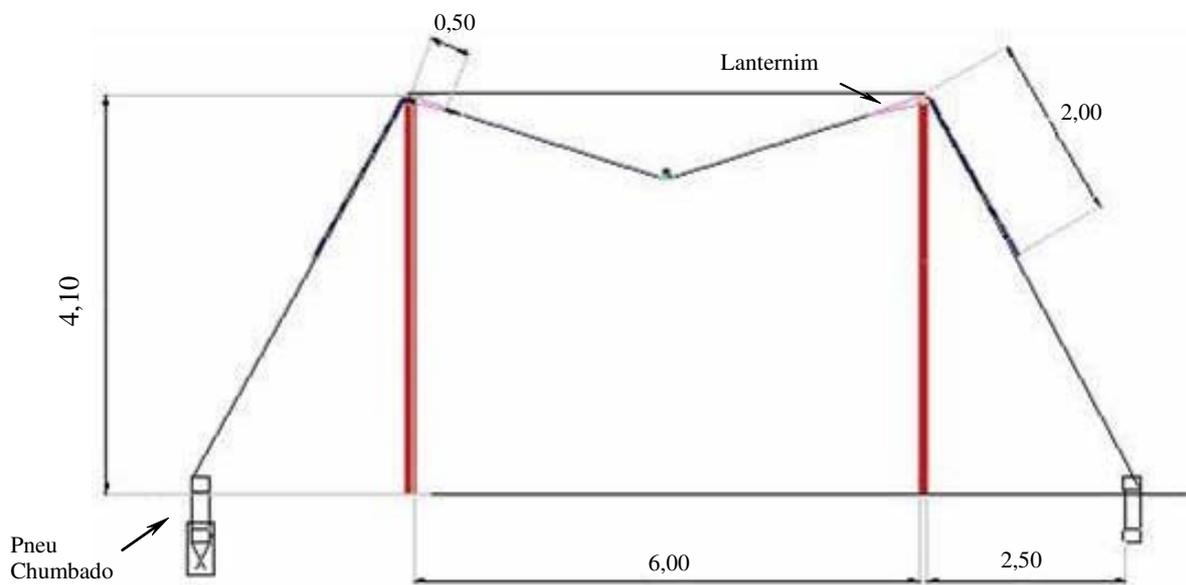


Figura 12. Corte transversal da estrutura tipo tenda.



Figura 13. Estrutura comercialmente vendida, tipo túnel alto em formato gótico (Hidrogood®).

Para a cobertura das estruturas foi utilizado o filme plástico de fabricação da empresa Plásticos Paraná, marca AGROFORTE® (190 g/m²) com 75% de transmitância, o qual possui um material diferenciado em termos de resistência e possibilidade de fixação através de ilhoses, facilitando sua fixação na estrutura de bambu e confecção do lanternim.

As vigas e colunas da estrutura tipo “tenda” foram feitas com bambu da espécie *B. tuldoides*, com diâmetro em média de 5 cm como forma de se aumentar ainda mais a resistência das vigas utilizadas no ensaio do item (4.1), mantendo-se o mesmo método utilizado para a construção das vigas, com espaçamento utilizado entre as colunas sendo o de 2,5 m para a estrutura de bambu enquanto que para a testemunha os arcos (polipropileno) eram espaçados em 1,5 m. A estrutura em bambu possuía um pé direito de 4,0 m e vão central variando de 3,5 m (máximo) a 2,5 m (mínimo). Para a construção da estufa comercial foram contratados serviços especializados indicados pela própria empresa que vendeu o material pré-fabricado. As colunas de bambu foram apenas apoiadas em sapatas de concreto contendo um vergalhão de 1/4” em formato de “U” invertido de maneira que não possibilitasse a movimentação transversal da base da coluna. Caso houvesse a necessidade de efetuar a troca das peças (colunas ou vigas) danificadas, a substituição poderia ser feita facilmente sem comprometer o resto da estrutura, ou seja, sem desmontar toda a estrutura (**Figura 14**).



Figura 14. Apoio e fixação das colunas sobre uma sapata de concreto com vergalhão chumbado em formato de “U”.

A amarração das colunas nas vigas foi feita de maneira que a coluna fosse posicionada com dois colmos faceando internamente a estrutura, cujas alturas foram de 4,2 m e o externo foi cortado com 4 m para que as vigas fossem apoiadas e amarradas com arame. Esta diferença, adotada em relação ao ensaio do item 4.1, visou o encaixe das vigas na coluna, uma vez que os diâmetros dos colmos eram maiores, não sendo possível a realização da mesma metodologia para tal.

Em função dos resultados observados em relação ao item 4.1, quanto ao apoio da viga sobre a coluna, foi realizado um reforço no ápice da coluna com a fixação de um pedaço de colmo ($\cong 30$ cm) colocado internamente entre os dois últimos espaçadores do ápice da coluna, de forma tal que a carga da viga pudesse ser distribuída sobre a coluna.

Os pórticos longitudinais foram amarrados antes de serem levantados, com todos os tirantes fixados, necessitando apenas do ajuste final da tensão.

Optou-se por não realizar a fixação da viga para a formação do pórtico transversal, em função dos resultados obtidos no item 4.1.2, sendo substituídas por arame ovalado, que, tensionados, resistiram apenas às forças de tração.

Os tirantamentos³ lateral e longitudinal das colunas foi feito com pneus, enterrados 2/3 na vertical e amarrados com vergalhão em sua base. Este vergalhão após ser concretado em um furo de 15 cm x 60 cm de profundidade permitiu a fixação do pneu sem que este perdesse a flexibilidade necessária para amortecimento de esforços de ventos.

O filme plástico foi fixado com tensores em silicone marca MULTIFIX[®] produzido pela empresa MULTIEKIP Ltda., fixados a cada 25 cm ao longo das vigas.

Ao centro, em sua longitudinal, o filme plástico de cobertura recebeu um reforço soldado à quente com uma tira de 10 cm do mesmo material, para resistir melhor ao tensionamento provocado pelo duplo arame de aço ovalado (utilizado em cerca) embutido dentro de um tubo de polietileno de 25 mm. Este arame de aço foi preso e tensionado junto ao solo em uma haste de vergalhão em formato de “U”, chumbado a 5 m das extremidades da estrutura. Tal tensionamento foi feito de maneira que se formasse um arco para o escoamento da água de chuva. Para tanto, foi encurtado, na parte central da estrutura o comprimento dos tensores que prendiam o filme plástico, ou seja, com uma distância de 15 cm no centro e finalizando com 35 cm nas extremidades (**Figura 11**).

4.2. Controle ambiental aplicado ao cultivo de morangueiro na entressafra

Para a segunda parte deste trabalho, foram realizados quatro ensaios com diferentes sistemas de cultivo, a saber:

Experimento 2: “Produtividade do morangueiro em aeroponia com zona de resfriamento”. O ensaio foi realizado durante o período de outubro a dezembro de 2002, para avaliar o comportamento do sistema (ensaio preliminar), composto por bancada e resfriador evaporativo, bem como seu efeito na produtividade do morangueiro.

Experimento 3: “Análise dos efeitos do ambiente na produtividade de morango em sistema aeropônico com zona de resfriamento”. Ensaio realizado durante os meses de

³ Titantamento – Fixação e tensionamento de fio de aço para a manutenção da estabilidade da estrutura.

fevereiro a abril de 2004, com o sistema aeropônico exposto a diferentes ambientes e tratamentos, avaliando-se seu efeito sobre a produtividade do morangueiro.

Experimento 4: “Efeito do fotoperíodo na produção de entressafra do morangueiro em casa de vegetação climatizada”. Estudou-se o efeito do encurtamento do dia realizado artificialmente durante o período de janeiro a abril de 2004, em casa de vegetação climatizada.

Experimento 5: “Aclimatização de mudas de morangueiro visando a produção na entressafra”. Utilizou-se o resfriamento das mudas (vernalização) em câmara fria, sendo estas oriundas de um pré-tratamento com e sem fotoperíodo controlado em casa de vegetação climatizada, durante o período de janeiro a fevereiro de 2004.

Os experimentos 4 e 5 visaram a produção de mudas com indução floral fora do período tradicional de plantio (fevereiro a abril). Portanto, as mudas foram aclimatadas em dezembro, para verificar se poderiam constituir uma nova alternativa para a produção de morango na entressafra no Estado de São Paulo.

4.2.1. Experimento 2: Produtividade do morangueiro em aeroponia com zona de resfriamento

Foi instalada uma unidade experimental com dois modelos de bancadas de cultivo, uma com resfriamento evaporativo e outra sem resfriamento. Cada bancada possuía 1,4 x 2 m e altura de 1,55 m. As bancadas estruturadas em perfil metálico foram cobertas com E.V.A. (Etil Vinil Acetato) de coloração branca e 2,5 mm de espessura e apoiadas em um reservatório de solução nutritiva feito com blocos de cimento e revestido com filme plástico (**Figura 15**).

A distribuição da solução nutritiva foi intermitente, com turno de 10 por 20 minutos (ligado e desligado) durante o dia e, à noite, de 10 por 60 minutos e realizada através de micro-aspersão ao longo do interior da bancada, com pressão gerada por uma moto-bomba elétrica. Os nebulizadores estavam distribuídos em três níveis dentro da bancada, num total de nove, sendo seis do tipo micro-aspersor e três do tipo fogger .

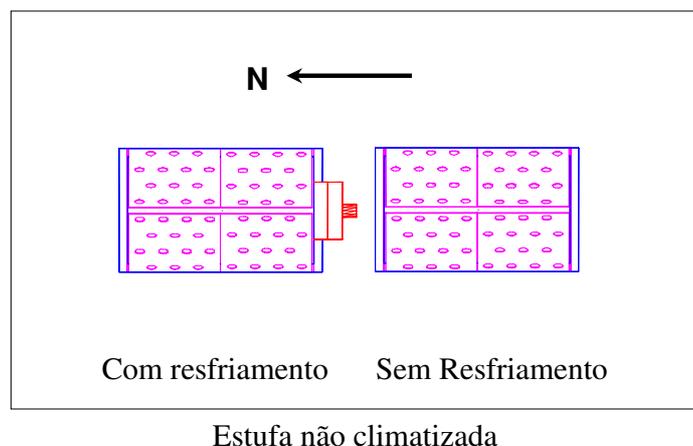


Figura 15. Croqui demonstrando a bancada com zona de resfriamento e seus detalhes.

O retorno da solução nutritiva para o reservatório foi realizado de maneira que ficasse uma lâmina de solução no tanque de cada bancada com um tubo de drenagem colocado na vertical a uma altura de 15 cm, e, conseqüentemente, uma lâmina de solução nutritiva com a mesma altura.

A geração da “zona de resfriamento” esteve em função da utilização do sistema de resfriamento evaporativo (meio poroso de celulose), instalado em uma extremidade da bancada um modelo de resfriador comercialmente vendido da marca ECOBRISA[®], modelo EB20 (**Figura 16**).

Na parte superior da bancada foi feito um duto em EVA com diâmetro aproximado de 25 cm para a saída do ar resfriado. Foram instalados, abaixo de cada planta, tubetes cônicos para produção de mudas de maneira que houvesse uma vazão do ar resfriado com velocidade entre 0,8 a 1,3 m/s, afim de se criar um microclima na parte aérea das plantas (**Figura 17**).

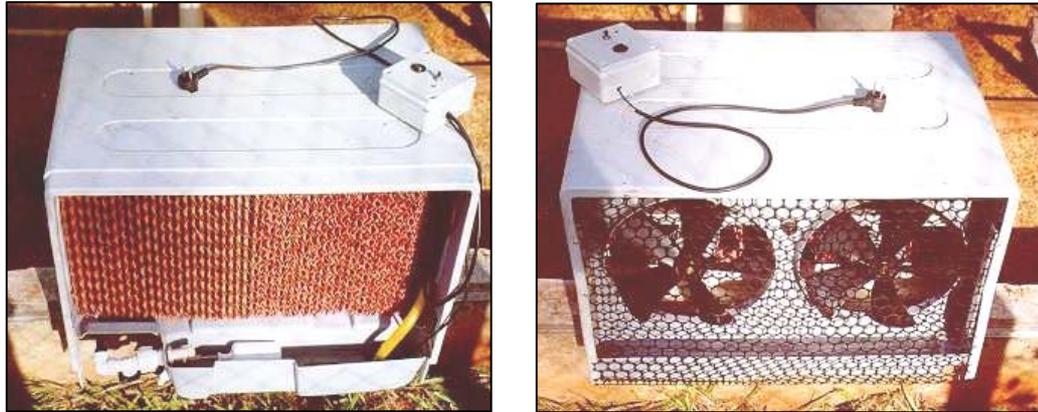


Figura 16. Resfriador evaporativo utilizado em uma das extremidades da bancada para gerar a zona de resfriamento (ECOBRISA[®], modelo EB20).



Figura 17. Vista da bancada com resfriamento.

Foram transplantadas em agosto de 2002 três cultivares de morangueiro: Campinas; Seascape e Sweet Charlie. Cada bancada continha um total de 64 plantas. As mudas oriundas de propagação “in vitro” pela empresa MULTIPLANTA[®], foram envasadas em pote plástico da empresa PISSARDI[®], pote número 10 (violeta), com 10,5 cm (diâmetro da base) x 9 cm (altura) x 7,4 cm (diâmetro da base), sendo um volume total de 0,5l realizando-se fendas longitudinais de 2 a 3 mm em sua periferia para que as raízes pudessem sair do mesmo e também melhorar a umidificação do substrato (casca de arroz carbonizada) pela solução nutritiva.

A formulação da solução nutritiva foi a mesma utilizada por FERNANDES JUNIOR (2001) descrita na **Tabela 9**.

Tabela 9. Concentração da solução nutritiva usada por FERNANDES JUNIOR (2001).

CONCENTRAÇÃO			
Fase vegetativa		Fase de frutificação	
Macronutrientes (mmol/l)	Micronutrientes (μmol/l)	Macronutrientes (mmol/l)	Micronutrientes (μmol/l)
N = 7,33	B = 30	N = 6,74	B = 48
P = 1,29	Mn = 10	P = 1,29	Mn = 10
K = 2,97	Zn = 3,1	K = 3,60	Zn = 3,1
Mg = 1,13	Cu = 1,3	Mg = 1,13	Cu = 1,3
S = 1,13	Mo = 0,17	S = 1,13	Mo = 0,17
Ca = 1,9	Fe = 32 (TensoFe)	Ca = 1,9	Fe = 32 (TensoFe)

A formulação da solução estoque utilizada para ajuste da condutividade elétrica da solução nutritiva, segundo FERNANDES JUNIOR (2001), foi realizada com a mistura dos seguintes sais em g/l gerando uma condutividade elétrica de $1,5 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$:

- **Solução estoque A:** KH_2PO_4 (90), MgSO_4 (150), KNO_3 (125);
- **Solução estoque B:** $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (200), H_3BO_3 (1,5), MnSO_4 (0,75), ZnSO_4 (0,25), CuSO_4 (0,1), $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ (0,05), Fe EDDHA (15,0).

4.2.1.1. Variáveis analisadas

Foram coletados valores médios de quatro plantas de cada repetição em relação à massa fresca de pseudofrutos e número dos pseudofrutos produzidos, para efeito de avaliação de produtividade.

Não foi possível avaliar estatisticamente este ensaio uma vez que foram construídas apenas duas bancadas (com e sem resfriamento) resultando em falta de repetições para análise estatística, uma vez que o objetivo maior foi o de avaliar o comportamento e funcionalidade

dos sistemas sobre a produtividade do morangueiro, porém os resultados de produtividade serão apresentados em forma de gráficos para análise.

4.2.2. Descrição do experimento 3: “Análise dos efeitos do ambiente na produtividade de morango em sistema aeropônico com zona de resfriamento.”

Foram instaladas bancadas com sistema aeropônico modificado conforme descrito no item 4.2.1, com uma modificação em relação ao experimento 2, feita na saída do ar resfriado em relação à parte superior e à localização dos tubetes. Na parte superior foi instalado um tubo com orifícios de 5,0 cm de diâmetro para que fosse possível o controle da vazão. Os tubetes foram posicionados acima dos vasos para um melhor direcionamento do fluxo de ar resfriado para a parte aérea da planta, diferenciado do item 4.2.1.

As bancadas com e sem zona de resfriamento foram expostas a quatro tipos de ambientes, três ambientes protegidos (casa de vegetação) e um a céu aberto, sendo os ambientes protegidos diferenciados entre si pela adição de CO₂ e o controle de temperatura. No ambiente a céu aberto, foram instaladas quatro bancadas, sendo que duas possuíam zona de resfriamento, diferenciadas entre si pelo enriquecimento de CO₂, uma testemunha (sem zona de resfriamento e sem enriquecimento de CO₂). Outra bancada recebeu uma cobertura de T.N.T (tecido não tecido de polipropileno) com densidade de 30 g/m², com enriquecimento de CO₂. Utilizou-se o TNT a fim de diminuir a intensidade luminosa e garantir o micro-clima da parte aérea gerado pelo resfriamento evaporativo, uma vez que apesar de ser permeável ao ar, permite a geração e a manutenção de um microclima e a possibilidade do melhor aproveitamento do CO₂ aplicado.

Foi instalada uma bancada para teste de controle de fotoperíodo a céu aberto (D3). Apesar de terem sido instaladas e transplantadas as mudas para análise, as mesmas apresentaram sérios problemas de fitossanidade favorecidos pelo sistema e não foi possível coletar dados que determinassem os fatores envolvidos no sistema que geraram o mau desenvolvimento e a morte das plantas.

Para efeito de análise e simplificação da leitura dos dados, os ambientes foram distinguidos da seguinte forma:

- **Ambiente A** - Casa de vegetação simples com abertura lateral e frontal + tela aluminizada com 60% de sombreamento;
- **Ambiente B** - Casa de vegetação simples com abertura lateral e frontal + tela aluminizada com 60% de sombreamento + enriquecimento com CO₂;
- **Ambiente C** - Casa de vegetação climatizada + tela aluminizada com 60% de sombreamento + enriquecimento com CO₂;
- **Ambiente D** - Céu aberto.

O croqui dos locais de instalação das bancadas está representado na **Figura 18**. As bancadas instaladas com seus devidos tratamentos estão demonstradas nas Erro! Fonte de referência não encontrada., **Figura 20** e **Figura 21**.

Foram utilizadas as seguintes cultivares de morangueiro (Fragraria x ananassa): Oso Grande; Seascape; Sweet Charlie e Tudla, sendo somente Seascape indiferente ao fotoperíodo (dia neutro). Conforme SANTOS (1997), utilizando-se plantas de dia neutro a temperatura se torna um fator decisivo para o estímulo do morangueiro ao florescimento, podendo-se programar a colheita quando estiver na faixa de 15 a 25 °C.

As mudas de morangueiro foram colocadas em vaso plástico pote 10 (violeta), conforme descrito no item 4.2.1 e preenchidos com substrato de fibra de coco marca AMAFIBRA[®], tipo Golden Mix MISTO.

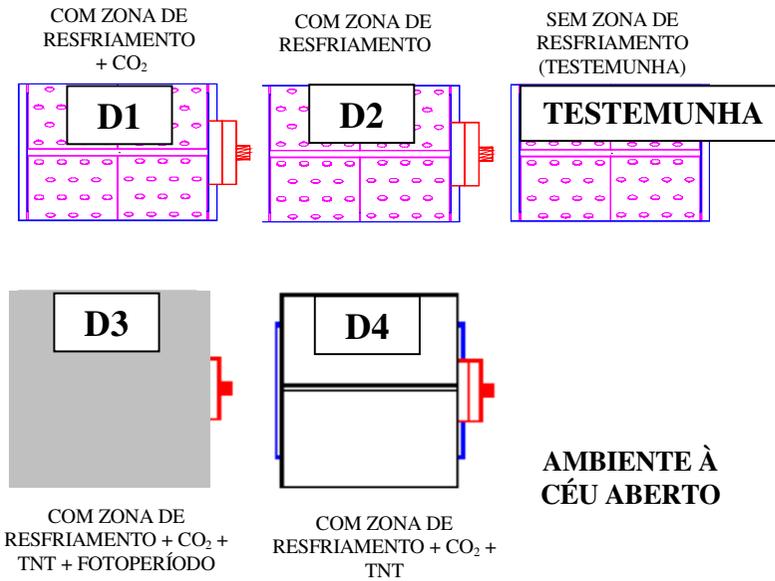
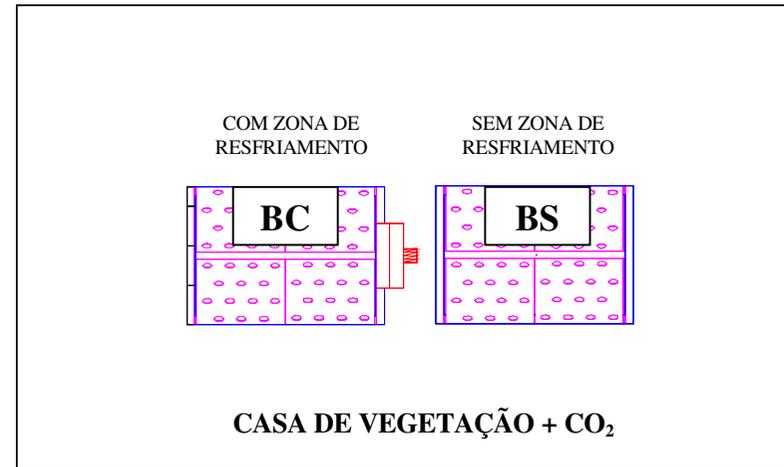
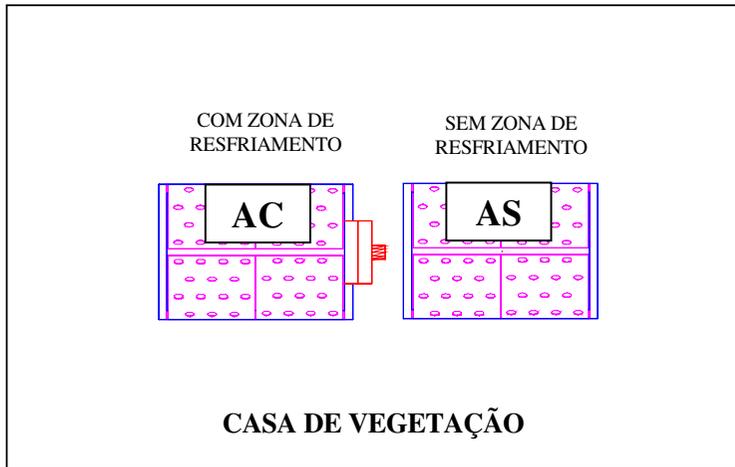


Figura 18. Croqui do experimento 3 – “Análise dos efeitos do ambiente na produtividade de morango em sistema aerônico com zona de resfriamento”.



Figura 19. Vista geral das bancadas instaladas no ambiente a “céu aberto”.

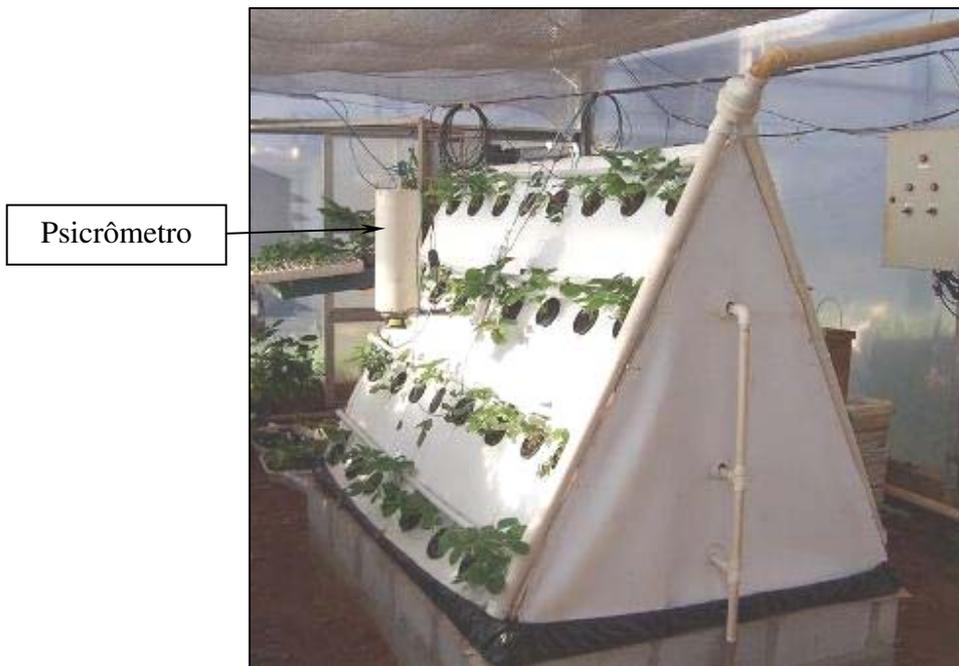


Figura 20. Vista da bancada instalada em estufa climatizada.



Figura 21. Vista das bancadas instaladas em estufa não climatizada com injeção de CO_2 .

As mudas envasadas foram colocadas em bandejas com capacidade para 18 vasos cada e mantidas em casa de vegetação climatizada no período de 05 de agosto de 2004 a 17 de outubro de 2004. A partir do dia 18 de outubro as mudas sofreram um desbaste foliar, deixando-se 2 a 3 folhas e foram levadas para uma câmara fria para aclimação a uma temperatura entre $4,5 \pm 0,5$ °C com fotoperíodo de 8,0 horas de luz por dia, sendo a iluminação realizada com lâmpadas fluorescentes comuns e do tipo Grow Lux[®], além de duas lâmpadas de vapor de sódio de 500W. A **Figura 22** demonstra a densidade de fluxo de fótons fotossintético (DFFFA) de 410 e 59 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ radiação fotossinteticamente ativa máxima em casa de vegetação e na câmara fria, respectivamente. As plantas ficaram nesta condição até o dia 04 de novembro, ou seja, por um período de 18 dias.

A **Figura 23** demonstra a variação média das temperaturas máximas e mínimas durante o período de manutenção das mudas (novembro à fevereiro), na casa de vegetação climatizada, coletadas através de um termohigrógrafo.

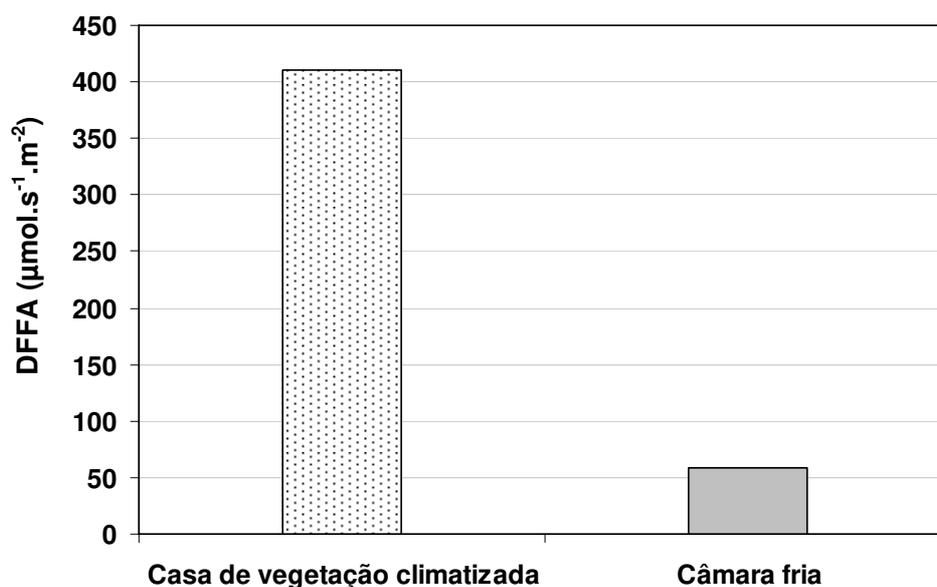


Figura 22. Densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA), coletada em 17/10/2003, data anterior à aclimação das mudas na câmara fria (vernalização), entre 12:40 e 13:10 h.

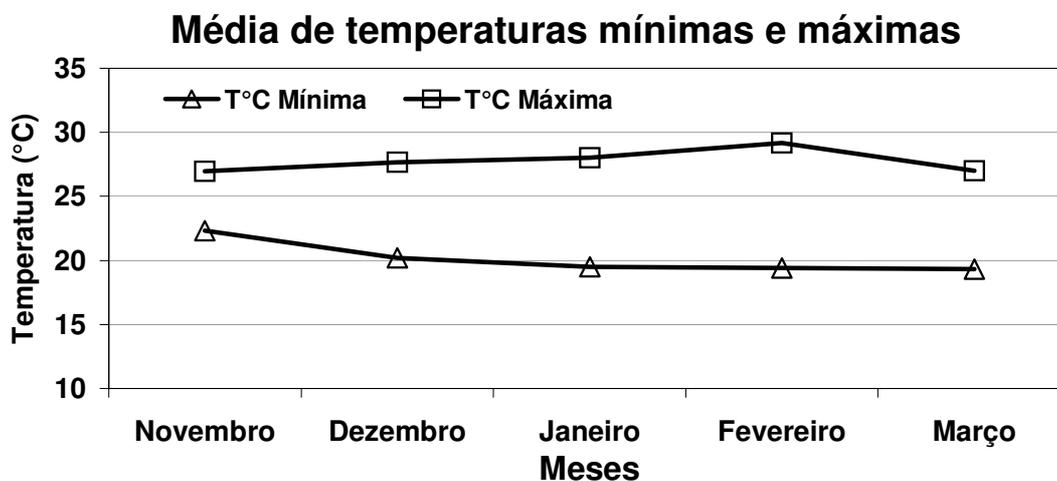


Figura 23. Variação média das temperaturas mínimas e máximas durante os meses de manutenção das mudas.

Após a retirada da câmara fria as plantas foram mantidas em casa de vegetação climatizada até o dia 22 de fevereiro, portanto um período de 110 dias, mantendo-se 8 h luz diária, realizado através da abertura e fechamento da cortina para escurecimento (ALUMINET DS®). A cortina foi instalada na parede do meio poroso do sistema de resfriamento, de maneira que o fluxo de ar gerado pelo exaustor auxiliou na manutenção de um túnel sobre as mudas, através da pressão positiva gerada sob a tela, pois a casa de vegetação não possuía um sistema próprio para tal finalidade (**Figura 24**).

Durante todo o período antes do transplante para as bancadas, foram realizados tratamentos culturais para retirada de folhas velhas, flores e tratamentos fitossanitários.



Figura 24. Cortina fechada para controle de fotoperíodo.

A formulação da solução nutritiva foi a mesma utilizada no item 4.2.1. e a irrigação foi intermitente, com intervalos fixos de 5 minutos (diurno e noturno), sendo que o sistema de resfriamento evaporativo das bancadas permaneceu desligado somente quando do acionamento da irrigação.

O reservatório do sistema com zona de resfriamento recebeu um isolamento termorefllector com o filme adesivo aluminizado da empresa VacuoFlex[®].

Foram monitoradas a cada minuto as temperaturas dentro e fora das bancadas e também da solução nutritiva, através de sensores tipo termopar com um sistema de aquisição de dados da empresa NOVUS Ltda., modelo Field Logger[®]. Nos ambientes A (casa de vegetação) e C (casa de vegetação climatizada) e D (céu aberto) foram instalados psicrômetros para coleta de temperatura e umidade relativa do ar.

Para a monitoração da radiação solar foram instalados sensores de radiação global (externa e interna da casa de vegetação climatizada) e a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em todos os ambientes, inclusive sob a cobertura da bancada com T.N.T.

Foi realizada análise da área exposta de raiz (ensaio não destrutivo) com a utilização de imagem digitalizada, conforme proposto por KLASSEN et al. (2000) e calculada a área exposta da raiz com o software “SIDAR – Sistema para determinação de área”, desenvolvido por MACHADO (1999). Para a coleta das imagens utilizou-se um pedestal para a fixação da câmera fotográfica, mantendo-se a mesma para a aquisição das imagens das raízes apoiadas

sobre um fundo opaco preto. A amostragem foi realizada com a coleta de duas plantas de cada repetição para as diferentes cultivares, perfazendo um total de 8 plantas por tratamento.

4.2.2.1. Variáveis analisadas e delineamento experimental

Para efeito de análise foram avaliados a massa fresca dos pseudofrutos/planta, massa acumulada dos pseudofrutos/planta, número de pseudofrutos/planta e número acumulado de pseudofrutos/planta, teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e área de raiz.

Cada bancada possuía 4 repetições de cada cultivar, onde 4 plantas foram dispostas acompanhando a inclinação da face da bancada (linha inclinada). Cada face continha duas repetições de cada cultivar distribuídas aleatoriamente.

Foram utilizados experimentos fatoriais para comparação entre os diversos tratamentos e seus efeitos sobre a planta do morangueiro, sendo avaliados os parâmetros em relação aos sistemas com e sem zona de resfriamento; aos ambientes e às cultivares. O delineamento experimental utilizado para a realização das análises dos sistemas foi delineamento inteiramente casualizado (DIC).

Foram coletados dados de todas as plantas de cada repetição para efeito de análise, sendo que, para a avaliação do teor de sólidos solúveis totais, foram coletados 3 pseudofrutos maduros de cada repetição das cultivares nos diferentes tratamentos. Os pseudofrutos foram masserados e o líquido foi coletado para posterior análise em refratômetro portátil.

Para análise não destrutiva da área exposta de raiz, foram coletados dados médios de duas plantas de cada parcela, num total de 4 parcelas, nos diferentes tratamentos.

4.2.3. Descrição do experimento 4: Efeito do fotoperíodo na produção de entressafra do morangueiro em casa de vegetação climatizada

Foi escolhida a cultivar Sweet Charlie, de dia-curto, por ser muito popular entre os produtores e apresentar precocidade de colheita.

Foram utilizadas um total de 32 plantas. As mudas foram obtidas no dia 05 de agosto de 2003 e mantidas nas bandejas de produção de mudas com 128 células em casa de vegetação climatizada com temperatura controlada (máxima 27 °C) e tela de sombreamento refletivo

60% (Aluminet[®]), até o plantio no dia 01 de outubro de 2003, neste dia foram plantadas em vaso plástico conforme descrito no item 4.2.1, sendo mantidas em bandejas plásticas contendo do 15 vasos cada uma, até atingirem porte adequado para produção, removendo-se os botões florais, a fim de promover apenas o desenvolvimento vegetativo das mudas.

No dia 13 de dezembro de 2003 as plantas foram transferidas para as bancadas de cultivo em um sistema hidropônico (NFT) em casa de vegetação climatizada, com e sem controle de fotoperíodo. O controle de fotoperíodo foi realizado manualmente durante o período de dezembro a abril, com a tela de escurecimento ALUMINET DS[®], a qual foi complementada com filme de polietileno dupla face preto/branco, em função da não cobertura total das bancadas (**Figura 24**). Foi mantido um fotoperíodo de 8 h, com abertura às 10:00 h e fechamento às 18:00 h do início ao fim do experimento (horário de verão).

Foram utilizados canais de cultivo de 150 mm para a instalação do experimento com espaçamento de 25 cm entre as plantas.

A solução nutritiva foi a mesma utilizada no item 4.2.2.

Setenta dias após o transplante foi realizada uma pulverização com ácido giberélico (giberelina) na dosagem de 50 mg/L, via foliar, conforme descrito por TEHRANIFAR e BATTEY (1997).

4.2.3.1. Variáveis analisadas e delineamento experimental

As plantas foram divididas em dois tratamentos, com e sem fotoperíodo, em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Cada tratamento possuía 16 plantas, cada planta sendo uma repetição para efeito de análise.

As plantas foram avaliadas em função da massa acumulada dos pseudofrutos/planta, número de pseudofrutos/planta e número acumulado de pseudofrutos/planta e número de estolhos emitidos.

A coleta de dados iniciou em 26 de janeiro de 2004 (45 DAT) e finalizou em 12 de abril de 2004 (128 DAT).

4.2.4. Descrição do experimento 5: Aclimação de mudas de morangueiro para produção na entressafra

Foram utilizadas 40 plantas, sendo a metade da cultivar Sweet Charlie e a outra metade da cultivar Seascape. A cultivar Sweet Charlie, de dia-curto, e a Seascape utilizada por ser uma planta de dia-neutro, tendo em vista a época de cultivo (dia longo).

As mudas foram obtidas no dia 05 de agosto de 2003 e mantidas nas bandejas de produção de mudas com 128 células em casa de vegetação climatizada com temperatura controlada (máxima 27 °C) e tela de sombreamento refletivo 60% (Aluminet[®]), até o plantio no dia 01 de outubro de 2003. Neste dia foram plantadas em vaso plástico e irrigadas com a mesma solução nutritiva descrito no item 4.2., sendo que metade das mudas de cada cultivar foi transferida para as bancadas de cultivo em um sistema hidropônico (NFT) em casa de vegetação climatizada e a outra metade para uma casa de vegetação sem climatização.

Foram utilizados canais de cultivo de 150 mm para a instalação do experimento com espaçamento de 25 cm entre as plantas.

Todas as plantas das casas de vegetação foram mantidas com o mesmo sistema de irrigação, removendo-se os botões florais até atingirem porte adequado para produção, a fim de promover apenas o desenvolvimento vegetativo das mudas.

As plantas que estavam na casa de vegetação climatizada, foram submetidas a partir de 01 de novembro de 2003 ao controle de fotoperíodo com 8 h de luz (**Figura 24**). As testemunhas (casa de vegetação não climatizada) foram submetidas ao fotoperíodo normal da época (13 h).

Em 12 de dezembro de 2003 todas as plantas foram transferidas para uma câmara fria com fotoperíodo e temperatura controlada, 8 h e $5 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$, respectivamente, por um período de 10 dias. Com o intuito de se evitar o estresse das plantas, a temperatura no interior da câmara fria durante o primeiro dia de condicionamento foi de 15 °C, diminuindo progressivamente até 5 °C. O procedimento inverso foi feito após o 9º dia de condicionamento, completando um total de 10 dias de tratamento (192 h de frio).

Em 22 de dezembro de 2003 as plantas foram levadas às bancadas de cultivo inclinadas “tipo seção em A”, em uma casa de vegetação não climatizada com tela de sombreamento aluminizada com sombreamento de 60% (ALUMINET[®]) para avaliação de produtividade.

4.2.4.1. Variáveis analisadas e delineamento experimental

As plantas foram divididas em dois tratamentos, com e sem fotoperíodo antes da vernalização, em um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Cada tratamento possuía 10 plantas, cada planta sendo uma repetição para efeito de análise.

As plantas foram avaliadas em função da massa acumulada dos pseudofrutos/planta, número de pseudofrutos/planta e número acumulado de pseudofrutos/planta e número de estolhos emitidos.

A coleta de dados iniciou em 26 de janeiro de 2004 (45 DAT) e finalizou em 23 de fevereiro de 2004 (74 DAT).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Experimento 1: Análise de estrutura de proteção de plantas construída com bambu, sob diferentes esforços

Os primeiros testes para construção das vigas a fim de se verificar a funcionalidade e seu comportamento, foram realizados com espaçadores de madeira. Porém, em virtude da mão-de-obra necessária e, também pelas rachaduras apresentadas nas peças após algum tempo de exposição, optou-se para a confecção das peças plásticas descritas no item material e métodos (**Figura 25**). Outra vantagem da peça plástica é a maior área de apoio do colmo com a peça em função de seu formato em arco. As vigas feitas com esse material também são mais leves. Contudo, as desvantagens desse material são a menor resistência, por ser vazada, e a menor facilidade de aquisição se comparada com a madeira, que pode ser aproveitada de restos de corte de serrarias ou madeireiras.

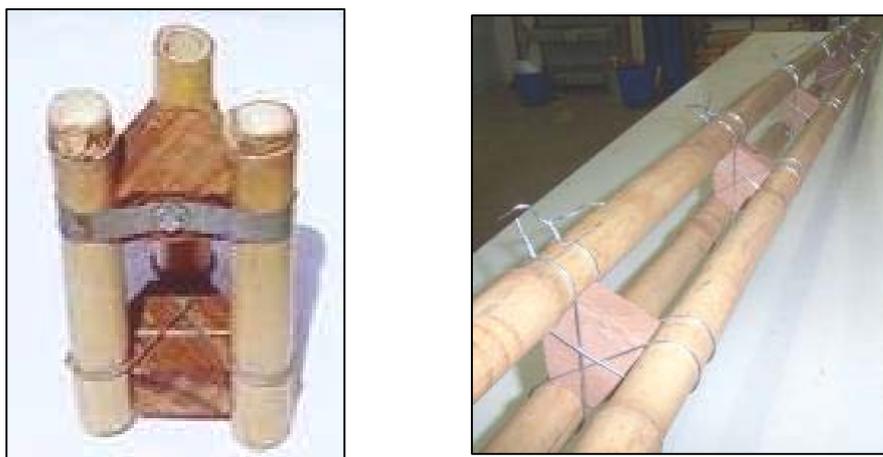


Figura 25. Espaçador de madeira com amarração de arame e cinta de aço esticada por parafuso.

Para amarrar o colmo de bambu aos espaçadores, foram testados três tipos de materiais: cinta de polietileno, cinta de aço e arame galvanizado. As cintas de polietileno e de aço não apresentaram amarração eficiente, pois foi possível o giro do colmo, causando o afrouxamento das amarrações e, por fim, o desprendimento dos espaçadores. Este problema foi menor com a cinta de aço em função de suas propriedades mecânicas de maior resistência à

tração e menor elasticidade; porém, a baixa resistência transversal do colmo pode apresentar problemas de quebra.

Com o arame foi possível obter um melhor resultado; os colmos tiveram maior superfície de contato junto aos espaçadores sem apresentar os problemas descritos anteriormente para as cintas, mas, para que se pudesse ter esse resultado, foi necessária a aplicação de força e habilidade com ferramenta apropriada do tipo torquês.

Apesar de terem sido feitas as medições das deformações nos pilares e vigas (flexo-compressão e flexão normal), em todos os eixos (norte, sul, leste e oeste) (Apêndice-Experimento 1) e em três alturas das colunas (2; 3 e 4 m), serão discutidos apenas os resultados relativos à variação no deslocamento vertical por ser este o mais relevante para o estudo em questão.

5.1.1. Avaliação do ensaio no pórtico transversal

Observa-se, na **Figura 26**, que a maior variação do deslocamento vertical após a aplicação das cargas, foi verificada no ponto 3. Isto se deve ao fato de a viga de bambu sofrer um esforço de compressão, gerando uma flexão em função da grande distância do vão livre (60 m) e devido aos colmos serem menos resistentes, uma vez que houve dificuldade de se coletar colmos com maior diâmetro e que fossem retilíneos e atingissem esse comprimento. Portanto, a aplicação desta viga como forma de resistência às cargas de compressão pode não ser ideal para a distância em questão.

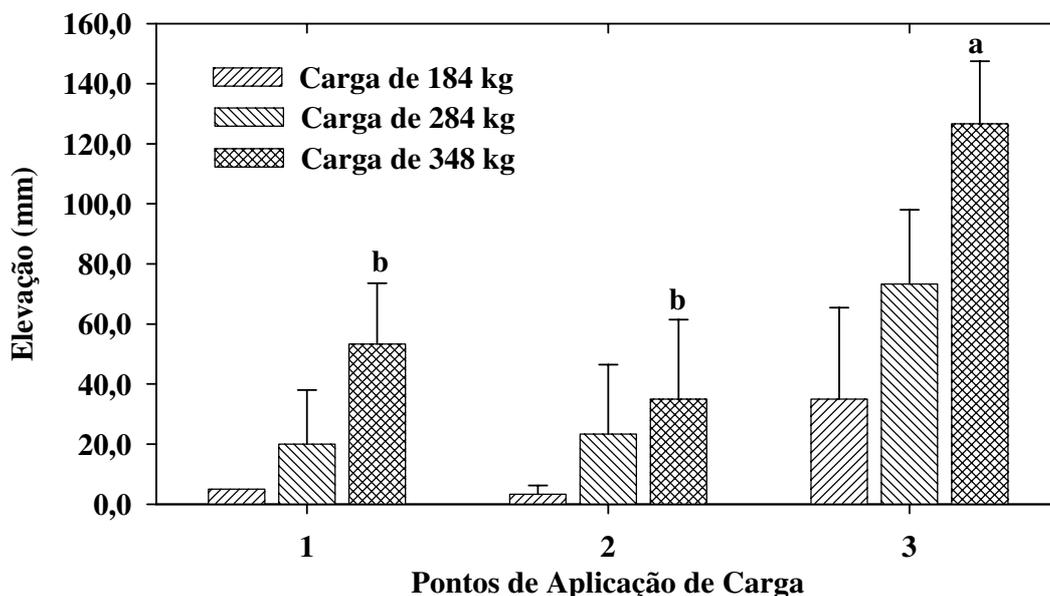


Figura 26. Variação média da elevação da viga nos diferentes pontos de medição em função da carga aplicada no pórtico transversal. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As barras de erro indicam desvio padrão.

Os deslocamentos verticais nos pontos 1 e 2 se devem às forças exercidas sobre as amarrações das vigas junto às colunas. Parte deste deslocamento se deve ao acomodamento dos espaçadores e aos arames da amarração que sofrem a aplicação da força. Isso pode ser evitado com uma melhor amarração, inclusive utilizando-se duas peças neste ponto de apoio da viga.

O comportamento desigual dos deslocamentos verticais referentes aos pontos 1 e 2, observados na mesma figura, deve-se provavelmente às desigualdades de diâmetro e parede dos colmos de bambu, bem como à coincidência ou não de um nó sobre a amarração, o que pode favorecer maior resistência em função do maior diâmetro do colmo verificado no nó.

Observou-se uma maior variação do deslocamento vertical para carga de 348 kg em relação ao ponto 1, devido à quebra do espaçador de plástico, influenciando na média deste ponto. Um dos motivos para a quebra foi a presença de bolhas de ar no interior do espaçador, geradas durante o processo de fabricação da peça.

5.1.2. Avaliação do ensaio no pórtico longitudinal

Para os ensaios de avaliação dos pórticos longitudinais foi adotada a mesma metodologia utilizada nos transversais, com as cargas distribuídas conforme a **Figura 9**, sendo avaliados três tipos de espaçamentos (tratamentos) propostos entre colunas (2; 2,5 e 3m).

Observa-se na **Figura 27** que a variação média do deslocamento vertical nos pontos 4 e 5 (mediatriz do vão livre das vigas), para as distâncias 2 e 2,5 m, não diferiram significativamente entre si, porém houve diferença significativa para o espaçamento de 3 m em relação aos demais. Portanto, para um menor custo de mão-de-obra e material, é possível afirmar que o espaçamento de 2,5 m entre colunas, no pórtico longitudinal, pode ser utilizado sem o comprometimento da estrutura, desde que seja utilizado o mesmo desenho e a mesma metodologia construtiva.

Cabe ressaltar que, ao se utilizar vigas com comprimento de 6 m, a sua extremidade mais fraca será sempre menos resistente comparada com uma viga de menor comprimento, em função do menor diâmetro dos colmos, já que foram instaladas de maneira a oferecer maior resistência, ou seja, preservando-se a extremidade mais resistente.

Observa-se, na **Figura 28**, que houve diferença significativa entre os pontos 1 e 3 (colunas da extremidade) em relação ao ponto 2 (coluna central) para as cargas aplicadas. Ao se utilizar o espaçamento de 2,5 m a variação da elevação no ponto 2, em relação aos outros pontos das extremidades do pórtico foi menor, o que já era esperado, pois os esforços são maiores nos pontos 1 e 3 devido ao tirantamento nas colunas da extremidade. Em função disto, torna-se conveniente utilizar colunas mais reforçadas nestes pontos, ou seja com seis colmos de bambu.

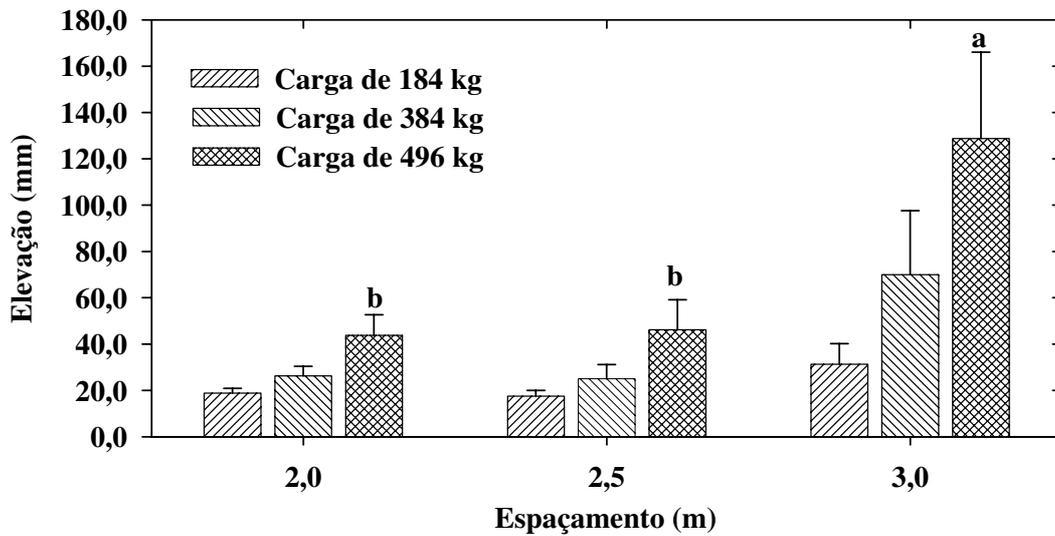


Figura 27. Variação média da elevação das vigas nos pontos de medição 4 e 5 em função das cargas, aplicadas no pórtico longitudinal. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. As barras de erro indicam desvio padrão.

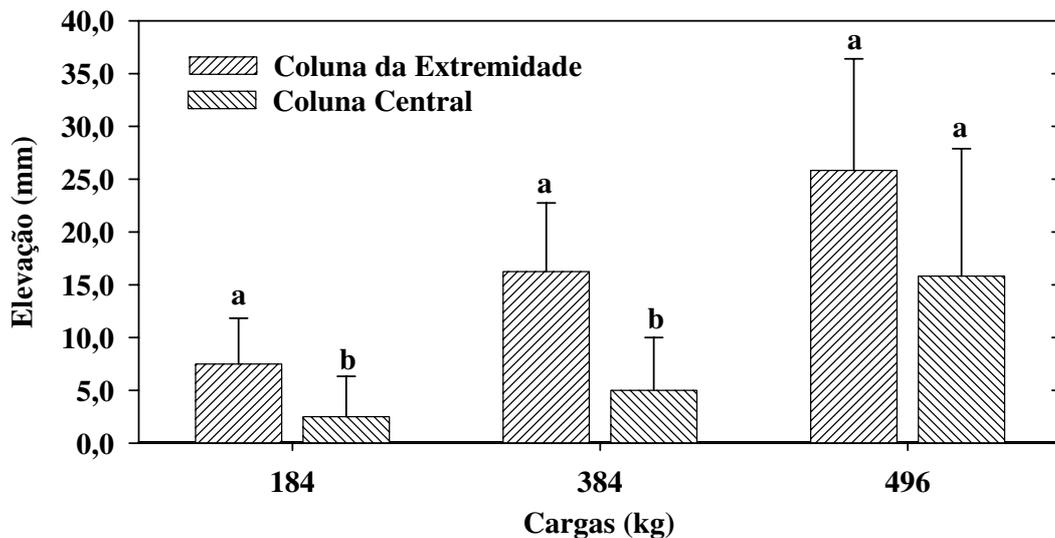


Figura 28. Variação dos deslocamentos verticais das colunas representadas pelos pontos 1, 2 e 3 em função das diferentes cargas aplicadas no pórtico longitudinal. Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As letras comparam médias entre colunas com a mesma carga. As barras de erro indicam desvio padrão.

5.1.3. Comentários sobre os aspectos construtivos e do comportamento das estruturas comercial e tipo tenda em campo

Em relação à montagem e instalação das estruturas, como era esperado, observou-se a instalação em menor tempo para a estrutura comercial em relação à estrutura do tipo tenda, uma vez que se trata de um “kit” pré-fabricado, sendo realizado em apenas dois dias.

A dificuldade maior de instalação da estrutura tipo tenda em relação à comercial, foi a impossibilidade de fixação das peças (colunas e vigas) isoladamente, tendo-se que erguer todo o pórtico longitudinal já montado anteriormente sobre o solo. Ao contrário, a estrutura comercial possui os arcos individualizados instalados independentemente e posteriormente amarrados em conjunto com as peças de travamento. Outro complicador no tipo tenda foi o atirantamento, alinhamento e prumo da estrutura, pois a mesma necessita estar tensionada para se estabilizar estruturalmente, o que demandou maior mão-de-obra.

Observou-se, quando da incidência de ventos fortes, que a velocidade interna do ar dentro das estruturas foi 5,8 m/s na estrutura tipo tenda e 3 m/s na comercial, ambas podendo prejudicar o desenvolvimento do cultivo, pois o máximo recomendado é a velocidade de 1,5 m/s (ASHRAE, 1978). Esta diferença entre as estruturas se deve provavelmente à menor área de abertura das laterais da estrutura.

A fixação longitudinal do filme plástico foi realizada mais facilmente com o sistema proposto na estrutura tipo tenda, ou seja, com os tensores fixados na estrutura e com os ganchos presos nos ilhoses, gerando tensão no filme. Uma vantagem deste sistema foi a necessidade de apenas uma pessoa para a fixação do filme.

A estrutura tipo tenda foi modificada em relação ao tensionamento do plástico, feito através do tirantamento central que era preso em um suporte concretado no centro da estrutura, alinhado em cada pórtico transversal. Tal tirantamento promoveu desgaste e conseqüente rompimento do plástico no ponto mais exigido (**Figura 29**). Este desgaste foi promovido pela movimentação longitudinal de todo o filme da cobertura quando da incidência de ventos na direção longitudinal da estrutura, pois os tensores, por possuírem comportamento elástico, permitiram tal movimentação. Este problema foi resolvido eliminando-se o tirantamento central, sendo substituído apenas pelos das extremidades, formando uma calha em arco, permitindo um melhor escoamento de água pluvial, aumentando o volume de ar dentro da

estrutura, e favorecendo o controle de altas temperaturas, devido ao aumento do vão central (**Figura 30**).

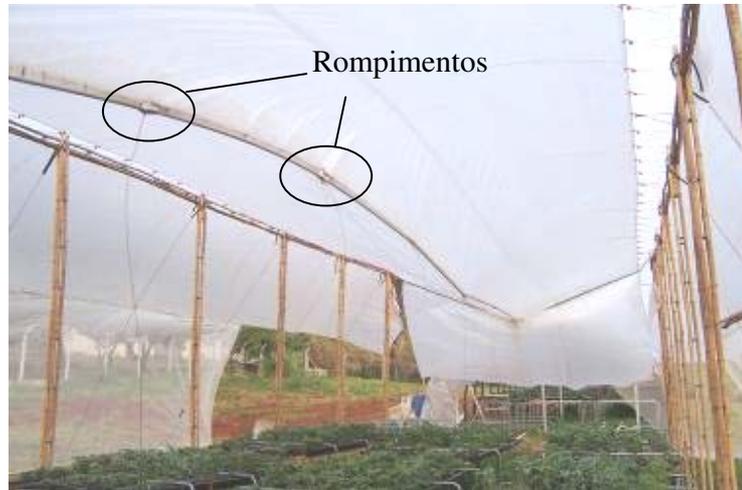


Figura 29. Rompimento do filme plástico no ponto de tirantamento central.

Em 17 de outubro de 2004, as estruturas foram atingidas por um vendaval que atingiu a velocidade de 115,5km/h, segundo dados do CEPAGRI, incidindo lateralmente sobre elas. A tipo tenda sofreu a quebra de uma coluna e, conseqüentemente, sua destruição, ocorrendo o efeito guilhotina sobre os colmos de bambu (**Figura 31 e Figura 32**). A estrutura comercial sofreu alguns danos como a quebra de parafusos das peças de amarração e desalinhamento dos arcos, porém não foi destruída. A maior resistência da estrutura comercial, em comparação ao tipo tenda, se deu principalmente em função de seu maior efeito aerodinâmico e flexibilidade dos arcos de plástico.

Uma possível solução para o problema de quebra da coluna de bambu pode ser a diminuição da distância entre os espaçadores, de 60 cm para 30 cm, ou utilização de colmos com diâmetro maior.



Figura 30. Vista da estrutura tipo tenda construída com bambu antes (a) e após a modificação na fixação do plástico de cobertura (b).



Figura 31. Quebra da coluna por cisalhamento devido à ação de vento de 115,5 km/h.



Figura 32. Vista da estrutura tipo tenda construída com bambu, após destruição ocorrida por ação de vento de 115,5 km/h.

5.2. Controle ambiental aplicado ao cultivo de morangueiro na entressafra

5.2.1. Experimento 2: Produtividade do morangueiro em aeroponia com zona de resfriamento

A coleta de pseudofrutos iniciou-se em 24 de outubro de 2002 e finalizou-se em 3 de janeiro de 2003.

Apesar das fendas feitas na periferia dos vasos permitirem o crescimento radicular para fora desses, foi observado que poucas plantas demonstraram esse comportamento. Esse efeito pode estar relacionado, segundo YANG et al. (1989), à composição da solução nutritiva e aos intervalos de irrigação, fatores importantes a serem investigados. Eles demonstraram que diferentes intervalos de irrigação utilizados em aeroponia afetaram o crescimento das raízes e a massa dos frutos em cultivo do tomateiro, sendo que intervalos menores de irrigação promoveram um maior crescimento das raízes e das partes aéreas das plantas quando comparadas com outros em sistemas hidropônicos, tais como o NFT.

O sistema com zona de resfriamento proporcionou um incremento de cerca de 31,4% para a massa média de pseudofrutos e de 25,5% no número médio de pseudofrutos de morangueiro produzidos no período estudado. A massa média dos pseudofrutos coletados entre os sistemas, com zona de resfriamento (6,57 g) e sem zona de resfriamento (5,0 g). A mesma tendência se observou no número de pseudofrutos, 4,48 e 3,57, para os sistemas com e sem zona de resfriamento, respectivamente (**Figura 33** e **Figura 34**).

Quanto às análises relacionadas às cultivares, quando analisados a massa total produzida por planta e o número de pseudofrutos por planta no sistema com zona de resfriamento, com as melhores médias foram obtidas pela cultivar Sweet Charlie (43,47 g), seguida pela Campinas (34,31 g) e Seascape (24,3 g) (**Figura 35**).

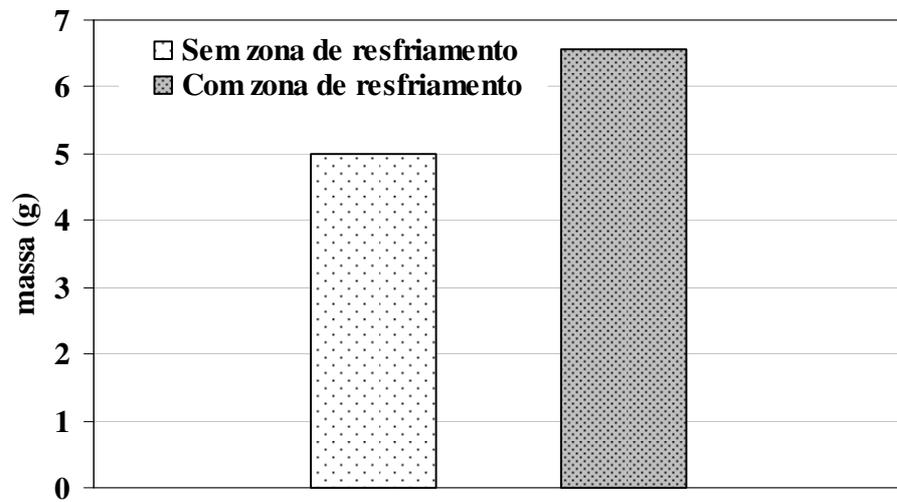


Figura 33. Massa fresca média de pseudofrutos/planta nos sistemas “sem e com zona de resfriamento”.

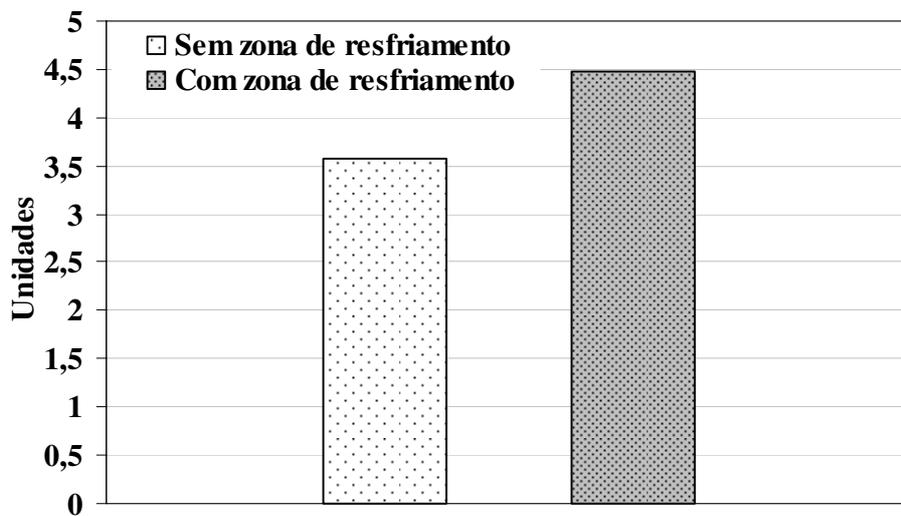


Figura 34. Número médio de pseudofrutos/planta nos sistemas “sem e com zona de resfriamento”.

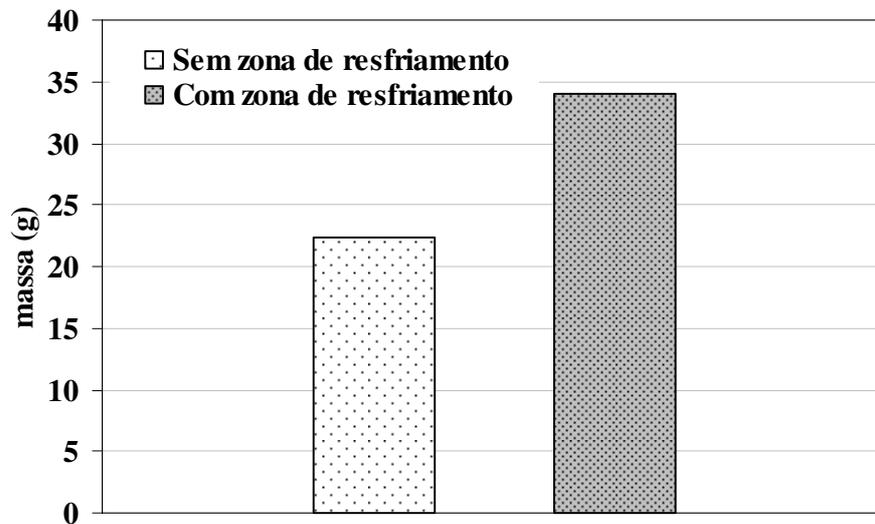


Figura 35. Massa total média de pseudofrutos/planta nos sistemas “sem e com zona de resfriamento”.

5.2.2. Experimento 3: Análise dos efeitos do ambiente na produtividade de morango em sistema aeropônico com zona de resfriamento

Conforme descrito no item 1.9.2 para efeito de análise e simplificar a leitura, os ambientes foram distinguidos da seguinte forma:

- **Ambiente A** - Casa de vegetação simples com abertura lateral e frontal + tela aluminizada com 60% de sombreamento;
- **Ambiente B** - Casa de vegetação simples com abertura lateral e frontal + tela aluminizada com 60% de sombreamento + enriquecimento com CO₂;
- **Ambiente C** - Casa de vegetação climatizada + tela aluminizada com 60% de sombreamento + enriquecimento com CO₂;
- **Ambiente D** - Céu aberto.

Na **Tabela 10** são apresentados os resultados obtidos de massa fresca e massa total de pseudofrutos/planta; número de pseudofrutos/planta, teor de sólidos solúveis totais (°Brix) e área de raiz nos diferentes ambientes e cultivares. Aparentemente, os vários ambientes não

promoveram alterações significativas na produtividade do morangueiro. Entretanto, a qualidade do morango é afetada pela alteração do ambiente, pois o teor de sólidos solúveis totais foi reduzido principalmente pelo uso de cobertura com filme plástico da casa de vegetação, exceto para casa de vegetação, sem zona de resfriamento e com CO₂. Esse efeito pode estar relacionado principalmente com a redução de fluxo de fótons fotossintéticos provocada pelo plástico, podendo-se concordar com GARRISON et al. (1991), que a luz pode afetar diretamente a performance da fotossíntese.

Observa-se na **Figura 36** que a radiação global interna da estufa foi muito menor que a global externa. Esse fato se deve a utilização da tela de sombreamento aluminizada e ao filme difusor utilizado na cobertura da estrutura.

O mesmo comportamento da variação da radiação global pode ser observado em relação a densidade do fluxo fotossinteticamente ativo (DFFFA), quando comparada nas bancadas dentro das casas de vegetação e à céu aberto na bancada contendo o TNT (**Figura 37**).

A Tabela 11 demonstra as diferenças da radiação fotossinteticamente ativa à céu aberto e na casa de vegetação climatizada com e sem tela de sombreamento aluminizada.

Tais diferenças promoveram uma redução significativa nas médias de temperaturas máximas e nas temperaturas médias das casas de vegetação em relação à temperatura externa, conforme observado nas **0 e Figura 39**.

A Tabela 11 demonstra as diferenças da radiação fotossinteticamente ativa à céu aberto e na casa de vegetação climatizada com e sem tela de sombreamento aluminizada.

Estão demonstrados nas **Figura 40 e Figura 41** o comportamento das médias das temperaturas máximas de bulbo seco no dossel e de bulbo úmido dentro das bancadas de cultivo nos diferentes ambientes. Observa-se que, os valores médios de temperatura máximas de bulbo seco, obtidos nos psicrômetros instalados nas casas de vegetação, diferiram significativamente em relação às temperaturas obtidas na estação meteorológica, sendo menores em função do sombreamento da tela aluminizada. Houve também diferença significativa quando comparadas as temperaturas no dossel das plantas em relação as temperaturas obtidas no psicrômetro da casa de vegetação não climatizada (PA x AS), não ocorrendo o mesmo no ambiente a céu aberto e na casa de vegetação climatizada, provavelmente em função da maior ventilação.

Tabela 10. Diferentes respostas dos valores médios obtidos das variáveis analisadas em função dos diferentes tratamentos.

Tratamentos*	Casa de Vegetação					Céu Aberto				Valor do teste "F"	CV%
	AS	AC	BS+CO ₂	BC+CO ₂	C+CO ₂	D1	D2	D4	Testemunha		
Massa fresca de pseudofruto (g)	4,04 a	4,81 a	3,65 a	4,97 a	4,3 a	4,43 a	4,42 a	3,94 a	4,1 a	0,59	100
Massa total de pseudofruto/planta (g)	16,08 a	19,91 a	12,8 a	13,4 a	12,69 a	17,22 a	11,4 a	17,0 a	15,6 a	1,19	133,32
°Brix	5,77 b	6,08 b	7,0 ab	6,17 b	6,45 b	8,33 a	7,32 ab	6,78 ab	8,47 a	6,58 **	16,29
Área de raiz	425,08 a	151,85 c	52,42 cd	42,87 d	287,31 b	116,74 cd	144,0 c	31,18 d	334,52 ab	15,26 **	109,7

Médias na linha seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. **-Significativo (P<0,01%).

*Tratamentos: AS- Casa de vegetação sem zona de resfriamento; AC- Casa de vegetação com zona de resfriamento; BS- Casa de vegetação sem zona de resfriamento + CO₂; BC-Casa de vegetação com zona de resfriamento + CO₂; C- Casa de vegetação climatizada + CO₂; D1- Céu aberto com zona de resfriamento + CO₂; D2- Céu aberto com zona de resfriamento; D4- Céu aberto com zona de resfriamento + CO₂ + TNT; Testemunha- sem zona de resfriamento.

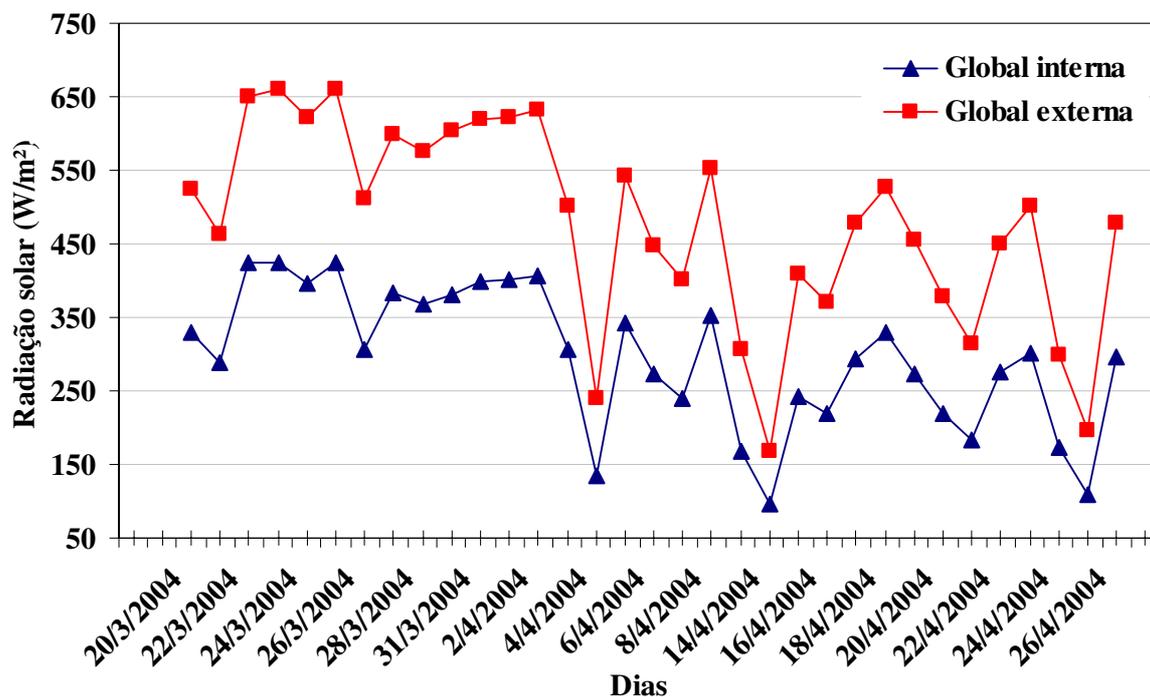


Figura 36. Variação média diária da radiação global externa e interna à casa de vegetação climatizada (Ambiente C). Média do período entre 8:30 e 17:00h.

Apesar da temperatura média no dossel das plantas, nas bancadas com a zona de resfriamento ser menor que nas bancadas sem a zona de resfriamento, houve diferença significativa somente no ambiente “A” (casa de vegetação não climatizada).

A análise da variação média das temperaturas máximas de bulbo úmido dentro das bancadas demonstrou que houve diferença significativa entre os tratamentos sem e com zona de resfriamento. Também houve diferença entre a temperatura máxima média da solução nutritiva nos vários ambientes, pois ela trocou calor com o resfriamento evaporativo do sistema (**Figura 42**). Houve diferenças de até 5,6 °C para a temperatura interna das bancadas e de até 7,7 °C para a solução nutritiva, ambas em relação à temperatura ambiente (31,1 °C), para o sistema com resfriamento em relação ao sem resfriamento. As temperaturas máximas nas bancadas com zona de resfriamento dentro das casas de vegetação foram menores apenas em 0,6°C em relação às bancadas a céu aberto. Portanto, o efeito do abaixamento da temperatura devido a diminuição da radiação solar causada pela tela de sombreamento e ao filme não teve grande influência. De fato, o sistema com zona de resfriamento foi responsável pela diferença das temperaturas internas das bancadas e da solução nutritiva.

As **Figura 43** e **Figura 44** demonstram o comportamento das médias de temperaturas mínimas nos diferentes sistemas e localização.

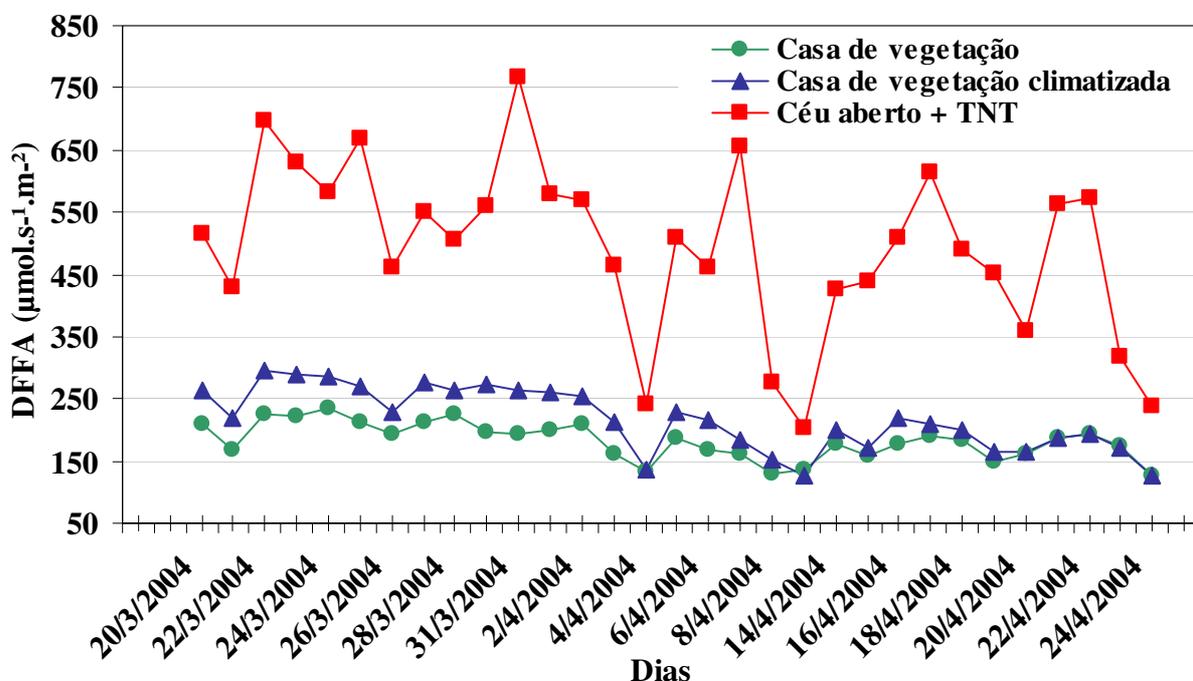


Figura 37. Variação média diária da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR) em casa de vegetação (Ambiente A), casa de vegetação climatizada (Ambiente C) e à céu aberto (Ambiente D) sob a cobertura de tecido não tecido (TNT). Média do período entre 8:30 e 17:00h.

Tabela 11. Radiação fotossinteticamente ativa coletada à céu aberto e em casa de vegetação climatizada em 19/02/2004 às 12:00 h.

AMBIENTE	Radiação fotossinteticamente ativa-PAR (μmol.s ⁻¹ .m ⁻²)
Casa de vegetação com tela de sombreamento aluminizada (60%)	538,2
Casa de vegetação sem tela de sombreamento	1201,5
Céu aberto	2185,0

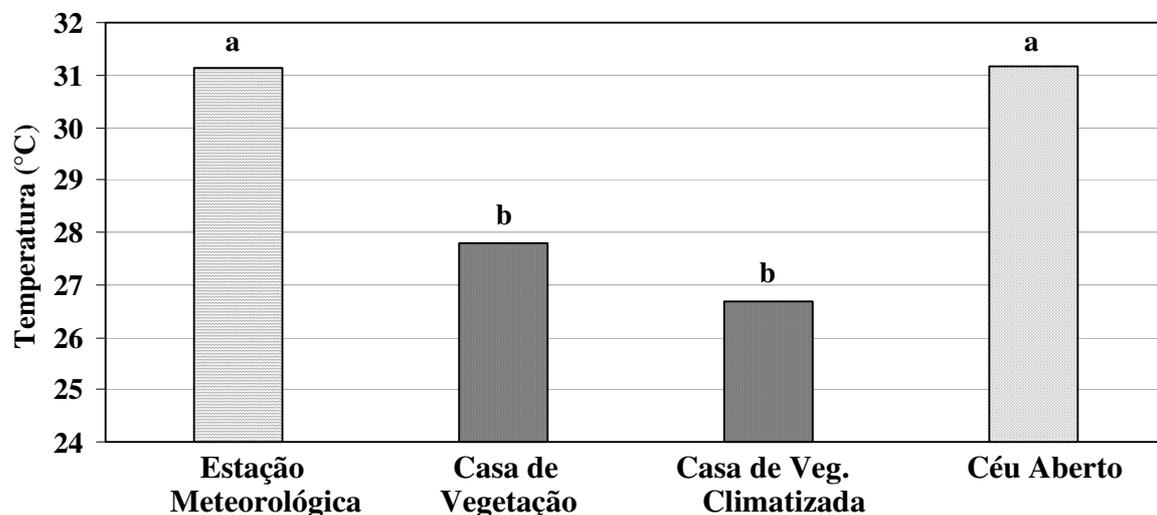


Figura 38. Variação média das temperaturas máximas no dossel das bancadas em função dos diferentes ambientes, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004. Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

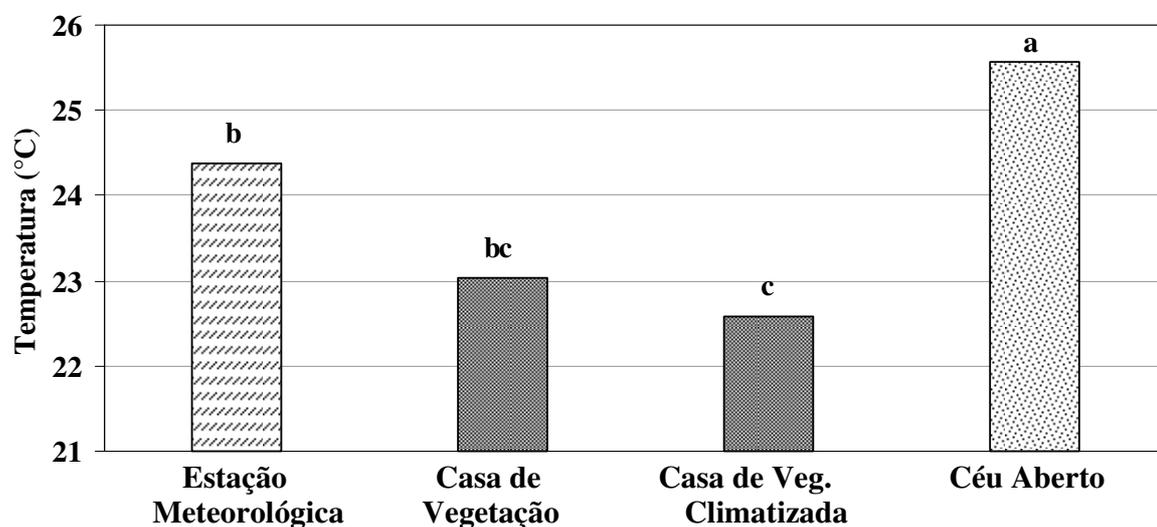


Figura 39. Variação das temperaturas médias no dossel das bancadas em função dos diferentes ambientes, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004. Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

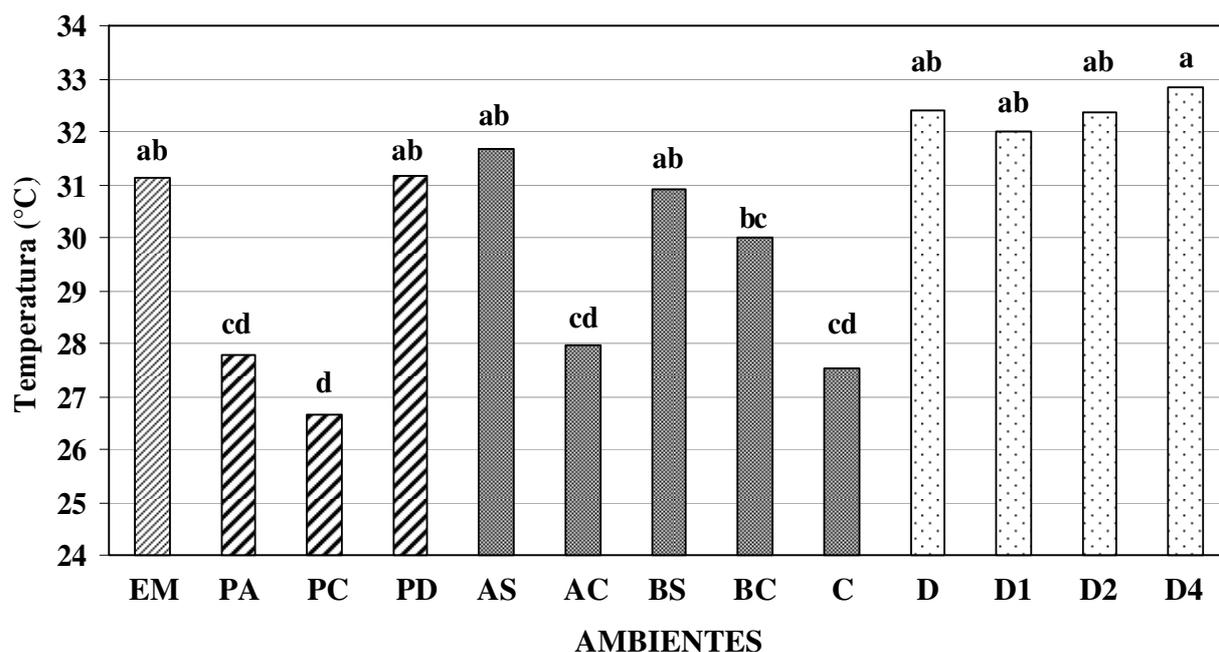


Figura 40. Variação média das temperaturas máximas no dossel das bancadas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

EM- Estação meteorológica; PA- Psicrômetro casa de vegetação; PC- Psic. casa de vegetação climatizada; PD- Psci. céu aberto; AS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento); AC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento); BS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento + CO₂); BC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento + CO₂); C- Casa de vegetação climatizada + CO₂; D- Céu aberto (testemunha); D1- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂); D2- Céu aberto (com zona de resfriamento); D4- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂ + TNT).

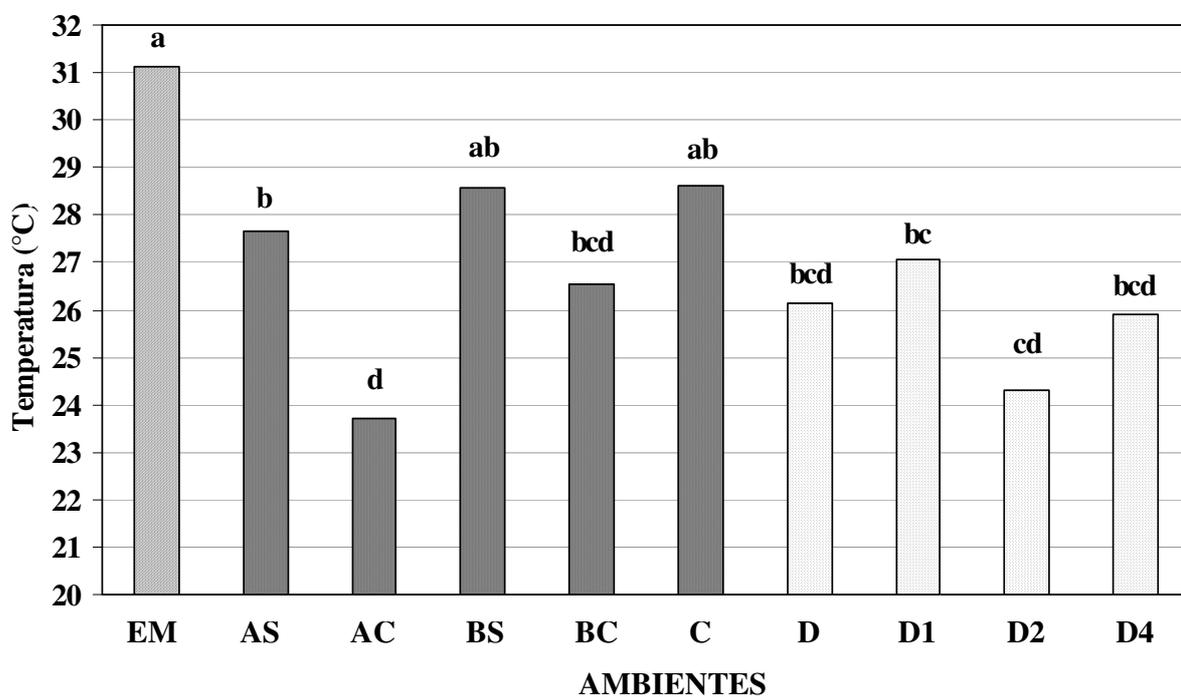


Figura 41. Variação média das temperaturas mínimas no dossel das bancadas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004.

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

EM- Estação meteorológica; AS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento); AC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento); BS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento + CO₂); BC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento + CO₂); C- Casa de vegetação climatizada + CO₂; D- Céu aberto (testemunha); D1- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂); D2- Céu aberto (com zona de resfriamento); D4- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂ + TNT).

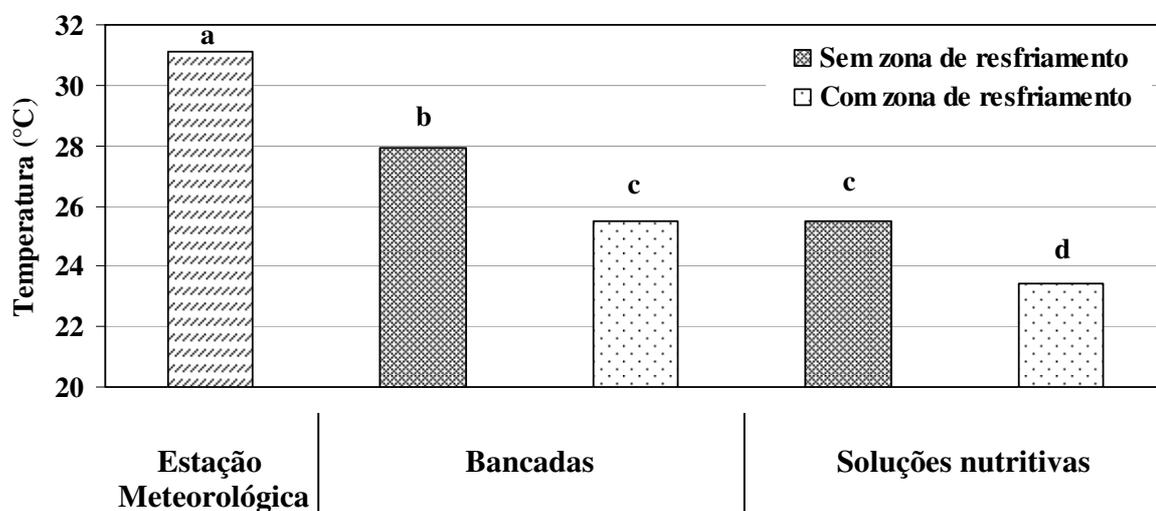


Figura 42. Variação média das temperaturas máximas de bulbo úmido dentro das bancadas e das soluções nutritivas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004. Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

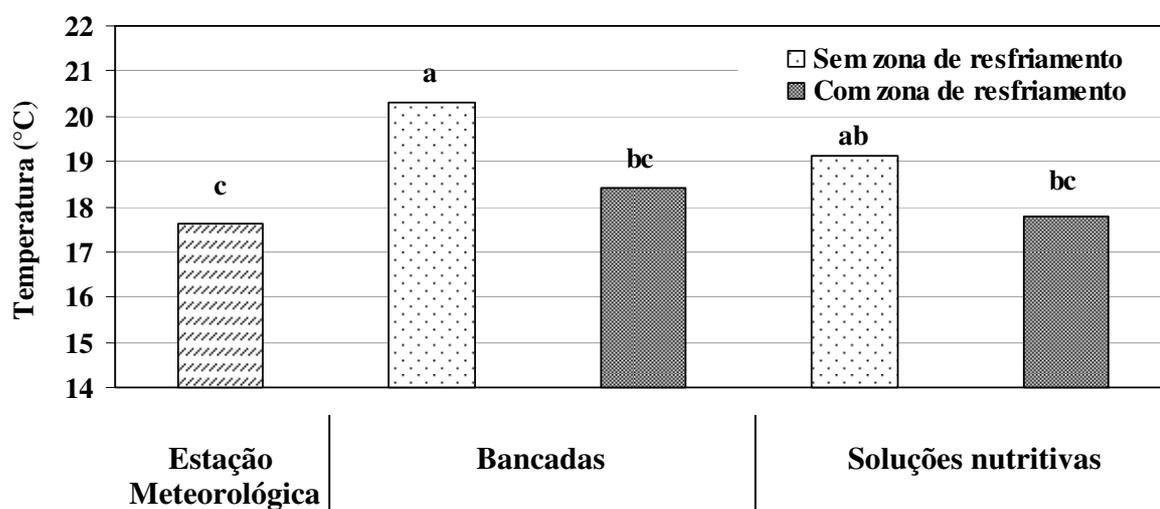


Figura 43. Variação média das temperaturas mínimas no dossel das bancadas e das soluções nutritivas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004. Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

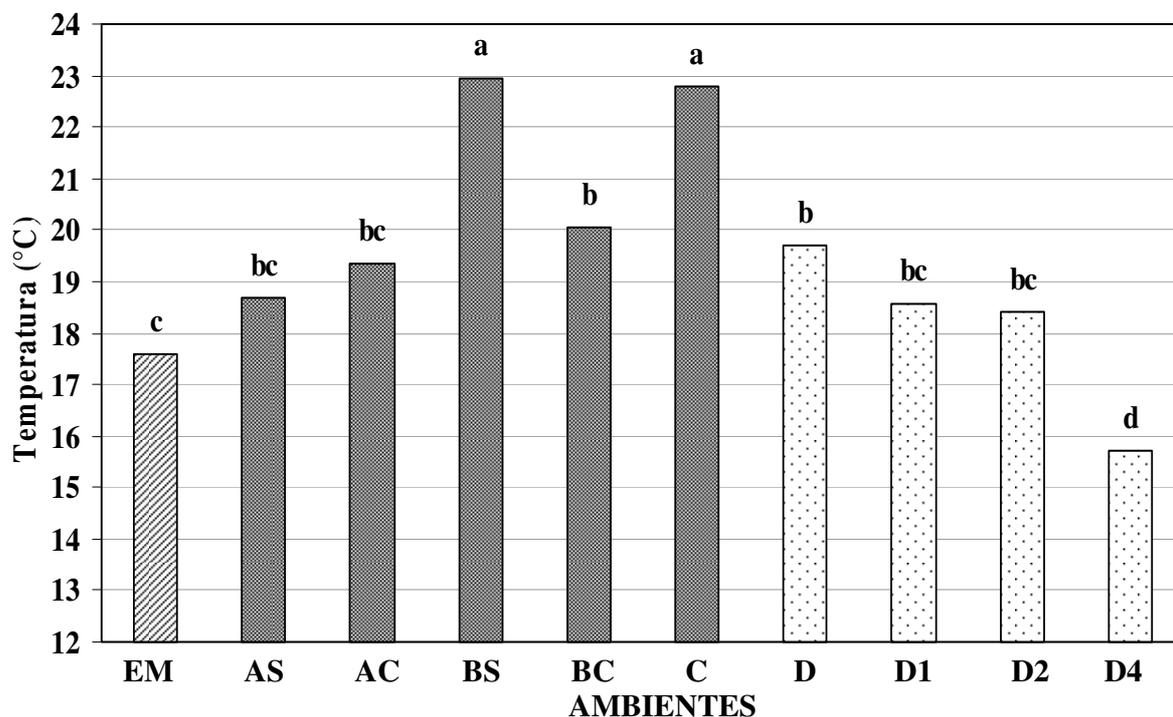


Figura 44. Variação média das temperaturas mínimas dentro das bancadas em função dos diferentes sistemas, coletadas entre 20/02 a 03/05/2004. Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

EM- Estação meteorológica; AS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento); AC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento); BS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento + CO₂); BC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento + CO₂); C- Casa de vegetação climatizada + CO₂; D- Céu aberto (testemunha); D1- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂); D2- Céu aberto (com zona de resfriamento); D4- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂ + TNT).

5.2.2.1. Avaliação de massa fresca de pseudofrutos

A coleta de dados foi realizada durante o período de 05/04 a 04/05/2004.

Não observou-se diferença significativa entre os tratamentos sem e com zona de resfriamento, em relação a massa média de cada pseudofrutos/planta e massa média total dos pseudofrutos/planta, sendo a média geral entre os tratamentos de 4,3 g/pseudofruto e 15,8 g/planta para o período de produção entre 22/02 a 4/06/2004 (Tabela 12).

Apesar das condições ambientais obtidas nos tratamentos experimentais, principalmente nas casas de vegetação, não terem sido limitantes ao florescimento, o baixo rendimento apresentado por todas as cultivares pode ter sido influência do plantio tardio das mudas nos sistemas, uma vez que, por problemas com a instalação para aquisição de dados de temperatura, o cronograma do experimento foi comprometido e as mudas foram plantadas 110 dias além do programado, minimizando o possível efeito da vernalização. Efeitos estes observados por BRANDÃO FILHO et al. (1999) e BALDINI (1997), que citam a precocidade na emissão de botões florais e o segundo cita ainda que houve aumento na produção de pseudofrutos durante as quatro primeiras semanas após o plantio em mudas vernalizadas.

Avaliando-se a massa média geral dos pseudofrutos em função das cultivares estudadas, a Osogrande, produziu em magnitude, a maior média (4,9 g), seguida de Sweet Charlie (4,8 g), Seascape (4,3 g) e Tudla (3,2 g), havendo diferença significativa desta última em relação a Sweet Charlie e Osogrande (**Tabela 12**). Não houve interação entre cultivares e tratamentos, nem foi observada diferença significativa entre os tratamentos sem e com aplicação de CO₂, nos quatro ambientes.

Tabela 12. Valores médios das variáveis analisadas em função dos diferentes tratamentos.

Tratamentos*	Sem zona de resfriamento	Com zona de resfriamento	Cultivares			
			Oso Grande	Seascape	Sweet Charlie	Tudla
Massa fresca de pseudofruto (g)	4,04 a	4,5 a	4,9 a	4,3 ab	4,8 a	3,22 b
Massa total de pseudofruto/planta (g)	14,26 a	15,8 a	15,84 a	17,10 a	14,99 a	12,6 a
°Brix	6,89 a	6,92 a	6,48 a	7,13 a	7,15 a	6,96 a
Área de raiz	274,83 a	97,32 b	166,30 a	178,83 a	179,26 a	180,45 a

Médias na linha seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

5.2.2.2. Avaliação do teor de sólidos solúveis totais

Comparando-se o teor de sólidos solúveis totais entre os tratamentos realizados, observou-se que em magnitude, as melhores médias foram alcançadas com os tratamentos à céu aberto (Testemunha = 8,47; D1 = 8,33; D2 = 7,32 °Brix), sendo que a menor média de teor de sólidos solúveis totais neste ambiente, foi observada no tratamento D4 = 6,78 °Brix,.

As menores médias do teor de sólidos solúveis totais foram registradas em ambiente protegido (BS = 7,0; C = 6,46; BC = 6,17; AC = 6,08 e AS = 5,78 °Brix).

Ao se analisar todos os tratamentos nos diferentes ambientes, observou-se que os melhores resultados obtidos entre os tratamentos Testemunha; D1; D2; BS e D4, não diferiram significativamente entre si (**Figura 45**).

A tendência de melhores respostas entre as médias de teor de sólidos solúveis se deu provavelmente, devido à maior radiação incidente nas plantas à céu aberto do que no ambiente protegido, conforme demonstrado nas **Figura 36 e Figura 37**, com exceção do tratamento D4 que possuía a cobertura com TNT, diminuindo a intensidade luminosa, demonstrando, assim, seu efeito sobre o teor de sólidos solúveis totais nos frutos.

A análise em relação ao teor de sólidos solúveis totais, entre os sistemas sem e com zona de resfriamento, não diferiram significativamente.

Não houve diferença significativa do teor de sólidos solúveis totais entre as cultivares estudadas, sendo: 6,49; 6,96; 7,13 e 7,15 °Brix os valores alcançados respectivamente para Oso Grande, Tudla, Seascape e Sweet Charlie.

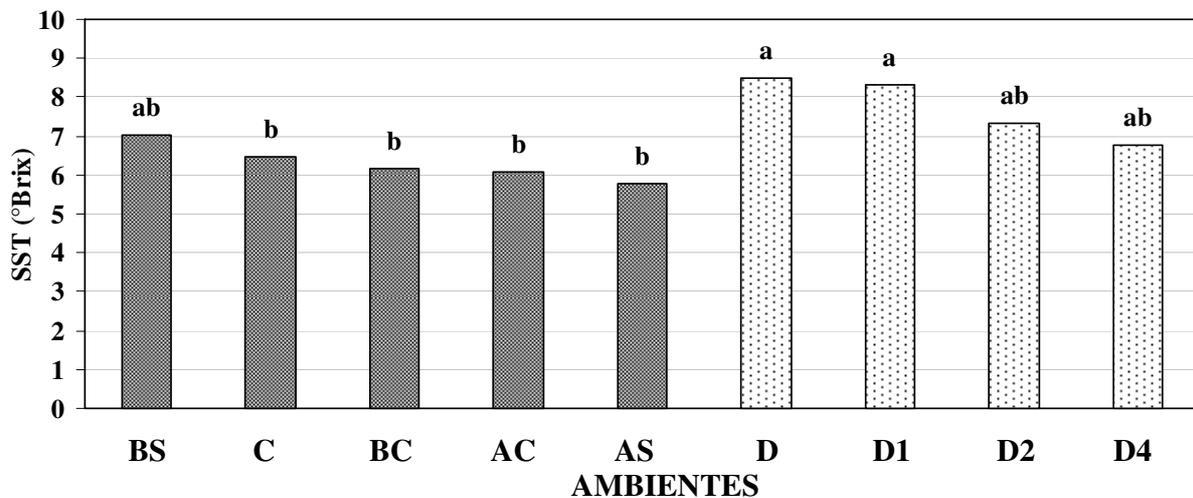


Figura 45. Teor médio de sólidos solúveis totais nos pseudofrutos em função dos diferentes sistemas. Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

BS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento + CO₂); C- Casa de vegetação climatizada + CO₂; BC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento + CO₂); AC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento); AS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento); D- Céu aberto (testemunha); D1- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂); D2- Céu aberto (com zona de resfriamento); D4- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂ + TNT).

5.2.2.3. Avaliação da área de raiz

As cultivares modernos que sofreram constantes melhoramentos possuem um sistema radicular menor em relação às cultivares selvagens. Uma das hipóteses para este fato é a alta disponibilidade de água e nutrientes utilizados nos sistemas de produção para o melhoramento vegetal, principalmente em NFT ou aeroponia (SCHWARZ, 2004).

Outros fatores também podem influenciar o crescimento radicular, conforme mencionado no Experimento 2. Observações feitas por YANG et al. (1989) mostram que a composição das soluções nutritivas e os intervalos de irrigação são fatores importantes a serem investigados, e que os intervalos de irrigação menores promovem um maior crescimento das raízes. Apesar deste fato ser observado por YANG et al (1989) entre os sistemas em NFT e aeropônico, constatou-se que, mesmo com intervalos menores de irrigação (5 minutos), houve um efeito altamente significativo entre os sistemas sem e com zona de resfriamento, sendo que

a maior área de raiz foi observada no sistema sem zona de resfriamento (**Figura 46, Figura 47 e Figura 48 e Tabela 12**).

Entretanto, as diferenças entre as bancadas se deu apenas em relação à temperatura e ventilação e os fatores relacionados com a nutrição poderiam ser desprezados, a não ser que, exista uma relação entre a temperatura dentro das bancadas, que foi significativa para a média das máximas em 2,4 °C e a disponibilidade de fósforo. Este nutriente e sua disponibilidade são comentados por LOPEZ-BUCIO (2002); MALAMY (2005); MA (2003), porém não foram encontradas referências mostrando uma correlação entre absorção de fósforo e temperatura.

Os mesmos autores estudaram o crescimento e arquitetura da raiz e apontam outros fatores como influentes no crescimento radicular, dentre eles os hormônios, como auxina e etileno.

SHARP et al. (2002) descrevem a interação entre a síntese de etileno e o balanço de ácido abscísico (ABA) no controle do crescimento radicular, sendo esta interação influenciada pelo déficit hídrico da planta.

SCHWARZ (2004), citando Willigen e Van Noordwijk (1987) e Marschner (1995), descreve que existem raízes que podem estar mortas ou inativas, e que este fato pode estar correlacionado com as condições ambientais, particularmente em função da qualidade e quantidade de nutrientes da solução e o suprimento de água. Esses podem afetar tanto a atividade, como a morfologia do sistema radicular da planta. Descreve ainda que o aumento da concentração de íons na solução nutritiva aumenta a quantidade de raízes inativas.

Diante do exposto, uma hipótese para explicar a diferença de área de raiz entre os tratamentos (sem e com zona de resfriamento) foi que, apesar do sistema promover o aumento da umidade relativa do ar dentro da bancada nos momentos em que não havia irrigação, a ventilação, mantendo-se em média com 85% de umidade relativa, pode ter promovido uma evaporação da água e conseqüente concentração de sais na superfície da raiz comprometendo seu crescimento, conforme observado por SCHWARZ (2004), associado ainda ao menor metabolismo em função da menor temperatura observada em relação ao sistema sem zona de resfriamento. Apesar disso, vale ressaltar que não houve diferença significativa entre os tratamentos para produção de pseudofrutos. Entretanto, as médias foram maiores nos tratamentos com zona de resfriamento, indicando que as raízes que ficaram envolvidas pelo substrato foram suficientes para a manutenção da relação fonte/dreno e que os foto-

assimilados podem ter sido direcionados para a produção de frutos. Portanto, este efeito deverá ser melhor estudado para detalhar sua influência sobre a produtividade das culturas.

As **Figura 49** e **Figura 50** demonstram o comportamento do crescimento radicular em função da análise dos ambientes isoladamente. Pode-se observar que as bancadas sem zona de resfriamento obtiveram maior média da área exposta da raiz.

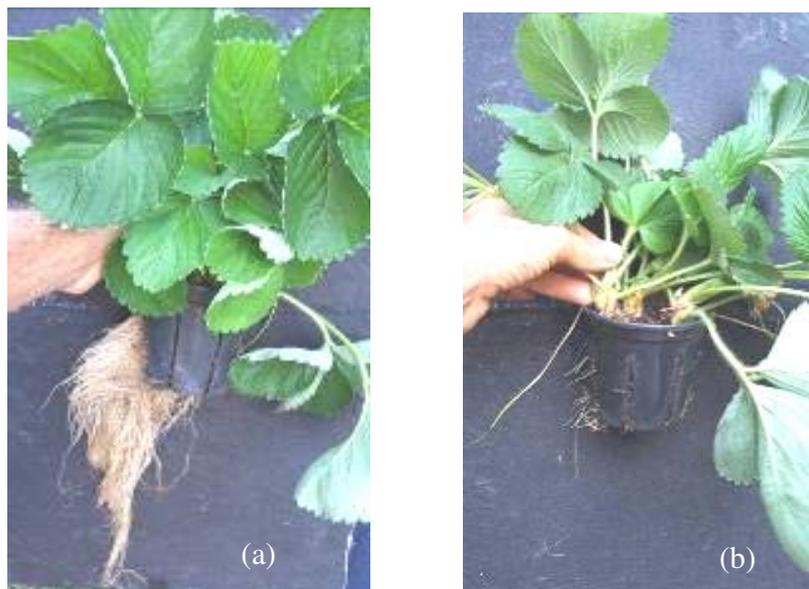


Figura 46. Efeito sobre o crescimento das raízes em bancadas sem (a) e com (b) zona de resfriamento.



Figura 47. Análise da área exposta da raiz através da imagem digitalizada.

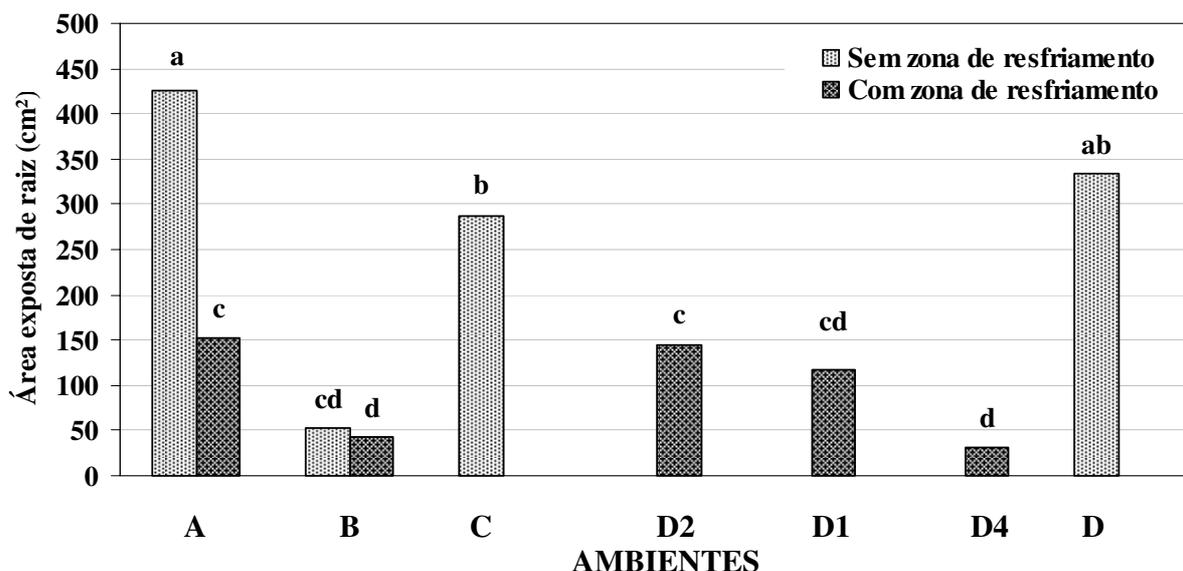


Figura 48. Variação média da área exposta de raiz em função dos diferentes tratamentos com e sem zona de resfriamento.

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento); B- Casa de vegetação (com zona de resfriamento + CO₂); C- Casa de vegetação climatizada + CO₂; D- Céu aberto (testemunha); D1- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂); D2- Céu aberto (com zona de resfriamento); D4- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂ + TNT).

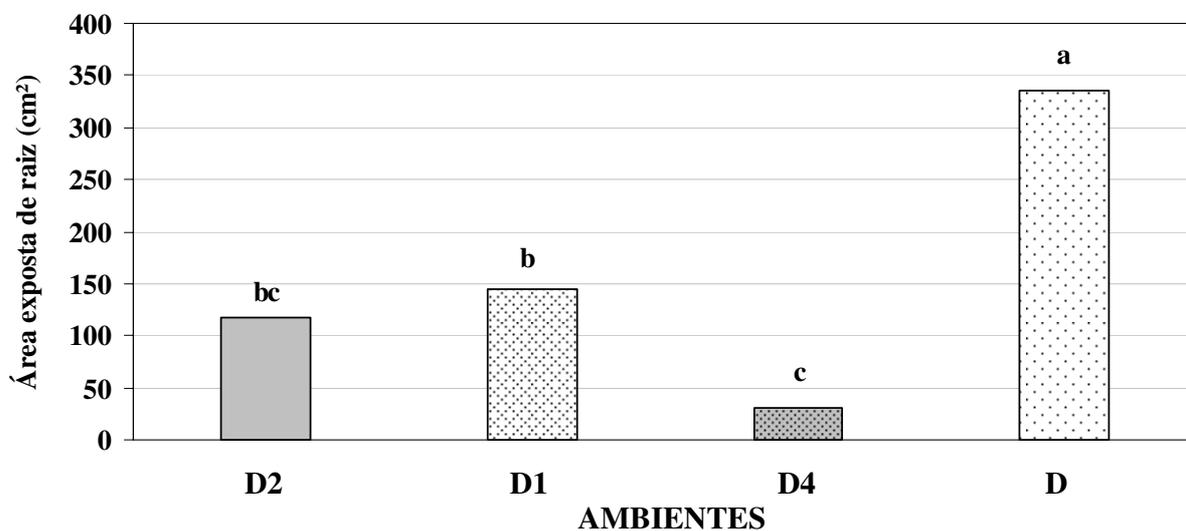


Figura 49. Variação média da área exposta de raiz em ambiente a céu aberto.

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento); B- Casa de vegetação (com zona de resfriamento + CO₂); C- Casa de vegetação climatizada + CO₂; D- Céu aberto (testemunha); D1- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂); D2- Céu aberto (com zona de resfriamento); D4- Céu aberto (com zona de resfriamento + CO₂ + TNT).

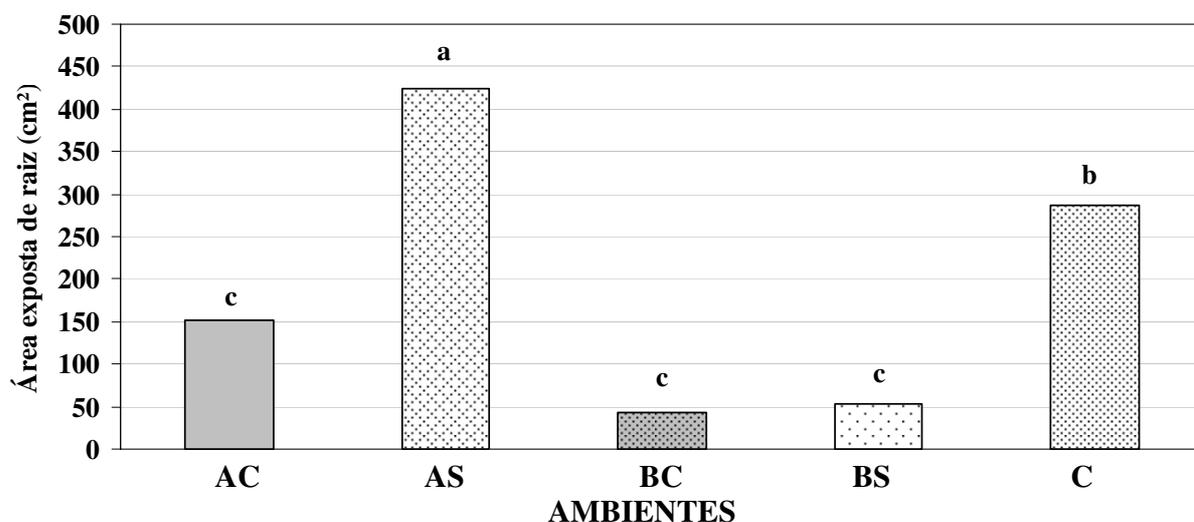


Figura 50. Variação média da área exposta de raiz em ambiente protegido.

Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

AC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento); AS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento); BC- Casa de vegetação (com zona de resfriamento + CO₂); BS- Casa de vegetação (sem zona de resfriamento + CO₂); C- Casa de vegetação climatizada + CO₂.

5.2.3. Experimento 4: Efeito do fotoperíodo na produção de entressafra do moranguero em casa de vegetação climatizada

A coleta de dados iniciou em 26 de janeiro de 2004 e finalizou em 12 de abril de 2004.

As plantas da cultivar Sweet Charlie tratadas sem fotoperíodo (SWSF) produziram somente durante os meses de janeiro e fevereiro, diferindo significativamente em relação às tratadas com controle de fotoperíodo (SWCF), acumulando de janeiro a abril (128 DAT) uma massa média por planta de 56,5 g e 109,9 g, respectivamente para SWSF e SWCF (**Figura 51 e Figura 52**)(**Tabela 13**).

A maior massa média total de pseudofrutos, produzidos ao longo dos meses de janeiro a abril, foi registrada com SWCF no mês de fevereiro (50,83 g/planta), seguido de janeiro (24,37 g/planta), março (17,7 g/planta) e abril (17,3 g/planta). A massa média dos pseudofrutos para este período seguiu a mesma tendência dos valores obtidos pela massa total,

sendo janeiro (12,19g/planta); fevereiro (8,5 g/planta); março (5,9 g/planta) e abril (5,7 g/planta); provavelmente, a melhor média em janeiro provavelmente está em função do maior acúmulo de reservas da planta no período da primeira frutificação e ao menor número de frutos por planta em relação aos outros meses.

A massa média dos pseudofrutos de SWSF produzidas no mês de janeiro foi de 8,48 g/planta, em fevereiro esta média declinou para 4,44 g/planta, sendo que durante o período de produção a massa média dos pseudofrutos foi igual a 5,78 g/planta, considerada fora do padrão para comercialização “in natura” (COSTA, 2004).

Apesar da diferença altamente significativa entre os tratamentos durante o período de entressafra, a média do SWCF (109,9 g/planta) está abaixo da média de produção obtida por COSTA (2004), durante os meses da época de safra, com cerca de 450 g/planta, nas mesmas condições experimentais e instalações, diferindo apenas pelo resfriamento da solução nutritiva e o ano de cultivo. Entretanto, a produção obtida durante o período de janeiro a março pelo mesmo autor, foi de aproximadamente 9 g/planta, estando concentrada apenas no mês de janeiro, concordando com a média obtida com SWSF para o mesmo mês (8,48 g/planta). Para o mesmo período (janeiro à março) foi obtido com SWSF e SWCF uma produtividade média de 14,12 e 27,48 g/planta respectivamente. Esta diferença de produtividade em relação aos dados obtidos por COSTA (2004) pode ser explicada pela época de plantio (dezembro) e manejo das mudas, sendo que para SWCF foi maior em função do controle de fotoperíodo.

Observou-se uma diferença significativa entre os tratamentos quanto ao número total de pseudofrutos, sendo que, SWSF acumulou 14,9 pseudofrutos/planta durante o período de janeiro a abril (janeiro: 4,43 g; fevereiro: 8,81 g; março: 1,66 g; abril: 0,0 g), enquanto que SWCF acumulou um total de 33,25 pseudofrutos por planta no mesmo período (janeiro: 5,5; fevereiro: 12,45; março: 7,37; abril: 9,9) (**Figura 51 e Figura 52**). Portanto, conforme observado, o controle de fotoperíodo foi decisivo para a manutenção da indução floral das plantas e proporcionou maior quantidade de frutos no período de menor oferta do produto no mercado.

Em relação ao número de estolhos, SWSF obteve produtividade significativamente maior do que SWCF, em média 30,5 estolhos por planta e SWCF apenas 0,12 estolhos/planta, mais uma vez demonstrando a eficiência do controle de fotoperíodo sobre a fisiologia da planta de morangueiro com relação aos processos de florescimento e/ou produção de estolhos (**Figura 53 e Figura 54**).

A Tabela 13 demonstra valores médios das variáveis analisadas em função dos tratamentos com e sem controle de fotoperíodo.

Tabela 13. Valores médios das variáveis analisadas em função dos tratamentos com e sem controle de fotoperíodo, na cultivar “Sweet Charlie”, durante o período de janeiro à abril.

Tratamentos	Massa fresca de pseudofruto (g.planta⁻¹)	Numero de pseudofrutos (Unid. Planta⁻¹)	Número de estolhos (Unid. Planta⁻¹)
Sem controle de fotoperíodo	6,2 a	1,6 b	31 a
Com controle de fotoperíodo	7,8 a	2,37 a	1,0 b

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

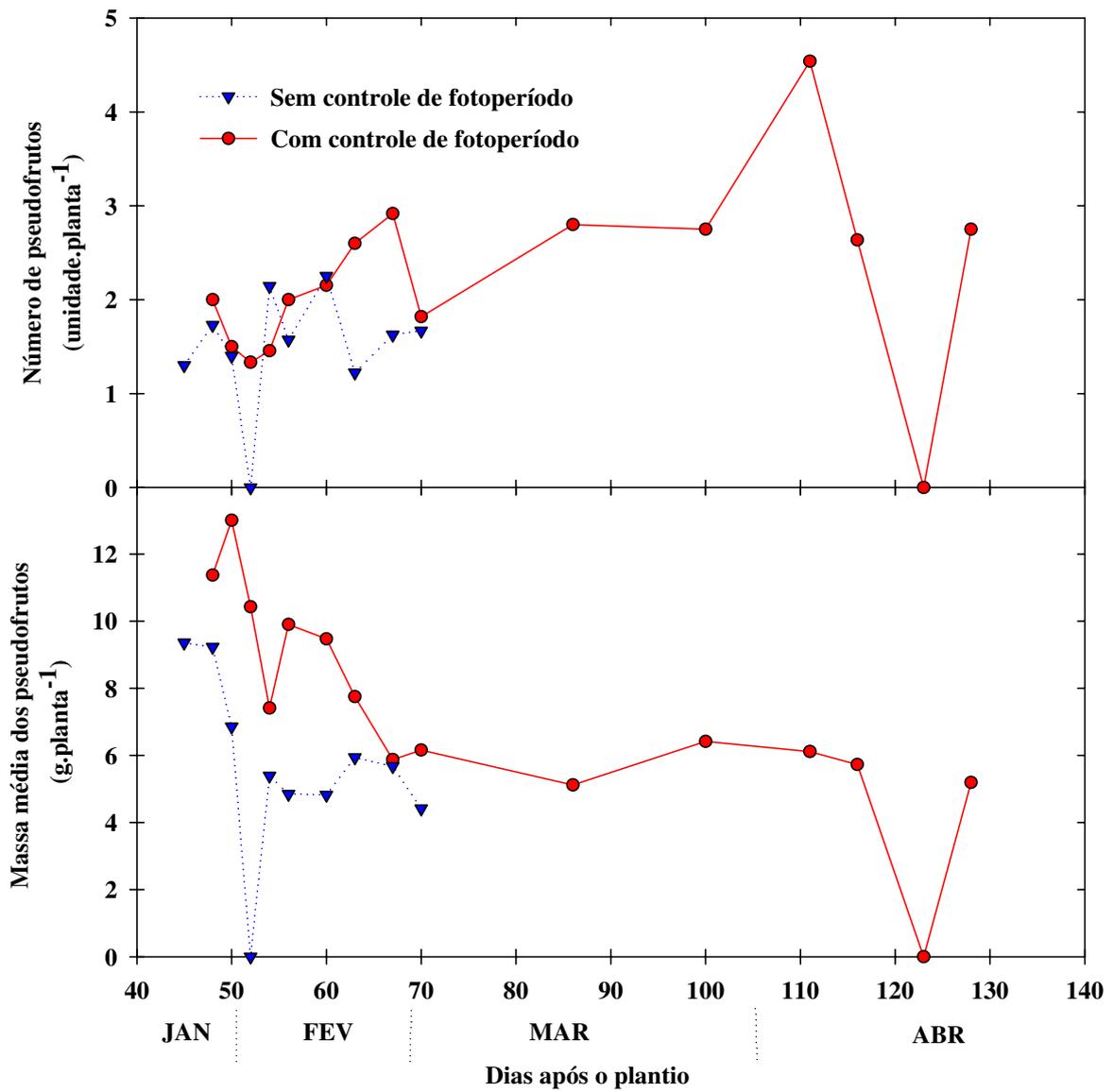


Figura 51. Efeito de fotoperíodo controlado no número médio de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Sweet Charlie”; período analisado de 26/01 a 22/04.

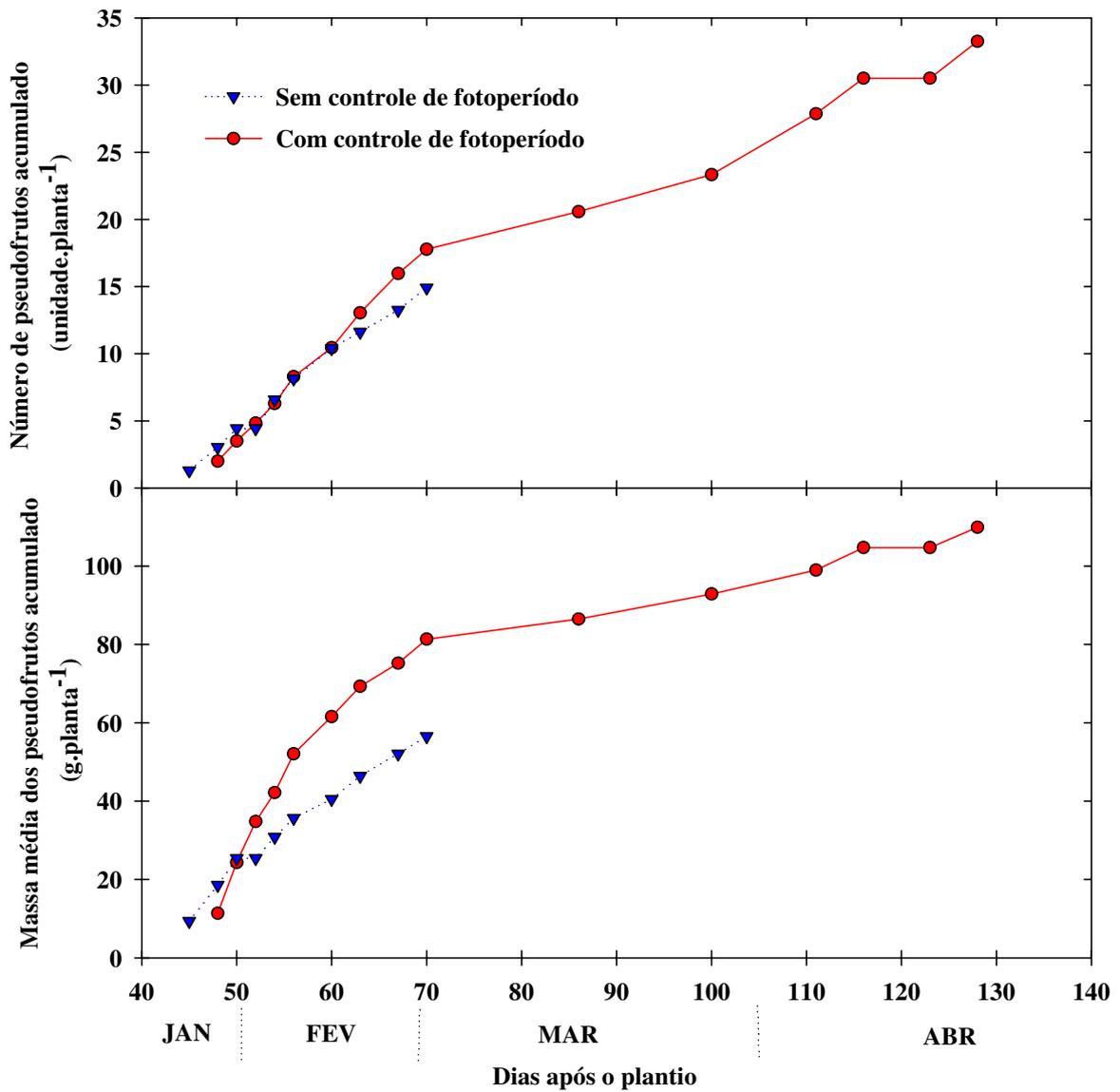


Figura 52. Efeito de fotoperíodo controlado no número médio acumulado de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Sweet Charlie” ; período analisado de 26/01 a 22/04.

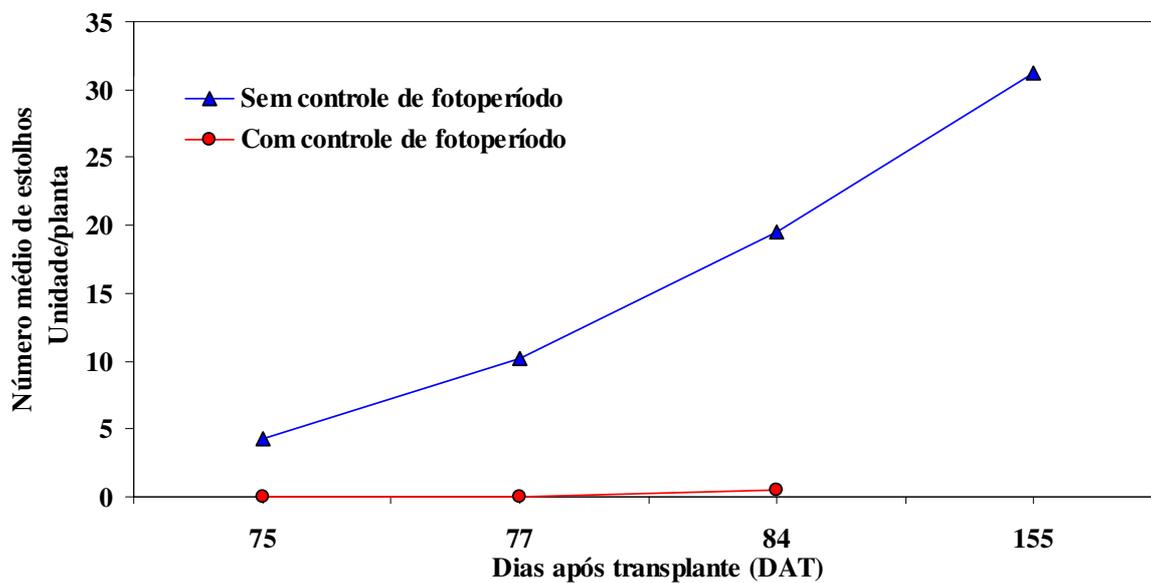


Figura 53. Efeito de fotoperíodo controlado no número médio acumulado de estolhos por planta, na cultivar “Sweet Charlie”; período analisado de 26/01 a 22/04.



Figura 54. Efeito do controle de fotoperíodo sobre a planta de morangueiro cultivada em casas de vegetação climatizada, para manutenção da indução floral durante o período de entressafra.

Os dados relativos à temperatura ao longo dos meses dentro da casa de vegetação climatizada estão demonstrados na **Figura 23**.

Vale a pena salientar que os resultados obtidos neste experimento são dados de entressafra e de uma região não apta para o cultivo de morangueiro, onde naturalmente as temperaturas máximas e mínimas são mais elevadas do que nas regiões tradicionais de cultivo, podendo-se então obter melhores resultados, conforme observado por CONTI et al. (2002), quando avaliaram durante o período de maio a novembro as produtividades de cinco cultivares plantadas em região com aptidão de cultivo (Atibaia) e sem aptidão (Piracicaba) e encontraram valores de produtividade diferentes significativamente em média, sendo 468,30 g/planta e 287,81 g/planta, respectivamente.

Os resultados obtidos por CONTI et al. (2002), PASSOS et al. (1998), e VERDIAL (2004), comparados com os resultados deste experimento com o tratamento SWCF em relação ao peso médio mensal obtido em g/planta e peso médio do pseudofruto, é uma média promissora e razoável para a época de entressafra, apesar do sistema de cultivo e da cultivar deste experimento ser diferente do utilizado pelos autores citados, que observaram médias de no máximo 99,37 g de pseudofruto/planta e 10,9 g de pseudofruto/planta, sendo que para SWCF foi 27,48 e 8,81 pseudofruto/planta, sendo esta média pode ser melhorada se conduzida em uma região com aptidão, conforme descrito por CONTI et al. (2002) e utilizando-se casa de vegetação climatizada, aumentando assim a eficiência do sistema (COSTA, 2004).

Outra opção para aumentar a produtividade para a cultivar Sweet Charlie durante a entressafra pode ser feita com o uso de resfriamento da solução nutritiva, conforme dados observado por VILLELA JUNIOR et al. (2004), também utilizado por COSTA (2004).

Apesar de não ter sido realizada uma comparação com a testemunha para se confirmar os efeitos observados por DUARTE FILHO (1999), quando da aplicação de ácido giberélico a 50 mg/l, pode-se observar claramente um efeito relatado por GUTTRIDGE (1985) e TEHRANIFAR e BATTEY (1997), em relação ao aumento do comprimento do pedúnculo (**Figura 55**). Tal fato pode ser interessante para facilitar a colheita ou no efeito visual quando o morangueiro for plantado em vasos pendentes para fins ornamentais.



Figura 55. Aspecto das plantas durante a produção em 30/03/2004.

5.2.4. Experimento 5: Aclimação de mudas de morangueiro para produção na entressafra

A coleta de dados iniciou em 20 de janeiro de 2004 e finalizou em 23 de fevereiro de 2004 com o final de produção de pseudofrutos.

As plantas da cultivar Sweet Charlie com tratamento de fotoperíodo (SWCF) antes do condicionamento em câmara fria (vernalização), produziram médias do número de pseudofrutos e de massa total acumulada de pseudofrutos, significativamente superiores às médias obtidas com as plantas sem tratamento de fotoperíodo (SWSF) (**Figura 56 e Figura 57**). As médias de massa de pseudofrutos observadas não diferiram significativamente entre os tratamentos (**Tabela 14**).

As plantas da cultivar Seascape sem tratamento de fotoperíodo (SeaSF) antes da vernalização, não apresentaram diferença significativa em relação as variáveis utilizadas,

quando comparadas com as plantas com tratamento de fotoperíodo (SeaCF). Este fato pode estar relacionado com a característica genética desta cultivar (**Figura 59 e Figura 60**).

Em relação ao número de estolhos, as plantas SWSF produziram significativamente mais estolhos do que SWCF sendo 11,0 e 2,5 estolhos/planta em média, respectivamente (**Figura 58 e Tabela 14**). A cultivar Seascape teve o mesmo comportamento na produção de estolhos, com diferença significativa, entre SeaSF e SeaCF, de 4,6 e 0,0 estolhos/planta em média, porém em quantidade significativamente menor, o que pode ser explicado pela característica da cultivar e também a resposta ao tratamento com fotoperíodo, uma vez que inibiu totalmente a emissão dos estolhos (**Figura 61 e Tabela 15**).

Apenas a vernalização não foi suficiente para inibir a emissão de estolhos durante a condução do experimento (um mês), concordando com o resultado obtido por VERDIAL (2004) em relação à cultivar Sweet Charlie aos 30 dias de transplântio, que justificou as temperaturas elevadas como principal fator decisivo para tal ocorrência, após as mudas terem sido apenas vernalizadas. No entanto, fica demonstrado a eficiência do controle de fotoperíodo e temperatura ambiente antes da vernalização como forma de inibição da emissão de estolhos.

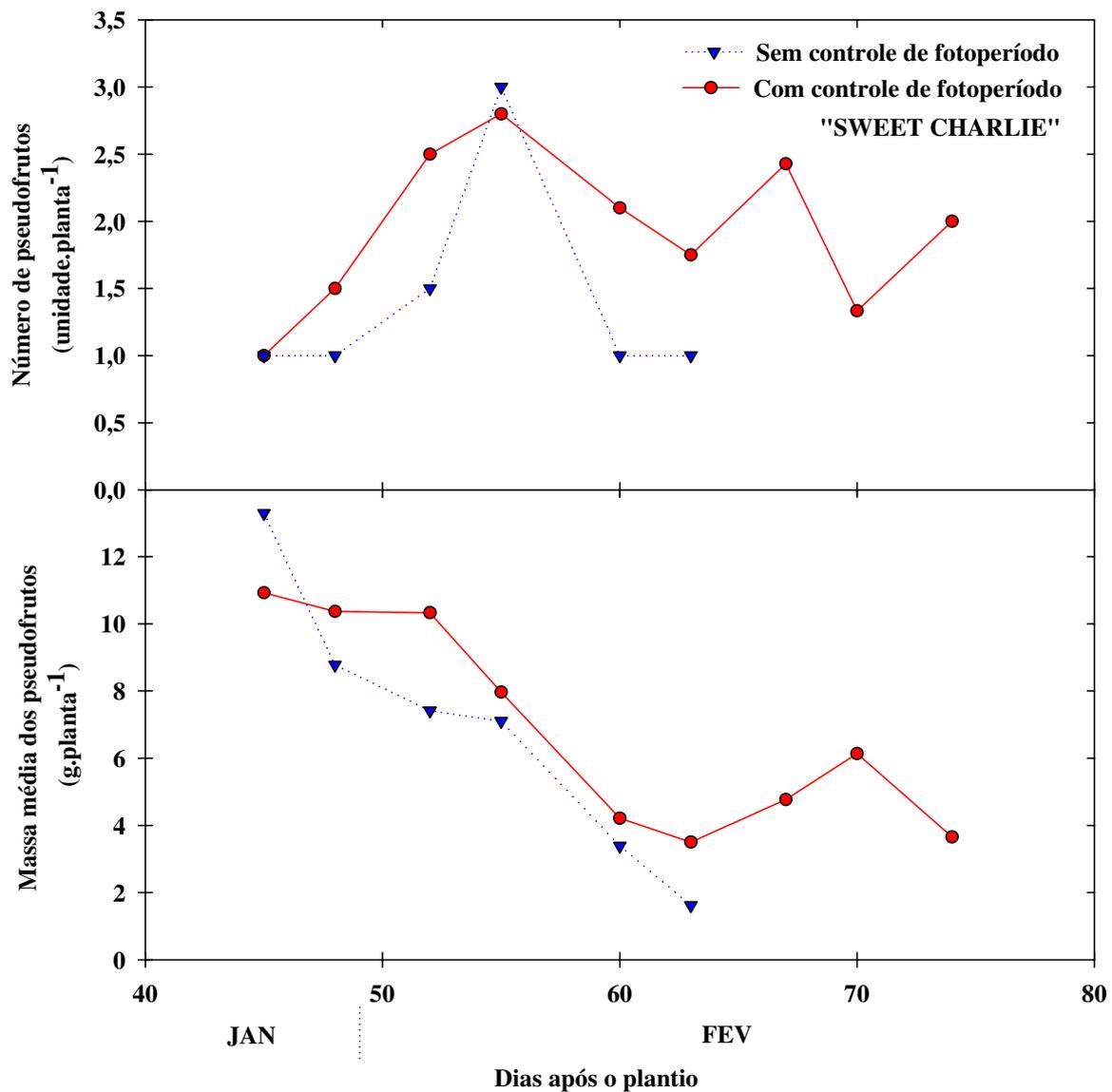


Figura 56. Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Sweet Charlie”; período analisado de 26/01 a 23/02.

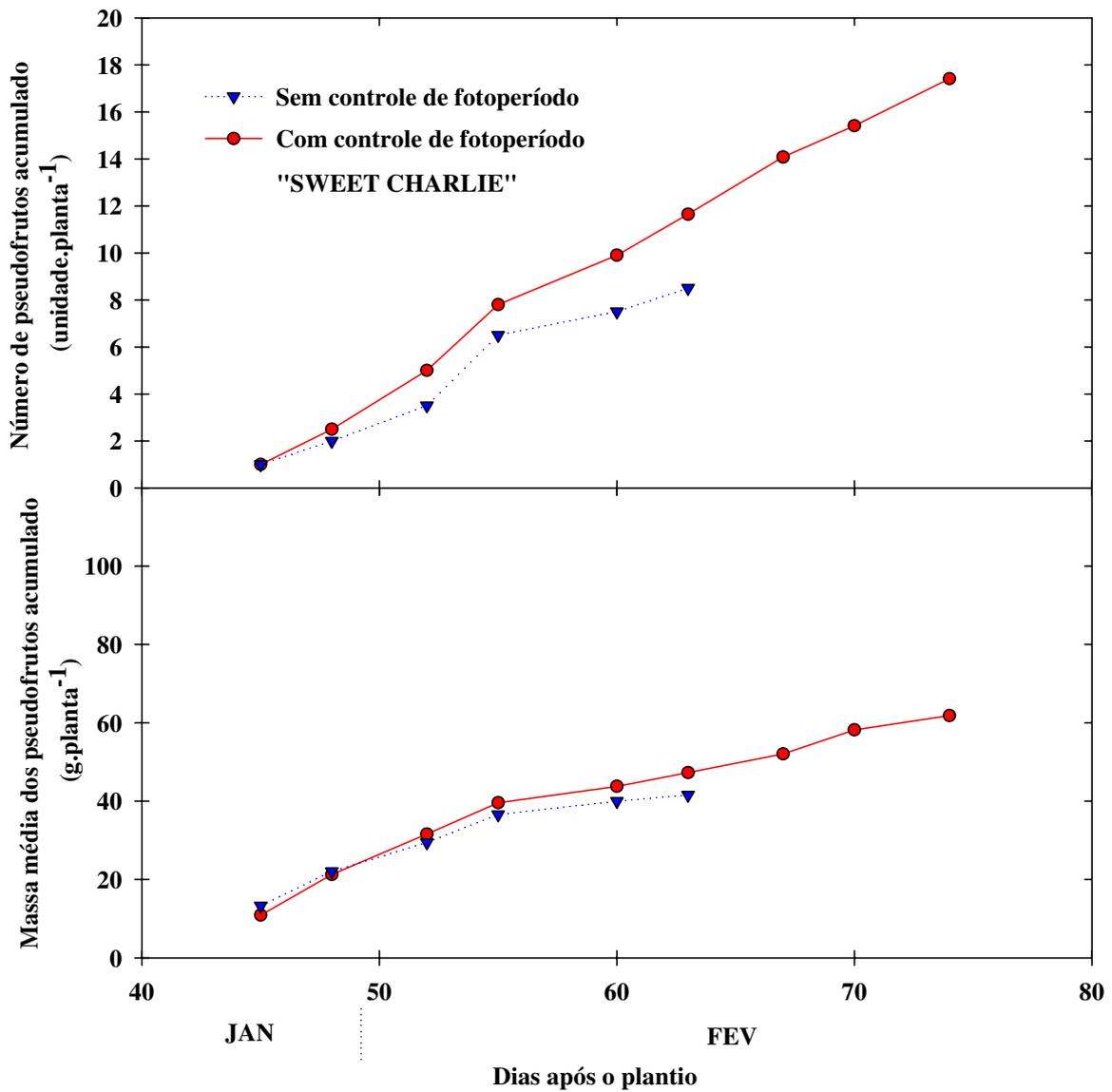


Figura 57. Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio acumulado de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar "Sweet Cahrlie"; período analisado de 26/01 a 23/02.

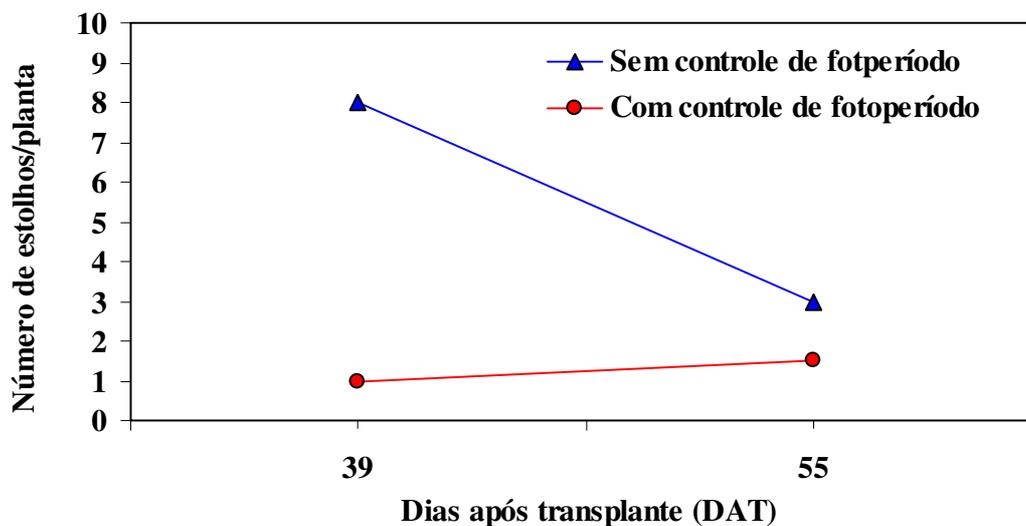


Figura 58. Efeito do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio estolhos por planta, na cultivar “Sweet Charlie”; durante o período de 26/01 a 23/02.

Tabela 14. Valores médios das variáveis analisadas em função dos tratamentos com e sem controle de fotoperíodo antes da vernalização das mudas, cultivar “Sweet Charlie”, durante o período de 26/01 à 23/02/2004.

Tratamentos	Massa fresca de pseudofruto (g.planta ⁻¹)	Numero de pseudofrutos (Unid. Planta ⁻¹)	Número de estolhos acumulado (Unid. Planta ⁻¹)
Sem controle de fotoperíodo	6,93 a	1,38 b	11,0 a
Com controle de fotoperíodo	6,8 7 a	2,12 a	2,5 b

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

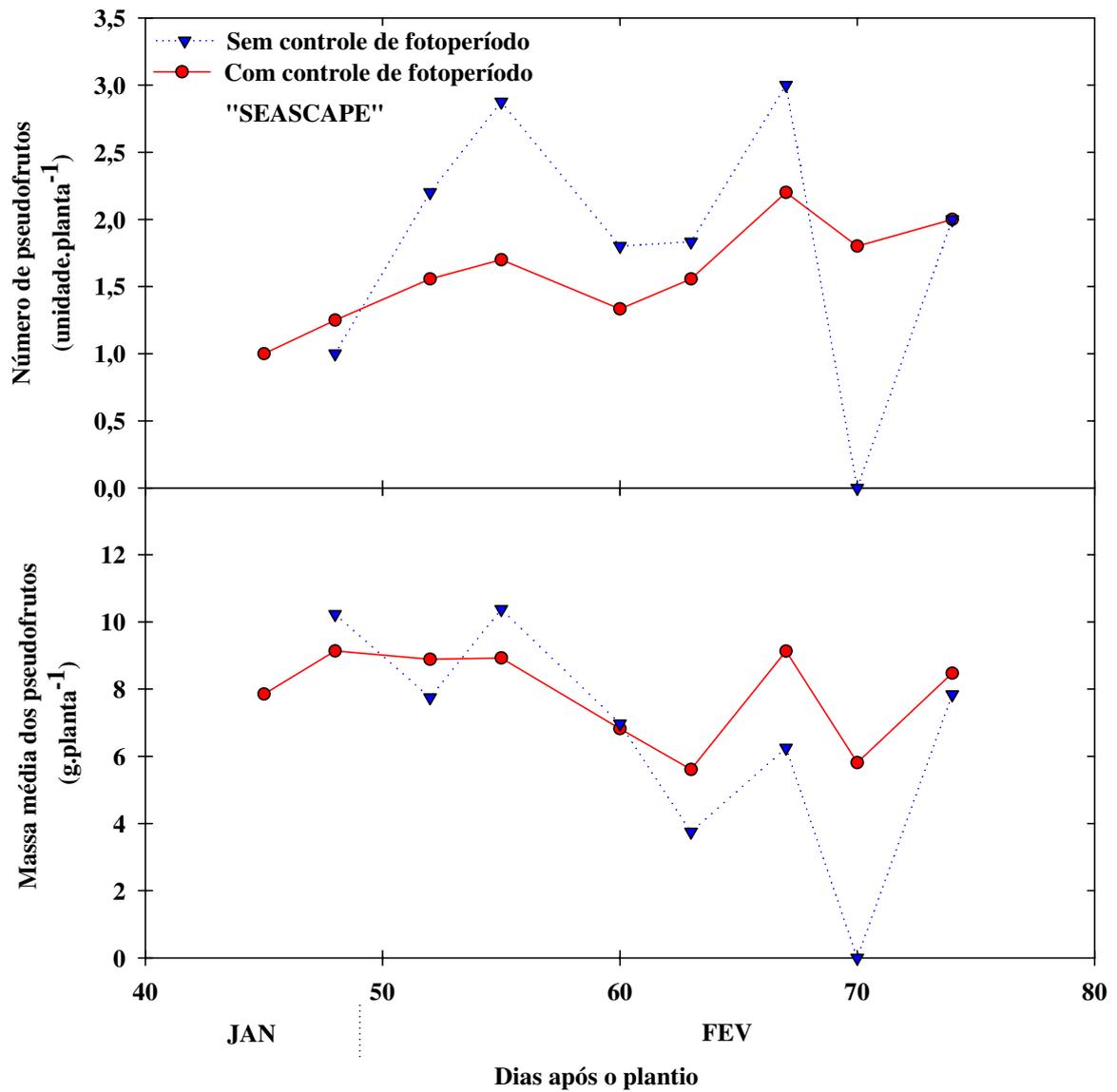


Figura 59. Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar “Seascape”; período analisado de 26/01 a 23/02.

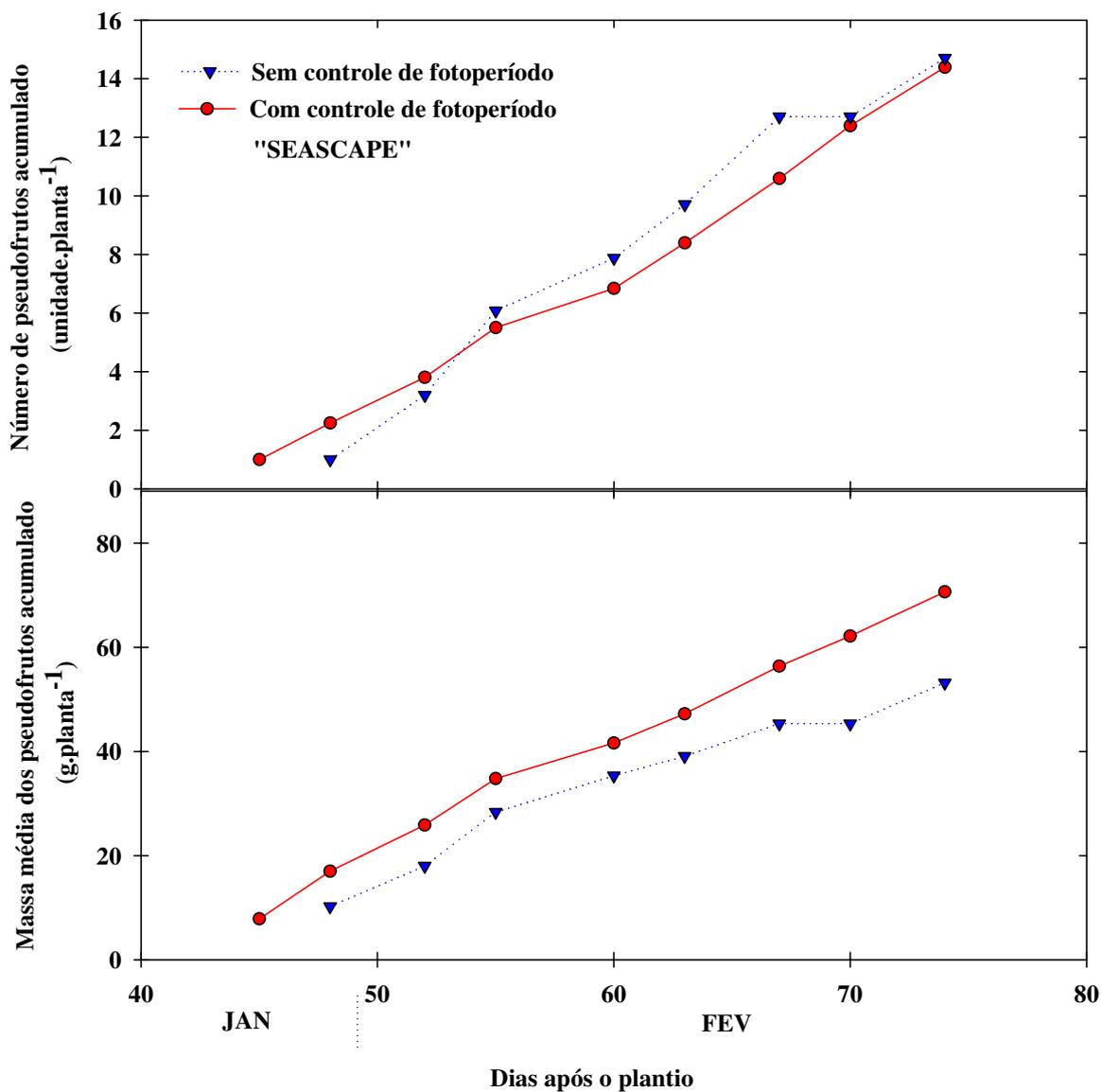


Figura 60. Efeitos do controle de fotoperíodo antes da vernalização no número médio acumulado de pseudofrutos por planta e na massa fresca média de pseudofrutos por planta (g), na cultivar "Seascape"; período analisado de 26/01 a 23/02.

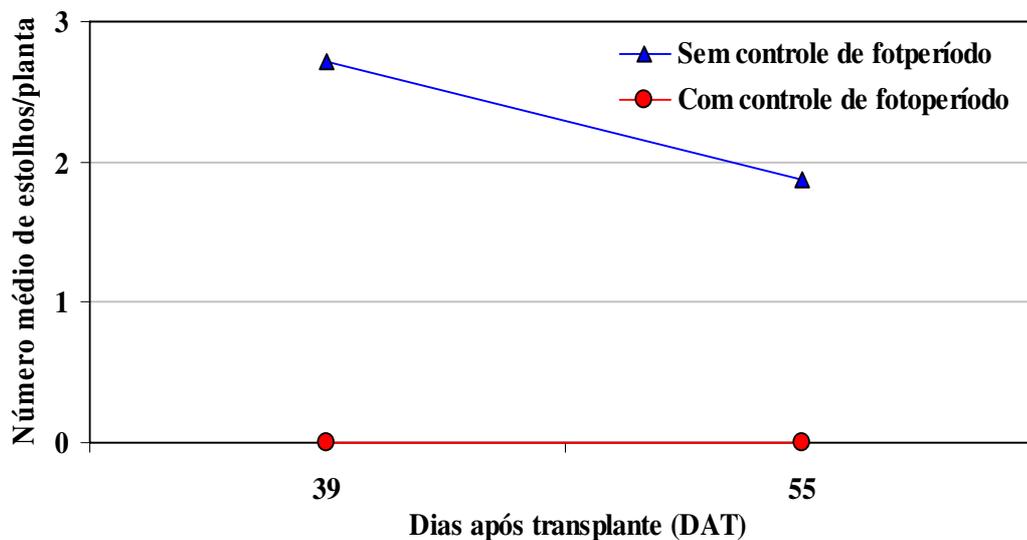


Figura 61. Efeito do controle de fotoperíodo precedido da vernalização no número médio estolhos por planta, na cultivar “Seascape”; período analisado de 26/01 a 23/02.

Tabela 15. Valores médios das variáveis analisadas em função dos tratamentos com e sem controle de fotoperíodo antes da vernalização das mudas, cultivar “Seascape”, durante o período de 26/01 a 23/02/2004.

Tratamentos	Massa fresca de pseudofruto (g.planta ⁻¹)	Numero de pseudofrutos (Unid. Planta ⁻¹)	Número de estolhos (Unid. Planta ⁻¹)
Sem controle de fotoperíodo	7,86 a	2,08 a	4,6 a
Com controle de fotoperíodo	7,78 a	1,62 a	0,0 b

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

Apesar das características distintas das cultivares quanto ao comportamento da resposta ao controle do fotoperíodo, pode-se observar que a indução floral para a cultivar Sweet Charlie, foi prolongada por 11 dias, em função do tratamento das plantas antes da vernalização, com o controle de fotoperíodo em casa de vegetação climatizada. Quanto à cultivar Seascape, seu comportamento demonstrou que o efeito do fotoperíodo não favoreceu a indução floral.

Vale a pena salientar que os resultados obtidos neste experimento são dados de entressafra e de uma região não apta para o cultivo de morangueiro, onde naturalmente as temperaturas máximas e mínimas são mais elevadas dos que nas regiões tradicionais de cultivo, podendo-se então obter melhores resultados conforme observado por CONTI et al. (2002), quando avaliaram, durante o período de maio a novembro, a produtividade de cinco cultivares de morangueiro plantadas em região com aptidão de cultivo (Atibaia) e sem aptidão (Piracicaba) e encontraram valores de produtividade em média diferentes significativamente, sendo 468,30 g/planta e 287,81 g/planta, respectivamente.

Observando-se os resultados obtidos por TESSARIOLI NETO (1993), PASSOS et al. (1998), CONTI et al. (2002) e VERDIAL (2004), comparados com os resultados deste experimento em relação ao peso médio mensal obtido em g/planta e peso médio do fruto, verifica-se que os resultados observados pelos autores citados, foram no máximo de 99,37 g/planta e 10,9 g/fruto. A média obtida pela cultivar Sweet Charlie com controle de fotoperíodo e vernalização foi de 61,86 g/planta e 6,87 g/fruto, sendo uma média promissora e razoável para a época de entressafra, apesar do sistema de cultivo e da cultivar deste experimento ser diferente do utilizado pelos autores citados.

As **Figura 62** e **Figura 63**, demonstram o condicionamento das mudas na câmara fria e a cultivar Sweet Charlie em fase de produtiva.



Figura 62. Vernalização das mudas de morangueiro em câmara fria com temperatura e fotoperíodo controlado por lâmpadas.



Figura 63. Planta da cultivar Sweet Charlie com o tratamento “controle de fotoperíodo antes da vernalização”, em fase produtiva.

6. CONCLUSÕES

Experimento 1:

A construção da casa de vegetação com a utilização de bambu demandou muita mão de obra para construção das vigas e colunas, porém com a realização deste ensaio pode-se diminuir o número de colunas utilizadas sem comprometer a estrutura da casa de vegetação.

O sistema de fixação do plástico se mostrou eficiente e apenas uma pessoa foi necessária para a cobertura da casa de vegetação.

O desenho da casa de vegetação não foi eficiente aerodinamicamente por não resistir a ventos de alta velocidade, sendo necessário o uso de quebra vento.

Experimento 2:

O sistema com zona de resfriamento favoreceu o incremento na produtividade do morangueiro em relação ao sistema sem zona de resfriamento, sendo cerca de 31,4% para a massa média de pseudofrutos/planta e cerca 25,5% para número médio de pseudofrutos/planta.

O sistema com zona de resfriamento afetou o crescimento das raízes, evidenciando a necessidade de maiores estudos a respeito de intervalos de irrigação.

Experimento 3:

O sistema com zona de resfriamento proporcionou diferenças significativas das temperaturas médias máximas dentro das bancadas de cultivo e na solução nutritiva em relação à temperatura ambiente, com redução de até 5,6 °C e até 7,7 °C, dentro das bancadas e na solução nutritiva, respectivamente.

Apesar das condições ambientais obtidas nos tratamentos, em relação à temperatura ambiente, a produtividade foi muito baixa para o período estudado, não havendo diferença entre os diferentes tratamentos, para os parâmetros relacionados à produção (massa fresca).

Quanto à qualidade dos frutos colhidos, em relação ao teor de sólidos solúveis totais, observou-se uma diferença significativa, sendo as melhores médias obtidas pelos tratamentos

no ambiente à céu aberto, “testemunha” e com “zona de resfriamento”, demonstrando que o aumento da intensidade luminosa influenciou para o aumento no valor deste parâmetro.

Houve uma grande influência do sistema com zona de resfriamento inibindo o crescimento radicular.

Experimento 4:

O uso do controle de fotoperíodo associado à casa de vegetação climatizada durante o período de verão foi eficaz na manutenção da indução floral do morangueiro, obtendo-se produção na entressafra, com efeito positivo sobre a massa média acumulada em relação à testemunha.

O controle de fotoperíodo foi eficiente em cerca de 97% das plantas estudadas para a inibição da produção de estolhos, mostrando-se também uma técnica eficaz na manutenção da indução floral e/ou crescimento vegetativo.

Experimento 5:

Somente a vernalização não foi suficiente para garantir o florescimento e produção de pseudofrutos na entressafra e evitar a emissão de estolhos das plantas.

Para cultivar Sweet Charlie, a maior produção na entressafra somente foi observada, quando do tratamento prévio das plantas com controle de fotoperíodo, sendo eficaz para o aumento médio do número de pseudofrutos produzidos e da massa total produzida.

O tratamento com controle de fotoperíodo também se mostrou eficaz na inibição da produção de estolho para cultivar Sweet Charlie.

Quanto à cultivar Seascape, em função de sua característica de dia neutro, o efeito do fotoperíodo não foi decisivo para produção na entressafra, em ambos tratamentos.

O tratamento com fotoperíodo inibiu totalmente a produção de estolho para cultivar Seascape.

6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visando minimizar os efeitos das deformações das vigas pela sua desuniformidade de diâmetro, sugere-se utilizar a viga com comprimento máximo de 4 m, o que facilitaria também no transporte do material e montagem.

Novos estudos relacionados ao sistema com zona de resfriamento devem ser elaborados, principalmente com outras culturas, a fim de se observar melhor o comportamento da relação entre produção de raízes e massa seca da parte aérea.

Apesar dos resultados obtidos no controle de fotoperíodo em casa de vegetação climatizada, é necessário aprimorar esta técnica com o objetivo de identificar cultivares mais adaptadas, testar diferentes fotoperíodos e/ou diferentes ciclos de exposição (contínuos ou não), com o objetivo de se elevar a média de produção ao longo da entressafra (janeiro-abril), uma vez que as médias obtidas foram abaixo do normal em relação ao período de safra do morangueiro para o Estado de São Paulo.

As estratégias de vernalização e vernalização combinada com tratamento prévio das mudas com fotoperíodo, necessitam de maiores estudos com o objetivo de se determinar as melhores cultivares de dia curto que respondam ao sistema e as combinações fotoperíodo x tempo de condicionamento x temperatura de condicionamento, com o objetivo de se elevar a produtividade e prolongar o período de colheita, uma vez que a produção foi observada apenas durante um mês.

Necessita-se ainda de estudo de viabilidade econômica para que possam ser ofertadas mudas de morango para plantio fora da época tradicional a fim de competir com as mudas frigo-conservadas importadas de outros países.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGHT, L. D. Modeling thermal mass effects in commercial greenhouses. In.: **Acta Horticulturae**. Columbus, v. 148, nº120, p. 359-368, jun., 1984.

ALPI, A.; TOGNONI, F. **Cultura em casa de vegetação**. Lisboa: Presença, 1978. 157 p.

ANDIROLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 18, suplemento, p. 26-33, jul. 2000.

ARAÚJO, J. A.C. Recentes avanços da pesquisa agrônômica na plasticultura brasileira. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA. 1, 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p. 41-52.

ARBEL, A.; SEGAL, I.; YEKUTIELI, O.; ZAMIR, N. Natural ventilation of greenhouses in desert climate. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 281, nº 281, p. 167-174, jul. 1990.

ASHRAE. Environment control for animals and plants. **Handbook of Applications**, Atlanta, Chapter 22, p. 1-22, 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração, 2002. 24 p.

AUGSBURGER, N. D.; BOHANON, H. R.; RAHILLY, C. E. **The greenhouse climate control handbook**. Oklahoma: ACME Engineering e Manufacturing Corp., 1980. 26 p.

AZZINI, A.; SALGADO, A.L. B. Possibilidades agrícolas e industriais do bambu. **O Agrônomo**. Campinas, v. 33, p. 61-80, 1981.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A. L. B. Informações técnicas: Bambu como reforço estrutural em moirões de cerca. **O Agrônomo**. Campinas, v. 38, n. 2, p. 127 – 137, 1986.

AZZINI, A.; BORGES, J.M.M.G.; CIARAMELLO, D. e SALGADO, A. L. B. **Avaliação quantitativa do material fibroso e vazios em colmos de bambu**. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 1, p. 141-46, 1990.

BAILEY, B. J. The environment in evaporatively cooled greenhouses. **Acta Horticulturae**, v. 287, nº 287, p. 59-66, may, 1990.

BALDINI, E. M. **Vernalização de duas cultivares de morango: produção e análise econômica**. 56p. Tese (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1997.

- BERALDO, A. L. **Bambu brasilis**. Disponível em: <www.agr.unicamp.br/bambubrasilis>. Acesso em: 27 ago. 2002.
- BERALDO, A. L.; AZZINI, A. **Bambu: características e utilizações**. Guaíba: Agropecuária, 2004. 128 p.
- BLISKA JÚNIOR, A.; HONÓRIO, S. L. **Cartilha tecnológica**. Plasticultura e casa de vegetação. FEAGRI/UNICAMP, Campinas, 1996. 37 p.
- BLISKA JÚNIOR, A. **Utilização de telas de sombreamento em casa de vegetações agrícolas**. Programa de Plasticultura do Estado de São Paulo. São Paulo: AEASP, 1996. p. 54-58.
- BOILY, R. **Casa de vegetação: Controle do meio ambiente**. Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 1999. (Apostila). 73 p.
- BOULARD, T.; BAILLE, A. A simple greenhouse climate control model incorporating effects of ventilation and evaporative cooling. France: Agricultural and Forest Meteorology, v. 65, 1993. p. 145-157.
- BRANDÃO FILHO, J.U.T.; CALLEGARI, O. Cultivo de hortaliças de fruto em solo em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 200/2001, p. 64-68, set./dez. 1999.
- KLASSEN S.P.; RITCHIE, G.; FRANTZ, J.M.; PINNOCK, D.; BUGBEE, B. **Real-time imaging of ground cover: Relationships with radiation capture, canopy photosynthesis, and daily growth rate**. Crop Science Society of America Special Publication on Digital Technologies. Disponível em: <www.usu.edu/cpl/Ground%20Cover%20Final%20Edit%20readable.pdf> Acesso em: 12 mai. 2000.
- BUCKLIN, A. R.; HENLEY, W. R.; McCONNELL, D. B. **Fan and pad greenhouse evaporative cooling system**. Flórida: Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Flórida. Circular 1135, December, 1993. 7 p.
- CARMO JÚNIOR, R. R.; LEAL, P. M.; COSTA, E.; AGOSTINHO, F. D. R. Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) em cultivo hidropônico utilizando injeção de CO₂. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA. 29, 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2000.
- CASTELLANE, P.D.; ARAUJO, J.A.C. **Cultivo sem solo:hidroponia**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 1994. 43p.
- CASTILHO, F. B. El uso del plástico en la producción mundial de alimentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, 1, Jaboticabal, 1989. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p. 1-20.

CASTRO, P.R.C.; COLLETTI JUNIOR, R., MINAMI, K.; DEMÉTRIO, C.G.B.; PIEDADE, S.M.S. Frutificação do morangueiro cultivar Campinas sob efeito de reguladores vegetais. **Revista Agricultura**, Piracicaba, v.70, p.277-289, 1995.

CERMEÑO, Z. S. **Cultivo de plantas hortícolas em casa de vegetação**. Lisboa: Litexa Editora, 1977. 368 p.

_____. **Casa de vegetação: Instalações e manejo**. Lisboa: Litexa Editora, 1990. 355 p.

CIDES (Centre d'Information et de Développement Expérimental en Serriculture). **La culture de fraises en serre: Guide de production**. St-Hyacinthe, Québec, Canadá, dec 2000. Disponível em <www.cides.qc.ca/rapports/maraicher/guide_deculture_fraise.pdf> Acesso em: 28 jun. 2003.

COMETTI, N. N. **Nutrição Mineral da Alface (*Lactuca sativa* L.) em Cultura Hidropônica - Sistema NFT**. 106p. Tese (Ph.D. em Nutrição Mineral de Plantas) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

CONTI, J. H.; MINAMI, K.; TAVARES, F. C. A. Produção e qualidade de pseudofrutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 20, n. 1, p. 10-17, mar. 2002.

COSTA, E. Avaliação da produção de alface em função dos parâmetros climáticos em casas de vegetação com sistema hidropônico nos períodos de outono e inverno. 144 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambiente) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

COSTA, E. Avaliação da produção do morangueiro em sistemas hidropônicos, utilizando casas de vegetação com diferentes níveis tecnológicos. 130 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Agrícola Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

DARROW, G. M. **The strawberry: history, breeding and physiology**. San Francisco-CA: Holt, Rinehart and Wilson, 1966, 437 p.

DIJKSTRA, J. The use of cold stored waiting-bed plants for a late harvest. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 65, 265, p. 207-214, 1989.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. História e perspectivas da produção de hortaliças em ambiente protegido no Brasil. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 200/2001, p. 64-68, set./dez. 1999.

DONNAN, R. Hydroponic strawberries: The australian experience. **Practical Hydroponics and Greenhouses**. Narrabeen, v. 1, n. 34, p. 54-64, mai/jun 1997.

DUARTE, J. FILHO; CUNHA, R.J.P.; ALVARENGA, D.A.; PEREIRA.G.E.; ANTUNES, L.E.C. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 128, p. 30-35, maio/jun.1999.

DUARTE, J. FILHO; ANTUNES, L.E.C.; PÁDUA, J.G. GA₃ e Placlobutrazol no florescimento e na produção de frutos em duas cultivares de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n. 2, p. 202-205, abril-junho 2004.

ELSNER, B.; BRIASSOULIS, D.; WAAIJENBERG, D.; MISTRITOTIS, A.; ZABELTITZ, CHR.; GRATRAUD, J. Review of structural and functional characteristics of greenhouses in European union countries: Part I, Design requirements and Part II, Typical designs. **Journal of Agricultural Engineering Research**. v. 75, p. 1-16, 2000.

FANG, W. Greenhouse cooling in subtropical regions. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 399, p. 37-48, 1995,.

FARIA JÚNIOR, M. J. A. **Avaliação de híbridos de pepino para cultivo protegido e do microclima formado por dois modelos de casa de vegetação**. 102 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

FERNANDES JÚNIOR, F. **Produção do morangueiro em solo, hidroponia NFT e colunas verticais com substrato**. 88 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2001.

FERREIRA, G. C. S. **Viga de concreto armadas com Bambu**. 143 p. Dissertação (Mestrado em Construções Rurais e Ambientação) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

FONTES, P. C. R. Produção de hortaliças em ambiente protegido: uma técnica a ser aprendida. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 200/2001, p. 1-2, set./dez. 2000.

FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L. C. P. BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, IAC, 1999, 52p.

FOX, R. P. Aeroponics. **Practical Hydroponics and Greenhouses**. Austrália, v. 30, p. 40-48, set./out. 1996.

FRISINA A.V.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.10, p.1775-1786, out. 1999.

- GARRISON, S. E.; WILLIAMS, J. M.; BARDEN, J. A.; KUSHAD, M. M. Shade decreases fruit yield of strawberry. **Advances in strawberry research**. Maryland, v. 10, p. 53-55, 1991.
- GARZOLI, K.V. Cooling of greenhouse in tropical and sub-tropical climates. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 257, p. 93-100, 1989.
- GHAVAMI, K. Bambu: um material alternativo na engenharia. **Engenharia**. São Paulo, n. 492, p. 23-27, 1992.
- GIACOMELLI, G. A.; ROBERTS, W. Try alternative methods of evaporative cooling. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 257, p. 29-30, 1989.
- GOTO, R. Plasticultura nos trópicos: uma avaliação técnico-econômica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.9, n.1, p.39, maio 1991.
- GOTO, R. DUARTE FILHO, J. Utilização de plástico na cultura do morangueiro. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 128, p. 59-64, maio/jun. 1999.
- GOTO, R.; TIVELLI, S. B. Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições sub-tropicais. São Paulo: UNESP, 1998. 319 p.
- GUSMÃO, M.T.A. **Análise do comportamento do morangueiro (*Fragaria x ananassa Duch.*) em condições de cultivo hidropônico**. 61 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- GUTTRIDGE, C.G. *Fragaria x Ananassa*. **Handbook of Flowering**. Florida, v. 3, p. 16-33, 1985.
- HYTÖNEN, T.; PALONEN, P. **Double-crop system in out-of-season strawberry production**. Graz: COST 836 Integrated berry production, WG3 Physiology, 2001. Disponível em: <www.agr.unian.it/ricerca/prog_ric/cost836.htm>. Acesso em: 19 nov. 2003.
- JAFRRIN, A.; URBAN, L. Optimization of light transmission in modern greenhouses. **Acta Horticulturae**. v. 281, p. 25-33, 1990.
- JAMIESON, A. R. Late summer strawberry production in Nova Scotia with waiting-bed plants. Maryland. **Advances in strawberry research**. Maryland, v. 10, p. 40-42, 1991.
- JONES JÚNIOR, J. B. **A guide for the hydroponic & soilless culture grower**. Portland: Timber Press, 1983. 124 p.
- KHOURY, R.Y.; RUBEIZ, I. Effect of partial greenhouse shading on junebearing strawberry yield distribution in a subtropical climate. **Advances in strawberry research**. Maryland, v. 10, p. 58-59, 1991.

- KIMBAL, B. A.; MITCHEL, S. T. Tomato yields from CO₂ - enrichment in unventilated and conventionally ventilated greenhouses. **Journal American Society for Horticultural Science**. v. 104, n. 4, p. 515-520, 1979.
- KIRSCHBAUM, D.S.; HONORATO, J.; CANTLIFFE, D.J. Strawberry waiting bed plants: A valid alternative to increase early and total yields in subtropical regions. **Scientia Horticulturae**. v. 82, p. 83-90, 2000.
- KUMAGAIA, P. Plasticultura na Cooperativa Agrícola de Cotia - Cooperativa Central. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA. 1, 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p. 53-55, 1989.
- LEAL, M. A. A.; CAETANO, L. C. S.; FERREIRA, J. M. **Casa de vegetações de baixo custo modelo PESAGRO-RIO**. 1. ed. Niterói: PESAGRO-RIO, v. 1, n. 29, 1999. 27 p. (Informe Técnico)
- LEAL, P. A. M. **Avaliação do desempenho térmico e energético de um sistema de resfriamento evaporativo**. 39 p. Trabalho de aproveitamento da disciplina AUT-802 - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 1992.
- LEE, Y. D.; TAKAKURA, T. Root cooling for spinach in deep hydroponic culture under high air temperature conditions. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 399, p. 121-126, 1995.
- LIETEN, F. Methods and Strategies of Strawberry Forcing. Proceedings of the 2nd International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Beltsville, v. 1, n. 348, p. 158-170, ago. 1993.
- LIETEN, F. Effects of Chilling and Night-Break Treatment on Greenhouse Production of "Elsanta". Proceedings of the 3rd International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Veldhoven, v. 2, n. 439, p. 633-640, set. 1997.
- LIETEN, F. Recent advances in strawberry plug transplant technology. Proceedings of the XXV, IHC- Part 3. **Acta Horticulturae**. v. 2, n. 439, p. 383-388, set. 1998.
- LIETEN, F. The Use of Cold Stored Plant Material in Central Europe. Proceedings of the 4th International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Tampere, v. 2, n. 567, p. 553-560, jan. 2002.
- LOPES, W. G. R.; FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. Resistência à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*. **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 30, Foz do Iguaçu, 2001, CD-Rom.
- LÓPEZ, O. H. Bambú, su cultivo y aplicaciones en: Fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería e artesanía. Cali: Estudios técnicos colombianos Ltda. Italgaf S.A. 1974. 176 p.
- LÓPEZ, O. H. **Bamboo: The gift of the Gods**. Bogotá: D'Vinni Ltda. 2003. 553p.

LOPEZ-GALARZA, S.; MAROTO, J. V.; SAN BAUTISTA, A.; ALAGARDA, J. Performance of Waiting-bed Strawberry Plants with Different Number of Crowns in Winter Plantings. Proceedings of the 3rd International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Veldhoven, v. 1, n. 439, p. 439-443, set. 1997.

LÓPEZ-BUCIO, J.; HERNÁNDEZ-ABREU, E.; SÁNCHEZ-CALDERÓN, L.; NIETO-JACOBO, M.; SIMPSON, J.; ESTRELLA-HERRERA, L. Phosphate ailability alters achitecture and causes canges in hormone sensitivity in the Arabidopsis Root System. **Plant Physiology**. v. 129, p. 244–256, may., 2002.

LUCCHESI, A.A. **Influência de fito-reguladores no crescimento e na produtividade do morangueiro, cultivares Campinas e Monte Alegre**. Tese (Livre-docência em Botânica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MA, Z.; BASKIN, T.I.; BROWN, K.M.; LYNCH, J.P. Regulation of root elongation under phosphorus stress involves changes in ethylene responsiveness. **Plant Physiology**, v. 131, p. 1381-1390, Mar., 2003.

MACHADO, P. P. C. Sistema para determinação de área foliar (SIDAR). Não publicado. 2001.

MALAMY, J.E. Intrinsic and environmental response pathways that regulate root system architecture. **Plant, Cell and Environment**. Blackwell Publishing Ltd., n.28, p.67-77, 2005.

MASTARLEZ, J. W. The greenhouse environment: the effect of environmental factors on the growth and development of flower crops. New York: John Wiley e Sons, 1977. 289 p.

MARTINS S. C. F.; BERVALDO A . L. Tratamentos aplicados às partículas de bambu visando sua utilização para fins comerciais de materiais de construção. **Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 31, Salvador, 2002, CD-Rom.

MARTINS, S. R. Desafios da plasticultura brasileira: limites sócio-econômicos e tecnológicos frente às novas e crescentes demandas. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 14, n. 2, p. 133-138, nov. 1996.

MARTINS, S. R.; FERNANDES, H. S.; ASSIS, F. N.; MENDES, M. E. G. Caracterização e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 200/2001, p. 15-23, set./dez. 1999.

MARY, W. **Produção sazonal de alface sob estrutura de proteção tipo túnel alto, em clima tropical, com dois tipos de cobertura morta**. 85 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1998.

- MIRANDA, R.M.; PEREIRA, A.L. **Teste de produção de hortaliças e plantas ornamentais em estufas**. Relatório técnico, convênio RACIMEC LTDA. e Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, não publicado, 32p.,1984.
- MONTERO, J. I.; ANTON, A.; BIEL, C.; FRANQUET, A. Cooling of greenhouses with compressed air fogging nozzles. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 281, p. 199-209, 1990.
- MOORBY, J.; GRAVES, C. J. Root and air temperature effects on growth and yield tomatoes and lettuce. **Acta Horticulturae**. v. 98, p. 29-43, 1980.
- MORAES, C.A.G. de **HIDROPONIA: Como cultivar tomates em sistema NFT**. Jundiaí: DISQ Editora, 1977,143p.
- NISHINA, H.; TANAKA, M.; HASHIMOTO, Y. Optimum system of zone cooling in greenhouse. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 399, p. 149-155. 1995.
- NISHIYAMA, M.; KANAHAMA, K. Effects of temperature and photoperiod on flower bud initiation of day-neutral and everbearing strawberries. Proceedings of the 4th International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Tampere, v. 1, n. 567, p. 253-255, jan. 2002.
- ODA, Y. Effects of light intensity, CO₂ concentration and leaf temperature on gas exchange of strawberry plants – feasibility studies on CO₂ enrichment in Japanese conditions. Proceedings of the 3rd International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Veldhoven, v. 2, n. 439, p. 563-573, set. 1989.
- OKIMURA, M.; IGARASHI, I. Effects of photoperiod and temperature on flowering in everbearing strawberry seedlings. Proceedings of the 3rd International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Veldhoven, v. 2, n. 439, p. 605-608, set. 1997.
- PAROUSSI, G.; VOYARTZIS, D.G.; PAROUSSI, E.; DROGOUDI, P.D. Effects of GA₃ and photoperiod on growth and flowering in strawberry. Proceedings of the 4th International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae**. Tampere, v. 1, n. 567, p. 273-279, jan. 2002.
- PASSOS, F.A. **Influência de sistemas de cultivo na cultura do morango**. 105p. Dissertação (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- PASSOS, F. A.; TRANI, P. E.; BETTI, J. A.; TANAKA, M. A. S. Morango. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 6.ed. Campinas:, 1998. p. 222-225. (IAC, Boletim 200)
- PEREIRA, P. R. G.; MARTINEZ, H. E. P. Produção de mudas para o cultivo de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 200/2001, p. 24-31, set./dez. 1999.

PICANÇO, M.; MARQUINI, F. Manejo integrado de pragas de hortaliças em ambiente protegido. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 200/2001, p. 126-133, set./dez. 1999.

RAJ, V. Treatise on utilization of bamboo as reinforcement in ferrocement. **Journal of Ferrocement**. v. 21, n. 4, p. 371- 381, oct. 1991.

RAULT, P.A. Protected crops in humid tropical regions how could we avoid or reduce excessive temperatures? How could we select the cladding materials and the greenhouse design? **Acta Horticulturae**. v. 230, p. 565-572, 1988.

RESENDE, L. M. De A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. Panorama da produção e comercialização do morango. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 5-19, 1999.

RICE JÚNIOR, R. P. Effects of cultivars and environmental interations on runner production, fruit yield, and harvest timing of strawberry. (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Acta Horticulture**. n. 279, p. 327-332, 1990.

RONQUE, E. R. **Cultura do morangueiro, revisão e prática**. 1. ed. Curitiba: EMATER-Paraná, 1998. 206 p.

SALVETTI, M. G. **O polietileno na agropecuária brasileira**. 2ª ed. Porto Alegre: Palloti, 1993. 154 p.

SANTOS, A. M. Cultivo de pequenas frutas, em regiões de clima temperado no Brasil, sob cobertura plástica. In: FORO INTERNACIONAL DE CULTIVO PROTEGIDO. 1997, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, 1997, p. 168-174.

SANTOS, A. M. Melhoramento genético do morangueiro. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 24-29, 1999.

SEGINER, I. Transpirational cooling of a greenhouse crop with partial ground cover. **Agricultural and Forest Meteorology**. Israel, v. 71, p. 265-281, 1994.

SEGINER, I.; OSLOVICH, I.; LINKER, R. Optimal CO₂ enrichment of greenhouses in mild climates. Greenhouses technologies. **Acta Horticulturae**. Wageningen, v. 443, p. 129-133, 1997.

SGANZERLA, E. **Nova agricultura: a fascinate arte de cultivar com plásticos**. 2ª ed. Porto Alegre: Petroquímica Triunfo, 1989. 303 p.

SILVA, E. C.; LEAL, N. R. **Recomendações práticas para construção de casa de vegetação na região Norte Fluminense**. 17p. Boletim Técnico – Universidade Estadual do Norte Fluminense, 1997.

SIQUEIRA, C. E. M. **Construção e uso dos túneis de cultivo forçado recobertos com polietileno.** Programa de Plasticultura do Estado de São Paulo. São Paulo: AEASP, 1996. p. 83-84.

SMITH J.; RATTA, A.; NASSR, J. **Urban agriculture: food, jobs and sustainable cities.** Publication Series for Habitat II, v. 1. New York: United Nations Development Programme (UNDP), 1996.

SONDY, L. O Bambu como estrutura e o seu aproveitamento no Brasil. **Concreto.** Campinas, v. 6, n. 35, p. 51-52, 1940.

SONSTEBY, A. Short-day and temperature interactions on growth and flowering of strawberries. Proceedings of the 3rd International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae.** Veldhoven, v. 2, n. 439, p. 609-616, set. 1997.

SONSTEBY, A.; HEIDE, O. M.; NES, A.; GRIMSBY, S. **Out-of-season strawberry production in Norway: Yield responses of cv. Korona to photoperiod preconditioning treatments.** COST 836 Integrated berry production, WG3 Physiology, Graz, 2001. Disponível em: <www.agr.unian.it/ricerca/prog_ric/cost836.htm>. Acesso em: 19 nov. 2003.

SCHWARZ, D. Roots – 2004 Connecting the growing media with growing success. Proceedings of the International Symposium on growing media and hydroponics. **Acta Horticulturae.** Alnarp, v. 1, n. 644, p. 327-336, fev. 2004.

TAYLOR, D. R.; BURGESS, C. M. Fresh short-day tray (“fresdat”) plants for glasshouse cropping of strawberries. Proceedings of the 4th International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae.** Tampere, v. 2, n. 567, p. 593-596, jan. 2002.

TEHRANIFAR, A.; BATTEY, N. H. Comparison of the effects of GA₃, and chilling on vegetative and fruit set in strawberry. Proceedings of the 3rd International Strawberry Symposium. **Acta Horticulturae.** Veldhoven, v. 2, n. 439, p. 627-639, set. 1997.

TESSARIOLI NETO, J. Produção de mudas de morangueiro (*Fragaria ananassa* Duch.) sob cultivo protegido. 75p. Tese (Livre-docência em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

VERDIAL, M. F. **Frigoconservação e vernalização de mudas de morangueiro (*Fragaria x Ananassa* Duch.) produzidas em sistema de vasos suspensos.** 71 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

VERLODT, H.; MUYNCK, B.; MOUGOU, A. Adiabatic cooling for improvement of the diurnal climate in greenhouses under desert climate. **Acta Horticulturae.** Wageningen, v. 287, p. 229-240, 1990.

VILLELA JUNIOR, L. V.E.; ARAÚJO, J.A.C. de; FACTOR, T.L. Análise do resfriamento da solução nutritiva para o cultivo hidropônico do morangueiro. **Engenharia agrícola**. Jaboticabal, v.24, n.2, p. 338-346, mai-ago, 2004.

WASCMAN, M. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE PLASTICULTURA, 1, 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1989. p. 21-28.

WELCH, N. C. **California strawberry production**, 1. ed. Oakland: Cooperative Extension University of California, Leaflet 2959, 1989. 15 p.

YANG, W.M.; CHUNG, S.J.; YANG, S.Y. Comparative studies on the physiological and morphological adaptations of greenhouse tomato grown in Aeroponics and Nutrient Film Technique. Changes of rootzone environment and grown response as affected by solution temperature, spraying intervals and substrate. **Korean Soc. Of Hort. Sc.** (Hort. Abs.), v. 7, p. 54-55, 1989.

ZONTA, E.; MARY, W. **Cultivo de Alface em sistema hidropônico**. 98 p. Apostila – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1999.

8. APÊNDICES

8.1. Experimento 1: Análise de estrutura de proteção de plantas construída com bambu, sob diferentes esforços

8.1.1. ANOVAS

Tabela 16. Anova da Figura 26- Variação média da elevação da viga nos diferentes pontos de medição em função da carga aplicada no pórtico transversal.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Varição entre espaçamentos	2	14116,7	7058,33	13,74	0,006			
Resíduo	6	3083,33	513,89					
Total	8	17200				31,0	46,36	15,45

Tabela 17. Anova da Figura 27- Variação média da elevação das vigas nos pontos de medição 4 e 5 em função das cargas, aplicadas no pórtico longitudinal.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Varição entre espaçamentos	2	18716,7	251,39	12,85	0,002			
Resíduo	9	6556,25	26,1					
Total	11	25272,9				37	47,9	13,8

Tabela 18. Anova da Figura 28- Variação dos deslocamentos verticais das colunas representadas pelos pontos 1, 2 e 3, média em função das diferentes cargas aplicadas no pórtico longitudinal.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Varição entre espaçamentos	2	502,78	251,39	9,63	0,002			
Resíduo	15	391,67	26,11					
Total	17	894,44				48	7,2	1,7

8.1.2. Tabelas com registro de dados referentes ao experimento

Tabela 19. Carga do pórtico transversal – REPETIÇÃO 1.

Variação 1		184 Kg				3 - Centro		
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
4 m	15	-5	-20	0	-10	0	-15	
3 m	20	0	0	3				
2 m	0	7	-21	5				
elevação	-5		0					
Variação 2		284Kg				3 - Centro		
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
4 m	0	20	-10	50	15	20	-85	
3 m	20	-40	0	25				
2 m	15	-65	-30	30				
elevação	-40		-50					
Variação 3		348Kg				3 - Centro		
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
4 m	-15	35	5	65	25	25	-110	
3 m	35	-50	5	40				
2 m	30	-70	-40	40				
elevação	-50		-65					

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo “Y”.

** Dados das linhas 4m, 3m, e2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 20. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico transversal – REPETIÇÃO 2.

Variação 1		184 Kg						
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Centro			
4 m	-20	35	-15	10	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
3 m	-20	25	-20	10	35	0	-70	
2 m	-5	20	-25	10				
elevação	-5		-5					
Variação 2		284Kg						
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Centro			
4 m	-15	50	-45	20	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
3 m	-25	30	-15	-5	80	0	-90	
2 m	-10	15	-20	-10				
elevação	-15		-10					
Variação 3		348Kg						
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Centro			
4 m	-10	60	-35	10	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
3 m	-20	25	-15	-15	90	0	-120	
2 m	0	0	-30	-25				
elevação	-35		-15					

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo “Y”.

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 21. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico transversal – REPETIÇÃO 3.

Variação 1		184 Kg						
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Centro			
4 m	0	-5	-15	40	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
3 m	15	5	-10	-15	30	0	-20	
2 m	25	5	-5	-10				
elevação	5		-5					
Variação 2		284Kg						
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Centro			
4 m	-10	-5	-20	20	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
3 m	15	-5	5	-30	80	0	-45	
2 m	35	-10	20	-30				
elevação	5		-10					
Variação 3		348Kg						
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Centro			
4 m	-50	85	-50	160	Norte - Sul	Leste - Oeste	Elevação	
3 m	95	60	5	25	185	-45	-150	
2 m	175	10	20	-25				
elevação	-75		-25					

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo "Y".

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 22. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,0m – FACE LESTE.

Variação 1		184Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	15	40	-10	0	-20	-10	-15	-20	
3 m	10	40	-5	0	5	-20			
2 m	0	20	5	0	0	0			
elevação	0		-10		0				
Variação 2		328Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	35	25	0	-20	-10	-5	-20	-25	
3 m	20	10	5	-5	10	-15			
2 m	20	75	-5	-5	10	-5			
elevação	-10		-15		-15				
Variação 3		496Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	45	45	15	-30	5	10	-35	-35	
3 m	40	30	15	-15	15	0			
2 m	30	115	0	-10	25	-20			
elevação	-25		-35		-30				

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo “Y”.

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 23. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,0m – FACE OESTE.

Variação 1		184Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-5	-5	10	-5	0	20	-20	-20	
3 m	15	5	-15	0	5	15			
2 m	30	-15	-15	-50	0	-15			
elevação	-10		-5		-10				
Variação 2		328Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	20	-45	5	-50	25	-50	-30	-30	
3 m	30	0	-10	0	20	-15			
2 m	40	-10	-25	-95	5	-55			
elevação	-20		-10		-10				
Variação 3		496Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	35	-55	15	-60	40	-65	-55	-50	
3 m	55	-15	0	-5	30	-25			
2 m	55	-5	-10	-105	15	-70			
elevação	-35		-20		-20				

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo "Y".

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 24. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,5m – FACE LESTE.

Variação 1		184Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-15	-5	5	5	20	-5	-15	-20	
3 m	0	-5	0	5	0	5			
2 m	0	0	0	-5	15	0			
elevação	-5		0		-10				
Variação 2		328Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-15	-5	10	5	25	0	-15	-30	
3 m	0	-5	0	5	0	5			
2 m	5	-10	0	0	10	0			
elevação	-10		-5		-15				
Variação 3		496Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-30	-10	25	10	35	5	-30	-50	
3 m	0	-15	5	10	10	15			
2 m	15	-25	15	10	5	20			
elevação	-15		-10		-25				

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo “Y”.

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 25. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 2,5m – FACE OESTE.

Variação 1		184Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	0	5	-5	0	5	0	-15	-20	
3 m	70	-5	-25	-5	30	-5			
2 m	90	-10	-35	-5	40	0			
elevação	-10		0		-10				
Variação 2		328Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-5	5	-40	40	0	20	-25	-30	
3 m	60	-10	-50	20	30	5			
2 m	70	-20	-45	10	40	5			
elevação	-15		0		-15				
Variação 3		496Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-20	10	-50	55	-15	45	-40	-65	
3 m	45	-15	-65	35	50	35			
2 m	55	-30	-60	15	60	-15			
elevação	-20		-5		-20				

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo "Y".

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 26. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 3,0m – FACE LESTE.

Variação 1		184Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-5	5	0	-15	25	10	-25	-20	
3 m	40	0	5	0	55	15			
2 m	40	30	10	-5	25	0			
elevação	-10		-5		-5				
Variação 2		328Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-10	5	0	-10	35	10	-45	-40	
3 m	40	0	0	0	55	10			
2 m	50	30	0	0	20	10			
elevação	-15		-5		-10				
Variação 3		496Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	-20	15	-30	0	55	20	-100	-85	
3 m	60	0	-10	0	70	0			
2 m	-65	40	-15	5	15	25			
elevação	-20		-20		-25				

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo "Y".

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

Tabela 27. Dados referentes ao item 4.1, ensaio de carga do pórtico longitudinal com distância entre pórticos de 3,0m – FACE OESTE.

Variação 1		184Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	0	-5	0	-5	20	5	-40	-40	
3 m	20	-10	-40	5	15	5			
2 m	65	-50	-20	0	25	0			
elevação	-5		-5		-15				
Variação 2		328Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	10	10	0	0	25	5	-100	-95	
3 m	15	-5	-30	5	25	10			
2 m	15	-10	-25	0	25	5			
elevação	-30		-5		-30				
Variação 3		496Kg							
	1 - Norte - Sul	1- Leste - Oeste	2 - Norte - Sul	2- Leste - Oeste	3 - Norte - Sul	3- Leste - Oeste	4 - Elevação	5 - Elevação	
4 m	25	-75	-5	-95	45	-50	-175	-155	
3 m	35	-100	-10	-125	55	-80			
2 m	0	-100	-40	-130	40	-85			
elevação	-50		-30		-45				

* As variações representadas com sinal (-) indica o sentido do deslocamento em função dos eixos cardinais e para o deslocamento vertical o sinal (-) significa a diminuição da altura em relação ao eixo “Y”.

** Dados das linhas 4m, 3m, e 2m, referem-se altura de coleta dos dados na coluna.

8.2. Experimento 2 : Produtividade do morangueiro em aeroponia com zona de resfriamento

Apresentação apenas de médias obtidas, em função da indisponibilidade de dados para análise estatística.

8.3. Experimento 3: Produtividade do morangueiro em aeroponia com zona de resfriamento

8.3.1. ANOVAS

Tabela 28. Anova da Figura 45- Teor médio de sólidos solúveis totais nos pseudopseudofrutos em função dos diferentes sistemas.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Sistemas	8	29,53	3,69	6,58	0,0001	10,7	1,12	0,18
Resíduo	27	15,14	0,56					
Total	35	44,67						

Tabela 29. Anova da Figura 48 - Variação média da área de raiz em função dos diferentes tratamentos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Sistemas	8	634607	79325,9	20,96	0,0000	34,9	145	24,18
Resíduo	27	102169	3784,03					
Total	35							

Tabela 30. Anova da Figura 49- Variação média da área de raiz em ambiente à céu aberto.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Sistemas	3	196537	65512,5	19,69	0,0001	36,8	12,55	31,38
Resíduo	12	39916,8	3326,4					
Total	15							

Tabela 31. Anova da Figura 50 - Variação média da área de raiz em ambiente protegido.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Sistemas	4	426995	106749	25,72	0,0000	33,6	160,46	35,8
Resíduo	15	62251,9	4150,13					
Total	19							

8.4. ANOVAS do Experimento 4: Efeito do fotoperíodo na produção de entressafra do morangueiro em casa de vegetação climatizada

Tabela 32. Anova da Tabela 13. Efeitos do fotoperíodo controlado, sobre a massa fresca média de pseudofrutos (g) (A), o número médio de pseudofrutos (B) e o número médio de estolhos (C) por planta sobre a cultivar de morangueiro Sweet Charlie produzida em hidroponia NFT em casa de vegetação climatizada, ao longo do período analisado (01/01 a 22/04/2004).

(A): Massa fresca média de pseudofrutos.

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV %	Desvio padrão	Erro padrão
Sistemas	1	13,57	13,57	2,57	0,1238	31	2,37	0,49
Resíduo	21	110,87	5,28					
Total	22							

(B): Numero médio de pseudofrutos

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV %	Desvio padrão	Erro padrão
Sistemas	1	2,82	2,82	5,99	0,0232	32	0,76	0,15
Resíduo	21	9,9	0,47					
Total	23							

(C): Numero médio de estolhos

Fontes de variação	Graus de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado Médio	Valor de F	Significância	CV%	Desvio padrão	Erro padrão
Sistemas	1	1526,28	1526,28	28,17	0,0000	66,25	2,08	1,78
Resíduo	21	1625,19	54,17					
Total	23							

8.5. ANOVAS do Experimento 5: Aclimação de mudas de morangueiro para produção na entressafra em casa de vegetação climatizada