

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DO MORANGUEIRO
EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS, UTILIZANDO CASAS DE
VEGETAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS TECNOLÓGICOS**

EDILSON COSTA

CAMPINAS - SP
DEZEMBRO DE 2004

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DO MORANGUEIRO
EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS, UTILIZANDO CASAS DE
VEGETAÇÃO COM DIFERENTES NÍVEIS TECNOLÓGICOS**

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

EDILSON COSTA

Orientador: Prof. Dr. Paulo A. Martins Leal

CAMPINAS - SP
DEZEMBRO DE 2004

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

C823a Costa, Edilson
Avaliação da produção do morangueiro em sistemas hidropônicos, utilizando casas de vegetação com diferentes níveis tecnológicos / Edílson Costa.-- Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Paulo Ademar Martins Leal.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Estufas - Resfriamento. 2. Hidroponia. 3. Dióxido de carbono. 4. Morango – Variedades. I. Leal, Paulo Ademar Martins. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida pelo Engenheiro Mestre em Engenharia Agrícola Edilson Costa e aprovada pela Comissão Julgadora em 17 de Dezembro de 2004.

Campinas, 09 de Fevereiro de 2005.

Prof. Dr. Paulo A. Martins Leal

Presidente da Banca

A Deus e a todas as pessoas que me auxiliaram e me deram apoio em todos os passos seguidos até o momento: muito obrigado!

DEDICO

"a vida é simples, a felicidade é simples, a simplicidade é feliz"

(autor desconhecido)

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. **Paulo A. Martins Leal**, pela orientação, amizade, confiança e apoio em todos os momentos, desde a graduação até a conclusão do Doutorado.

Aos meus pais José e Matilde, aos meus irmãos Aroldo, Alzira, Maria Cristina Rose e Silvana, a minha namorada Nelma e seus familiares, pelo amor e apoio sempre atribuídos.

A **Dona Laura**, pela amizade e ajuda no manejo da produção durante o desenvolvimento experimental.

À técnica do Laboratório de Estruturas **Flávia Vieira de Freitas** pela amizade e ajuda em todo o desenvolvimento experimental e tabulação dos dados, os meus sinceros agradecimentos, pois a sua ajuda foi de fundamental importância para a confecção da Tese.

Ao Aluno de Graduação **William Jonas Ferreira** pela amizade e colaboração nas etapas de desenvolvimento experimental e nas etapas de tabulação de dados, os meus sinceros agradecimentos, pois a sua ajuda foi de fundamental importância para a confecção da Tese.

Ao Engenheiro Mestre **Wellington Mary**, pela amizade, pelo incentivo e pela colaboração em todas as etapas desenvolvidas durante o Doutorado.

Aos professores, membros da banca de Defesa de Doutorado: Prof. Dr. **Antonio Mauro Saraiva**; Profa. Dra. **Irenilza de Alencar Nääs**; Prof. Dr. **Luis E. Brossard** e Prof. Dr. **Pedro Roberto Furlani**, pelas correções, sugestões, avaliações e informações exaradas para uma melhor confecção e versão da Tese.

Ao Eng. Agric. **Rafael Ferrarini de Campos** pela amizade e colaboração nas etapas iniciais de desenvolvimento experimental.

Ao técnico em química **Bruno Bortolotto** pela realização das análises físico-químicas.

Ao Técnico em Refrigeração Sr. **José Benedito dos Santos** pelo auxílio na manutenção dos sistemas elétricos e hidráulicos.

Ao técnico em Eletrotécnica **Adriano Boveri e seu filho Felipe** pela ajuda na montagem no sistema de controle da cortina móvel.

Aos professores do Departamento de Construções Rurais e Ambiente, **Rossi, Wesley, Raquel, Cortez, Beraldo, David e Irenilza**, pela amizade e apoio.

Ao pessoal do laboratório de Informática, **João Bergamos, André, Clóvis e Enzo**, pelo apoio e colaboração em todos os momentos.

Ao professor, amigo e engenheiro agrícola **Cyrineo Antonio Tonolli**, pela força, incentivo e carinho atribuídos desde a época de colégio.

Ao Prof. Dr. **Pedro Roberto Furlani** pelo apoio e amizade.

Ao Prof. Dr. **José Francisco Escobedo** pelo auxílio em radiometria.

Ao MSc. **Flávio Fernandes** pelo apoio e amizade.

Aos meus amigos, o casal, **Maria Helena Francisca Lopes e Benedito Donizete Lopes, e seu Filho Doni** pela amizade e incentivo.

Aos profissionais do campo experimental, Sr. **José Budia**, Sr. **Freire**, Sr. **Osvaldo** pela ajuda em diversas atividades realizadas durante o desenvolvimento experimental.

Ao meu amigo **Adolfo de Oliveira** pelo apoio e amizade.

Aos Técnicos **Francisco, Rosa Helena, Maria Rosália**, pelo auxílio, colaboração e uso do laboratório de Pré-Processamento de Produtos Agropecuários.

A Engenheira e Mestre **Juliana Tóffano** pela amizade e apoio.

Às secretárias **Ana Paula Montagner, Rosângela e Marta**, da secretaria de pós-graduação, pela amizade, auxílio e convivência.

À **Vanessa Pelá**, pela amizade e apoio em todos os momentos.

À Coordenadora da Pós-Graduação, **Profa. Dra. Raquel Gonçalves** pela amizade e apoio.

Aos amigos **Eduardo Fontain, Gisleiva, Martha e Alexandre**, pós-graduandos e amigos de sala, pela paciência no convívio e pela ajuda em todos os momentos.

Aos meus amigos **Ricardo Bertol, Emerson Ricardo Lombardi, Antônio José Moreira, Ana Rita Santana, Professor Cláudio Sverzut, Edivaldo Moura Santos, Ricardo Azevedo, Nelson Lázaro, Rogério Sai, Roberto Biasoto, Michael Daamen, Gabriela, Antoniane Roque, Sizinio (Neto), Gisleiva, William Pelizzari, Elaine, Elayne** pela convivência e amizade.

Ao Sr. **Robinson** pela colaboração no processo de reprodução de fotos em escaner.

Aos **Amigos** da FEAGRI pela convivência e amizade.

Finalmente, a Todos, que direta ou indiretamente tiveram o prazer de trabalhar comigo e auxiliaram na confecção dessa Tese de Doutorado, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	IX
-------------------------------	-----------

LISTA DE TABELAS.....	X
------------------------------	----------

RESUMO	XI
---------------------	-----------

ABSTRACT	XII
-----------------------	------------

I. INTRODUÇÃO	1
----------------------------	----------

II. OBJETIVOS.....	3
---------------------------	----------

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
---	----------

3.1. O MORANGUEIRO	4
3.2. SISTEMA HIDROPÔNICO NFT	7
3.3. SISTEMA HIDROPÔNICO DE COLUNA DE CULTIVO	10
3.4. DIVERSIDADE DE SISTEMAS HIDROPÔNICOS PARA O MORANGUEIRO.....	13
3.5. ASPECTOS DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS PARA O MORANGUEIRO	14
3.6. AMBIENTE DE CULTIVO PROTEGIDO	17
3.7. ENRIQUECIMENTO DO AMBIENTE INTERNO COM CO₂	23
3.8. INFLUÊNCIAS DA RADIAÇÃO E DA TEMPERATURA NO CICLO DAS CULTURAS.	26
3.9. MÉTODOS DE REDUÇÃO DA TEMPERATURA EM CASA DE VEGETAÇÃO.....	29
3.10. CONTROLE DE UMIDADE RELATIVA	32
3.11. MONITORAMENTO E CONTROLE EM CASAS DE VEGETAÇÃO	34
3.12. SISTEMA DE MEDIDAS, ERRO E CONTROLADOR	38
3.13. SISTEMA DE PROCESSAMENTO E AQUISIÇÃO DE DADOS.....	39
3.14. BALANÇO DE ENERGIA EM ESTUFA COM FILME DE POLIETILENO	41
3.15. ANÁLISES DE INVESTIMENTO	46

IV. METODOLOGIA.....	48
-----------------------------	-----------

4.1. LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GERAIS DOS EXPERIMENTOS.....	48
4.2. AQUISIÇÃO,TRANSPLANTE, DISTRIBUIÇÃO DAS MUDAS E TRANSPORTE DA SOLUÇÃO	

NUTRITIVA	52
4.3. TRANSPORTE, DISTRIBUIÇÃO E MEDIÇÃO DO CO ₂	59
4.4. INSTALAÇÃO E MANEJO DAS CORTINAS TERMORREFLETORAS	60
4.5. SISTEMA DE RESFRIAMENTO EVAPORATIVO DO AR	62
4.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	63
4.7. RELAÇÃO BENEFÍCIO - CUSTO	64
<u>V. RESULTADOS E DISCUSSÕES</u>	<u>65</u>
5.1. RESULTADOS GERAIS	65
5.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A PRODUTIVIDADE (P) E O NÚMERO DE FRUTOS (NF)	80
5.3. ANOVA UTILIZANDO DELINEAMENTO SPLI-SPLIT-PLOT	87
5.4. ASPECTOS GERAIS	88
5.5. ANÁLISE ECONÔMICA DOS INVESTIMENTOS	91
<u>VI. CONCLUSÕES</u>	<u>97</u>
<u>VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</u>	<u>98</u>
<u>VIII – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</u>	<u>110</u>
<u>IX. APÊNDICES</u>	<u>111</u>
9.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA A TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EXTERNO.	111
9.2. RESULTADOS OBTIDOS PARA A TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR (AMBIENTE 1).114	114
9.3. RESULTADOS OBTIDOS PARA A TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR (AMBIENTE 2).117	117
9.4. RESULTADOS OBTIDOS PARA A TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR (AMBIENTE 3).120	120
9.5. RESULTADOS OBTIDOS PARA A PRODUTIVIDADE (P) E NÚMERO DE FRUTOS (NF.)	123
9.6. TEMPERATURA DA SOLUÇÃO E DO LOCAL DOS RESERVATÓRIOS.	128

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Esquema italiano do sistema de coluna de cultivo, RESH (1995) (sistema vertical)</i>	11
<i>Figura 2. Diagrama de bloco de um sistema de medida básico</i>	38
<i>Figura 3. Processo de aquisição de dados</i>	40
<i>Figura 4. Aquisição de dados via computador</i>	40
<i>Figura 5. Croqui dos Ambientes utilizados nos experimentos</i>	48
<i>Figura 6. Esquema de Produção do Morangueiro nos Ambientes 1 e 3.</i>	50
<i>Figura 7. Distribuição das variedades nos tubos verticais</i>	51
<i>Figura 8. Distribuição das variedades nos canais de 100mm.</i>	51
<i>Figura 9. Distribuição das variedades nos canais de 150mm.</i>	51
<i>Figura 10. Mudas adquiridas em Dezembro de 2001.</i>	53
<i>Figura 11. Mudas, Janeiro de 2002</i>	53
<i>Figura 12. Mudas, Fevereiro de 2002</i>	54
<i>Figura 13. Transplante para os canais de 100mm, em abril de 2002.</i>	54
<i>Figura 14. Transplante para os canais de 150mm, em abril de 2002</i>	55
<i>Figura 15. Transplante para os canais de 150mm com vaso, em abril de 2002.</i>	55
<i>Figura 16. Transplante para os tubos verticais, em abril de 2002.</i>	56
<i>Figura 17. Fornecimento da solução nutritiva nos sistemas hidropônicos</i>	57
<i>Figura 18. Resfriamento da solução nutritiva</i>	57
<i>Figura 19. Medidor de CO₂ portátil, marca Vaisala, Modelo GM70.</i>	59
<i>Figura 20. Medida da concentração momentânea de CO₂</i>	60
<i>Figura 21. Cortinas termo refletoras</i>	61
<i>Figura 22. Movimentação das cortinas termo refletoras</i>	61
<i>Figura 23. Motor reverso: movimentação das cortinas termo refletoras</i>	62
<i>Figura 24. Controle de temperatura e umidade</i>	63
<i>Figura 25. Temperaturas as 9:00h</i>	65
<i>Figura 26. Temperaturas as 15:00h</i>	66
<i>Figura 27. Umidade relativa as 9:00h</i>	67
<i>Figura 28. Umidade relativa as 15:00h</i>	67
<i>Figura 29. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Campinas)</i>	68
<i>Figura 30. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Seascape)</i>	68
<i>Figura 31. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Sweet Charlie)</i>	69
<i>Figura 32. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Tudla)</i>	69
<i>Figura 33. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Campinas)</i>	70
<i>Figura 34. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Seascape)</i>	70
<i>Figura 35. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Sweet Charlie)</i>	71
<i>Figura 36. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Tudla)</i>	71
<i>Figura 37. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Campinas)</i>	72
<i>Figura 38. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Seascape)</i>	72
<i>Figura 39. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Sweet Charlie)</i>	73
<i>Figura 40. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Tudla)</i>	73
<i>Figura 41. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1(Canais de 100mm)</i>	74
<i>Figura 42. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1 (Canais de 150mm)</i>	74
<i>Figura 43. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1(Vaso)</i>	75

<i>Figura 44. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1 (Tubos Verticais).</i>	75
<i>Figura 45. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Canais de 100mm).</i>	76
<i>Figura 46. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Canais de 150mm).</i>	76
<i>Figura 47. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Vaso).</i>	77
<i>Figura 48. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Tubos Verticais).</i>	77
<i>Figura 49. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Cana).</i>	78
<i>Figura 50. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Canais de).</i>	78
<i>Figura 51. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Vaso).</i>	79
<i>Figura 52. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Tubos Verticais).</i>	79
<i>Figura 53. Interação para a produtividade (A X S).</i>	84
<i>Figura 54. Interação para o número de frutos (A X S).</i>	84
<i>Figura 55. Interação para a produtividade (A X V).</i>	85
<i>Figura 56. Interação para o número de frutos (A X V).</i>	85
<i>Figura 57. Interação para a produtividade (S X V).</i>	86
<i>Figura 58. Interação para o número de frutos (S X V).</i>	86
<i>Figura 59. Mensurações dos frutos.</i>	88
<i>Figura 60. Frutos após as mensurações.</i>	89
<i>Figura 61. Produção do Sistema 3 em Outubro de 2002.</i>	89
<i>Figura 62. Variedade Campinas em Setembro de 2002.</i>	90

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1. Concentração da solução nutritiva utilizada por Linardakis e Manios (1990).</i>	14
<i>Tabela 2. Concentração da solução nutritiva usada por FERNANDES JUNIOR (2001).</i>	15
<i>Tabela 3. Composição da solução nutritiva do experimento (FURLANI, 2002).</i>	58
<i>Tabela 4. Análise de Variância para o experimento.</i>	64
<i>Tabela 5. Análise de Variância para Produtividade (P).</i>	80
<i>Tabela 6. Análise de Variância para o Número de Frutos (NF).</i>	80
<i>Tabela 7. Teste de Tuckey para Produtividade (Ambientes).</i>	81
<i>Tabela 8. Teste de Tukey para o Número de Frutos (Ambientes).</i>	81
<i>Tabela 9. Teste de Tuckey para Produtividade (Sistemas).</i>	82
<i>Tabela 10. Teste de Tuckey para o Número de Frutos (Sistemas).</i>	82
<i>Tabela 11. Teste de Tuckey para Produtividade (Variedades).</i>	83
<i>Tabela 12. Teste de Tuckey para o Número de Frutos (Variedades).</i>	83
<i>Tabela 13. Anova utilizando delineamento Split-Split-Plot.</i>	87
<i>Tabela 14. Comparação entre EF e SSP.</i>	88
<i>Tabela 15. Médias globais das variáveis relacionadas aos frutos.</i>	90
<i>Tabela 16. Número de Plantas por Casa de Vegetação.</i>	91
<i>Tabela 17. Produtividade da variedade Campinas, nos sistemas 3 e 4.</i>	92
<i>Tabela 18. Distribuição dos preços por quilograma de morango.</i>	92
<i>Tabela 19. Análise de viabilidade econômica.</i>	93
<i>Tabela 20. Produção do Morangueiro no Estado de São Paulo.</i>	96

RESUMO

Há falta de estudos sobre o comportamento da cultura do morangueiro em sistemas hidropônicos no Brasil, considerando a grande extensão que possui o País e as necessidades de conhecimento sobre a adaptação desta cultura nesse sistema de produção. Nas regiões produtoras constata-se um número muito reduzido de produtores utilizando sistemas hidropônicos para o morangueiro, isso pode ser explicado pela inexistência de informação do comportamento de variedades nesse sistema de produção e dos tipos de sistemas que podem ser utilizados na hidroponia. No entanto, existem trabalhos internacionais a respeito do cultivo hidropônico do morangueiro, porém, as variedades e os ambientes estudados são diferentes da nossa realidade. Neste contexto realizaram-se experimentos, no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Campinas, com quatro variedades de morangueiro (Campinas, Seascape, Sweet Charlie e Tudla) em quatro sistemas de produção hidropônica (canal de 100mm, canal de 150mm, canal de 150mm com vaso contendo fibra de coco e tubo vertical contendo casca de arroz carbonizada) em três ambientes protegidos com níveis tecnológicos diferenciados (casa de vegetação sem resfriamento evaporativo do ar e sem injeção aérea de CO₂, casa de vegetação com injeção aérea de CO₂ e sem resfriamento evaporativo do ar e casa de vegetação com injeção aérea de CO₂ e resfriamento evaporativo do ar). Foram analisadas as produtividades em gramas por planta (P) e o número de frutos por planta (NF). Destacou-se como melhor variedade a Campinas. O melhor sistema de cultivo o de canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco. O melhor ambiente foi o com resfriamento evaporativo do ar e injeção aérea de CO₂, tendo produzido até em períodos mais quentes do ano (verão de 2002/2003 – dezembro, janeiro e fevereiro). Com a utilização da tela termorreflexiva, a partir de outubro de 2002, observou-se em todos os ambientes uma resposta significativa das plantas em todos os sistemas para todas as variedades, em todos os ambientes. O ambiente com apenas injeção de CO₂ não foi mais produtivo que o ambiente sem aplicação, mostrando que é inviável a utilização da aplicação de CO₂ em ambiente aberto, mesmo utilizando técnicas para um melhor aproveitamento da aplicação, como por exemplo o abaixamento das cortinas laterais durante a aplicação.

ABSTRACT

There is a lack of studies about the behavior of strawberry crops in hydroponics systems in Brazil. For this reason and, considering the huge extension of the country and the needs about the knowledge over the adaptation of this culture in this field, hydroponics systems for strawberry were studied. In the production areas, it is observed that there are a reduced number of producers using hydroponics systems in strawberry crops. This may be explained by the lack of information about fruit varieties behavior and hydroponics system techniques. However, there are international papers concerning to hydroponics strawberry production but the varieties and the environment studied are different from our reality. For this reason, there were made analyses in the experimental field of the Faculty of Agricultural Engineering at State University of Campinas (Unicamp). Four varieties of strawberry were tested (Campinas, Seascape, Sweet Charlie and Tudla) in four hydroponics production systems (100mm and 150mm channels and 150mm channel with a vase containing coconut fiber and a vertical pipe containing carbonized rice rusk). Three greenhouses with different technical levels were tested: i) greenhouse without air evaporative cooling nor CO₂ aerial injection, ii) greenhouse with CO₂ aerial injection and without air evaporative cooling and iii) greenhouse with CO₂ aerial injection and air evaporative cooling. The productivity in grams per plant (P) and the number of fruits per plant (NF) were analyzed. The variety Campinas was better than the others. The best hydroponics system was 150mm channel with a vase containing coconut fiber. The best environment condition was the one with air evaporative cooling and aerial injection of CO₂, presenting good results even in Brazilian summer periods. The reflexive screen was used since October 2002 and as a result, there was a significant answer from the plants, in all systems, for all varieties and in all the environments. The greenhouse with just CO₂ injection was not better than one without it. As a result, it can be pointed out that the CO₂ injection in an opened environment is unviable, even if using techniques for a better performance such as having the curtains closed application.

I. INTRODUÇÃO

Na década de 90 e no início desta década, surgiram e estão surgindo diferentes sistemas de cultivos de hortaliças frutos e hortaliças folhas em ambientes protegidos com o intuito de propiciar um aumento no rendimento da produção, melhorar a qualidade dos produtos, produzir nas entressafras, otimizar o uso de pequenas áreas e utilizar os recursos hídricos de maneira racional (COSTA, 2001; CARMO JR, 2000).

Neste período vem se destacando, em ambientes protegidos, o sistema hidropônico o qual pode promover um uso racional de água, uma melhora na ocupação do espaço interno de produção em função da diversidade de sistemas, uma economia de mão-de-obra e de uso de nutrientes entre outros aspectos.

A hidroponia é o sistema de cultivo de plantas, sob estufas e casas de vegetação, realizado a partir do fornecimento de uma solução nutritiva, principalmente para hortaliças frutos e hortaliças folhas. Este sistema de cultivo se desenvolveu rapidamente, devido ao elevado custos da terra, da produção e das exigências de mercado, sendo que as maiores vantagens desse sistema se encontram no bom desenvolvimento das plantas em menor tempo, com melhor qualidade e com maior lucro (COSTA, 2001; CARMO JR, 2000).

Há poucos estudos sobre o comportamento da cultura do morangueiro em sistema hidropônicos, no Brasil, considerando a grande extensão que possui o País e as necessidades de conhecimento sobre a adaptação desta cultura nesse sistema de produção. Nas regiões produtoras constata-se um número muito reduzido de produtores utilizando sistemas hidropônicos para o morangueiro. Isso pode ser explicado pela inexistência de informação do comportamento de variedades nesse sistema de produção e dos tipos de sistemas que podem ser utilizados na hidroponia. No entanto, existem vários trabalhos internacionais a respeito do cultivo hidropônico do morangueiro, porém, as variedades e os ambientes estudados são diferentes da nossa realidade.

Uma técnica utilizada nos sistemas de produção das casas de vegetação, para promover um ambiente adequado às culturas, é a técnica do resfriamento evaporativo do ar. Esta técnica envolve modificações no microclima interno da casa de vegetação, possibilitando a manipulação da troca de ar dentro da estrutura durante todo o ciclo de produção, esta forma se faz necessário um conhecimento aprofundado em psicrometria (afinidade entre ar - água -

vapor de água) acompanhado de conhecimentos dos parâmetros físicos, tecnológicos e fisiológicos envolvidos (COSTA, 2001).

Dentro dos ambientes protegidos cada vez mais se utiliza a automação para o controle das diversas variáveis climáticas e das diversas operações de manejo. Estes controles podem ser resumidos em controle de temperatura do ar, da umidade relativa do ar, da radiação solar ultravioleta, da radiação solar total, da radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR), do nível de CO₂, do sombreamento artificial e da nutrição das plantas (COSTA, 2001).

Novos estudos buscam melhorar o potencial produtivo das culturas, associando sistemas de cultivos com técnicas de controle do ambiente, tais como: sistemas de resfriamento e/ou aquecimento, uso do enriquecimento atmosférico com CO₂, sistemas artificiais de controle dos parâmetros atmosféricos.

No Brasil, existem poucos relatos sobre pesquisas que avaliem os diferentes níveis tecnológicos de automação, climatização e modificação atmosférica associada à produção em casas de vegetação e nota-se, pelo excessivo número de publicações de autores estrangeiros, que há uma necessidade premente de pesquisas voltadas para as condições brasileiras.

Em contato com produtores de morangueiro, da região de Atibaia e Jarinu, observou-se a necessidade de estudos sobre cultivo hidropônico do morangueiro, uma vez que, sendo produtores no sistema convencional, necessitam de conhecimento prévio para aplicação desta nova tecnologia.

Há necessidade de pesquisas no que diz respeito à adaptabilidade da cultura de morangueiro aos vários sistemas hidropônicos existentes, estudando-se as melhores estruturas e tipos de substratos a serem utilizados, assim como, as densidades de plantio (Linardakis e Manios, 1990).

Baseados nesses aspectos foram desenvolvidos na FEAGRI estudos do comportamento de quatro variedades de morangueiro em quatro sistemas hidropônicos dentro de três ambientes protegidos.

II. OBJETIVOS

O trabalho de Tese de Doutorado teve como objetivos:

- Avaliar o efeito da automação, climatização e utilização do enriquecimento atmosférico com dióxido de carbono na produtividade de cultivares de morangueiro (*Fragaria x ananassa Duch.*), utilizando-se diferentes sistemas hidropônicos, em casas de vegetação com diferentes níveis tecnológicos.
- Comparar quatro variedades de morangueiro (Campinas, Seascape, Sweet Charlie e Tudla) nos sistemas hidropônicos de canais de 100mm, canais de 150mm, canais de 150mm com vasos contendo fibra de coco e coluna vertical com casca de arroz carbonizada, em três tipos de ambientes.

III. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O Morangueiro

No Brasil, a espécie de morangueiro cultivada comercialmente é a *Fragaria ananassa Duch* conforme explicitado por SANTOS (1993), sendo propagadas através de estolhos e apresentando, nas variedades paulistas, a autopolinização (IAC BOLETIM 200, 1995; RESENDE, 1999).

Segundo SANTOS (1993) o cultivo comercial iniciou-se por volta de 1968, onde na década de 90 as principais cultivares utilizadas eram Dr. Morère; Campinas IAC 1669; Aroma; K. Honda; Híbrido IAC 2005; Konvoy - cascata; Lassen; Alemanha A; Sequóia e Chandler (CONTI, 1998). Hoje, com o surgimento de novos híbridos e novas variedades, existe uma grande rotatividade de cultivares utilizada nas produções comerciais, não havendo predominância por longo período.

O morangueiro adapta-se bem em nosso País na faixa geográfica compreendida entre o sul de Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (entre as latitudes de 20° e 30°), no entanto, pode ser cultivado em regiões quentes, como por exemplo, nos cerrados (SANTOS, 1993), devido a sua origem, diversidade genética e grande adaptabilidade às condições adversas (GOTO e DUARTE FILHO, 1999). Na extensão territorial citada anteriormente recomenda-se o plantio de março a maio, iniciando-se a colheita em junho, perdurando até setembro e outubro (CONTI, 1998), onde o ponto ideal de colheita é quando a superfície do fruto atinge aproximadamente 75% de coloração vermelha, não recomendando colher com coloração inferior a 50%.

As principais doenças que atacam o morangueiro são Antracnose, Mancha de Micosferela, Mancha de Dendrofoma, Mancha de Diplocarpon, Murcha de Verticillum, Rizoctoniose, Podridão do Colo e do Rizoma, Mofo Cinzento, Podridão de Rhyzopus e Mancha Angular (FOLTRAN et al., 1991; RONQUE, 1998; DIAS, 1999). Enquanto que, as principais viroses são: vírus do mosqueado do morangueiro, vírus da clorose marginal do

morangueiro, vírus da faixa-das-nervuras do morangueiro e vírus do encrespamento. Dentre as pragas que atacam o morangueiro cabe destacar os ácaros, os pulgões, formigas-cortadeiras e a lagarta-rosca (FOLTRAN et al., 1991; RONQUE, 1998; FADINI e ALVARENGA, 1999).

A temperatura afeta substancialmente as qualidades comerciais do morango, sendo que, regiões muito quentes produzem morangos mais ácidos, com sabor mais pobre, e menos firmes. Já os morangos produzidos em climas temperados, com dias bem ensolarados e noites mais frescas, apresentam sabor mais adocicado, são mais firmes e com um agradável aroma característico (SANTOS, 1993).

Segundo CERMENO (1990), SANTOS (1993) e CONTI (1998) para a floração, as temperaturas críticas para o morangueiro se distribuem na faixa de 8-10C para a noite e de 15-18C para o dia.

O comprimento do dia, ou seja, o fotoperíodo, também afeta as qualidades comerciais do morango, sendo que dias curtos estimulam a frutificação, e dias mais longos favorecem a fase vegetativa, estimulando a formação de estolhos, o que acontece nas nossas condições durante o verão (SANTOS, 1993).

Com o advento da engenharia genética, os pesquisadores começaram a fazer cruzamentos dentro da população de *Fragaria virginiana* que floresciam continuamente, independentes do fotoperíodo, cruzando-as com cultivar de dia curto, obtendo-se as cultivares de dias neutros ou indiferente ao fotoperíodo, tendo a vantagem de produção nas entressafras, com verões amenos (SANTOS, 1999).

Em condições de casa de vegetação, para a cultivar Elsanta, os pesquisadores Campbell e Yong (1986), citado por Larson (1994) em GOTO e DUARTE FILHO (1999), encontraram como ponto de compensação o valor de $50\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$ para a densidade de fluxo de radiação solar (DFRS). Estes mesmos autores citam que Ferre e Stang (1988) encontraram, para a mesma cultivar, o valor de $700\text{mmol.m}^2.\text{s}^{-1}$, para a DFRS no ponto de saturação.

Dentro de ambientes protegidos o morangueiro pode ser desenvolvido em sistemas convencionais (solo) ou em sistema hidropônicos utilizando ou não substratos. No solo da casa de vegetação os canteiros são formados com três ou quatro fileiras de produções com espaçamento entre plantas de 25cm e espaçamentos entre fileiras de 30cm. Em sistemas hidropônicos pode conseguir um maior adensamento das plantas quando se utilizam sistemas verticais com substratos ou com bancadas formato “A”, com a técnica de NFT, procurando-se

manter os mesmos espaçamentos entre plantas utilizados em canteiros.

Na Itália o cultivo protegido do morangueiro, na década de 80, atingia cerca de 32% da superfície cultivada, utilizando mudas frigorificadas e cultivares adaptados (Branzanti, 1989, citado por DUARTE FILHO et al., 1999). Cabe ressaltar aqui que autor não cita os sistemas hidropônicos em ambientes protegidos utilizadas na Itália.

Realizou-se um experimento, com cinco variedades de morangueiro (Brighton, Douglas, Fern, Toro e Pajaro), comparando os efeitos da cultura sob ambiente controlado em casa de vegetação com a cultura em condições de campo. A variedade Brighton mostrou-se o de maior rendimento em qualquer situação, com alto teor de sólidos solúveis e firmeza dos frutos. A variedade Toro apresentou frutos muito moles, o que foi uma desvantagem no mercado consumidor (PARASKEVOPOULOU-PAROSSI, 1990).

CALVETE et al. (2003), em região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, avaliando o comportamento de nove cultivares de morangueiro, adaptadas à região, em ambientes protegidos, observaram que as cultivares Tudla e Oso Grande foram mais produtivas e apresentaram frutos de melhor qualidade.

CONTI et al. (2002) comenta que a produção precoce de frutos, ou seja, aqueles produzidos nos meses de abril, maio e junho é a forma mais valorizada no Brasil e por esta razão, cita que Passos (1982) destacou que esta característica é muito importante para a seleção de cultivares nos trabalhos de melhoramento. Fica evidenciada a necessidade de propiciar ambientes adequados à produção de morangos e conseguir uma precocidade na colheita dos frutos.

Segundo PIRES et al. (1999) a avaliação da produção de plantas de morangueiro requer as análises quantitativas do seu crescimento, destacando que o Índice de Área Foliar (IAF) é um dos parâmetros fisiológicos mais utilizados na análise de crescimento das plantas, uma vez que a taxa fotossintética depende diretamente dele. Os autores comentam que outros autores têm observado estreita relação entre parâmetros relacionados ao desenvolvimento das plantas, em especial o índice de área foliar (IAF) e o consumo de água (Oliveira e Silva, 1990; Assis e Verona, 1991; Mello, 1992; Medeiros, 1996).

RESENDE et al. (1999), destaca que a produção mundial de morango em 1998 foi de 2.670.908 toneladas, com participações brasileiras de apenas 40.000 toneladas, destacando os estados de SP, MG e RS, onde existem grandes oscilações no volume e área plantada,

resultante das variações climáticas, problemas fitossanitários e Mercado.

O conhecimento das características edafoclimáticas do morangueiro, dos possíveis ataques de pragas e doenças e de pesquisas de melhoramento e produtividade, são de extrema importância para que se realize um manejo adequado dos experimentos e consiga-se obter resultados consistentes para respostas do comportamento do morangueiro em sistema hidropônicos dentro de ambientes protegidos.

3.2. Sistema Hidropônico NFT

JONES Jr (1982), RESH (1997), DONNAN (1997), destacaram que a técnica de nutrição às plantas, mais aplicada nos sistemas hidropônicos, é a do “Nutrient Film Technique”, ou simplesmente NFT. Nesta, as plantas, depois de transplantadas, desenvolvem seu sistema radicular apoiados em canais de cultivo por onde escoa um filme de solução nutritiva, a solução é aerada pelo processo, o que renova o oxigênio fornecido às raízes. Hoje, cada vez mais, os pesquisadores têm-se concentrado e dedicado aos estudos do aperfeiçoamento da solução nutritiva, buscando adequar às necessidades da planta, evitando assim carências e/ou desperdícios.

A maioria dos sistemas NFT utiliza canais de 100mm de diâmetro. Muitos produtores que utilizaram este sistema para o crescimento de alface esperavam o mesmo sucesso para o morango, o que não ocorreu. O que acontece é que as raízes do morangueiro tornam-se grandes demais, e a solução nutritiva não mais circula adequadamente, prejudicando a oxigenação da solução e causando a morte das raízes das plantas localizadas nos finais dos canais. Sendo assim, os canais devem ter diâmetros de 150mm e não devem permitir que plantas jovens sejam arrastadas para fora do canal (DONNAN, 1997). Nesse tipo de sistema (NFT), CASTELLANE e ARAÚJO (1995) e FANQUIN et al. (1996) e FURLANI (1998) recomendam canais com comprimento máximo de 25m e declividade entre 1 e 3%, no entanto, o autor não comenta a respeito do diâmetro do canal.

A utilização do sistema hidropônico em NFT com bancadas em seção A, comparada ao sistema de bancadas horizontais, promove um melhor aproveitamento da área da casa de vegetação, podendo conseguir-se uma otimização de 100% de espaço de área plantada

(CARMO Jr et al., 1999).

Segundo RESH (1997), o sistema de bancadas inclinadas em NFT torna muito mais eficiente a ocupação do espaço interno da casa de vegetação, sendo que, este deve ser orientado na direção Norte-Sul para que a sombra de uma face não seja projetada sobre a outra. O sistema é apropriado somente para plantas de perfis baixos, tais como, alface, morango, espinafre e algumas ervas e, diferentes fatores devem ser considerados na arquitetura desses sistemas, entre eles, destaca-se que a base deve ter largura suficiente para eliminar qualquer sombreamento mútuo de uma fileira sobre a fileira inferior mais próxima; as fileiras dos canais de crescimento devem ser separadas umas das outras com distância adequada para permitir a altura do ponto de maturação da colheita. Com isso, as plantas de uma fileira inferior não devem crescer sobre aquelas da fileira superior; o comprimento total do canal, para qualquer combinação do número de fileiras, não pode exceder 30m de comprimento a fim de providenciar oxigenação suficiente e a declividade mínima é de 2% para promover adequado fluxo da solução.

GUSMÃO (2000), avaliando duas variedades de morangueiro, Campinas e Seascape, em sistemas hidropônicos NFT com canais de 100mm, em ambiente protegido, observou que a variedade Campinas apresentou produção, crescimento vegetativo e emissão de estolhos maior que a variedade Seascape, apresentando pseudofrutos com comprimento maiores, menos ácidos e com teores de açúcares menores, no entanto, os pseudofrutos foram mais pesados, tanto na massa fresca quanto na massa seca, para a variedade Seascape. Relatou também que, mesmo em regiões e épocas menos favoráveis, a variedade Campinas apresentou produtividade semelhante às das regiões tradicionais de produção. No entanto, a autora não faz comentários a respeito do diâmetro do canal em relação ao desenvolvimento radicular.

O sistema *Nutrient Film Technique* requer alto custo de instalação e conhecimentos científicos na área, mas proporcionam bons resultados comerciais. O sistema permite o controle da acidez e da concentração de nutrientes da solução nutritiva com a medição do pH e da condutividade elétrica da solução. Tudo isto pode originar um sistema de automação que consiste na medição dessas grandezas, donde obter-se-á dados que com o auxílio de um computador, possam manter os níveis de pH e de condutividade dentro do requerido, tudo de forma automática, através de softwares que contenham o balanceamento dessas necessidades. Os sensores presentes podem ser do tipo iônicos, e podem fornecer dados úteis relativos à

concentração de nutrientes em particular cálcio, potássio e nitrato (DENTCHEV et al., 1994)

TAVARES et al. (2001) estudando o comportamento de morangueiro em cultivo hidropônico no Distrito Federal obtiveram para a produção de quatro cultivares de morangueiro: Campinas, Dover, Seascape e Toyonoka, em sistema hidropônico, os pesos médios de frutos por planta de 406,6; 268,30; 136,1; 162,1 gramas, número médio de frutos por planta de 34,7; 13,6; 19,9; 11,96 e peso médio do fruto de 6,83; 11,68; 10,44; e 13,52 gramas, respectivamente. A cultivar Campinas apresentou um desempenho superior aos demais, com exceção do peso individual do fruto, intrínseco do cultivar.

VERDIAL et al. (2001) estudando a produtividade de cinco cultivares de morangueiro, conduzidas em sistema hidropônico aberto (IAC - Campinas, Dover, IAC - Princesa Isabel, Sequóia e Fern), obtiveram que as maiores produtividades em número e peso de frutos foram obtidas nas cultivares Dover e Fern e o maior peso médio de frutos foi obtido na cultivar Fern.

Em experimentos realizados por GUSMÃO (2001), com morangueiro hidropônico, concluíram que o cultivo hidropônico aliado ao cultivo em ambiente protegido possibilitou o cultivo de morangueiro em época e região menos favoráveis (Jaboticabal – SP), com produtividade semelhante a das tradicionais regiões produtoras.

BONNECARRÈRE et al. (2003) estudando, em Santa Maria – RS, duas formas de manejo de mudas de morangueiro em sistema hidropônico NFT (piscina e berçário) e duas formas de manejo das plantas nas bancadas de produção (telhas de fibrocimento com pedra britada e perfil hidropônico - canais) para duas cultivares, Dover e Oso Grande, observaram que não houve diferença significativa entre as formas de manejo de mudas, no entanto, o perfil hidropônico apresentou melhor desempenho que a telha fibrocimento.

VILLELA JUNIOR et al. (2003) estudando o efeito do resfriamento da solução nutritiva, até 12C, para a produção do morangueiro hidropônico em NFT, em períodos de entressafra (verão e outono em Jaboticabal-SP), para as variedades Campinas e Sweet Charlie, observaram que a variedade Sweet Charlie obteve melhores resultados para peso do fruto, número de frutos, produtividade e para o máximo diâmetro médio transversal. ARAÚJO et al. (2003), no mesmo experimento, observaram que a variedade Sweet Charlie também, apresentou maior teor de sólidos solúveis.

A vasta aplicação dos sistemas hidropônicos com NFT tem propiciado uma quantidade

significativa de informações a respeito das diversas características de implantação e manejo desses sistemas. Desta forma consegue-se uma coletânea de publicações a respeito do comportamento de diversos vegetais, auxiliando o desenvolvimento dos experimentos com morangueiro hidropônico.

3.3. Sistema hidropônico de coluna de cultivo

Segundo RESH (1997), o sistema de coluna de cultivo, no qual as plantas crescem em um sistema vertical, foi desenvolvido na Europa, particularmente na Itália e na Espanha para a produção do morangueiro fora do solo em casas de vegetação. O sistema originou-se do uso de barris ou de tambor de metal empilhado verticalmente, preenchidos com cascalho (pedregulho) ou uma mistura de substrato vegetal, sendo, posteriormente, utilizados canos de cimento amianto com orifícios posicionados de forma espiral. Ao redor do tambor eram feitos orifícios em sequência (periferia) para alocação da planta no meio de cultivo (substrato).

RESH (1997) destacou que o abastecimento de água e de nutrientes, necessários ao desenvolvimento das plantas no sistema de cultivo vertical, era realizado por um sistema de irrigação por gotejamento mantido no topo do tambor de cada coluna. O mesmo autor comenta que quando se utilizava cascalho como meio de cultivo, colocando-se a coluna sobre uma vala coletora a qual conduz a solução de retorno ao reservatório central, a solução nutritiva poderia ser recirculada.

Na Itália o sistema de coluna de cultivo sofreu alguns refinamentos, ou seja, foi aprimorado. A coluna de cultivo foi construída em módulos que possibilitavam o encaixe de um módulo no outro, permitindo a drenagem do excesso de solução nutritiva pelo fundo da coluna (Figura 1). Em cada módulo foram alocados vários copos, formando protuberâncias, nos quais as plantas eram fixadas, produzindo uma melhor fixação das mesmas em relação ao sistema anterior de periferia, utilizando-se apenas substrato vegetal como suporte para as raízes. Este sistema foi particularmente usado para o crescimento do morango (RESH, 1997).

Os dutos com substrato são sistemas populares entre produtores que tem a atividade como hobby. Os canais possuem uma inclinação muito sutil, e podem ser cheios com areia, lã mineral, serragem ou outro substrato, possuindo ainda gotejadores que fornecem a solução

nutritiva, de forma que esta é drenada pelo extremo do canal, não sendo reutilizada. Há dificuldades em se controlar a condutividade elétrica e a concentração de nutrientes da solução, bem como em manter níveis iguais de fornecimento entre os diversos pontos do canal. Podem surgir problemas ainda relacionados com aeração e drenagem deficientes, (DONNAN, 1997).

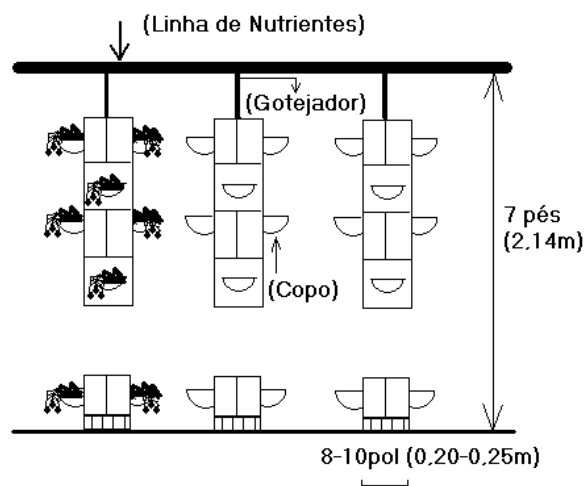


Figura 1 Esquema italiano do sistema de coluna de cultivo, RESH (1995) (sistema vertical)

O saco de cultivo é uma simplificação da coluna de cultivo, sendo basicamente composto de sacos de polietileno, em vez de tambor rígido ou cano, com espessura de 0,15mm, com 150 mm de diâmetro e 2 m de altura, ocupada interiormente com uma mistura de substrato vegetal e vermiculita, onde o fundo é amarrado para evitar a queda do substrato e o topo para contrair o mesmo, promovendo um formato de “lingüiça”. O topo é amarrado e pendurado na casa de vegetação, dando o efeito de uma coluna de cultivo. Este sistema permite uma menor compactação do substrato utilizado (RESH, 1997).

LINARDAKIS e MANIOS (1990), trabalhando com cultivo hidropônico do morangueiro em sistema vertical dentro de casas de vegetação plástica, testaram 05 tipos de substratos e dois sistemas verticais de cultivo. Os autores utilizaram as seguintes composições dos substratos: Perlita 100%; Perlita 90% e substrato vegetal 10%; Perlita 80% e substrato vegetal 20%; Pedra-pomes 80% e substrato vegetal 20% e Pedra-pomes 80% e perlita 20%.

Os sistemas verticais utilizados foram: tubos de polietileno com 1,70m de altura e diâmetro de 150mm e potes de poliestireno colocados um sobre o outro em uma coluna de 1,70m de altura. Em ambos os sistemas verticais, 36 plantas de morango, cultivar “Brighton”, foram plantadas. Concluíram que o substrato perlita 80% e substrato vegetal 20% proporcionaram o maior rendimento (250g/planta) comparado às demais composições de substratos e não houve diferenças na produção entre os sistemas verticais.

FERNANDES Jr. et al. (2002) comentam que a produção das plantas de morangueiro em sistema vertical embora seja menor que o sistema de bancadas horizontais com canais de 100mm existe um melhor aproveitamento interno do ambiente protegido, com reflexos positivos no rendimento por área e maior facilidade de manejo da cultura, incluindo as operações de transplante, limpeza das plantas, colheita de frutos e remoção de estolhos. Os mesmos autores destacam que as vantagens de manejo também se aplicam ao sistema hidropônico - NFT (bancada horizontal) apesar de não ter apresentado diferenças de produção em relação ao cultivo convencional (solo). Além disso, os autores concluem que os sistemas hidropônicos apresentaram melhor distribuição da produção ao longo do ciclo, diferindo do pico característico do sistema convencional.

Segundo ANDRIOLO (2002) uma das alternativas tecnológicas para evitar as moléstias radiculares e reduzir a incidência daquelas que atacam a parte aérea da planta do morangueiro é o cultivo em ambiente protegido e sobre substratos estéreis. Nesse sistema de cultivo, o fornecimento de água e nutrientes pode ser mais bem ajustado às necessidades da planta, reduzindo-se as perdas por excessos. Os nutrientes devem ser fornecidos às plantas através de uma solução nutritiva completa, via fertirrigação, obedecendo a uma determinada proporção entre os nutrientes que a compõem.

As referências nacionais e internacionais sobre a coluna de cultivo permitem obter informações úteis do manejo da solução nutritiva e da implantação desse sistema em nível nacional, fazendo-se escolha do substrato de fácil obtenção e de custo reduzido.

3. 4. Diversidade de Sistemas Hidropônicos para o Morangueiro

DONNAN (1997), comenta que:

- *Dutos com cascalho* (similar ao NFT): utilizam canais de 100mm cortados pela metade e completados com cascalho de 10mm. É mais difundido entre os produtores de alface, sendo que seu uso para cultivo de morangueiro apresentou problemas na colheita;
- *Dutos com Pedacos de Lã Mineral*: cada planta de morangueiro é mantida num pedaço de lã mineral especial para horticultura. Os dutos utilizados devem ser de 110mm, com orifícios de 75mm que recebam as plantas com a lã mineral e mantenham o conjunto preso, em contato com o fundo do canal;
- *Bolsas Suspensas Verticais*, onde se podem utilizar diversos tipos de substrato, é composto de bolsas de irrigação pretas, de 15cm de diâmetro e até 2m de comprimento. Muitas versões comerciais foram testadas na Austrália, mas a maioria falhou. Comercialmente, o sistema se mostrou inválido, por razões como o baixo rendimento provocado pela alta densidade de plantas por bolsa, a falta de experiência no manejo do morangueiro, muita perda devido ao fornecimento desigual da solução devido à altura e largura das bolsas, e danos pelas intempéries naturais;
- *Dutos Inclinados Verticais*: consiste num sistema de longo duto inclinado de forma quase vertical, sendo que em sua saída são espaçados igualmente cinco outros dutos menores nos quais o morango é mantido em seu lugar com o auxílio de uma lã mineral. Seu rendimento tem se mostrado bom, apesar de seu custo ser elevado.

Um sistema suspenso sem uso de substrato, chamado ‘Hygro Planter’ inventado por Bernard Sanders foi desenvolvido pela empresa britânica Hygro International e veio inovar o sistema de cultivo sem o uso de solo. Utiliza uma rede de plásticos suspensos que contém os morangueiros, e pode ser também adaptado para ser usado com tomates, ou outro tipo de planta rasteira. Propicia uma densidade de produção de até 30 plantas por metro quadrado, podendo ser utilizado na produção de outras folhagens e até batatas (FOX, 1997).

O conhecimento das várias configurações existentes para os sistemas hidropônicos permite, futuramente, realizar experimentos para comparações desses sistemas, tanto em nível de produtividade quanto em nível de adaptabilidade de cultivar estudada.

3.5. Aspectos das Soluções Nutritivas para o Morangueiro

Nos experimentos com composição de substrato e tipo de coluna de cultivo, LINARDAKIS e MANIOS (1990), a solução nutritiva estoque de macronutrientes foi preparada separadamente para cada elemento e guardada em galões plásticos, enquanto que, a solução de micronutrientes foi separada em duas soluções, uma contendo apenas o Fe e a outra os demais elementos, sendo suas concentrações descritas na Tabela 1. A aplicação da solução nutritiva foi feita com a solução estoque na água de irrigação, sendo que a água utilizada estava com uma condutividade elétrica (CE) de 0,75-0,80 mS/cm e um pH de 7,7-7,8. Utilizaram para abaixar o pH, o H_3PO_4 . A solução final, após a adição de fertilizantes, ficou com pH 6,6 e uma condutividade elétrica 1,35-1,6mS/cm. A solução nutritiva foi aplicada uma ou duas vezes diariamente durante os meses com altas temperaturas e uma vez diariamente durante os meses com baixa intensidade de luz e temperatura.

Tabela 1. Concentração da solução nutritiva utilizada por Linardakis e Manios (1990)

Concentração Final (ppm)	
Macronutrientes	Micronutrientes
N = 80-120	B = 0,5
P = 45	Mn = 0,5
K = 100-180	Zn = 0,05
Mg = 50	Cu = 0,05
Ca = 150	Mo = 0,05
	Fe = 3

Fonte: Linardakis e Manios (1990)

Segundo RESH (1997), as diversas variedades de espécies vegetais requerem diferentes quantidades de nutrientes em suas soluções nutritivas, particularmente fósforo e potássio.

Pode-se dizer que não existe uma formulação que seja única e melhor para uma determinada espécie vegetal, uma vez que, a absorção de nutrientes varia com espécies, variedades cultivares, estágio de desenvolvimento, fotoperíodo, intensidades luminosa, temperatura e outros fatores (MARTINEZ, 1997).

Segundo MARTINEZ (1999), a composição da solução nutritiva varia de acordo com

o crescimento da planta, e a amplitude de variação depende da relação entre o seu crescimento e o volume de solução empregado, sendo que, o crescimento das plantas não causa apenas decréscimo nas quantidades de sais disponíveis para as raízes, mas também, alterações qualitativas na solução, uma vez que nem todos os elementos são absorvidos nas mesmas proporções.

Nos experimentos com morangueiro hidropônico na estação experimental do IAC em Jundiaí – SP nos anos de 1999 e 2000, Segundo FURLANI (2001 – comunicação pessoal – correio eletrônico) e FERNADES JUNIOR (2001) utilizaram a seguinte concentração da solução nutritiva (Tabela 2):

Tabela 2. Concentração da solução nutritiva usada por FERNANDES JUNIOR (2001)

Concentração			
Fase Vegetativa		Fase de Frutificação	
Macronutrientes (micromol/L)	Micronutrientes ($\mu\text{mol/L}$)	Macronutrientes (micromol/L)	Micronutrientes ($\mu\text{mol/L}$)
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)

Outra recomendação na preparação da solução nutritiva, FURLANI (2002b – comunicação pessoal – correio eletrônico), é a utilização de uma composição com menor concentração de amônia, utilizando o procedimento descrito a seguir.

Preparar uma solução nutritiva contendo:

Solução estoque A (g.10L-1) : KH_2PO_4 (900), MgSO_4 (1500), KNO_3 (1250)

(Solução estoque B g.10L-1 : $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (2000), H_3BO_3 (15,0), MnSO_4 (7,5), ZnSO_4 (2,5), CuSO_4 (1,0), $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ (0,5), Fe EDDHA 150,0).

Destas duas soluções transferir 2,25L de cada uma para preparar 1.000L de solução nutritiva. Para ajustar a CE em 0,1mS acrescente 150mL das soluções A e B. Mantenha a CE ao redor de 1,50mS. Esta solução possui baixa concentração de N- NH_4 , evitando a toxicidade das plantas pelo íon amônio.

Segundo CASTELLANE e ARAÚJO (1995), uma característica muito importante,

sendo uma das primeiras a ser considerada em hidroponia, é o valor do pH da solução nutritiva. O mesmo autor cita que a faixa de 6,0 a 6,5 é a melhor para o desenvolvimento vegetal e que valores fora dessa faixa pode acarretar crescimento reduzido. A variação de pH do meio pode produzir precipitações na solução, retirando elementos essenciais da solução. Para MARTINEZ (1999), em pH superior a 6,5 pode ocorrer precipitação de elementos como cálcio, fósforo, ferro e manganês, que deixam de estar disponíveis às plantas.

Normalmente, a faixa de temperatura da solução nutritiva, mais adequada às plantas, é de 20 a 30C (CASTELLANE e ARAÚJO, 1995).

COSTA e GRASSI FILHO (1999) comentam que, numa solução nutritiva, devem ser controladas a quantidade e a forma de nitrogênio utilizada e, que é desejável, que se faça um balanço entre nitrato (NO_3) e amônio (NH_4^+), promovendo assim um melhor controle sobre o pH e a solução. A utilização do amônio como fonte de N pode resultar em toxidez para as plantas, e uma alta porcentagem de íons amônio pode levar a um constante abaixamento do pH da solução nutritiva, dificultando seu controle.

Os mesmos autores comentam que uma das principais vantagens no cultivo hidropônico para o morangueiro é justamente a possibilidade de adequação do fornecimento de nutrientes, de acordo com o desenvolvimento da cultura, aconselhando a utilização de pelo menos duas soluções nutritivas durante o ciclo, uma durante a fase vegetativa e outra durante a fase reprodutiva, devendo estabelecer os melhores valores de condutividade elétrica e pH.

Mesmo com a economia de fertilizantes e de mão-de-obra que o cultivo hidropônico de morangueiro pode oferecer, é preciso que se atente para a sua viabilidade econômica nas condições brasileiras, levando-se em conta os altos custos de implantação (COSTA e GRASSI FILHO, 1999).

Os aspectos das concentrações das soluções nutritivas, dos diversos nutrientes utilizados, do manejo de pH e CE, do manejo da solução estoque são de fundamental importância para se obter sucesso nas conduções de experimentos que utilizam sistemas hidropônicos, desta maneira, se faz jus um aperfeiçoamento e treinamento na confecção e utilização de soluções nutritivas e uma vasta revisão de bibliografia para se ter confiança e segurança na condução experimental.

3.6. Ambiente de Cultivo Protegido

Segundo SGANZERLA (1987), as vantagens que as casas de vegetação podem proporcionar à planta protegida são inúmeras, desde que se faça um uso correto das instalações. Dentre estas vantagens, destaca-se, a obtenção de colheitas fora de época, maior qualidade dos produtos, precocidade das colheitas, melhor controle de doenças e pragas, economia de insumos, economia de água, plantio de variedades selecionadas e considerável aumento da produção.

MONTEIRO et al. (2000), avaliando os parâmetros: temperatura e umidade do ar, no interior de túneis de cultivo baixo, sem cultura, de 1,2m de largura por 0,6m de altura e 6m de comprimento, com 0, 5, 10, 15 e 20 % de área de filme perfurada e em solo sem túnel, durante inverno, primavera e verão, verificaram que quanto maior o percentual de perfuração, menor a elevação da temperatura no interior do ambiente protegido e maior a perda de umidade para o ambiente externo, devido à maior renovação do ar permitido pelas perfurações. Observaram também que os maiores valores de umidade relativa ocorreram no túnel totalmente fechado e as alterações na densidade de fluxo de radiação solar incidente em dias nublados foram mais significativas na modificação do microclima interno dos túneis baixos que as próprias perfurações estudadas.

Segundo CAMACHO et al. (1995), no Rio Grande do Sul, a utilização do plástico nas casas de vegetação e túneis baixos tem demonstrado ser uma boa forma de proteger os cultivos contra as adversidades climáticas. Relata também que a temperatura do ar no interior das casas de vegetação difere da externa e depende da densidade de fluxo de radiação solar incidente no interior das mesmas e do manejo adotado. Sendo que a variação da temperatura do ar depende também do tamanho da casas de vegetação e do volume de ar a ser aquecido. Ainda destaca que cerca de 10% a 20% da radiação global incidente é refletida e absorvida pelos materiais de cobertura das casas de vegetação e túneis.

BORSATTO et al. (2000), avaliaram as diferenças proporcionadas por plásticos utilizados comercialmente em cobertura de casa de vegetação em relação a transmissividade da radiação solar. Utilizaram casa de vegetação modelo túnel alto com as dimensões de 6,4x30 metros com 4,2 metros de pé direito, coberta com PVC de espessura 150 micras sendo metade com cor azul e a outra metade transparente. Observaram que o filme azul proporcionou uma

maior atenuação da radiação global, radiação PAR e luminosidade no interior da casa de vegetação, na ordem de 35%, 40% e 30% respectivamente, ao passo que sob o PVC transparente a atenuação foi da ordem de 29%, 28% e 15%. Essas diferenças mostraram também que a relação entre a radiação PAR e a radiação global foi menor sob o PVC azul (36,9%) do que sob o PVC transparente (40,4%), o que se deve à maior reflexão do PVC azul aos comprimentos de onda na faixa de 500nm. Como a atenuação da luminosidade, da radiação global e da radiação fotossinteticamente ativa foram maiores sob o PVC azul, tem-se que este tipo de material, de cobertura de casa de vegetação, pode ser utilizado às culturas que exigem menor carga energética e luminosidade. Com relação à radiação difusa, os autores não constatarem diferenças estatísticas entre as duas coberturas.

KAI et al. (2000), realizaram uma pesquisa onde caracterizaram as variações climáticas no interior de duas casas de vegetação revestidas com materiais distintos: polietileno de baixa densidade (PEBD) com aditivos de proteção anti-ultravioleta e 150 micras de espessura e a outra com policloreto de vinil (PVC) com os mesmos aditivos e espessura. Eles concluíram que o uso do PEBD como material de cobertura em casas de vegetação, apresentou valores superiores na temperatura de globo negro, temperatura ambiente, temperatura do solo a 0,05 e 0,25m de profundidade e intensidade de luz, quando comparado com os valores de PVC, que por sua vez apresentou baixa intensidade de luz e maior acúmulo de poeira. Os dois materiais não apresentaram diferenças estatísticas quando se comparou a carga térmica de radiação e a umidade relativa.

AGUIAR E SILVA et al. (1999) teceram o seguinte comentário: "A essência do conceito de saldo de radiação está na afirmação de que a diferença entre a energia que entra e a energia que sai do sistema, é a energia utilizada ou armazenada por ele. A utilização dessa energia nos ambiente protegido para a produção vegetal dá-se de várias maneiras, sendo que as principais são: no aquecimento do ar, das plantas e do solo, na transpiração e evapotranspiração e nos processos de síntese biológica".

Estes autores avaliaram, também, o saldo de radiação, a radiação global e a refletida, dentro de casa de vegetação de polietileno de baixa densidade (120 μ m) em condição de solo desnudo na área experimental da UNESP/Botucatu. Eles estimaram o saldo de radiação de ondas curtas (SRoc) efetuando-se a diferença entre a global (GLO) e a refletida (REF), enquanto que o saldo de radiação de ondas longas (SRol) foi obtido através da diferença entre

o saldo de radiação e o saldo de ondas curtas. Relacionando essas variáveis através de regressão linear. Dessa maneira, segundo os autores, pode-se estimar com boa precisão os componentes do saldo de radiação (saldo de radiação de ondas curtas e longas, e saldo de radiação), a partir de valores integrados (MJm^{-2}) de radiação global, dentro de casas de vegetação.

FRISINA e ESCOBEDO (1999) realizaram uma pesquisa com o objetivo de determinar os balanços de radiação e energia da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), cultivar Verônica, em casa de vegetação de polietileno. O experimento foi realizado em uma casa de vegetação tipo túnel alto com cobertura de polietileno ($100\mu\text{m}$ de espessura) e em uma área externa, ambas com 35m^2 . Os pesquisadores concluíram que: os níveis das irradiações global e refletida no interior da casa de vegetação acompanham as irradiações externas com menores intensidades, devido à redução provocada pela cobertura de polietileno; a transmissividade da radiação global pelo polietileno não varia durante o ciclo da alface, mostrando ser independente da superfície vegetada; a razão entre as radiações refletidas internas e externas apresenta variação ao longo do ciclo, provavelmente devido ao maior crescimento da cultura dentro da casa de vegetação; o saldo de radiação de ondas curtas, maior no exterior do que no meio interno, não caracteriza maior nível de conversão da energia da radiação global; a perda de radiação por emissão de radiação de ondas longas é maior no meio externo e o fluxo de calor latente de evaporação é maior no meio externo, enquanto os fluxos de calor no solo e sensível são maiores no interior da casa de vegetação.

Considerando a umidade relativa do ar, Prados (1986), citado por DA SILVA e SCHWONKA (2000), observou que os valores médios no interior da casa de vegetação de PEBD, são similares aos observados a céu aberto, porém, analisando sua evolução durante o dia, verificou grandes variações, com valores elevados durante a noite (100%) e muito baixo durante o dia (20%).

DA SILVA e SCHWONKA (2000) analisaram o comportamento da temperatura do ar (máxima e mínima) dentro e fora de três casas de vegetação no município de Quatro Barras/PR. Utilizaram casas de vegetação com área de 250m^2 ($5 \times 50\text{m}$) e altura de $2,5\text{m}$, orientadas no sentido $49^\circ 07'$ NE em relação ao comprimento, dispostas lado a lado com espaçamento de 1m . Uma casa de vegetação foi coberta com filme transparente de baixa densidade, com $150\mu\text{m}$ de espessura. A segunda foi coberta com filme leitoso de $150\mu\text{m}$ de

espessura e a terceira com filme (tela) transparente antigotejante, com estabilização anti-rajões ultravioleta, de 200 μ m de espessura. Os resultados mostraram que os filmes de polietileno estudados, alteram acentuadamente os valores da temperatura máxima interna do ar, sendo que a mesma foi sempre superior que a externa, na ordem de 10 a 25%. A segunda casa de vegetação coberta com filme leitoso com 150 μ m de espessura foi a que apresentou melhores resultados para as condições da região; sua tendência de linearidade no aumento da temperatura não é limitante para seu emprego.

Apesar de inúmeras vantagens, as casas de vegetação comportam-se insatisfatoriamente do ponto de vista térmico, uma vez que durante o dia ocorrem temperaturas elevadas, que dificilmente são evitadas pela ventilação natural e, à noite, com frequência, ocorrem temperaturas inferiores às críticas das plantas cultivadas (DA SILVA et al., 2000).

BOILEY (1999), descreve que as plantas se desenvolvem dentro de uma ampla faixa satisfatória de condições ambientais definidas principalmente pela temperatura e umidade relativa do ar. Devido a este aspecto, controlar o meio ambiente na casa de vegetação, não significa manter constantes os parâmetros climáticos, mas mantê-los numa faixa específica para otimizar a produção, minimizar o consumo de energia e maximizar os lucros.

YANG et al. (1989) caracterizaram o microclima da produção de pepinos em casa de vegetação utilizando como variáveis respostas os sensores instalados e o crescimento das plantas. Os autores observaram os perfis verticais da radiação solar, a movimentação do ar, as temperaturas da folha e do ar, a umidade relativa, a taxa de transpiração, a resistência dos estômatos e a arquitetura das plantas. A temperatura das folhas de cobertura com alta radiação solar foi menor que a temperatura do ar devido à alta taxa de transpiração.

BLISKA Jr e HONÓRIO (1996) destacam que o termo plasticultura, utilizado para designar o uso do plástico na agricultura é inadequado para caracterizar o cultivo protegido, uma vez que, o cultivo protegido representa uma técnica de proteção às plantas contra as intempéries climáticas (chuva, vento etc.) e abrange normalmente culturas adensadas. Os mesmos autores caracterizam as estufas, um tipo de ambiente protegido, como sendo uma estrutura de proteção ao cultivo de plantas com alto grau de controle e casa de vegetação, um outro tipo, como sendo uma estrutura mais complexa permitindo um controle total do ambiente em relação a fatores, tais como: água, nutrientes, luz, temperatura, umidade relativa

e concentração de CO₂. No entanto, o termo estufa está sendo utilizado apenas por produtores e, a designação técnica para estas estruturas é casa de vegetação com diferentes níveis tecnológicos.

Depois de definida a cultura que vai ser implantada no ambiente protegido, deve-se caracterizá-la quanto aos fatores climáticos e faixas de melhor desenvolvimento. Esses fatores climáticos, considerados limitantes, podem ser resumidos em temperatura de máxima e mínima, umidade relativa máxima e mínima, nível de luminosidade máximo e mínimo. Estes parâmetros devem ser avaliados em relação ao desenvolvimento fisiológico da planta e da viabilidade econômica do cultivo comercial (BLISKA Jr e HONÓRIO, 1996).

ROCHA (2002) trabalhando com telas de sombreamento de diversas malhas para o cultivo de bromélias encontrou que os ambientes térmicos promovidos por estes sombreamentos apresentaram diferenças estatísticas significativas para a temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo negro e intensidade luminosa. Encontrou também que a tela de sombreamento para malha de 40% de sombra proporcionou o melhor ambiente para o cultivo de *A. fasciata* (bromélia) em relação a estas variáveis estudadas.

FURLAN (2001) avaliando o efeito da nebulização e abertura de cortinas laterais na redução de temperatura do ar no interior de casas de vegetação encontrou que a nebulização se mostrou eficaz na redução, todavia, a combinação da nebulização com a abertura de cortinas laterais foi o sistema que apresentou melhores resultados. A utilização da abertura zenital juntamente com a menor abertura das cortinas laterais promoveu o efeito “termo-sifão”, que é um processo convectivo, auxiliando na redução de temperatura média do ar no ambiente protegido.

GUISELINI (2002) estudando o microclima e a produção de Gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura observou que no ambiente com cobertura de filme de polietileno branco leitoso, a temperatura média diária do ar foi cerca de 6,0°C acima da temperatura média diária do ar externa, e para os ambientes cobertos com filme de polietileno branco leitoso, associado a telas de sombreamento instaladas internamente (termo-reflexiva e malha preta, ambas para 50% de sombra), a temperatura média diária do ar foi cerca de 3,0°C acima da temperatura média diária do ar externa. As plantas apresentaram um crescimento mais rápido no ambiente com filme leitoso quando comparado ao ambiente com filme leitoso associado à tela de sombreamento com malha preta, onde nesse ambiente as

plantas de Gérberas não atenderam as exigências quanto ao número de botões florais. No período de outono e de inverno, os ambientes, com cobertura de filme de polietileno branco leitoso e filme de polietileno branco leitoso associado à tela de sombreamento termo-reflexiva, promoveram condições adequadas para o cultivo, no entanto, a altura da haste das plantas, cultivadas em ambientes protegidos, não apresentou valores médios superiores ao mínimo exigido que é de 10,0cm.

Sabendo-se que cada vez mais está se intensificando o cultivo protegido, cabe ressaltar que além da utilização correta das casas de vegetação, um importante requisito se faz necessário para obtenção de melhor produtividade, que é a utilização de mão de obra especializada para realização de um manejo correto e a utilização de novos sistemas de produção, como por exemplo, o sistema hidropônico.

Outros aspectos importantes devem ser levados em consideração, como por exemplo, conhecer as diversas estruturas de proteção, configurações, orientações e suas aplicações, conhecer o balanço de radiação em função da cobertura utilizada, dos fechamentos laterais e das condições climáticas locais, conhecer as condições das trocas de ar dentro do ambiente protegido em função do vento predominante, dos fechamentos e do manejo das cortinas laterais, conhecer o comportamento da planta frente à temperatura e umidade relativa do ar e da possibilidade de controles dessas variáveis, conhecer os tipos e controles quando se utilizam cortinas de sombreamento para redução da radiação incidente, através de aberturas e fechamentos, manuais ou automáticos, conhecer o sistema de resfriamento por meio poroso, evitar acúmulo de material orgânico no meio poroso, evitar entrada de ar falso que comprometa o desempenho do sistema e a eficiência do mesmo. Todo esse conjunto de conhecimento pode auxiliar o manejo adequado do desenvolvimento experimental e na necessidade de utilização de tecnologias apropriadas para obter um ambiente adequado ao sistema de cultivo.

3.7. Enriquecimento do Ambiente Interno com CO₂

Além do controle da disponibilidade de água e de nutrientes ideais para uma boa produção, novos estudos buscam melhorar ainda mais o potencial produtivo das culturas associando novas técnicas de controle do ambiente, como o uso do enriquecimento atmosférico com CO₂.

O fornecimento de CO₂ em períodos do dia em que os vegetais são mais ávidos pelo gás (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.

Nos anos 70 e início dos anos 80, o aumento da produção em casas de vegetação nos EUA, segundo KIMBALL e ENOCH (1986 - I), foi relacionado com a produção de flores. Eles também relatam que nos primeiros anos da década de 80, várias pesquisas demonstraram, repetitivamente, que elevados níveis de CO₂ atmosférico forneciam um maior potencial de desenvolvimento em relação a qualquer outro fator de crescimento da cultura em produção em casas de vegetação (WITTWER, 1986; KIMBALL e ENOCH, 1986 – II; MOE et al. 1986). Os mesmos autores destacam que o início da utilização do enriquecimento de CO₂ para as plantas nas casas de vegetação foi aproximadamente há 115 anos atrás no Norte Europeu, por volta de 1886, sendo que os primeiros experimentos iniciaram-se com deficiência, ou seja, falharam., devido às impurezas contidas no CO₂ utilizado. Eles também comentam que existem evidências de que o alto nível de CO₂ atmosférico, por volta de 1000µL/L, em relação ao nível normal, produz uma grande fixação biológica de nitrogênio, uma excelente formação de tubérculos e uma ótima resistência aos estresses: falta de água (seca), alta ou baixa temperatura, salinidade, baixa intensidade de luz e poluentes do ar.

Elevados níveis de CO₂ também reduzem o ponto de compensação de luz e pode estender a duração do ganho de carbono e a longevidade das folhas inferiores na formação da copa. Este aumento de CO₂ atmosférico, ocasional ou propositadamente, induzindo a um aumento da produção, promove um aumento da produtividade. Os possíveis ganhos no crescimento das plantas provenientes da fertilização ocasional da atmosfera global com CO₂ durante o século passado não foram medidos, mas de 5 a 10% de aumento pode ter ocorrido. Essas estimativas de produção, levaram seguinte definição: "Duplicando o nível de

CO₂ atmosférico resulta-se num aumento de fotossíntese de 40 a 45% pelas plantas C₃, com desenvolvimento e aumento do peso seco de 20 a 45% e um aumento de 40% na produtividade primária" (WITTWER, 1986).

A resistência da planta ao estresse da deficiência de água, da deficiência de luz, da alta salinidade, das limitações de nutrientes e da toxidade, das altas e baixas temperaturas e dos poluentes do ar é compensada pelos altos níveis de CO₂ atmosférico, que podem promover o crescimento e sobrevivência de certas culturas em ambientes hostis (KIMBALL e ENOCH, 1986 - II).

Dentro de ambiente protegido KIMBALL e MITCHEL (1979), estudando os resultados do enriquecimento do ar com CO₂ em casas de vegetação ventiladas e não ventiladas, obtiveram resultados com significativas diferenças na produção e qualidade de tomate, onde o uso do CO₂ (1.000µL/L) e da ausência de ventilação (troca com ar externo à casa de vegetação) proporcionaram um aumento médio de 64% de produtividade, a níveis normais de adubação. Com uma concentração de 1300µL/L o peso por fruto foi maior 24% em relação a tratamentos com concentração ambiente de CO₂. Para esta mesma condição os autores também observaram um acúmulo de 58% a mais de massa de matéria seca por planta.

Segundo a ASHRAE (1978), para obter maiores taxas de crescimento, o enriquecimento com dióxido de carbono é praticado, comumente, em muitas casas de vegetação. Desta forma, o enriquecimento somente pode ser praticado durante períodos onde o requerimento de ventilação, para controle de temperatura, é pequeno ou nenhum. O mesmo é normalmente praticado em períodos onde a luz é adequada para o crescimento, mas não é suficiente alta para requerer ventilação. O movimento do ar para o transporte do dióxido de carbono às plantas tem-se mostrado benéfico, desta forma, conclui-se que é necessária uma baixa taxa de movimentação do ar para o transporte do gás, onde estudos mostram que uma taxa de fluxo de ar de 0,5 m/s é requerida para um enriquecimento de 50% de gás.

Segundo MOE et al. (1986), a concentração ótima de CO₂ para o crescimento das plantas parece ser aproximadamente 1000µL/L para a maioria das produções nas casas de vegetação. Para as plantas jovens ou no estágio de pós-semeadura ou para períodos curto de enriquecimento pode ser benéfico à utilização de 1500µL/L. A alta concentração de CO₂ (≅2000µL/L) pode ter causado danos para algumas culturas, particularmente para aquelas que se desenvolveram sob alta radiação solar. Descreveram também que a combinação de alta

concentração de CO₂ e de alta radiação solar, aparentemente, causaram necrose nas folhas de crisântemo. Danos similares foram detectados em produções de pepinos.

Segundo os mesmos autores, a concentração ótima de CO₂ é aproximadamente a mesma para ambos os níveis de irradiação (alto e baixo) e para os vários estágios de desenvolvimento da cultura de crisântemo. Com essa informação, recomendam uma concentração entre 800 a 1000µL/L de CO₂ para a maioria das produções em casas de vegetação.

HANAN (1990) comenta que a aplicação de CO₂ diretamente na planta, procedimento usados pelos Americanos e Holandeses, é o sistema de distribuição de gás mais apropriado.

Segundo MARTINEZ (1994), é sabido por todos que o aumento da concentração de CO₂, pode ajudar a reduzir aspectos de transpiração, promovendo maior resistência ao estresse hídrico. Além disto, a redução da transpiração em conjunto com os estímulos da fotossíntese produzido pelo CO₂, resultam numa maior eficiência hídrica, condição importante em termos de economia de água.

Segundo BLISKA Jr e HONÓRIO (1996), todo o conhecimento sobre a aplicação de CO₂ é proveniente do Hemisfério Norte, cujas condições climáticas são bastante distintas daquelas encontrado no Hemisfério Sul. Dessa maneira, faz-se necessário à realização de maior número de trabalhos, para as condições de latitude Sul, a fim de tirar conclusões sobre a atratividade econômica do enriquecimento de ambientes com esse gás.

A assimilação de CO₂ pelas folhas da planta depende das condições do ar interno da casa de vegetação durante o dia, tornando-se fundamental um maior controle destas condições para um melhor rendimento da técnica de injeção. Para tal controle se faz necessária, em nossas condições climáticas, a utilização de equipamentos e sistemas que propiciem um ambiente com as condições ideais para o desenvolvimento das culturas (CARMO Jr., 2000).

GOMES et al. (2000), analisaram o comportamento dos macronutrientes na solução do solo e na parte aérea da cultura da alface, sob o efeito de quatro doses de CO₂ (0; 2,24; 6,73; 3,46kg.ha⁻¹) aplicadas via água de irrigação por gotejamento. As doses foram distribuídas aleatoriamente em quatro canteiros, com lâminas iguais de irrigação. Foram utilizados extratores de cápsulas porosa para extração da solução do solo e, conseqüente, análise da concentração dos íons (NO₃⁻, K, Ca e Mg). A análise química destes íons nas

plantas, por ocasião da colheita, revelou um incremento de 39% do íon potássio para a dose de $6,73\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de CO_2 , quando comparado à testemunha. Os resultados da análise da solução do solo demonstraram decréscimo nas concentrações dos íons estudados, ao longo do ciclo de cultivo para todos os tratamentos, o que é de grande importância, pois refletiram o caminhamento dos nutrientes do solo para a planta.

CARMO Jr. (2000) e COSTA (2001) utilizaram a aplicação aérea de CO_2 para a produção de alface em sistema hidropônico NFT, bancada formato “A”, em diferentes épocas do ano, em casa de vegetação climatizada e não climatizada. Nos períodos de Outono e Inverno, COSTA (2001) encontrou diferenças estatísticas de produção entre os ambientes climatizados e não climatizados, aplicando cerca de 1200ppm entre 9:30h e 11:30h da manhã, no entanto, CARMO Jr. (2000) não encontrou diferenças significativas de produção nos períodos de primavera e verão entre os ambientes climatizados e não climatizados, aplicando por volta de 1000ppm de CO_2 no período compreendido entre 10:30h e 12:30h.

A extensa bibliografia sobre injeção de CO_2 aérea, para promover uma maior produtividade dos cultivos em ambiente protegido, encontrada em literaturas internacionais, tem induzido pesquisas, em nível nacional, para avaliar a produtividade do morangueiro cultivado em sistemas hidropônicos.

3.8. Influências da Radiação e da Temperatura no Ciclo das Culturas.

A luz é considerada como o primeiro fator de regulação do crescimento e desenvolvimento das plantas. Segundo GAUDREAU et al. (1994), a utilização de condições de iluminação intensa propiciou uma alta produtividade em vegetais adultos em várias casas de vegetação. As condições de iluminação com alta intensidade de luz em experimentos conduzidos em câmaras de crescimento têm propiciado um aumento no peso seco da alface e um aumento na sua velocidade de crescimento. O mesmo autor também cita que não se tem estudado o efeito da radiação infravermelha no crescimento e no desenvolvimento das plantas de alface adultas no sistema hidropônico e que, aumentando o fotoperíodo, teve-se como resultado um aumento substancial do peso fresco de várias cultivares de alface.

CAPORN et al. (1994), analisaram a rede fotossintética sobre as folhas da alface sob

condições controladas, simulando a atmosfera de inverno em casa de vegetação. Em seus experimentos as plantas foram submetidas a um ambiente enriquecido com 1000 μ L/L de CO₂ e uma densidade de fluxo de fótons fotossintético (PPFD) de 280 μ mol/m²s, mantendo as temperaturas do ar em 16C durante o dia e 13C durante a noite. Eles relatam que um curto período de mudança na concentração de CO₂, altera significativamente o gradiente inicial de resposta fotossintética para o PPFD incidente. Em seus resultados, demonstram que a máxima eficiência fotossintética da produção, utilizando o mesmo PPFD, aumenta de 0,041molCO₂/fótons em 350 μ L/L de CO₂ para 0,055molCO₂/fótons em 1000 μ L/L de CO₂. Relatam ainda que a mudança de baixa para alta concentração de CO₂, também diminui o ponto de compensação de luz, não afetando a respiração noturna.

No balanço térmico de uma casa de vegetação deve-se considerar a energia proveniente da radiação solar global que penetra dentro da casa de vegetação e as perdas de energia devido a transmissividade da cobertura plástica à radiação emitida pelo solo e plantas, assim como as perdas por condução e convecção (COSTA et. al., 2000; COSTA e AMÊNDOLA, 2000).

COSTA et al. (2003) utilizaram equações de balanço de energia para a casa de vegetação (ASHRAE, 1981; ALBRIGHT, 1990; HELLIKSON, 1983) e detectaram, estatisticamente, que é possível fazer qualquer tipo de simulação das condições de temperatura do ar e umidade relativa do ar para as casas de vegetação em função das condições do ar externo.

ALDRICH (1986), comenta que a luz visível é a energia radiante de comprimento de onda no espectro entre 390 e 700nm, o qual estimula a visão humana. Esta luz é essencial para o desenvolvimento das plantas, uma vez que as plantas verdes dependem da energia do fluxo radiante para promoverem seu crescimento. As respostas das plantas frente à radiação são influenciadas pela intensidade, duração e distribuição espectral da luz.

As três regiões do espectro solar, de qualquer modo, afetam o crescimento das plantas: a radiação ultravioleta (290-390nm), a visível (390-700nm) e a infravermelha (700-4000nm). A radiação ultravioleta é geralmente prejudicial ao crescimento da planta. A fotossíntese, conversão de radiação em energia química, só se procede na luz visível, principalmente com os comprimentos de ondas vermelho e azul. A mudança de estágio de desenvolvimento vegetativo para o reprodutivo, em muitas plantas, é controlada pelo

comprimento de onda vermelho (660nm) e o infravermelho (730nm) da cadeia de energia. A intensidade de luz é a variável mais importante e a mais crítica que influencia a fotossíntese (ALDRICH, 1986).

Segundo o mesmo autor, o termo fotomorfogênese é o efeito da luz, independente da fotossíntese, sobre o crescimento, desenvolvimento, diferenciação e reprodução das plantas. Existe um ponto, chamado ponto de compensação, que independe do envolvimento e da absorção do dióxido de carbono, este ponto é alcançado pelas plantas quando a energia da luz absorvida para a fotossíntese é igual à energia usada na respiração. Este ponto varia entre as espécies, tornando uma dificuldade para estabelecer os níveis ótimos de intensidade de luz para as plantas.

Em relação à temperatura da planta, esta é influenciada pela troca de energia radiante, transferência de calor convectivo e evaporação da umidade das superfícies das plantas. A luz, a movimentação de ar, a temperatura e umidade relativa, são processos físicos que influenciam o balanço térmico entre a planta e o seu meio ambiente. Muitos dos dados relatando a temperatura de crescimento das plantas referem-se, preferencialmente, à temperatura do ar e não à temperatura da folha da planta. Isto tem uma justificativa coerente, pois a temperatura do ar é um componente normal da informação dos postos meteorológicos, enquanto a temperatura na folha é um parâmetro difícil de ser medido e, um só sensor não representaria a temperatura de uma planta, muita menos à de uma plantação (ALDRICH, 1986).

A interação entre a temperatura e o crescimento das plantas é muito complexo, uma vez que, a temperatura é um fator que auxilia no controle das reações dos vários processos metabólicos que promovem o crescimento e a reprodução das plantas. Diferentes processos fisiológicos podem ter diferentes temperaturas ótimas para se processarem. Desta forma, a temperatura ótima para um determinado processo não será a mesma para um outro. Além disso, existe o conceito de termoperiodismo, o qual complica a determinação das temperaturas ótimas.

As condições de radiação e de temperatura dentro do ambiente protegido são fatores primordiais para obter sucesso no desenvolvimento da planta. Os sistemas de controles dessas variáveis, em um ambiente climatizado, podem operar de forma independente, isto é, caso se utilize uma cortina de sombreamento termo refletora as, operações de abertura e fechamento podem ser feitas baseadas na leitura de um sensor de luminosidade, e as operações de controle

de temperatura e umidade relativa do ar podem ser realizadas utilizando termostato e umidostato, respectivamente.

3.9. Métodos de Redução da Temperatura em Casa de Vegetação.

As melhores técnicas de condicionamento do microclima de ambientes protegidos são aquelas que atuam na redução da carga térmica incidente de radiação solar sem prejudicar o desenvolvimento da planta. Desta forma, é necessário estudar e conhecer melhor as necessidades ou capacidades das culturas no que se refere ao aproveitamento da radiação solar.(MONTEIRO et al., 2000).

Segundo Kittas et al. (1999) citado por JUNIOR et al. (2000), o sombreamento artificial das casas de vegetação poderia ser um dos métodos mais utilizados para a redução da temperatura interna sendo uma solução de custo econômico reduzido.

Em trabalho, realizado por JUNIOR et al. (2000), estudou-se o sombreamento como medida para redução da temperatura interna de abrigos para cultivo protegido e seu efeito sobre algumas variáveis microclimáticas, no município de Ilha Solteira/SP. Nessa pesquisa cultivou-se gladiolo, utilizando-se três ambientes distintos: uma casa de vegetação coberta somente com filme de polietileno, outra casa de vegetação coberta com filme de polietileno e tela de sombreamento (18%) e campo aberto. Em seus ensaios concluíram que o uso de sombreamento artificial (18%) não produziu eficiente redução da temperatura interna do abrigo para cultivo protegido, embora tenha promovido sensível redução na disponibilidade de radiação. Constataram também que não houve alterações importantes nos valores de umidade relativa e déficit de saturação de vapor d'água em comparação ao abrigo sem sombreamento e ao campo aberto.

A ventilação ou renovação do ar, a evapotranspiração da cultura, a radiação solar e a evaporação de água dentro do ambiente protegido são os principais fatores que influenciam na redução de temperatura (Montero e Antón (1990), citado por FURLAN et al., 2000).

De acordo com Andriolo (2000), citado por FURLAN et al. (2000), o manejo das temperaturas excessivamente elevadas pode ser feito pela ventilação ou pela nebulização, sendo a ventilação estática mais fácil de ser utilizada por depender basicamente das diferenças

de pressão entre o ar localizado no interior e no exterior do ambiente protegido.

FURLAN et al. (2000), realizaram um trabalho no município de Piracicaba/SP/BR com o objetivo de avaliar o efeito do resfriamento do ar em ambientes protegidos sobre solo nu através de abertura e fechamento de cortinas laterais e zenitais com análise da distribuição temporal da temperatura. Dois ambientes protegidos similares foram instalados no sentido leste-oeste, com dimensões de 6,4m de largura por 17,5m de comprimento. Observaram que a abertura de cortinas reduz a temperatura do ar no interior do ambiente protegido, sendo essa redução variável com o horário de abertura e velocidade do vento externo.

Segundo CHURCH (1981), o resfriamento em casa de vegetação pode ser promovido por diferentes tipos de processos. Um dos processos usados para ventilar a casa de vegetação é a convecção natural e forçada, no entanto, a utilização da convecção forçada acoplada com a evaporação da água dos meios porosos (“Pads”), promove um maior abaixamento da temperatura interna da casa de vegetação, muito mais do que a utilização apenas da ventilação. Contudo, a aplicação do processo de resfriamento através de refrigeração mecânica é muito limitada devido ao alto custo.

Segundo Mastalers (1977), citado por CHURCH et al. (1981), o resfriamento por convecção natural em casa de vegetação é um método padrão. Nesse processo, o ar externo mais frio é conduzido para dentro da casa de vegetação, devido às aberturas das faces laterais, e distribuindo-se internamente por toda estrutura. O fator crítico para este sistema é a razão de ar trocado pela convecção livre, uma vez que, esta razão é influenciada pela área total de abertura, extensão da estrutura, velocidade do vento e a diferença de temperatura entre o ar externo e interno. A área total de aberturas laterais deve ser de 15 a 30% da área do piso da casa de vegetação para promover um resfriamento efetivo, ou seja para promover uma melhor troca ar entre o ambiente interno e externo. Aberturas maiores que 30% resultam numa desprezível redução na temperatura interna, ou seja, aumentando-se a área de abertura lateral acima de 30% da área do piso consegue-se uma redução de 0,06C para cada aumento de 1% de área de abertura.

Utilizando a convecção natural, a temperatura dentro da casa de vegetação pode subir de 8 a 11C acima da temperatura ambiente (Walker et al. 1968a, citado por CHURCH et al.,1981). Portanto, para conseguir uma maior eficiência na troca de ar é necessário à utilização de convecção forçada.

No processo de convecção forçada à temperatura do ar pode ser abaixada de 3 a 6°C a mais do que no processo de convecção natural (Walker et al. 1968b, citado por CHURCH et al., 1981). Modificações no processo de convecção forçada podem resultar em maior uniformidade de distribuição da temperatura. Um exemplo de modificação é a utilização de tubo de convecção. Este tubo de convecção é fixado na entrada do ar fresco na parte superior de um lado da casa de vegetação e fechado no final do outro lado da mesma. O tubo é perfurado espaçadamente ao longo de todo o seu comprimento produzindo uma melhor uniformidade de distribuição do ar ambiente (Augsburger et al., 1977, citado por CHURCH et al., 1981).

Segundo Skinner et al. (1977), citado por CHURCH et al. (1981), o uso da evaporação da água para resfriar casas de vegetação, vem a ser o método de resfriamento mais extensivamente usado. O sistema de resfriamento evaporativo é composto por um meio poroso (pad), que faz o uso da água para produzir o frio e por um ventilador. A água é aplicada inteiramente no material do meio poroso e exaurida por ventilador localizado no lado oposto da casa de vegetação. O sistema de resfriamento evaporativo ou resfriamento adiabático produz dois resultados nas condições do ar interno, o ar é resfriado e umidificado. Nesse sistema a temperatura de bulbo úmido do ar de entrada é o fator limitante.

MONTERO et al. (1981) destacam que umidades relativas muito altas, acima de 90%, diminuem a taxa de transpiração das folhas e para umidades muito baixas, inferiores a 50%, podem resultar em altos níveis de transpiração causando estresse hídrico nas plantas. Os autores relatam que um sistema de resfriamento evaporativo pode ser capaz de conservar a umidade relativa da casa de vegetação entre 80 – 85%.

Segundo BAILEY (1990), em regiões com climas de inverno brandos, muitas vezes, experimentam altas temperaturas de verão que limitam o período de produção efetiva em casa de vegetação. Se as altas temperaturas externas do ar estão associadas com baixa umidade absoluta, o resfriamento evaporativo pode providenciar um caminho efetivo na redução do estresse térmico e hídrico sobre as plantas e desta forma poderá permitir um alongamento no período de produção.

Segundo FANG (1995) não existe projeto universal para resfriamento de casa de vegetação, contudo, a estrutura da mesma precisa ser suficientemente flexível para promover ventilação e resfriamento evaporativo em situações climáticas diferentes e ser suficientemente

resistente para suportar ventos fortes.

No Brasil, atualmente, os sistemas de resfriamento evaporativo do ar das casas de vegetação utilizam meio poroso de argila expandida, de papelão ondulado (Munters ®), de telas e de mantas irrigadas (“PAD HOUSE”). Estes materiais devem ser empregados em casa de vegetação completamente vedada para promover uma maior eficiência do resfriamento. Todos esses meios porosos possuem suas vantagens e desvantagens, como por exemplo:

- A argila expandida apresenta problemas com proliferação de fungos e algas, pode haver espaçamentos entre as argilas permitindo a entrada de insetos, possuindo manutenção difícil. Contudo, é um meio poroso barato, com facilidade de obtenção, promovendo uma menor umidificação do ambiente, não ocorrendo o molhamento das plantas;
- O papelão ondulado (Munters ®) possui angulação que dificulta a entrada de inseto, promove uma baixa umidade, possui manutenção facilitada, porém é o mais caro;
- As telas e as mantas (“PAD HOUSE”), muito utilizado pelos produtores de flores, são empregadas quando a planta não é suscetível às altas umidades, conseguem uma maior umidificação do ambiente, de fácil manutenção além de serem de menor custo.

A nebulização é outro sistema de resfriamento evaporativo utilizado em casas de vegetação abertas.

Dependendo das condições climáticas locais pode-se utilizar diferentes tecnologias para redução da temperatura interna do ambiente protegido (cortinas termo refletoras, meio poroso / ventilador, associação de ambos etc), desde que satisfaça as condições do cultivo.

3.10. Controle de Umidade Relativa

BARBEE et al. (1973) relatam que a umidade relativa é uma importante variável controlada em projeto de simulações, visto que, a mesma depende da pressão, evaporação, transpiração e temperatura ambiente e é fundamental no controle do crescimento de plantas, na

prevenção de doenças, na determinação das cargas de aquecimento ou resfriamento e na redução do uso de água pelas plantas.

Segundo a ASHRAE (1981), umidades muito altas ou muito baixas podem afetar o crescimento da planta pela influência de fatores secundários, como por exemplo, as altas umidades trazem problemas às plantas através de patógenos e as baixas umidades trazem problemas de transpiração, por isso controlar e manter a umidade numa faixa satisfatória ao desenvolvimento vegetal é de fundamental importância.

O controle da alta umidade através da ventilação, normalmente pode ser usado para reduzir a umidade interna em casas de vegetação em períodos quentes, uma vez que umidade acima de 90% é considerada crítica no controle de doenças e por isso deve ser evitada (ASHRAE, 1978).

A manutenção de valores preestabelecidos de umidade relativa do ar dentro de uma casa de vegetação é um fator importante para o melhor desenvolvimento das culturas, mantendo as condições fitossanitárias em níveis controláveis e propiciando valores que permitam um controle da temperatura (REILLY, 1994). O autor cita que, geralmente, todo o vapor d'água produzido dentro de uma casa de vegetação é realizado pela transpiração, pela evaporação do solo e pelos sistemas de resfriamento evaporativo. Quando a umidade relativa do ar atinge valores muito altos (indesejáveis), pode ser feita uma remoção por ventilação.

TIBBITTS (1978), comenta que a importância dos níveis de umidade dentro de uma casa de vegetação, na regulação e crescimento de plantas, já foi bem documentada e que os estudos dos anos 70 se voltaram para promover um controle adequado de umidade e assegurar a uniformidade de resposta das plantas, pois os níveis adequados de umidade são difíceis de serem obtidos e de manterem por longos períodos de tempo. O mesmo autor comenta que o monitoramento da umidade, em ambientes controlados, foram objetos de considerável incerteza na época, devido à dificuldade de obter medidas precisas, pois muitos sensores operam continuamente, mesmo estando descalibrados e muitos tinham respostas maiores que um minuto e não conseguiam marcar mudanças rápidas na umidade durante um ciclo de aquecimento ou resfriamento em câmaras ou providenciar leituras para qualquer instante particular.

HANAN (1990) explicita que a umidade relativa é um dos parâmetros mais difícil de se controlar em casas de vegetação e esta é fortemente influenciada pela temperatura e

umidade externa. O mesmo autor relata que para temperaturas amenas (0 a 12C), uma pequena mudança na temperatura pode ter um efeito marcante na porcentagem de umidade relativa sem afetar, notadamente, o déficit de pressão de vapor, já para temperaturas acima de 20C o efeito da mudança em % de umidade relativa pode ser drástico.

MARTINEZ (1994) relata que uma das características do ar em casas de vegetação é seu elevado grau de umidade, conseqüente da baixa troca de ar, e comenta que isto se deve a deficiências no projeto e a ventilação ineficiente.

O controle da umidade relativa, quando se usa a aplicação da ventilação forçada, associada aos meios porosos, em clima subtropical do Estado de São Paulo é mais eficiente quando a temperatura interna de casas de vegetação se eleva em épocas de inverno, devido a grande diferença de umidade relativa do ar externo e interno, podendo propiciar um melhor desempenho do sistema de resfriamento adiabático do ar. Nas regiões de verão chuvoso, a ocorrência de alta umidade relativa do ar, diminui a eficiência dos processos de resfriamento evaporativo. A utilização incorreta do processo de resfriamento evaporativo, instaladas nas casas de vegetação, pode aumentar ainda mais a umidade relativa do ar.

No resfriamento evaporativo do ar, o controle da alta umidade relativa em ambiente climatizado é realizado por umidostato, sendo independente do termostato que controla a ventilação forçada.

3.11. Monitoramento e Controle em Casas de Vegetação

Na produção vegetal, em casas de vegetação, ou seja, em um ambiente onde se pode monitorar e controlar diversas variáveis físicas, torna-se fundamental a utilização de equipamentos na tomada de decisão, objetivando um manejo adequado e um ambiente propício para produção. Para efetuar o monitoramento e o controle das variáveis físicas em uma casa de vegetação, tais como, temperatura, umidade relativa, radiação solar, níveis de concentração de CO₂, recirculação da solução nutritiva etc., é necessário uma instrumentação eficiente, utilizando-se sensores adequados, sistema de aquisição de dados e controladores.

Com o monitoramento e controle do ambiente de produção vegetal obtêm dados instantâneos e médios das variáveis climáticas e físicas, tomando decisões no decorrer do

período de produção. O monitoramento é o passo inicial para futuro controle automatizado.

O mecanismo automático de controle utilizado na produção, em diversas áreas do conhecimento, não sofre influência de erros humanos de atuação, portanto não são prejudiciais à homogeneidade da produção. Desta forma, a aplicação da automatização nas casas de vegetação pode proporcionar vantagens à produção nos seguintes aspectos:

- melhor controle: mais preciso e mais seguro;
- redução de mão de obra: com uma casa de vegetação automatizada utiliza-se menos mão de obra, que diminui o trânsito e dificulta a entrada de doenças;
- otimiza o consumo de energia elétrica: com o mercado cada vez mais competitivo é necessário usar alternativas que diminuam o consumo de energia;
- melhora a qualidade do produto: uma casa de vegetação com ambiente perfeitamente controlado produzirá uma cultura com melhor qualidade;
- obtenção de um histórico: com o histórico da produção pode-se analisar um processo e, se for necessário, promover soluções para a produção futura;
- confiabilidade.

Para melhorar o rendimento econômico do enriquecimento de CO₂ para produções em casa de vegetação, os pesquisadores EHLER e KARSLEN (1993) construíram um sistema especialista chamado OPTICO[®]. O sistema ajustava continuamente os pontos desejados da atmosfera padrão, através de um computador, em função dos equipamentos, do estágio de desenvolvimento e da fisiologia da produção. Utilizaram dois tratamentos de enriquecimento de CO₂ na produção de pimentão, um otimizado e o outro fixo com nível de 600µL/L. Os pesquisadores concluíram que o tratamento otimizado de enriquecimento resultou num maior rendimento da produção, utilizando menos CO₂.

VAN HENTEN e VAN MEURS (1994) trabalhando na otimização do CO₂ em controle climático de casa de vegetação concluiu que a otimização é muito sensível a erro de modelagem e que um controle proporcional integral aumentaria a precisão nos cálculos do ponto desejado em relação a um controle liga-desliga. O mesmo autor cita que alguns sistemas são utilizados para sentir ou monitorar os níveis de CO₂ nas casas de vegetação, possuindo as suas vantagens e desvantagens. Alguns são baratos e simples mas limitados em sua precisão, enquanto outros são caros, completamente sofisticados e mais precisos.

Segundo JONES et al. (1984), a tecnologia moderna de controle em ambientes de crescimento fechado envolve o uso de microcomputadores e microprocessadores. Estes dispositivos trabalham com os controles de sinais discretos (on-off = liga-desliga) e contínuos. Os aparelhos operam através da varredura de um número de sensores, desempenho, cálculo e comparações, atuando no controle digital e/ou analógico e armazenando os dados.

Segundo LANGHANS (1978), o principal objetivo do sombreamento é reduzir a luminosidade dentro da casa de vegetação, que por sua vez proporcionará uma redução de temperatura. Para automatizar o sombreamento de uma casa de vegetação, é necessário um sensor de luminosidade que fornecerá dados ao computador central, que por sua vez comandará a abertura ou fechamento do sistema de sombreamento. Ainda, segundo o mesmo autor, o sistema de janelas foi desenvolvido a fim de aumentar/diminuir a circulação de ar de uma casa de vegetação, regulando assim a temperatura ambiente. Portanto, para automatizar o sistema de aberturas ou fechamento de janelas de uma casa de vegetação a utilização da estação meteorológica será de grande auxílio para fornecer dados ao computador. Assim, se a temperatura externa do ar diminuir, o computador fechará as janelas gradualmente a fim de conservar a temperatura ambiente sem ter que usar o aquecimento. Quando a temperatura externa aumentar o computador mandará um comando para abrir as janelas aumentando assim a circulação do ar, proporcionando dessa forma um ambiente mais adequado para a produção.

BOILY (1999), descreve que as modernas casas de vegetação oferecem um grande potencial para a produção de produtos de alto valor comercial. Estas fazem uso de equipamentos, tais como, telas de sombreamento ou térmica, sistemas de nebulização, iluminação suplementar, cultivo hidropônico e controle computadorizado de aquecimento e ventilação. Desta maneira, os equipamentos utilizados na automação e controle permitem um aperfeiçoamento dos parâmetros ambientais assim como da temperatura, luz, concentração de CO₂, volume de ar e substrato, nutrientes, etc.

Segundo BLISKA JR e HONÓRIO (1996), o avanço da informática propiciou aos agricultores dos países desenvolvidos uma economia de mão-de-obra e energia nas diversas operações de manejo envolvidos na casa de vegetação. A automação do fornecimento da solução nutritiva, da ventilação, do controle fotoperiódico, do sombreamento artificial, da movimentação das cortinas, da concentração constante dos níveis de CO₂, controladas por microcomputadores garantem uma exploração máxima do potencial do ambiente protegido,

além de aumentar a eficiência do desempenho da cultura.

JIN e HONG (1993), elaboraram um algoritmo para o controle da concentração de CO₂, considerando o crescimento da planta. O crescimento das plantas foi representado pelo peso da matéria fresca das plantas e a razão do consumo de CO₂ medido pelo método do tempo real indestrutível (consumo de CO₂ medido dentro de uma câmara em tempo real sem destruir a folha da planta) .

CANSADO (2003) comenta que a automação de casas de vegetação possibilita a utilização racional de energia elétrica, permite utilizar os equipamentos de maneira mais eficaz, diminuindo o seu desgaste prematuro, possibilita a redução significativa do uso de insumos agrícolas, tais como água, pesticidas, fertilizantes e reguladores químicos, entre outros, pela precisão na sua aplicação, permite um aumento de produtividade ao agricultor, pois o libera para a realização de tarefas de gerenciamento, planejamento e tomada de decisão, permite coletar, armazenar e disponibilizar informações para melhorar e facilitar o gerenciamento da produção. Ainda, o mesmo autor comenta que, do ponto de vista técnico, a utilização de CLP (controlador de Lógica Programável) para a realização de controle climático de casas de vegetação é uma opção atraente, pois permite o controle das variáveis climáticas, e oferece suporte a vários tipos de sensores e atuadores de mercado, entretanto, a programação pelo usuário, nem sempre é trivial, como no caso do sistema utilizado que não dispõe de uma IHM (Interface Homem-Máquina) local, e ainda, o custo do CLP é um fator limitante, embora, venha diminuindo ao longo do tempo.

A tarefa de integração de sistemas baseados em CLP necessita de domínio técnico de diferentes ferramentas de programação proprietárias, tanto do CLP como do supervisório e existem dificuldades na migração de uma marca de PLC para outra, em função do caráter proprietário das soluções. A própria tarefa de instalação, integração do hardware com seus sensores e a comunicação via linha telefônica apresentam diversos desafios, como os referentes à fonte de energia, ao ruído nos sinais dos sensores analógicos, a falha de comunicação e a própria localização de sensores. A comunicação, via modem, com o computador de supervisão possibilita uma ferramenta de gerenciamento bastante poderosa e conveniente para o agricultor (CANSADO, 2003).

HSIN et al. (1999) destaca que um sistema automatizado de controle de estufa para plantas pode proporcionar uma maior eficiência nas operações de manejo destinado ao

funcionamento regular da casa de vegetação, controlando-se os parâmetros fundamentais de um cultivo vegetal, como temperatura, umidade do solo e luminosidade. Além disso, a automação dos processos de uma estufa permite a redução dos trabalhos a serem realizados, demandando, com isso, um menor custo com mão-de-obra.

Hoje a automação permite o controle do fotoperíodo (iluminação suplementar e/ou escurecimento), controle do sombreamento (abertura e fechamento de cortinas de teto), controle da temperatura (aquecimento e/ou resfriamento), controle da circulação de ar (janelas zenitais e/ou cortinas laterais), controle da fertirrigação. Esses controles utilizam softwares com tomada de decisão em função da programação, medido pelos sensores. No entanto, são controles de alto investimento, principalmente quando utilizam sistemas de automação importados e que muitas vezes não se aplicam para as nossas condições. Uma solução seria o desenvolvimento de controles com tecnologia nacional para minimizar os custos e ser de fácil acesso às condições dos nossos produtores.

3.12. Sistema de Medidas, Erro e Controlador

Segundo HASLAM et al. (1981), qualquer sistema de medida simples pode ser representado basicamente pelo diagrama de três blocos. Este diagrama apresenta os seguintes componentes: um transdutor; um condicionador de sinal e um registrador, como mostrado na Figura 2.

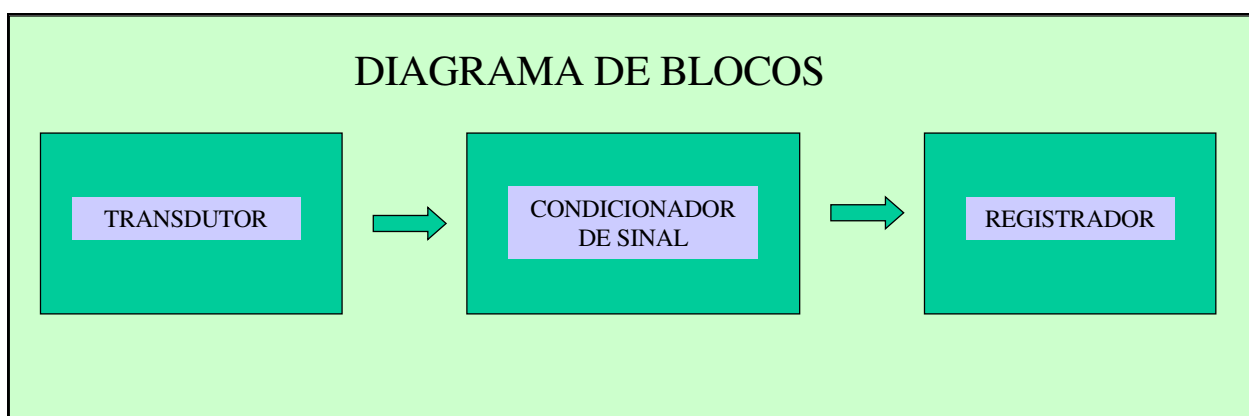


Figura 2. Diagrama de bloco de um sistema de medida básico

Todo sistema de controle possui uma avaliação que consiste em identificar a performance do sistema, sua estabilidade, regime constante, sua regulação transiente e seus critérios de respostas (resposta cíclica ou não). Esta avaliação do sistema de controle é realizada pela variável erro que expressa a diferença entre a constante de saída ou valor de referência e a variável controlada.

O controlador em um processo, segundo JOHNSON (1997), monitora o resultado de uma medida da variável controlada e determina uma saída apropriada para o elemento final de controle. Nesse aspecto, o controlador é considerado, de certa forma, um computador analógico ou digital, pneumático ou eletrônico, que, usando medidas de entradas, resolve certas equações para calcular a saída. Os controladores apresentam-se em modelos discretos, contínuos e compostos.

Conhecendo o sistema de medida e controle, pode avaliar sua estabilidade e sua resposta sobre a variável controlada e diagnosticar o desempenho do controlador, detectando possíveis falhas nas operações.

3.13. Sistema de Processamento e Aquisição de dados

O processamento dos dados de um sistema de controle pode ser digital ou analógico. A representação destes dados exprime como a magnitude de algumas variáveis físicas é representada no controle fechado, como por exemplo, se a saída de um sensor temperatura é expressa por uma voltagem, como a magnitude desta voltagem varia com a temperatura.

A conversão de dados é feita por aparelhos chamados conversores de sinais. Estes aparelhos especiais são empregados para converter voltagens analógicas em uma representação digital (*analog-to-digital converters* (ADCs)) ou vice-versa (*digital-to-analog converters* (DACs)).

Os conversores de sinais tem a finalidade de transformar grandezas, como por exemplo, frequência/tensão; frequência/corrente; corrente/tensão; tensão/corrente; CA/CC (corrente alternada / corrente contínua) e isolar eletricamente.

O processo de aquisição de dados é composto pelo fenômeno físico, pelo transdutor,

pelo condicionador de sinal, pelo sistema de aquisição de dados e pelo conversor de sinal, conforme apresentado na Figura 3.

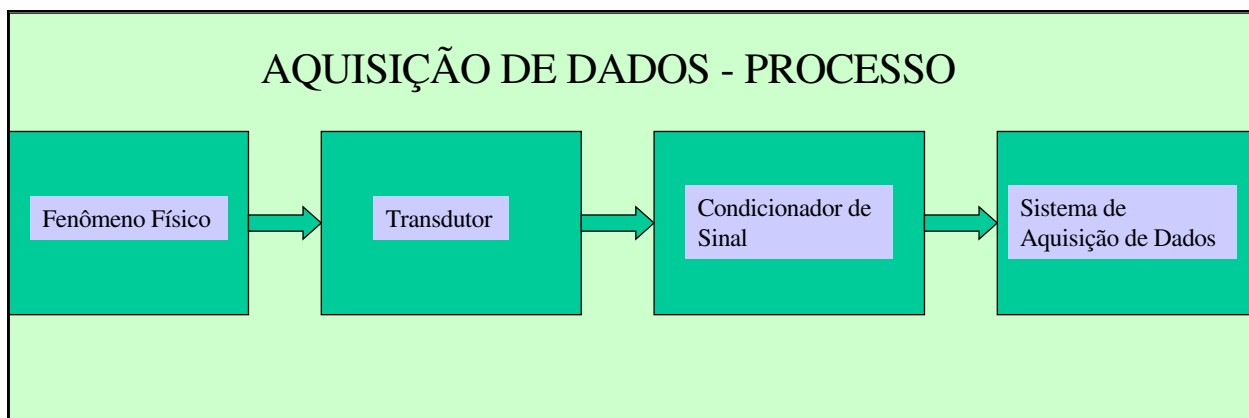


Figura 3. Processo de aquisição de dados

O sistema de aquisição de dados via microcomputador é exemplificado pela Figura 4.

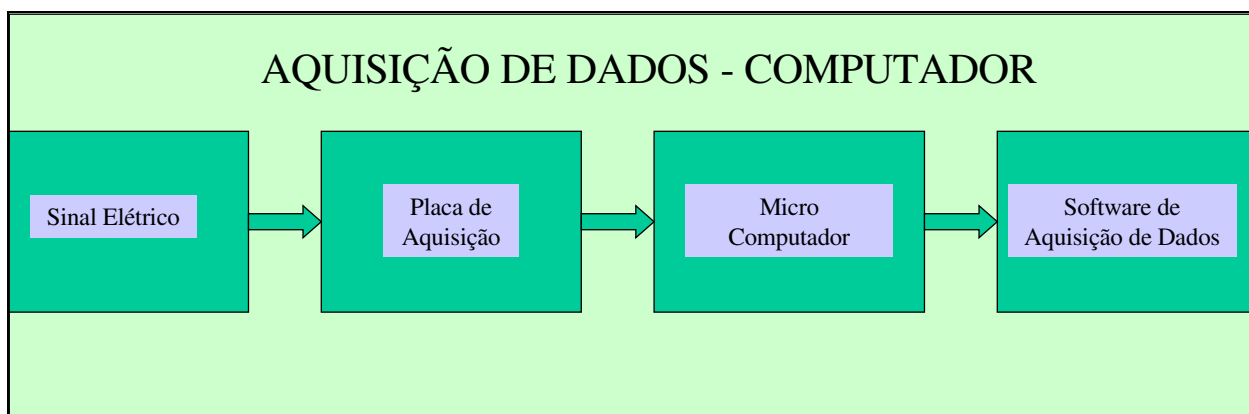


Figura 4. Aquisição de dados via computador

Existem várias aplicações dos computadores nos processos industriais; evidentemente a redução de custos e o preço dos computadores adicionado ao aumento da rentabilidade e velocidade das operações causaram um enorme aumento na utilização dos mesmos nesta área. Um exemplo muito prático da utilização dos computadores nos processos industriais é a aplicação do Controlador Lógico Programável (Programmable Logic Controller - PLC). No entanto, a aplicação desses processos em ambientes agrícolas é uma realidade de poucos produtores, principalmente para aqueles de alto poder aquisitivo, como por exemplo, os floricultores.

3.14. Balanço de Energia em Estufa com Filme de Polietileno

A simulação da umidade relativa e da temperatura do ar no interior de estufa plástica (estufa coberta com filme de polietileno de baixa densidade) podem propiciar ao produtor uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão. Com os valores simulados pode-se determinar a necessidade ou não da utilização de tecnologia mais avançada para obter as condições necessárias ao desenvolvimento da cultura instalada, evitando custos elevados com energia, material e mão-de-obra, proporcionando ao agricultor uma melhor renda (COSTA et al., 2004). A simulação é feita em função do balanço de energia e consiste em determinar as condições climáticas do interior da estufa plástica, quanto à temperatura e umidade relativa do ar. Esse balanço pode ser efetuado em qualquer instante do dia, mas, para o verão, é comumente realizado entre 12:00h e 15:00h e para o inverno entre 4:30h e 6:30h, por serem horários críticos de temperaturas, ou seja, ocorrência de máxima e mínima, respectivamente (ALBRIGHT, 1990). O mesmo cálculo também pode ser feito em função das médias dos parâmetros climáticos externos de um determinado período.

A simulação da temperatura média interna da estufa plástica (T_i), através do balanço de energia, utilizando apenas ventilação natural como renovação de ar, é baseado nas equações de ASHRAE (1978) e HELICKSON (1983), e envolve as médias para o período de cálculo da temperatura do ar externo, umidade relativa do ar externo, radiação solar externa e velocidade do vento externa à estufa plástica, entre outras constantes físicas que podem ser extraídas de ALBRIGHT (1990), assim como dados do produto que podem ser extraídos de HONÓRIO e BLISKA JÚNIOR (1996), ASHRAE (1978) e HELICKSON (1983). Este balanço de energia dentro de estufa plástica é estimado pela equação (1) (ASHRAE, 1978; HELICKSON, 1983).

$$Q_r + Q_m + Q_{so} + Q_{sa} + Q_{ve} = Q_{ce} + Q_{sp} + Q_{sl} + Q_{vs} + Q_{ft} + Q_{tt} \quad (1)$$

em que,

Q_r - calor sensível de respiração do produto, W;

Q_m - calor de motores, equipamentos, iluminarias etc, W;

Q_{so} - calor sensível proveniente do sol, W;

Q_{sa} - calor sensível do sistema de aquecimento, W;

Q_{ve} - calor sensível do ar de ventilação de entrada (natural ou forçado), W;

Q_{ce} - calor sensível de condução da estrutura, W;

Q_{sp} - calor sensível transferido ao solo ou piso pelo perímetro, W;

Q_{sl} - calor sensível convertido em calor latente dentro do espaço interno (evaporação da água dos vasos, sistemas de irrigação ou hidroponia e evapotranspiração), W;

Q_{vs} - calor sensível do ar de ventilação de saída (natural ou forçado), W;

Q_{ft} - calor sensível usado para a fotossíntese, W;

Q_{tt} - calor de transmitância térmica, W.

Os valores dos termos Q_r , Q_{ft} e Q_{sp} são pequenos em relação aos valores dos demais termos e, muitas vezes, podem ser desprezados. Além disso, o valor de Q_{sl} é muito difícil de ser medido segundo (ASHRAE, 1978), podendo também ser desprezado.

Portanto, partindo da equação geral 1, eliminando os termos desprezíveis, obtém uma equação mais reduzida:

$$Q_{so} + Q_{ve} = Q_{ce} + Q_{sp} + Q_{vs} + Q_{tt} \quad (1')$$

O calor sensível proveniente do sol (Q_{so}), equação 2, é definido como (ASHRAE, 1978; HELLICKSON, 1983):

$$Q_{so} = \tau * I_e * A_p \quad (2)$$

em que,

τ - transmitância da superfície da cobertura em relação à radiação solar global (ALBRIGHT, 1990), adimensional;

I_e - radiação solar global externa, $W\ m^{-2}$;

A_p - área do piso da estufa plástica, m^2 .

O calor sensível de respiração do produto (Q_r), equação 3, é definido como (ASHRAE, 1978; HELLICKSON, 1983):

$$Q_r = 0,10 * Q_{ft} \quad (3)$$

Outra forma:

$$Q_r = m_p * TR \quad (3')$$

em que,

Q_{ft} - calor de fotossíntese, W;

m_p - massa do produto, kg;

TR - taxa de respiração do produto, $W\ kg^{-1}$.

O calor de fontes de energia mecânica, luminosas (iluminárias) e pessoas (Q_m), equação 4, é definido como (ASHRAE, 1978; HELICKSON, 1983):

$$Q_m = F * PE + iluminação + pessoas \quad (4)$$

em que,

F - fator de potência do equipamento, adimensional;

PE - potência elétrica do equipamento, W;

Iluminação - calor perdido pela potência de lâmpadas, W;

Pessoas - calor cedido por pessoas, W.

O calor sensível do sistema de aquecimento (Q_{sa}), equação 5, é definido como (ASHRAE, 1978; HELICKSON, 1983):

$$Q_{sa} = PC \quad (5)$$

em que,

PC - potência calorífica da fonte aquecedora, W.

O calor sensível usado para a fotossíntese (Q_{ft}), equação 6, é definido como (ASHRAE, 1978; HELICKSON, 1983):

$$Q_{ft} = 0,03 * Q_{so} \quad (6)$$

O calor sensível de condução da estrutura (Q_{ce}), equação 7, é definido como (ASHRAE, 1978; HELICKSON, 1983):

$$Q_{ce} = U * A_c * \Delta T \quad (7)$$

em que,

U - coeficiente global de transferência de calor do plástico, $W\ m^{-2}\ K^{-1}$; (ALBRIGHT, 1990);

A_c - área do contorno da estufa plástica com a lateral aberta ou fechada, m^2 ;

ΔT - temperatura interna – temperatura externa ($T_i - T_e$), K;

T_i - incógnita do balanço de energia, K.

O calor sensível transferido ao solo ou piso pelo perímetro (Q_{sp}), equação 8, é definido como (ASHRAE, 1978; HELICKSON, 1983):

$$Q_{sp} = F * Per * \Delta T \quad (8)$$

em que,

F - fator perimetral, $W m^{-1} K^{-1}$;

Per - perímetro da estufa plástica, m;

ΔT - temperatura interna – temperatura externa ($T_i - T_e$), K.

O calor de ventilação (Q_v), equação 9, é definido como (ASHRAE, 1978; HELLICKSON, 1983):

$$Q_v = Q_{ve} - Q_{vs} = \bar{m} * c_p * \Delta T \quad (9)$$

em que,

\bar{m} - fluxo mássico de ar seco, $kg s^{-1}$;

C_p - calor específico do ar externo, $J kg^{-1} K^{-1}$;

A relação entre o fluxo volumétrico (\bar{V}) e o fluxo mássico \bar{m} , equação 10, é descrita conforme a expressão (ASHRAE, 1978; HELLICKSON, 1983):

$$\bar{V} = \frac{\bar{m}}{\rho} \quad (10)$$

em que,

\bar{V} - fluxo volumétrico, $m^3 s^{-1}$;

ρ - densidade do ar externo, $kg m^{-3}$.

O fluxo volumétrico para a ventilação natural, equação 11, é dado por (HELLICKSON, 1983):

$$\bar{V} = E * V_v * A_a \quad (11)$$

em que,

E - eficiência das aberturas, adimensional. (Para estruturas agrícolas adota-se $E=0,35$ (HELLICKSON, 1983));

V_v - velocidade média do vento externo a 2m de altura, ms^{-1} ;

A_a - área de abertura da estufa plástica, m^2 .

O calor sensível convertido em calor latente (Q_{sl}), equação 12, é definido como

(ASHRAE, 1978; HELLICKSON, 1983):

$$Q_{sl} = ET * Fp * Q_{so} \quad (12)$$

em que,

ET - razão entre a radiação solar e a energia associada com a evapotranspiração da cultura, adimensional, HELLICKSON (1983) recomenda 0,5;

Fp - fator de cultivo (área de cultivo/área do piso), adimensional.

O calor de transmitância térmica (Qtt), equação 13 é definido como (ASHRAE, 1978; HELLICKSON, 1983):

$$Q_{tt} = \epsilon_{sup} * \gamma_t * \sigma * A_p * (T_i^4 - \epsilon_{ar} * T_e^4) \quad (13)$$

em que,

ϵ_{sup} - emissividade do piso ou vegetação, adimensional (HELLICKSON, 1983);

γ_t - transmitância térmica do plástico na reirradiação, adimensional (HELLICKSON, 1983);

A_p - área do piso, m²;

σ - constante de Stefan Boltzmann, 5,678*10⁻⁸ W m⁻² K⁻⁴;

T_e - temperatura externa, K;

T_i - temperatura interna, K;

ϵ_{ar} - emissividade do ar local, adimensional (HELLICKSON, 1983).

Para determinação da umidade relativa interna média (URi), expressa em %, após a simulação da temperatura interna média (Ti), em K, utiliza-se o balanço de massa, definido pela equação 14, o qual fornece a umidade absoluta interna média (Wi) (HELLICKSON, 1983).

$$\bar{m} * Wi = \bar{m} * We + Map \quad (14)$$

em que,

\bar{m} - fluxo mássico de ar seco, kga s⁻¹;

Wi - umidade absoluta interna, kgv kga⁻¹ (quilograma de vapor H₂O por quilograma de ar seco);

We - umidade absoluta externa, kgv kga⁻¹ (quilograma de vapor H₂O por quilograma de ar seco);

Map - fluxo mássico de água produzida pelas plantas, kgv s⁻¹;

Com Wi e Ti, utilizando o programa PLUS (Psychrometric Look-Up Substitute) escrito em linguagem Visual Basic e desenvolvido por ALBRIGHT (1990), determina-se a URi.

COSTA et al. (2004) realizaram uma simulação das condições no interior de estufa plástica, em função de parâmetros externos e internos. A simulação revelou uma temperatura no interior de 23,6C e os sensores revelaram um valor médio de 24,1C para o período de cultivo da alface. Para a umidade relativa, o valor simulado foi de 61,6% e o obtido foi de 66,0%. Os valores simulados e medidos não apresentaram diferença estatística, em nível de 5% de significância, mostrando que o modelo pode ser usado para a estimativa da temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa plástica.

A simulação dos parâmetros climáticos de temperatura e umidade relativa do ar, através do balanço de energia, pode auxiliar os produtores na tomada de decisão em investimentos e tipo de cultivo a ser implantado.

3.15. Análises de Investimento

Segundo HOFFMANN et al. (1978), a implantação de um projeto é justificada se os rendimentos esperados forem superiores ao montante de recursos investidos, ou seja, permitir a remuneração do capital investido e a amortização dos financiamentos efetuados.

Para verificar a viabilidade econômica de projetos utiliza-se a análise de benefício-custo. Esta relação é o quociente entre o valor atual das rendas (Ra) a serem obtidas e o valor atual dos custos (Ca), incluindo os investimentos necessários ao desenvolvimento do projeto. Para obter o valor atual correspondente a um montante (valor nominal) a ser recebido ou pago daqui a n anos, deve-se multiplicar por

$$\frac{1}{(1+r)^n} \quad (15)$$

onde r é a taxa de juros. Esta taxa de juros empregada nos cálculos deve ser aquela correspondente ao custo de oportunidades do capital, isto é, a taxa de juros máxima que poderia ser obtida investindo em outros empreendimentos. Nestas condições, um projeto só será implantado se

$$\frac{Ra}{Ca} > 1$$

O custo total é explicitado pela fórmula:

$$C = X * V_U + F \quad (16)$$

onde,

C = custo total

X = volume de produção

Vu = custo variável unitário

F = custo fixo.

A receita total é dada pela fórmula:

$$R = X * P \quad (17)$$

onde,

R = receita total; X = volume de produção; P = preço médio

IV. METODOLOGIA

4.1. Localização e Aspectos Gerais dos Experimentos

O cultivo do morangueiro hidropônico, com as variedades *Campinas*, *Seascape*, *Sweet Charlie* e *Tudla*, foi conduzido em três casas de vegetação da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) – UNICAMP, onde foram instalados sistemas de cultivo em bancadas formato “A” (Seção A) com a técnica da solução do filme nutriente (NFT) e sistema de tubos verticais com substrato. As mudas (certificadas) foram adquiridas da empresa de biotecnologia, MULTIPLANTA ®, no mês de dezembro de 2001 e aclimatadas na casa de vegetação com resfriamento evaporativo do ar, com promoção de fotoperíodo de 14 horas sem luz até o transplante. Foram transferidas para os sistemas de cultivo em abril de 2002 e cultivadas até março de 2003.

Dos três ambientes utilizados, Figura 5, os quais possuíam níveis tecnológicos diferentes, dois estavam na direção Norte-Sul e um na direção Leste-Oeste, porém todos os sistemas dentro dos ambientes foram orientados na mesma direção.

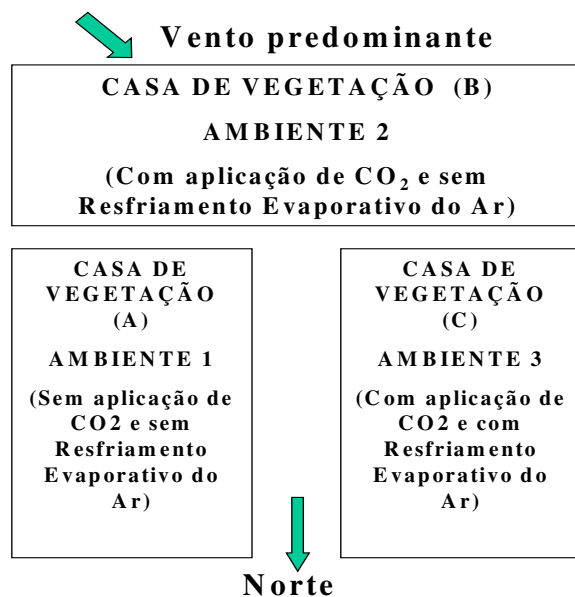


Figura 5. Croqui dos Ambientes utilizados nos experimentos.

As casas de vegetação, idênticas, feitas de estrutura metálica de aço com dimensões de 6,50m de largura, 11,0m de comprimento, 3,0m de pé-direito, 2,0m de altura acima do pé-direito e altura da cumeeira de 5,0m, possuíam uma porta com largura de 1,17m e altura de 2,05m, tendo um perímetro de 36,0m, com área de piso de $71,5\text{m}^2$ e volume de 286m^3 . O telhado é do tipo duas águas, com inclinação de $31,6^\circ$, sendo o material lateral e do telhado constituído por plástico transparente difusor de luz (PEBD - Polietileno de Baixa Densidade) com $150\mu\text{m}$ de espessura, tratado contra raios ultravioleta.

Optou-se por denominar através de siglas os ambientes, os sistemas e as variedades para melhor compreensão e facilidade no tratamento dos resultados

O ambiente 1, assim chamado, foi uma casa de vegetação que não possuiu injeção de CO_2 e nem controle automático de climatização (resfriamento evaporativo - RE), este ambiente estava na direção Norte-Sul. O ambiente 2, foi uma casa de vegetação que possuiu injeção de CO_2 mas não possuía controle automático de temperatura e umidade relativa (resfriamento evaporativo - RE), estava na direção Leste-Oeste. O ambiente 3, foi uma casa de vegetação, que possuía injeção de CO_2 e controle automático para altas temperaturas (resfriamento evaporativo - RE), estava na direção Norte-Sul. Em todas as casas de vegetação foram instaladas cortinas internas termo refletoras (malha 60%) que a partir mês de Outubro de 2002 foram controladas automaticamente.

Na Figura 6 está ilustrada a configuração dos sistemas de cultivo dentro dos ambientes 1 e 3. No ambiente 2 as bancadas foram colocadas paralelamente, mantendo a mesma orientação das bancadas nos demais ambientes. Os sistemas de cultivos também foram designados e identificados por sigla, conforme explanação a seguir. As bancadas possuíam orientação Norte-Sul em todos os ambientes.

Cada sistema de cultivo está descrito a seguir:

- Sistema 1 – Bancada formato “A” com 12 canais de 100mm em NFT, contendo cada canal 15 plantas – este sistema também foi denominado de sistema de canais de 100mm, chamado de Sistema 1;
- Sistema 2 – Bancada formato “A” com 6 canais de 150mm em NFT, contendo cada canal 15 plantas – este sistema também foi denominado de sistema de canais de 150mm, chamado de Sistema 2;
- Sistema 3 – Bancada formato “A” com 6 canais de 150mm em NFT, com vaso

contendo substrato para suporte das plantas (fibra de coco), onde cada canal continha 15 plantas – este sistema também foi denominado de sistema de canais de 150mm com vaso, chamado de Sistema 3;

- Sistema 4– Contendo 04 linhas com sete plantas cada, totalizando 28 plantas por tubo. Os tubos foram preenchidos com casca de arroz carbonizada – este sistema foi denominado de sistema de tubos verticais, chamado de Sistema 4.

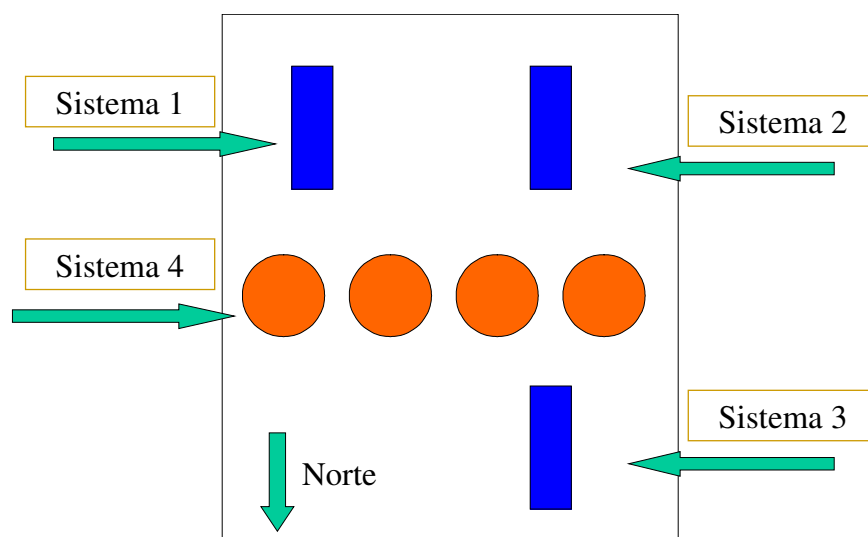


Figura 6. Esquema de Produção do Morangueiro nos Ambientes 1 e 3.

As bancadas inclinadas feitas de estrutura metálica possuíam seção transversal, em formato triangular, com dimensões de 4,0m de comprimento por 1,40m de largura basal e 1,37m de altura. Os canais possuíam uma declividade de 3% para o escoamento da solução nutritiva por gravidade.

A disposição das variedades, nas bancadas e tubos verticais, pode ser observada nas Figuras 7, 8 e 9 a seguir, onde 1 (Campinas), 2 (Seascape), 3 (Sweet Charlie) e 4 (Tudla). No sistema de canais de 100mm cada variedade ocupou três canais de 4,0m. Nos sistemas de canais de 150mm e 150mm com vaso, cada canal foi dividido em duas partes iguais, ou seja, cada canal de 4,0m foi considerado dois canais de 2,0m, desta forma, cada variedade ocupou três canais de 2m de comprimento. No sistema de tubos verticais (quatro tubos) todas as variedades ocuparam uma das quatro fileiras verticais em todos os tubos.

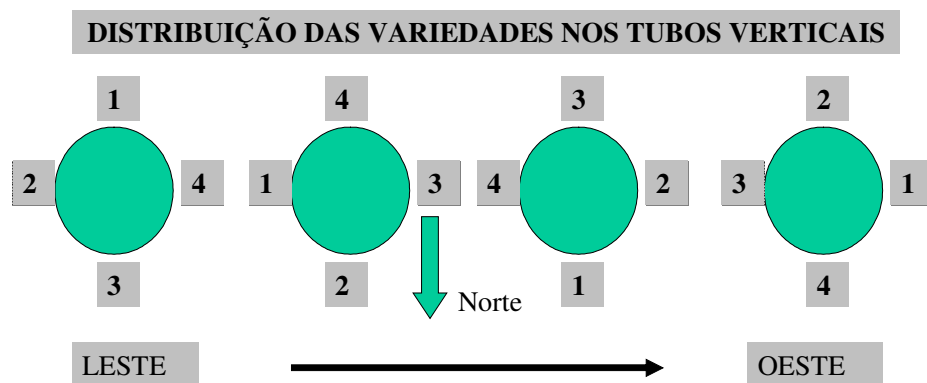


Figura 7. Distribuição das variedades nos tubos verticais.



Figura 8. Distribuição das variedades nos canais de 100mm.

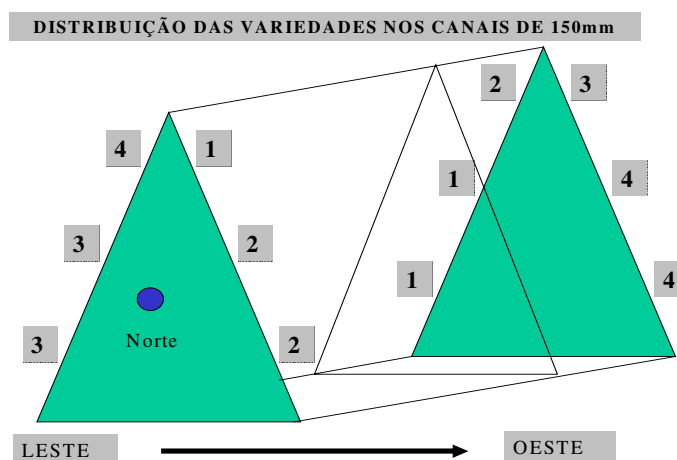


Figura 9. Distribuição das variedades nos canais de 150mm.

Resumidamente, utilizaram-se as seguintes denominações para os ambientes (A), sistemas (S) e variedades (V):

- Ambiente 1 - casa de vegetação sem resfriamento evaporativo do ar e sem injeção de CO₂;
- Ambiente 2 – casa de vegetação sem resfriamento evaporativo do ar e com injeção de CO₂;
- Ambiente 3 – casa de vegetação com injeção de CO₂ e com resfriamento evaporativo do ar ;
- Sistema 1 (canais de 100mm);
- Sistema 2 (canais de 150mm);
- Sistema 3 (canais de 150mm com vaso)
- Sistema 4 (tubos verticais);
- Variedade 1 (Campinas);
- Variedade 2 (Seascape);
- Variedade 3 (Sweet Charlie);
- Variedade 4 (Tudla).

4.2. Aquisição, Transplante, Distribuição das Mudas e Transporte da Solução Nutritiva

As mudas do morangueiro adquiridas no mês de dezembro de 2001, foram transplantadas para os sistemas de produção no mês de abril de 2002 onde foram distribuídas nos canais com espaçamento de 0,25m entre si e no sistema vertical com espaçamento de 0,22m. No período de dezembro de 2001 a abril de 2002 realizou-se um procedimento de fotoperíodo para as plantas com 14 horas sem luz.



Figura 10. Mudas adquiridas em Dezembro de 2001.

Na Figura 10 está ilustrada a aclimação das mudas de morangueiro, juntamente com o sistema fotoperíodo, na casa de vegetação climatizada (ambiente 3) antes de serem transplantadas definitivamente para os sistemas de cultivo.

Na Figura 11 está ilustrada as mudas no mês de janeiro de 2002. Nessa figura as mudas já estão maiores e dentro de bandejas num maior espaçamento.



Figura 11. Mudas, Janeiro de 2002



Figura 12. Mudas, Fevereiro de 2002

Na Figura 12 aparecem as mudas, três meses após a sua aquisição. Nas Figuras 13, 14, 15 e 16 estão apresentados os transplantes das variedades para os sistemas de cultivo.



Figura 13. Transplante para os canais de 100mm, em abril de 2002.



Figura 14. Transplante para os canais de 150mm, em abril de 2002



Figura 15. Transplante para os canais de 150mm com vaso, em abril de 2002.



Figura 16. Transplante para os tubos verticais, em abril de 2002.

O sistema de fornecimento da solução nutritiva, refrigerada até 15C (Figura 18), para as bancadas formato “A”, foi composto de dois reservatórios de 2000 litros cada (isolados com palha de arroz), uma bomba do tipo centrífuga, e tubulação principal de PVC de 50mm, com derivações de 25,4mm, para a condução da solução até as tubulações de distribuição com 19,05mm, que, dispostos em cada lado da bancada distribuíram, por meio de orifícios de 3,5mm, a solução nutritiva em cada canal de cultivo (Figura 17).

A solução nutritiva era bombeada de um reservatório de 2000L, através de uma bomba de 1/3CV, da marca DARKA, passava pelo sistema de refrigeração do tipo tubo-carcaça com motor de 4,0HP e bombeada para outro reservatório com a mesma capacidade.

Para o sistema (hidropônico aberto, considerado uma fertirrigação) de coluna de cultivo a mesma solução nutritiva era fornecida uma ou duas vezes ao dia, através de uma tubulação de 12,7mm, acoplada na parte superior da coluna de cultivo, sendo que cada tubo possuía um registro de regulação de vazão (Figura 17).

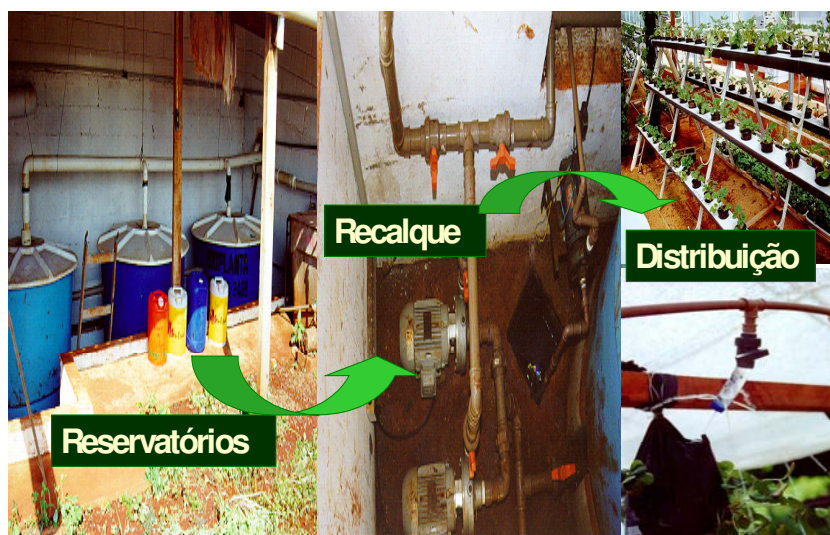


Figura 17. Fornecimento da solução nutritiva nos sistemas hidropônicos



Figura 18. Resfriamento da solução nutritiva

A cobertura do ambiente, onde estavam os reservatórios de solução nutritiva, foi isolada com poliestireno expandido para amenizar a temperatura do ar interno.

O acionamento da bomba de fornecimento+ de solução nutritiva foi através de um temporizador, responsável pela automação do tempo de circulação da solução. Das 6:00 da manhã as 9:00h, o sistema funcionava 10min e permanecia parado 30min. Das 9:00 da manhã às 11:00h, o sistema funcionava 10min e permanecia parado 20min. Das 11:00 da manhã às

16:00h da tarde, o sistema funcionava 10min e permanecia parado 10min. Das 16:00 da tarde às 18:00h, o sistema funcionava 10min e permanecia parado 20min. Durante a noite o sistema funcionava 10min em cada hora.

Foram monitorados o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva, uma vez ao dia, procurando mantê-las seus valores entre 5,5-6,5 e 1,4-1,6 mS/cm. A condutividade elétrica da solução nutritiva foi monitorada por um condutivímetro portátil TDST Testr (0-19,9mS/cm) e as leituras de pH foram medidas com peagâmetro digital portátil pHTestr e peagâmetro de bancada.

A formulação da solução nutritiva, recomendada por FURLANI 2002, se procedeu da seguinte forma:

- Solução estoque A (g.10L⁻¹) :KH₂PO₄ (900), MgSO₄ (1500), KNO₃ (1250);
- Solução estoque B g.10L⁻¹ :Ca(NO₃)₂ (2000), H₃BO₃ (15,0), MnSO₄ (7,5), ZnSO₄ (2,5), CuSO₄ (1,0), (NH₄)₆Mo₇O₂₄ (0,5), Fe EDDHA 150,0).

O procedimento para preparação da solução foi o seguinte: adicionou 2,25L de cada solução (A e B) para preparação de 1.000L.

O ajuste da condutividade elétrica (CE) foi da seguinte forma: para ajustar a CE em 0,1mS acrescentou 150mL das soluções A e B. Manteve a CE por volta de 1,50mS.

A composição da solução nutritiva utilizada no desenvolvimento experimental, encontra-se na Tabela 3

Tabela 3. Composição da solução nutritiva do experimento (FURLANI, 2002).

Concentração			
Fase Vegetativa		Fase de Frutificação	
Macronutrientes	Micronutrientes (μmol/L)	Macronutrientes	Micronutrientes (μmol/L)
(micromol/L)		(micromol/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)

4.3. Transporte, Distribuição e Medição do CO₂

O fornecimento suplementar de CO₂ para as casas de vegetação (Ambientes 2 e 3) foi realizado por um sistema manual de controle da vazão, através de regulagem de abertura das válvulas eletrônicas reguladoras de fluxo. No entanto, o tempo de funcionamento do sistema foi controlado, automaticamente, por um temporizador eletromecânico.

O sistema de injeção de CO₂ procurou fornecer o gás diretamente à planta, o mais próximo possível, com o intuito de economizar o gás e propiciar uma atmosfera rica em CO₂ ao redor da planta, facilitando a captação pelo vegetal.

Para a condução do CO₂, montou-se o seguinte sistema: um ventilador da marca ELIAM®, modelo VSE 04, pressão de 80mmca e vazão ar de 11m³/min, com motor de indução trifásico 220V, potência de 0,18kW, 60Hz. A canalização principal era de 75mm, derivação de 50mm, de onde surgiram as linhas secundárias com 19,05mm possuindo furos distanciados de 25cm com diâmetros de 1mm a 1,5mm.

Os acessórios do sistema eram: cilindro de gás tipo K com capacidade de 25kg com válvula-registro controladora de pressão; válvula solenóide ligada à válvula registro com duas saídas; duas válvulas eletrônicas controladoras de fluxo, da marca Cole Parmer P-33116-50, com vazão regulável de 0 a 25L/min (uma para cada Ambiente); um temporizador eletromecânico para acionamento das válvulas e ventiladores no período de aplicação do gás.



Figura 19. Medidor de CO₂ portátil, marca Vaisala, Modelo GM70.

O CO₂ foi aplicado das 9:30 às 11:30H da manhã, em três períodos, das 9:30h às 10:00h; das 10:15h às 10:45h e das 11:00 as 11:30h. Quando a temperatura permitia o CO₂ era aplicada no ambiente 2 com as cortinas laterais fechada, para um melhor aproveitamento do gás. A concentração de CO₂ foi mantida por volta de 1200ppm. O medidor de CO₂ utilizado foi da marca VAISALA, modelo GM 70 (Figuras 19 e 20).



Figura 20. Medida da concentração momentânea de CO₂

4.4. Instalação e manejo das cortinas termorrefletoras

As cortinas termorrefletoras foram instaladas horizontalmente no interior das casas de vegetação no início do experimento (Abril de 2002), no entanto, seu funcionamento automático foi realizado a partir de Outubro de 2002, devido a problemas encontrados nos sistemas mecânicos e eletrônicos de acionamento

As cortinas internas termo refletoras, malha para 60% de sombra, (Figura 21) possuíam abertura e fechamento realizados por motores reversos (Figuras 22 e 23), através de controlador com leitura de sensor LDR (foto sensor). Utilizou-se essa porcentagem de sombra pois pela literatura encontrou-se que o morangueiro não é uma planta muito exigente em radiação, mesmo assim optou-se por estipular um alto ponto desejado.



Figura 21. Cortinas termo refletoras



Figura 22. Movimentação das cortinas termo refletoras.

O controle de acionamento das cortinas foi liga-desliga (on-off), tipo janela, onde o ponto desejado foi ajustado em 75000lux, com histerese de ± 5000 lux. Desta maneira, quando se atingia este valor, lido pelo sensor de luminosidade, o controlador efetuava uma ação de fechamento das cortinas. Quando se atingia valores abaixo desse ponto, o controlador efetuava uma ação reversa executada por um motor elétrico.



Figura 23. Motor reverso: movimentação das cortinas termo refletoras.

4.5. Sistema de Resfriamento Evaporativo do Ar

O sistema de resfriamento evaporativo instalado no Ambiente 3, o qual é baseado no princípio da evaporação da água retirando energia térmica do ar e aumentando a umidade relativa do mesmo, foi composto pelo meio poroso de celulose e dois exaustores que exauriam o ar interno.

O meio poroso, com dimensões 6,5m x 0,54m x 0,10m, foi instalado na face Sul da casa de vegetação e apoiado sobre uma parede de alvenaria, o dois exaustores estavam instalados na face norte.

A umidificação do meio poroso foi feita por bomba centrífuga de 0,55kW ($\frac{3}{4}$ CV) instalada em um sistema fechado com reservatório de 500L.

Para o controle do funcionamento do sistema instalou-se um termostato e um umidostato. Estes sensores estavam alocados em um tubo de PVC de 100mm com 0,40m de comprimento revestido com papel alumínio para proteger dos efeitos da radiação e com microventilador na extremidade superior, na altura de 1,5m do piso (Figura 24). Quando se atingia a umidade desejada de 85%, o controle de acionamento da bomba para a umidificação do meio desligava, no entanto, se a temperatura desejada (22C) não era alcançada, os

ventiladores (exaustores) continuavam funcionando.

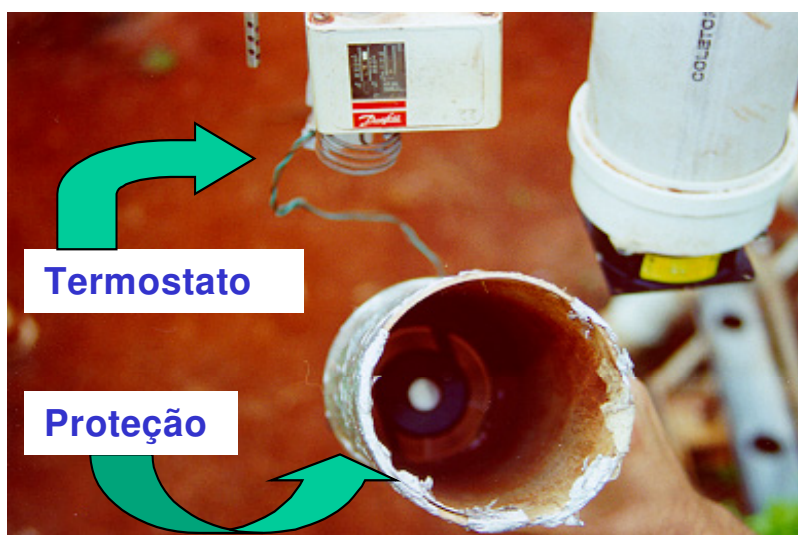


Figura 24. Controle de temperatura e umidade

4.6. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para a realização das análises dos frutos foi o inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial. Mesmo não tendo repetições de ambientes, estes foram analisados e comparados entre si dentro do esquema fatorial.

O esquema fatorial ficou assim definido:

- Os efeitos principais (e/ou tratamentos principais) foram: Ambientes (A); Sistemas (S) e Variedades (V);
- As interações foram: Ambientes versus Sistemas (A X S); Ambientes versus Variedades (A X V); Sistemas versus Variedades (S X V) e Ambientes versus Sistemas versus Variedades (A X S X V).

Desta maneira obtiveram-se 48 tratamentos, isto é, 03 ambientes X 04 Sistemas X 04 Variedades. A Tabela 4 apresenta a ANOVA para o delineamento experimental.

Considerou-se a planta selecionada como sendo uma repetição. No sistema de bancadas teve-se 9 repetições (três em cada canal) e nos tubos verticais teve-se 12 repetições (três em cada fileira vertical).

As variáveis respostas para o delineamento experimental foram produtividade em grama por planta (P) e número de frutos por planta (NF).

Tabela 4. Análise de Variância para o experimento.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Ambientes (A)	2
Sistemas (S)	3
Variedades (V)	3
Interação (A X S)	6
Interação (A X V)	6
Interação (V X S)	9
Interação (A X S X V)	18
Resíduo (Erro)	420
Total	467

4.7. Relação Benefício - Custo

A análise de investimento do projeto foi realizada seguindo a metodologia de HOFFMANN et al. (1978) e considerou-se o custo total por quilograma de produção dentro de cada ambiente. Foi considerado como custos fixos a depreciação e o capital investido e como custo variável, os gastos com energia elétrica, remuneração do empregado, mudas, nutrientes, consumo de CO₂, embalagens e manutenção em cada tipo de ambiente. A análise de investimento do projeto foi realizada apenas para a variedade que apresentou maior produtividade, depois de realizada a análise estatística.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Resultados Gerais

O período do experimento foi de Abril de 2002 a Março de 2003. Estava prevista a tomada de temperatura do ar internamente e externamente as casas de vegetação. Em função de problemas ocorridos com descarga elétrica e queima do sistema de aquisição de dados não foi possível realizar o monitoramento dessas temperaturas.

Foram tomadas as temperaturas de bulbo seco e úmido do ar, e calculada a umidade relativa através do software Plus.exe, no período de Dezembro 2002 a Março de 2003, em dois horários, as 9:00h da manhã e as 15:00h. Estes resultados estão no Anexo 9,4.

A temperatura da solução nutritiva foi refrigerada, sendo que nos horários mais quentes dos dias de primavera e verão, não ultrapassou os 23°C. Anexos encontram-se os dados de temperatura da solução nutritiva nos horários das 9:00h e 15:00h e do local onde estavam alocados os reservatórios (Anexo 9.6). Os autores VILLELA JUNIOR et al. (2003) destacaram o efeito benéfico do resfriamento da solução nutritiva para a produtividade do morangueiro, principalmente para a variedade Sweet Charlie.

Nos gráficos a seguir estão apresentadas as médias de temperaturas e de umidades relativas do ar externa e para os ambientes (casas de vegetação).

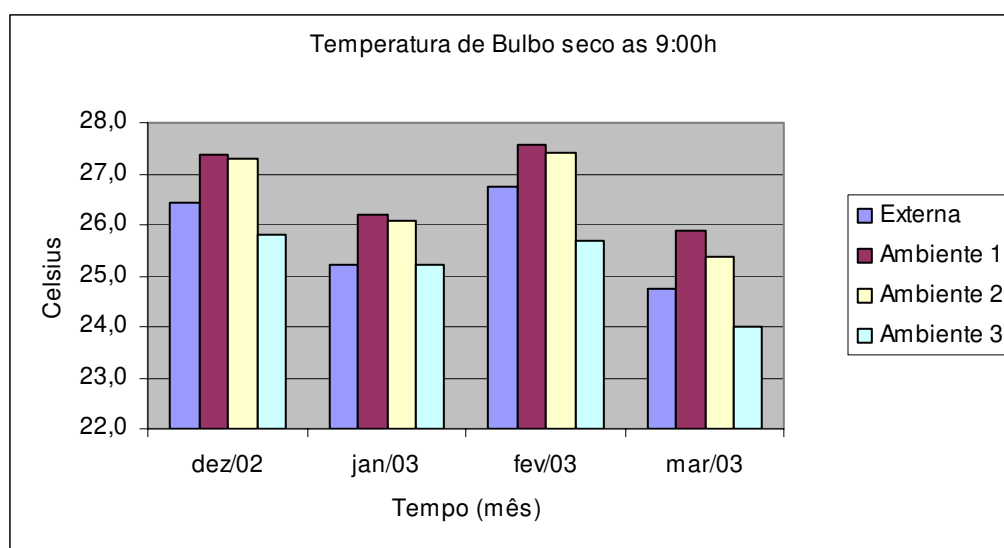


Figura 25. Temperaturas as 9:00h.

Na Figura 25 observa-se que a média mensal de temperatura do ar no Ambiente 3 sempre foi menor quando comparada aos demais ambientes, em todo o período analisado. Isso reflete que o sistema de resfriamento evaporativo atuou de forma positiva na diminuição da temperatura do ar, conforme comenta CHURCH (1981) e BAILEY (1990), desde o período da manhã, contribuindo para um ambiente com melhores condições de desenvolvimento da planta. Nesse horário, a média mensal de umidade relativa externa foi sempre acima de 70%, em todos os meses observados, fato característico para a cidade de Campinas nessa época do ano. Quando comparada à média mensal de temperatura externa, a temperatura do Ambiente 3 foi menor em quase todos os meses, excetuando o mês de Janeiro, onde as médias foram similares, fato que pode ser explicado em função do período chuvoso ocorrido nesse mês. Ou seja, por ser um período com alto índice pluviométrico, a umidade relativa externa nesse horário da manhã estava elevada (Figura 27), diminuindo bruscamente a eficiência psicrométrica do sistema de resfriamento evaporativo do ar, conforme observado por MONTERO et al. (1981). Observa-se também nas Figuras 25 e 26, que tanto nas médias mensais de temperaturas dos ambientes não climatizados quanto nas médias da temperatura externa, o mês de Fevereiro apresentou os maiores valores.

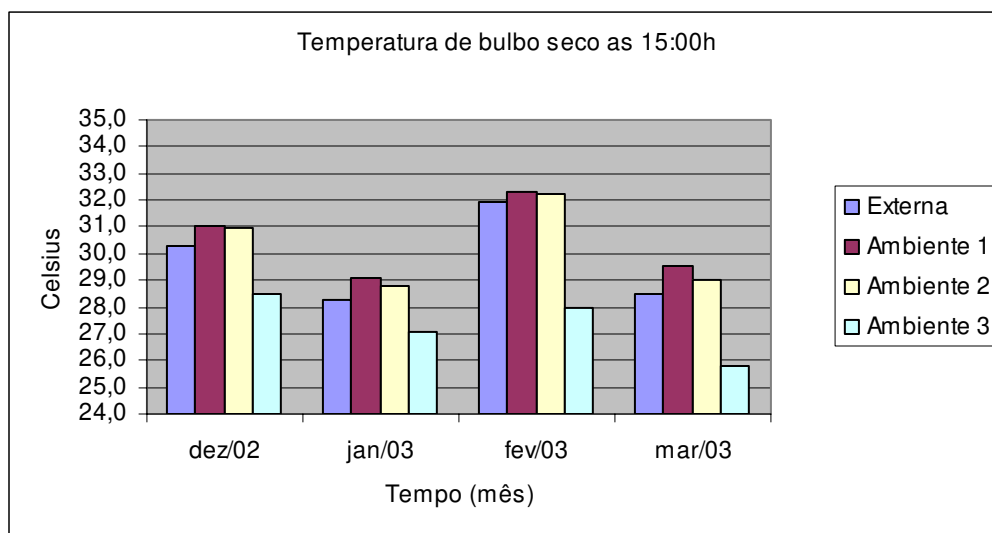


Figura 26. Temperaturas as 15:00h.

Contudo na Tabela 26 observa que o resfriamento evaporativo do ar foi muito positivo na diminuição da temperatura no Ambiente 3, onde as médias mensais de temperatura do ar nesse horário das 15:00h foram sempre inferiores aos demais ambientes e a céu aberto,

proporcionando um melhor ambiente para o desenvolvimento vegetal. Nesse horário a eficiência psicrométrica do resfriamento evaporativo do ar aumenta em função da elevação da temperatura e conseqüente diminuição da umidade relativa do ar. Tal fato refletiu, como se pode ver mais adiante, numa produção continuada no Ambiente 3 até nos meses mais quentes do ano.

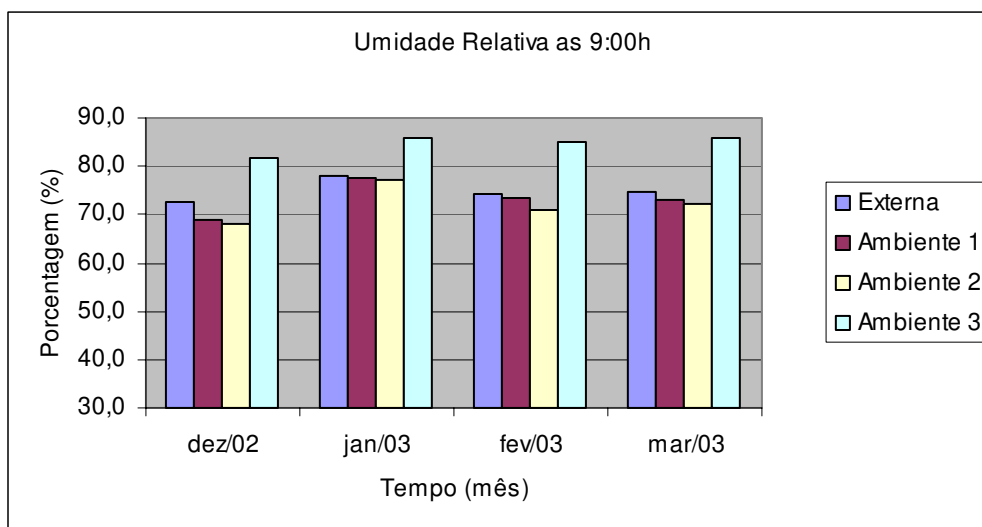


Figura 27. Umidade relativa as 9:00h.

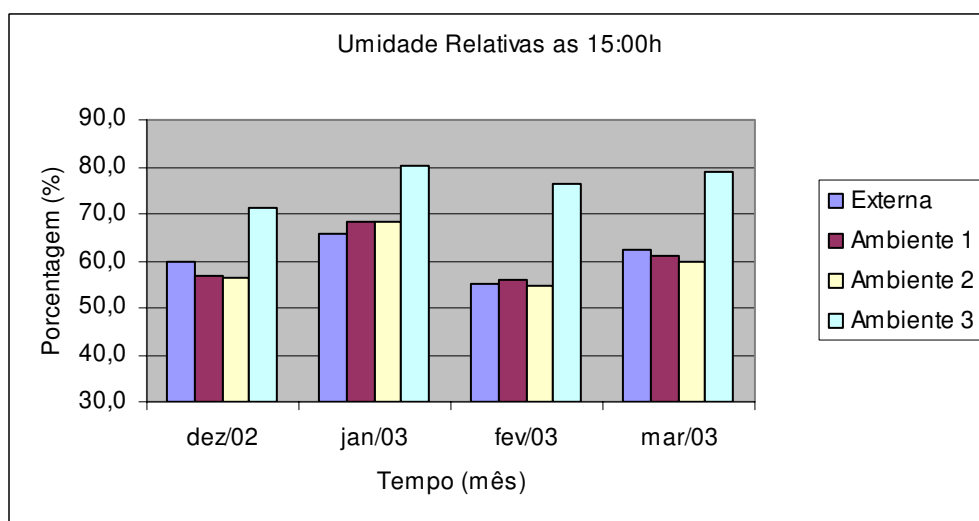


Figura 28. Umidade relativa as 15:00h

Nas Figuras 29, 30, 31 e 32 estão ilustradas as produtividades mensais (g/planta) das variedades Campinas, Seascape, Sweet Charlie e Tudla, respectivamente, em todos os sistemas de produção dentro do Ambiente 1. Observa-se que o sistema 3 apresentou produtividade superior ao demais sistemas, em quase todo período do experimento, para todas as variedades. No entanto, para a Variedade Sweet Charlie, Figura 31, no início de Produção, o sistema 4 apresentou produtividade superior ao sistema 3.

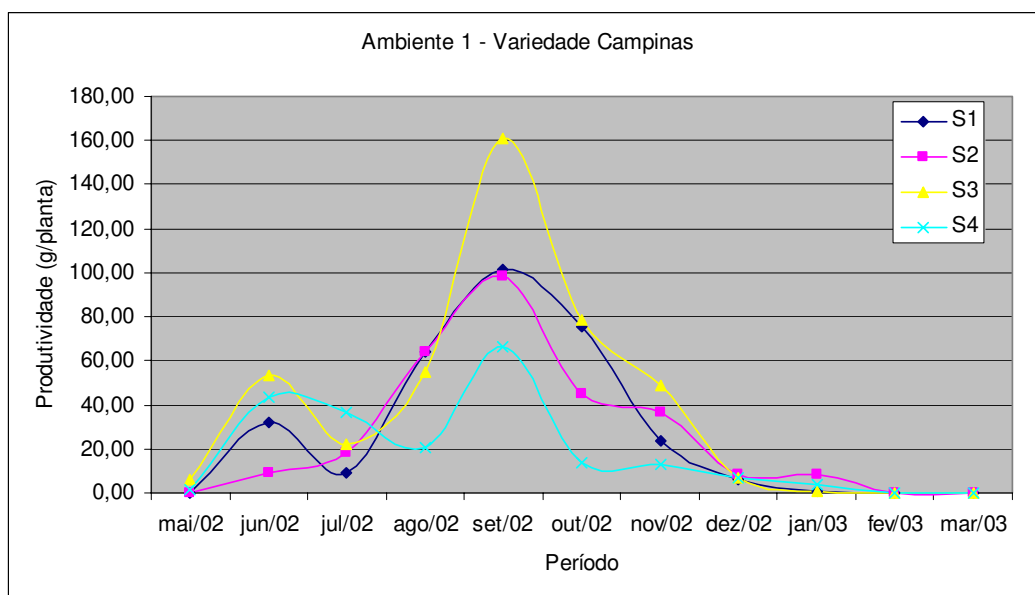


Figura 29. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Campinas).

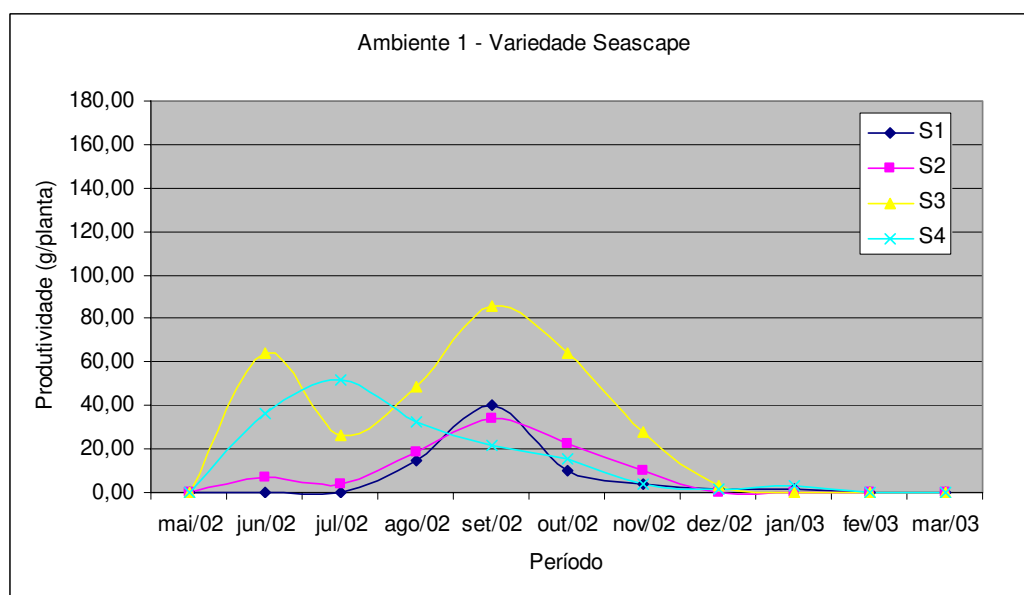


Figura 30. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Seascape).

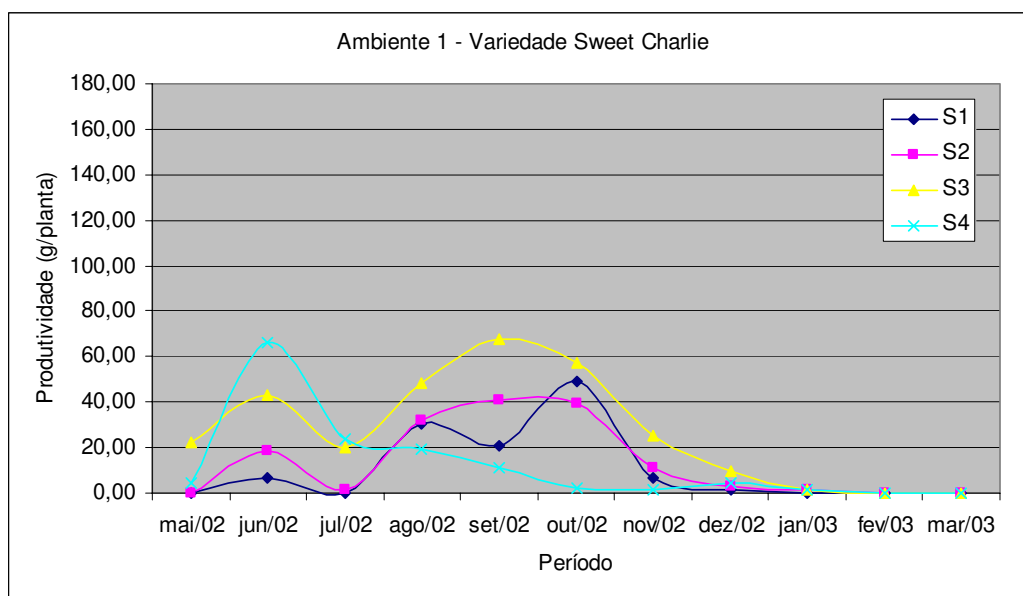


Figura 31. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Sweet Charlie).

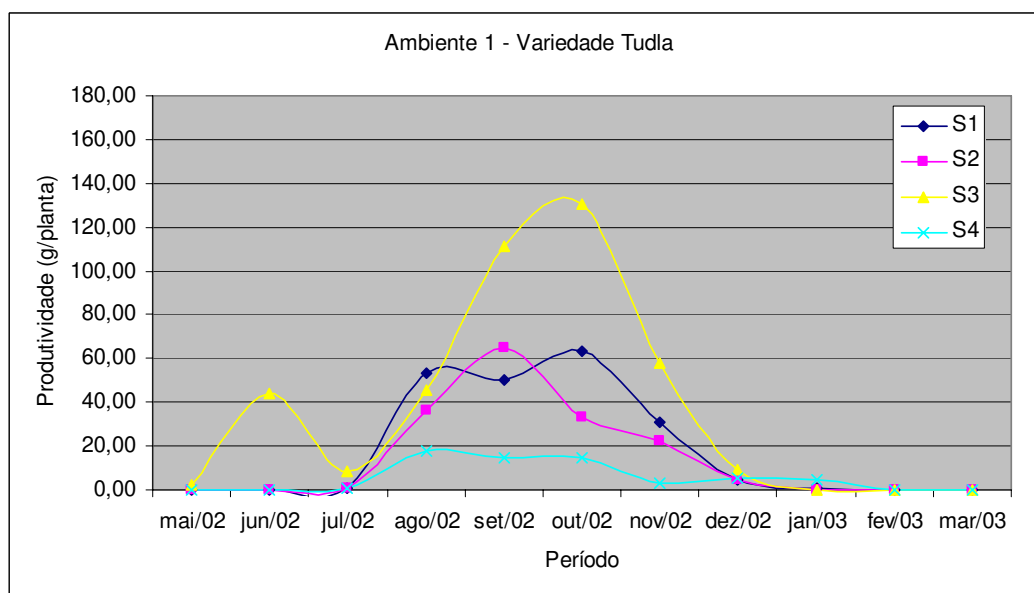


Figura 32. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 1 (Tudla).

Nas Figuras 33, 34, 35 e 36 estão ilustradas as produtividades mensais (g/planta) das variedades Campinas, Seascape, Sweet Charlie e Tudla, respectivamente, em todos os sistemas de produção dentro do Ambiente 2. Observa-se que o sistema 3 apresentou

produtividade superior aos demais sistemas, em quase todo período do experimento, para todas as variedades. No entanto, para a Variedade Sweet Charlie, Figura 35, no início de Produção, o sistema 4 apresentou produtividade superior ao sistema 3. Fato observado no ambiente 1.

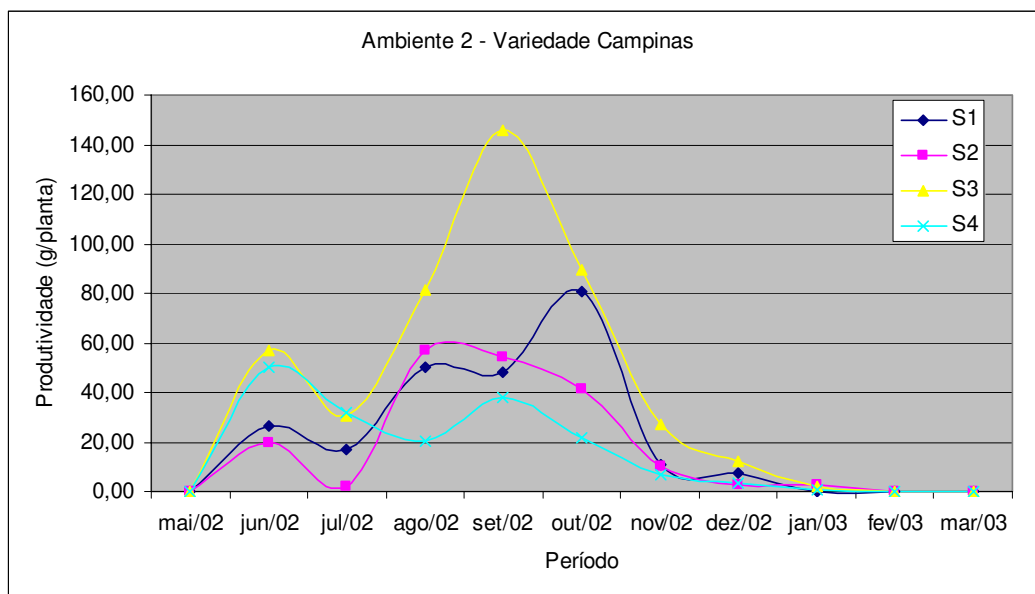


Figura 33. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Campinas).

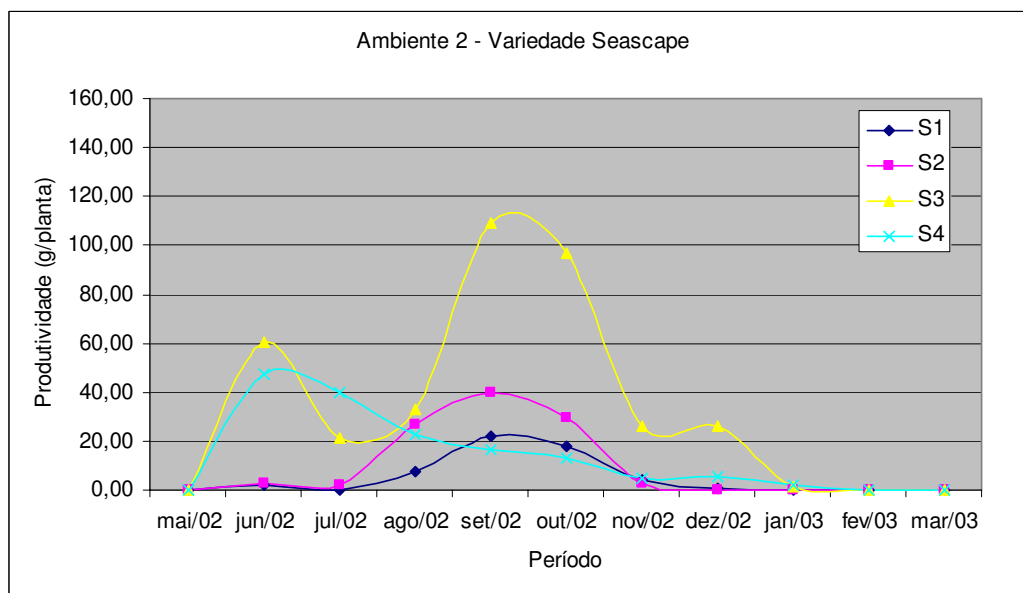


Figura 34. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Seascape).

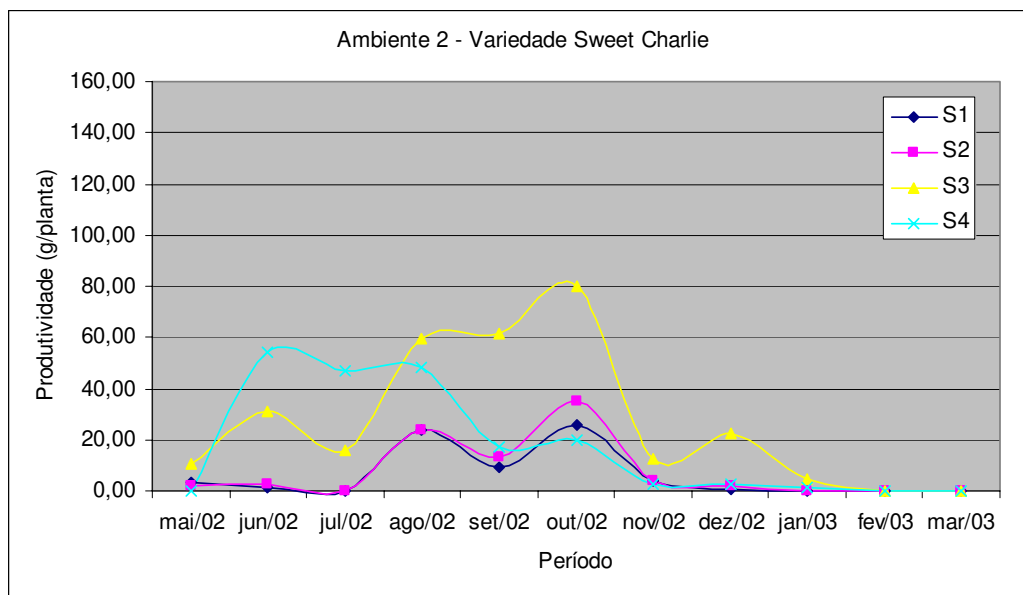


Figura 35. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Sweet Charlie).

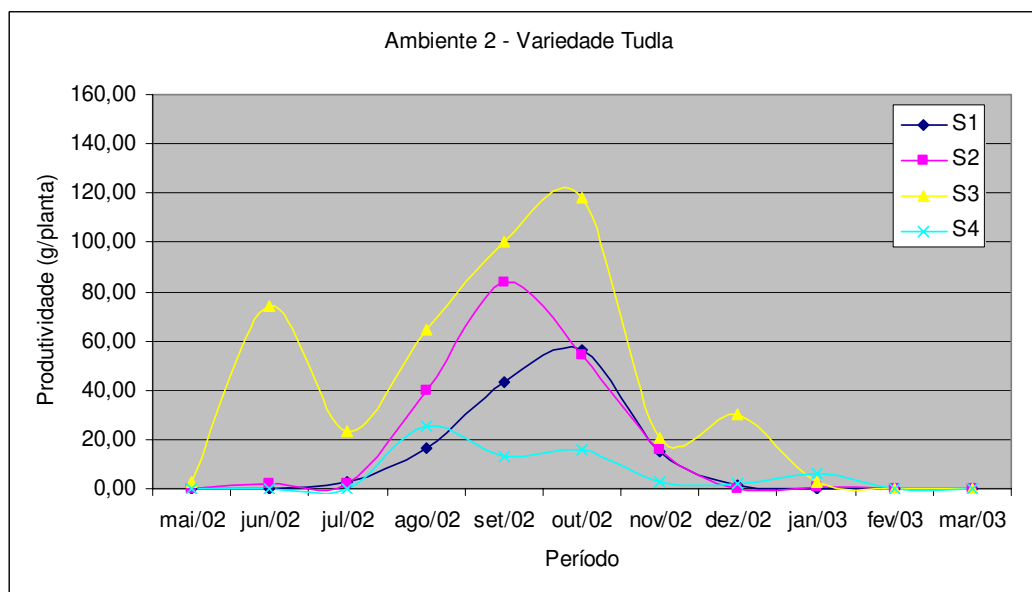


Figura 36. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 2 (Tudla).

Nas Figuras 37, 38, 39 e 40 estão ilustradas as produtividades mensais (g/planta) das variedades Campinas, Seascape, Sweet Charlie e Tudla, respectivamente, em todos os sistemas de produção dentro do Ambiente 3. Observa-se uma similaridade de produtividade, para a variedade Campinas, entre os sistemas 1, 2 e 3, na maior parte do desenvolvimento

experimental. Nas demais variedades o destaque foi para o sistema 3 que apresentou maior produtividade, na maior parte do período experimental.

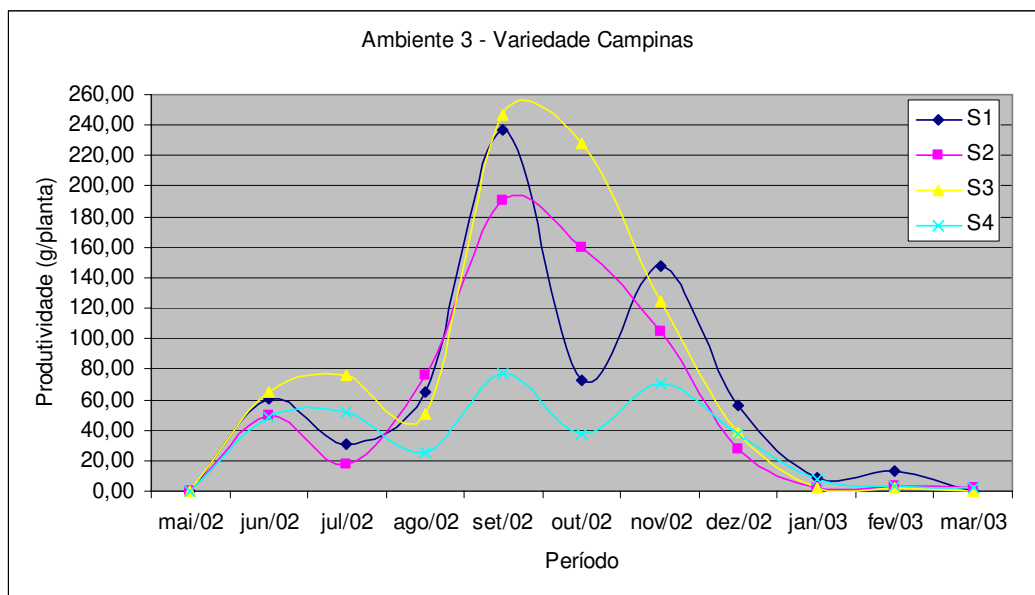


Figura 37. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Campinas).

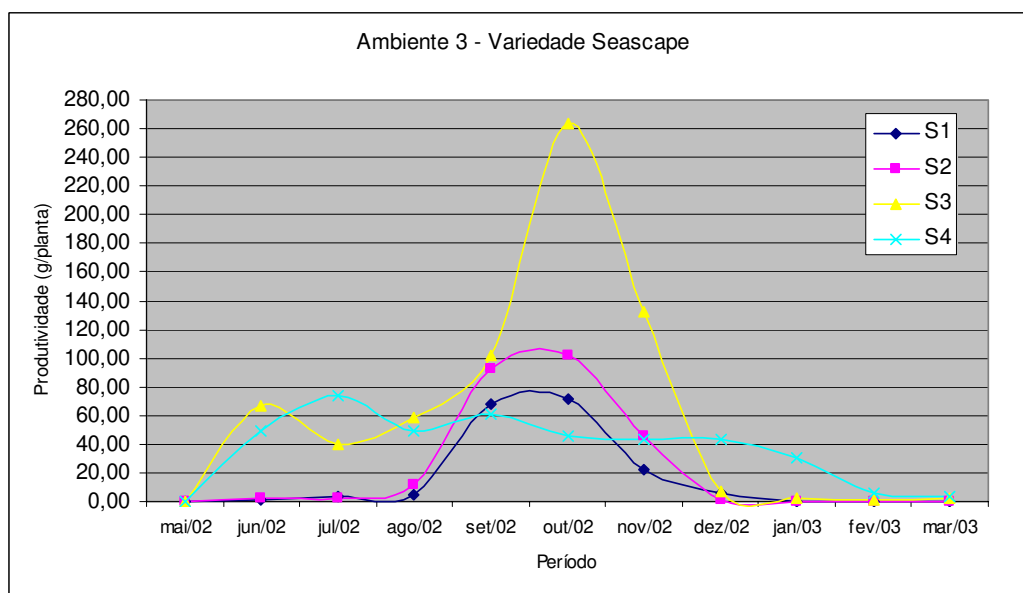


Figura 38. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Seascape).

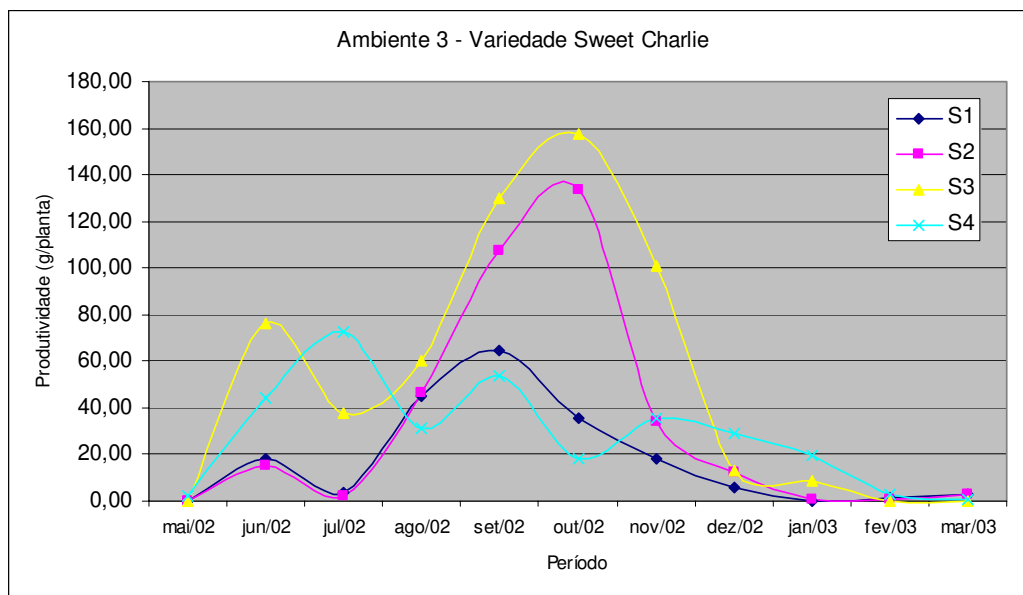


Figura 39. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Sweet Charlie).

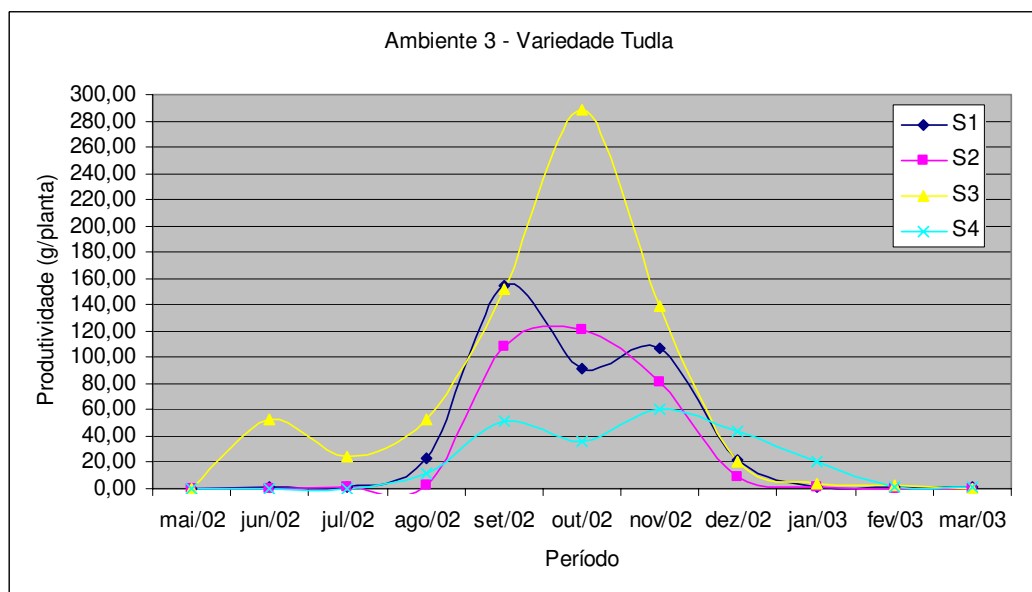


Figura 40. Produtividade mensal dos sistemas no Ambiente 3 (Tudla).

Nas Figuras 41, 42, 43 e 44 estão ilustradas as produtividades mensais (g/planta) dos sistemas de canais de 100mm, canais de 150mm, canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco e dos tubos verticais com casca de arroz carbonizada, respectivamente, para todas variedades dentro do Ambiente 1. Observa-se que nos sistemas 1, 2 e 3 o destaque foi para a

variedade Campinas, enquanto para o sistema 4, observa-se que a variedade Tudla apresentou a menor produtividade ao longo do período experimental.

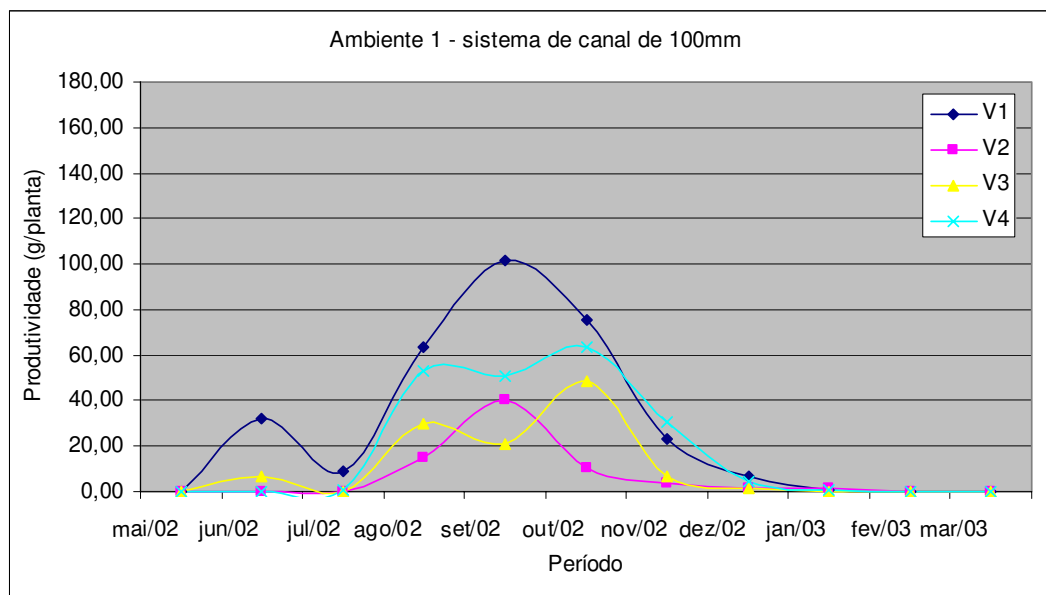


Figura 41. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1(Canais de 100mm).

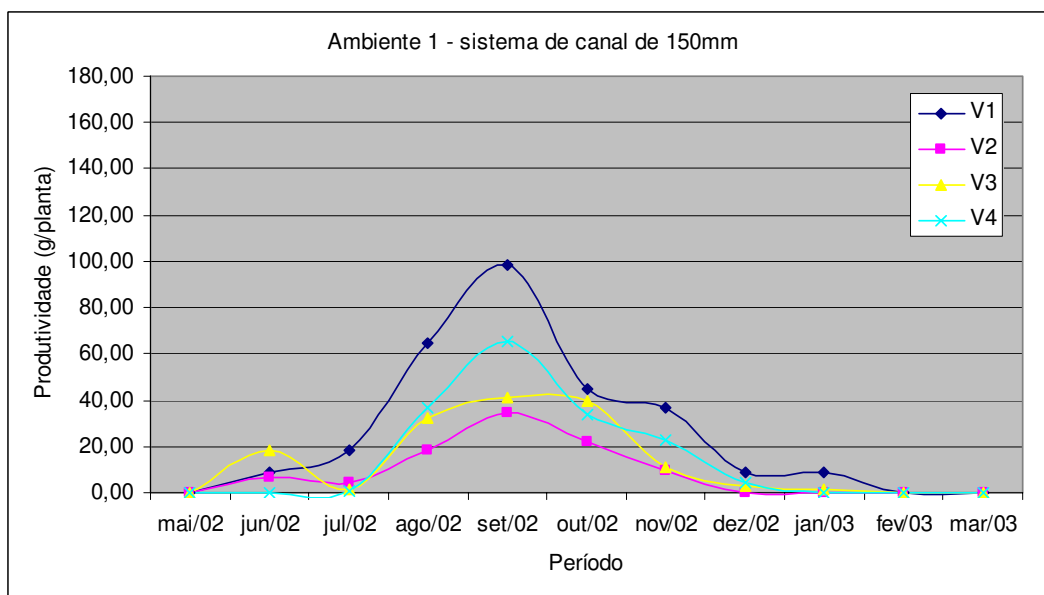


Figura 42. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1 (Canais de 150mm).

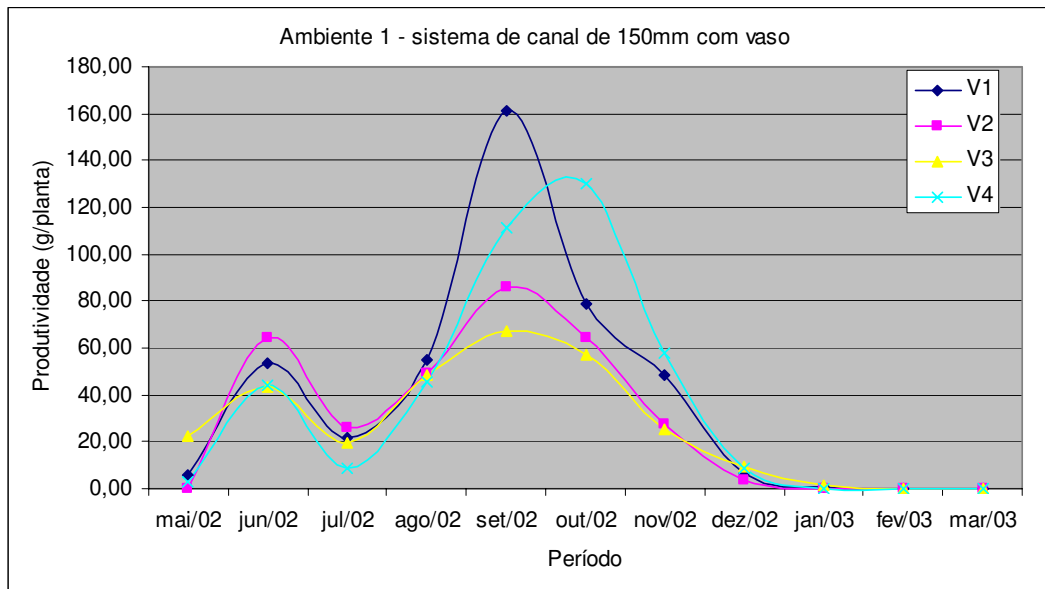


Figura 43. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1(Vaso).

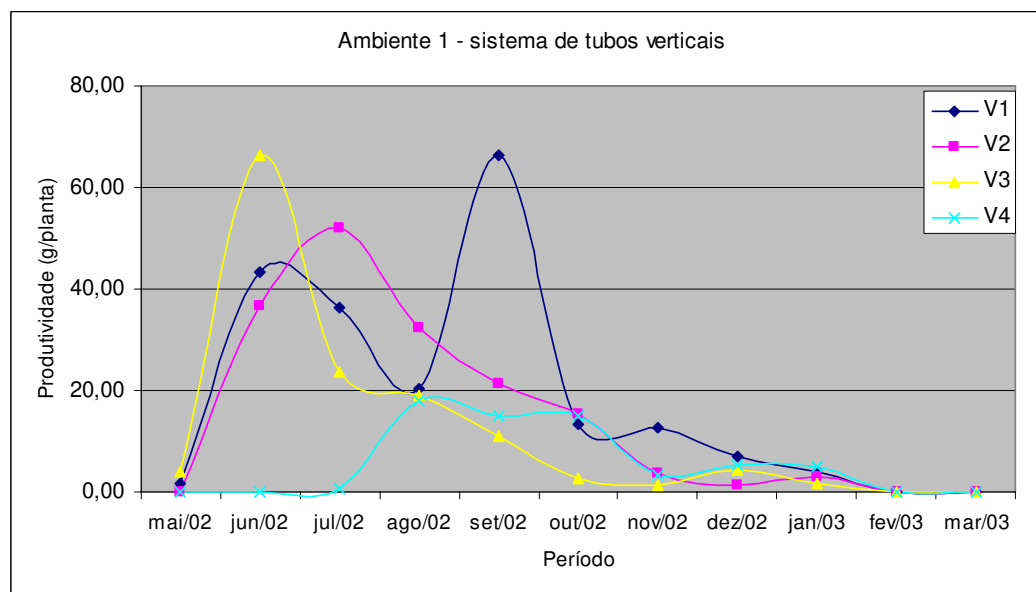


Figura 44. Produtividade mensal das variedades no ambiente 1 (Tubos Verticais).

Nas Figuras 45, 46, 47 e 48 estão ilustradas as produtividades mensais (g/planta) dos sistemas de canais de 100mm, canais de 150mm, canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco e dos tubos verticais com casca de arroz carbonizada, respectivamente, para

todas variedades, dentro do Ambiente 2. Observa-se que a variedade Tudla apresentou a menor produtividade ao longo do período experimental, fato observado no ambiente 1.

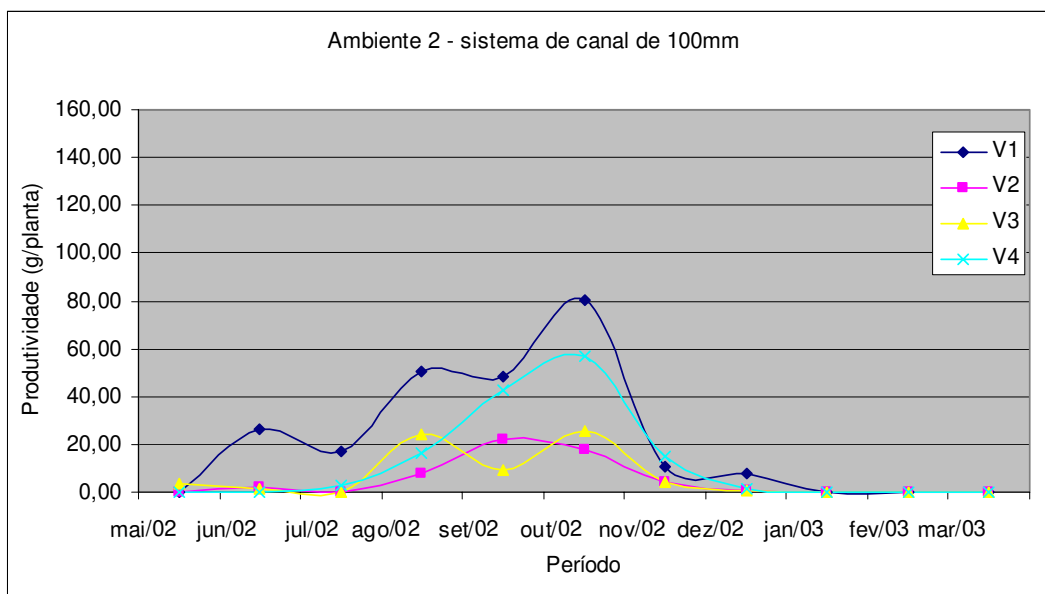


Figura 45. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Canais de 100mm).

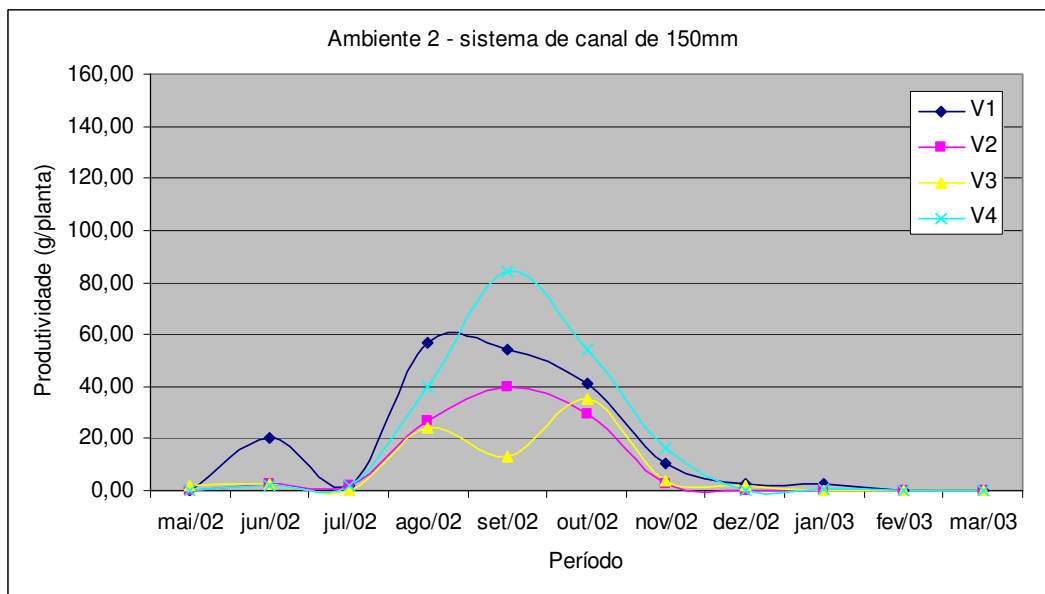


Figura 46. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Canais de 150mm).

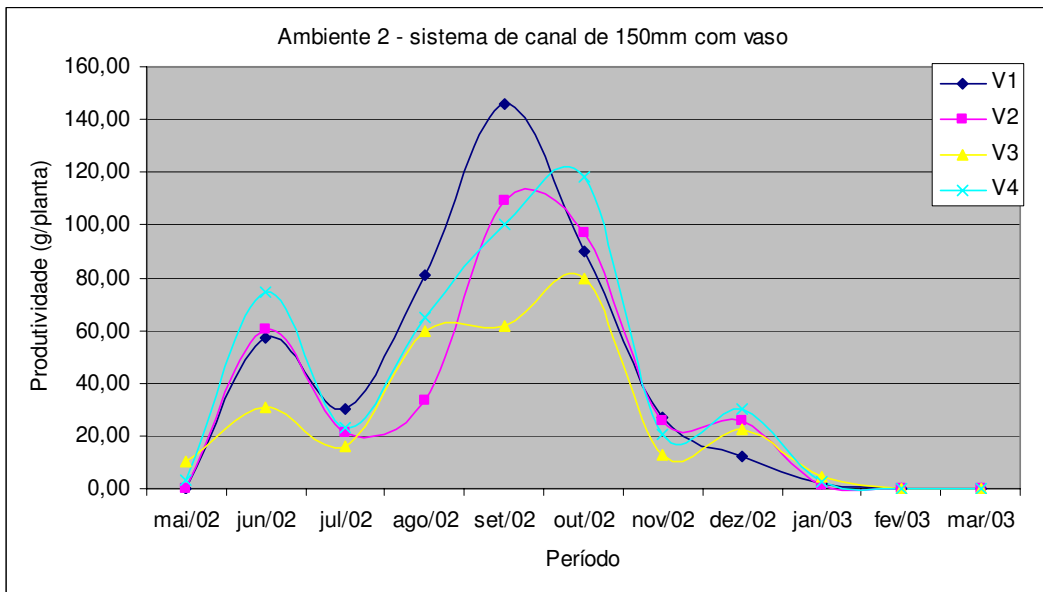


Figura 47. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Vaso).

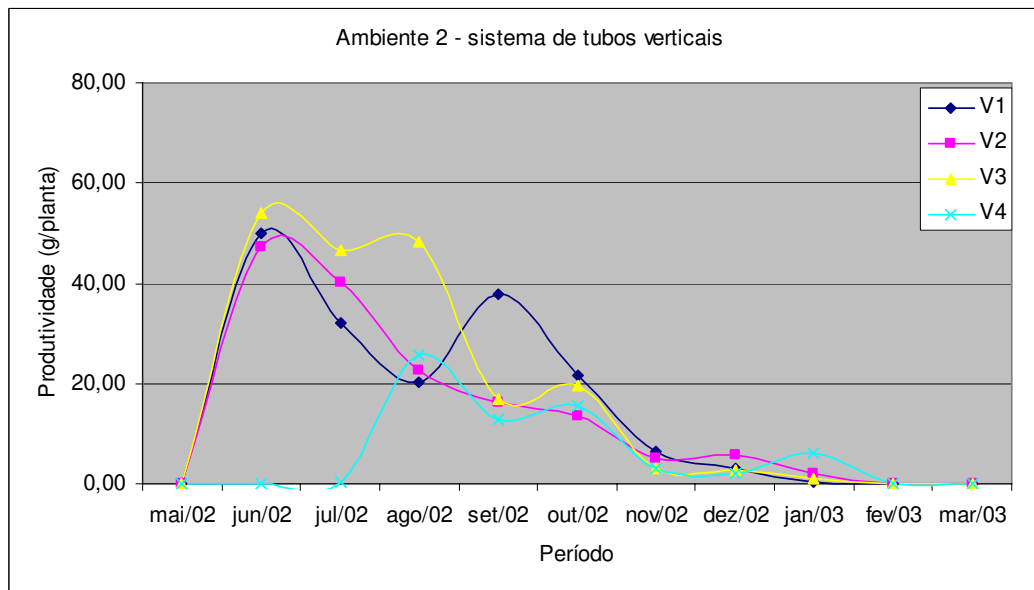


Figura 48. Produtividade mensal das variedades no ambiente 2 (Tubos Verticais).

Nas Figuras 49, 50, 51 e 52 estão ilustradas as produtividades mensais (g/planta) dos sistemas de canais de 100mm, canais de 150mm, canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco e dos tubos verticais com casca de arroz carbonizada, respectivamente, para todas

variedades dentro do Ambiente 3. Nos sistemas 1 e 2 destacou a variedade Campinas. No sistema 3 observa-se que a variedade Tudla apresentou o maior pico de produção.

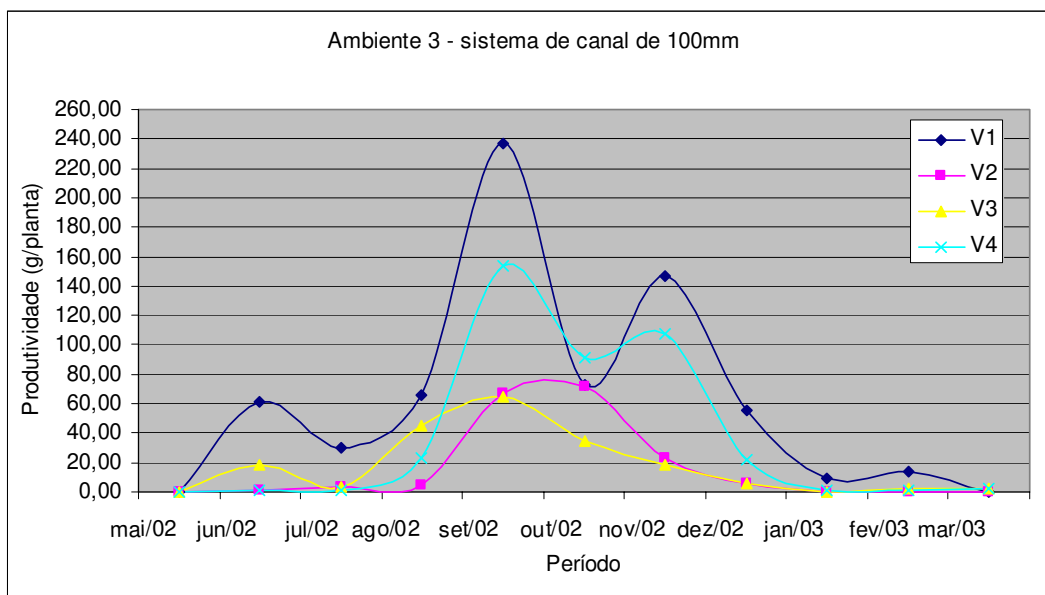


Figura 49. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Cana

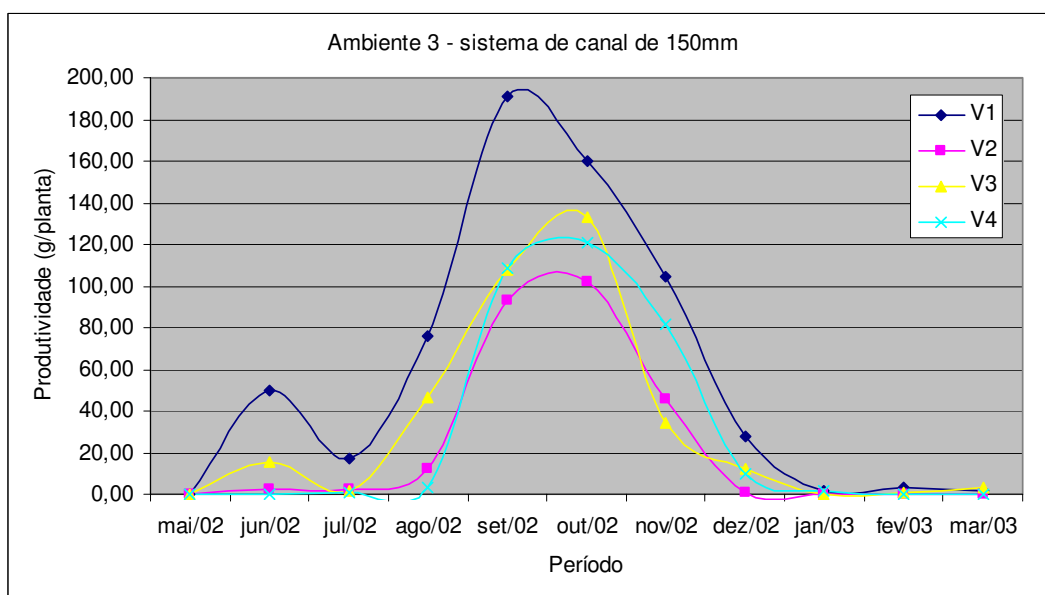


Figura 50. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Canais de

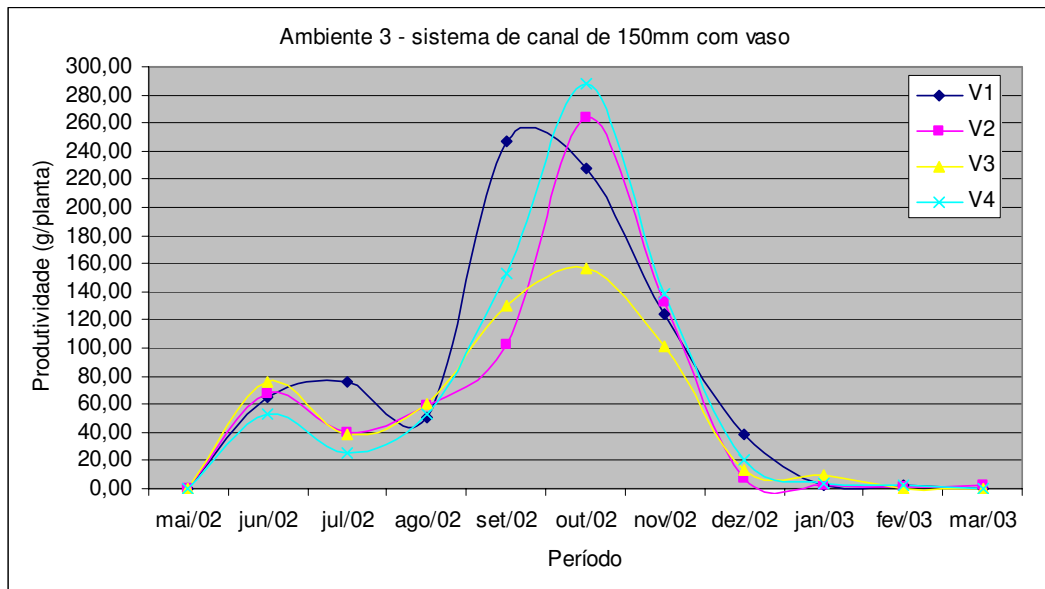


Figura 51. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Vaso).

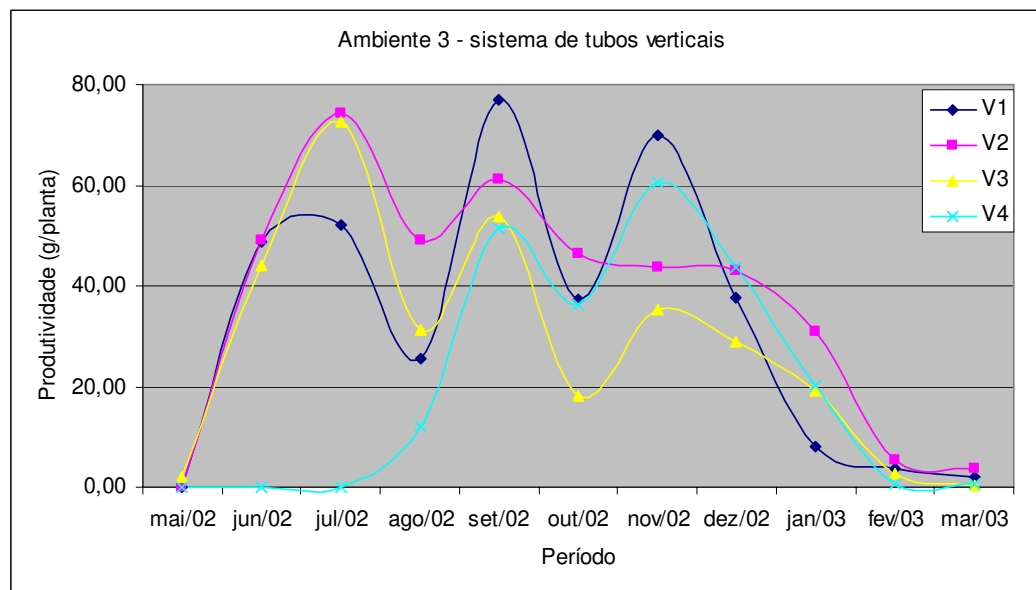


Figura 52. Produtividade mensal das variedades no ambiente 3 (Tubos Verticais).

5.2. Análise Estatística para a Produtividade (P) e o Número de Frutos (NF)

As variáveis (P e NF) foram avaliadas num esquema fatorial 3 X 4 X 4 (três ambientes, quatro sistemas e quatro variedades). Os resultados de produtividade e número de frutos estão no Apêndice 9.5 sendo que suas médias estão na Tabela 14. A seguir estão apresentadas as análises de Variância para a Produtividade (P) e para o Número de Frutos (NF) do experimento, Tabelas 5 e 6, respectivamente. Todos os resultados de análise variância foram gerados pelo software Statgraphics® Plus.

Tabela 5. Análise de Variância para Produtividade (P).

Analysis of Variance for P - Type III Sums of Squares					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Ambiente	5,90939E6	2	2,95469E6	198,40	0,0000
B:Sistema	5,31238E6	3	1,77079E6	118,90	0,0000
C:Variedade	1,88954E6	3	629847,0	42,29	0,0000
INTERACTIONS					
AB	457350,0	6	76225,0	5,12	0,0000
AC	393753,0	6	65625,6	4,41	0,0003
BC	1,14178E6	9	126865,0	8,52	0,0000
ABC	420949,0	18	23386,0	1,57	0,0646
RESIDUAL	5,67408E6	381	14892,6		
TOTAL (CORRECTED)	2,10361E7	428			
All F-ratios are based on the residual mean square error.					

Tabela 6. Análise de Variância para o Número de Frutos (NF).

Analysis of Variance for NF - Type III Sums of Squares					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
MAIN EFFECTS					
A:Ambiente	131794,0	2	65897,1	243,67	0,0000
B:Sistema	101857,0	3	33952,4	125,55	0,0000
C:Variedade	121859,0	3	40619,6	150,20	0,0000
INTERACTIONS					
AB	12162,9	6	2027,15	7,50	0,0000
AC	30846,9	6	5141,15	19,01	0,0000
BC	23009,5	9	2556,61	9,45	0,0000
ABC	12704,7	18	705,815	2,61	0,0004
RESIDUAL	103037,0	381	270,438		
TOTAL (CORRECTED)	532267,0	428			
All F-ratios are based on the residual mean square error.					

Analisando as Tabelas 5 e 6 observa-se que os efeitos principais (Ambientes, Sistemas e Variedades) e as interações (Ambiente versus Sistema – A X S; Ambiente versus Variedade – A X V; Sistema versus Variedade – S X V) apresentaram diferenças estatísticas altamente significativas, tanto para a Produtividade quanto para o Número de Frutos, ou seja, apresentaram um P-value menor que 0,001.

A seguir estão apresentados os testes de Tukey para a produtividade e o número de frutos para todas ambientes, sistemas e variedades. Todos os resultados dos testes de Tukey foram gerados pelo software Statgraphics ® Plus.

Tabela 7. Teste de Tuckey para Produtividade (Ambientes)

Multiple Range Tests for P by Ambiente

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Ambiente	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	139	194,285	X
2	145	202,537	X
3	145	448,451	X

Contrast	Difference		+/- Limits
1 - 2	-8,25175		34,0838
1 - 3	*-254,165		34,0838
2 - 3	*-245,914		33,7219

* denotes a statistically significant difference.

Tabela 8. Teste de Tukey para o Número de Frutos (Ambientes)

Multiple Range Tests for NF by Ambiente

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Ambiente	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	139	27,9245	X
2	145	29,4649	X
3	145	66,0313	X

Contrast	Difference		+/- Limits
1 - 2	-1,54043		4,593
1 - 3	*-38,1068		4,593
2 - 3	*-36,5664		4,54423

* denotes a statistically significant difference.

Tabela 9. Teste de Tuckey para Produtividade (Sistemas)

Multiple Range Tests for P by Sistema

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Sistema	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	123	203,729	X
1	95	219,675	X
2	104	229,939	X
3	107	473,687	X
Contrast	Difference		+/- Limits
1 - 2	-10,264		44,6888
1 - 3	*-254,012		44,3887
1 - 4	15,946		43,0095
2 - 3	*-243,748		43,3594
2 - 4	26,2101		41,9464
3 - 4	*269,958		41,6265
* denotes a statistically significant difference.			

Tabela 10. Teste de Tuckey para o Número de Frutos (Sistemas)

Multiple Range Tests for NF by Sistema

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Sistema	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
1	95	31,4026	X
4	123	32,2407	X
2	104	33,0043	X
3	107	67,9132	X
Contrast		Difference	+/- Limits
1 - 2		-1,60169	6,02209
1 - 3		*-36,5106	5,98165
1 - 4		-0,838128	5,79579
2 - 3		*-34,9089	5,84294
2 - 4		0,763558	5,65253
3 - 4		*35,6725	5,60943
* denotes a statistically significant difference.			

Tabela 11. Teste de Tuckey para Produtividade (Variedades)

Multiple Range Tests for P by Variedade

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Variedade	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
3	106	228,807	X
2	101	234,282	X
4	110	271,026	X
1	112	392,916	X
Contrast	Difference		+/- Limits
1 - 2	*158,634		43,2087
1 - 3	*164,109		42,6694
1 - 4	*121,89		42,269
2 - 3	5,47456		43,7847
2 - 4	-36,744		43,3945
3 - 4	-42,2186		42,8576

* denotes a statistically significant difference.

Tabela 12. Teste de Tuckey para o Número de Frutos (Variedades)

Multiple Range Tests for NF by Variedade

Method: 95,0 percent Tukey HSD			
Variedade	Count	LS Mean	Homogeneous Groups
4	110	28,4122	X
2	101	32,6035	X
3	106	33,6944	X
1	112	69,8508	X
Contrast	Difference		+/- Limits
1 - 2	*37,2473		5,82263
1 - 3	*36,1564		5,74997
1 - 4	*41,4386		5,696
2 - 3	-1,09098		5,90025
2 - 4	4,19129		5,84768
3 - 4	5,28227		5,77533

* denotes a statistically significant difference.

Nas Tabelas 7, 9 e 11 estão os testes de Tukey para os efeitos principais da variável produtividade e nas Tabelas 8, 10 e 12 estão os testes de Tukey para os efeitos principais da variável número de frutos. Observa-se que a variável mais produtiva foi Campinas (Variedade

1), conforme observado por GUSMÃO (2000), TAVARES et al. (2001) em experimentos em Jaboticabal-SP e no Distrito Federal, respectivamente, onde as demais não diferiram estatisticamente. O melhor sistema foi o sistema de 150mm com vaso contendo fibra de coco (Sistema 3), onde os demais sistemas não diferiram. O ambiente mais produtivo foi o com resfriamento evaporativo do ar e injeção aérea de dióxido de carbono (Ambiente 3).

As interações para a variável produtividade estão mostradas na Figura 53, 55 e 57 e as interações para a variável número de frutos estão mostradas nas Figuras 54, 56 e 58.

Observa-se na interação Ambiente X Sistema, para todos ambientes, tanto para a produtividade quanto para o número de frutos, Figuras 53 e 54, respectivamente, o melhor sistema de produção foi o sistema de canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco, sendo que os demais sistemas não diferiram entre si.

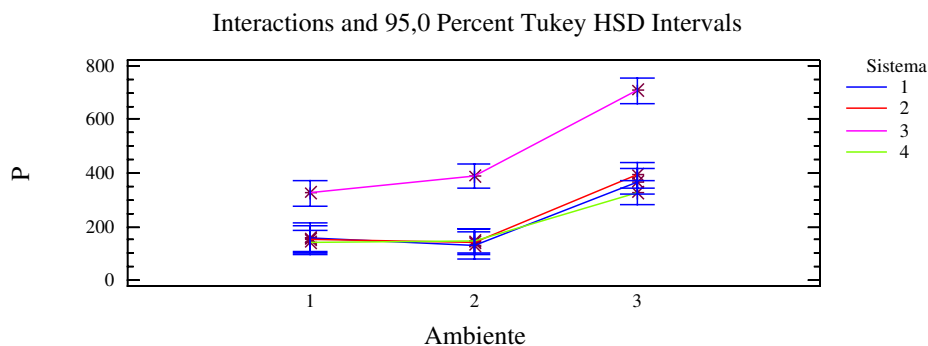


Figura 53. Interação para a produtividade (A X S).

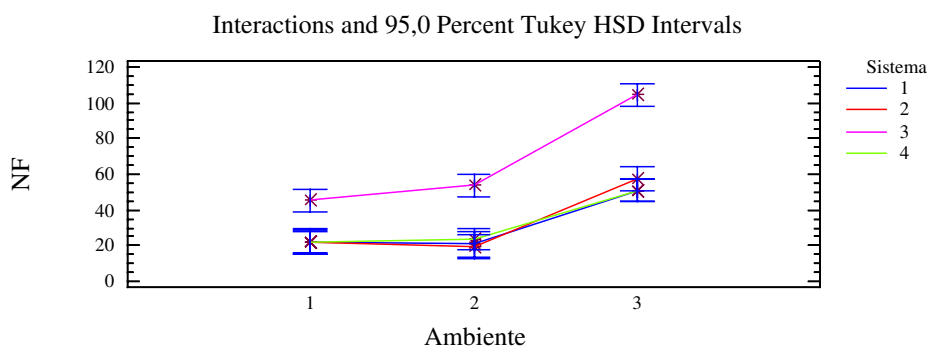


Figura 54. Interação para o número de frutos (A X S).

Nas Figuras 55 e 56 estão apresentadas as interações Ambiente X Variedade para a produtividade (P) e para o número de frutos (NF), respectivamente. Na Figura 55, observam-

se nos Ambientes 1 e 2 que a variedade Campinas (Variedade 1) foi mais produtiva que as variedades Seascape (Variedade 2) e Sweet Charlie (Variedade 3), no entanto não diferiu da variedade Tudla (Variedade 4) em nível de 5% de significância pelo teste de Tukey. No ambiente 3 a variedade Campinas foi mais produtiva que as demais variedades que não diferiram entre si. Na Figura 56, para o número de frutos, em todos os ambientes, a variedade Campinas produziu maior número de frutos que as demais variedades, que não diferiram entre si.

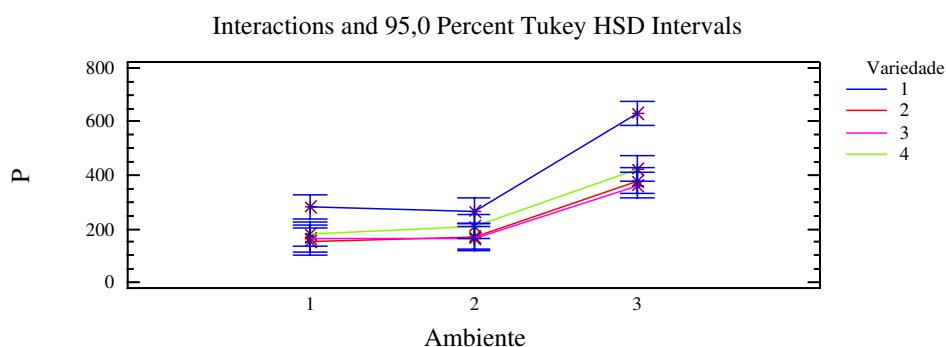


Figura 55. Interação para a produtividade (A X V).

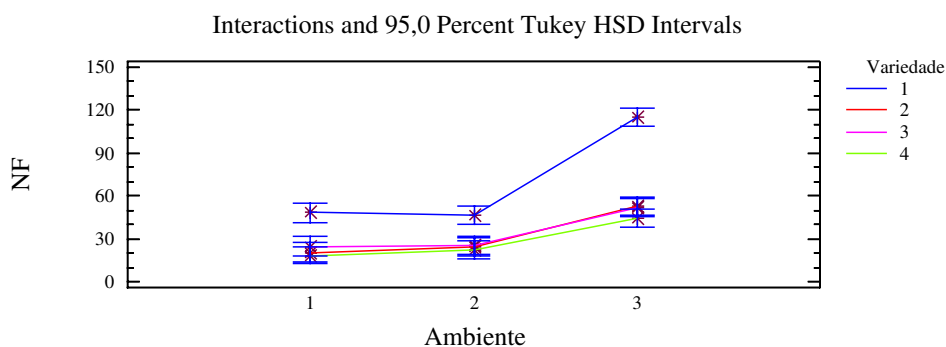


Figura 56. Interação para o número de frutos (A X V).

Nas Figuras 57 e 58 estão apresentadas as interações Sistema X Variedade para a produtividade (P) e para o número de frutos (NF), respectivamente.

Na Figura 57 observa-se para o Sistema 1, a variedade Campinas foi mais produtiva que as demais variedades e a variedade Tudla foi mais produtiva que a variedade Seascape. Para o sistema 2, a variedade Campinas foi mais produtiva que as demais variedades que não

diferiram entre si. Para o sistema 3, as variedades Campinas, Seascape e Tudla não diferiram entre si, sendo que as variedades Campinas e Tudla foram mais produtivas que a variedade Sweet Charlie. No sistema 4 as variedades Campinas, Seascape e Sweet Charlie não diferiram entre si, sendo que as variedades Campinas e Seascape foram mais produtivas que a variedade Tudla.

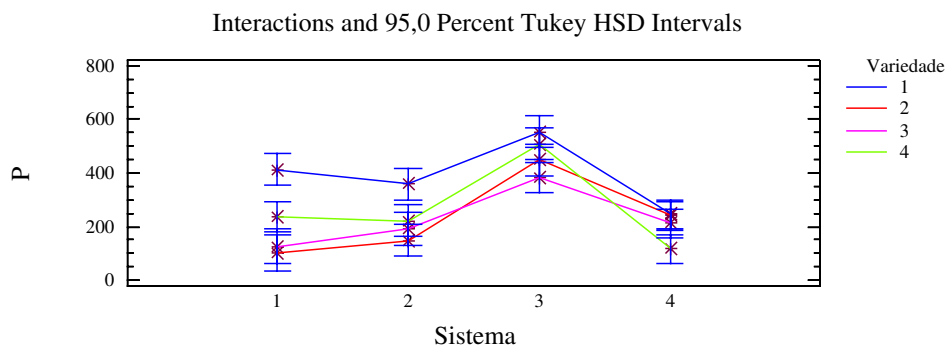


Figura 57. Interação para a produtividade (S X V).

Na Figura 58 observa-se para os Sistemas 1, 2 e 3, a variedade Campinas apresentou maior número de frutos que as demais variedades que não diferiram entre si. No sistema 4, as variedades Campinas, Seascape e Sweet Charlie não diferiram entre si e apresentaram maior número de frutos que a variedade Tudla.

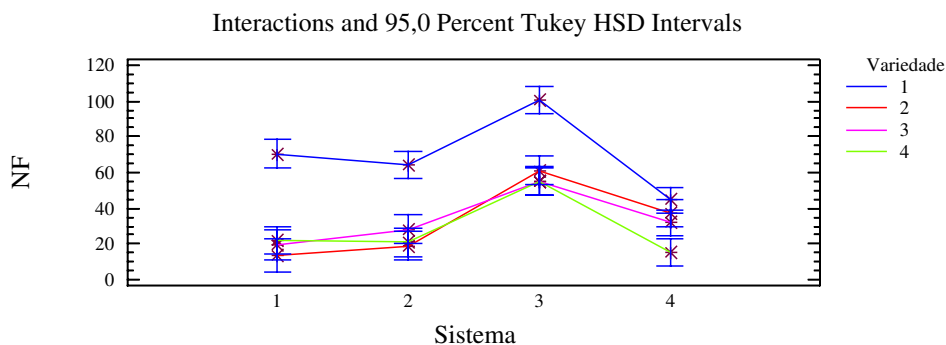


Figura 58. Interação para o número de frutos (S X V).

5.3. ANOVA utilizando delineamento *SPLI-SPLIT-PLOT*

Foi realizada uma análise de variância utilizando o delineamento split-split-plot uma vez que não se tinha repetição de ambientes (restrições na aleatorização dos ambientes, MONTGOMERY, 1997). Esta análise foi realizada para ver se os resultados obtidos em esquema fatorial teriam o mesmo comportamento quando se realizava o split-split-plot. Neste tipo de delineamento, também chamado de parcelas subdivididas, as parcelas principais foram os ambientes de cultivo, as subparcelas foram os sistemas hidropônicos, e as sub-subparcelas foram as variedades do morangueiro (MONTGOMERY, 1997; PIMENTEL GOMES, 2000).

Para realizar as análises estatísticas foi necessário que se padronizasse o número de replicações, pois inicialmente tínhamos 9 réplicas para o sistema de bancadas do tipo seção A e 12 réplicas para o sistema de tubos verticais. Mesmo perdendo algumas réplicas nos tratamentos o esquema fatorial conseguiu efetuar tais comparações, no entanto para o delineamento em Split-Split-Plot foi necessário ter número iguais de replicações e desta forma, utilizaram-se 6 replicações.

Tabela 13. Anova utilizando delineamento Split-Split-Plot

ANOVA PARCELAS SUB-SUBDIVIDIDAS					
FONTE DE VARIAÇÃO	SQ	GL	QM	Fcalculado	Fcrítico (0,05)
<u>PARCELA</u>					
REPLICAÇÕES (R)	248872	5	49774,4	6,46	3,33
FATOR AMBIENTE (A)	3757530	2	1878760	243,91	4,10
ERRO DA PARCELA (A X R)	77027,7	10	7702,77		
<u>SUBPARCELA</u>					
FATOR SISTEMA (S)	3927790	3	1309260	238,06	2,92
A X S	390138	6	65023,1	11,82	2,42
R X S	121189	15	8079,3	1,47	2,01
ERRO DA SUBPARCELA (R X A X S)	164994	30	5499,81		
<u>SUB-SUBPARCELA</u>					
FATOR VARIEDADE (V)	549825	3	183275	35,52	2,72
V X S	1018360	9	113151	21,93	2,00
V X A	76712,4	6	12785,4	2,48	2,21
V X R	675332	15	45022,1	8,72	1,80
ERRO DA SUB - SUBPARCELA (R X A X S X V)	464429	90	5160,33		

Na Tabela 14 está a comparação entre ANOVA para o delineamento em esquema fatorial (EF) e a ANOVA para o delineamento em split-split-plot (SSP). Todas as análises das parcelas (ambientes), subparcelas (sistemas) e sub-subparcelas (variedades) em SSP apresentaram diferenças altamente significativas, idênticas aos resultados apresentados pela análise em esquema fatorial (EF).

Nas interações, apenas a interação Ambiente versus Variedade (*) apresentou diferenças altamente significativas no esquema fatorial e diferença significativa em split-split-plot. Nas demais interações todos os resultados foram altamente significativos.

Tabela 14. Comparação entre EF e SSP.

Fatores / Parcelas	Esquema Fatorial (EF)	Split-split-plot (SSP)
A	Altamente Significativo	Altamente Significativo
S	Altamente Significativo	Altamente Significativo
V	Altamente Significativo	Altamente Significativo
A X S	Altamente Significativo	Altamente Significativo
A X V (*)	Altamente Significativo	Significativo
S X V	Altamente Significativo	Altamente Significativo

5.4. Aspectos gerais

Nas Figuras 59 e 60 estão ilustradas as medições realizadas para os frutos: produtividade (P) em grama por planta e número de frutos (NF) por planta.



Figura 59. Mensurações dos frutos.



Figura 60. Frutos após as mensurações.

Na Figura 61 está apresentada a produção no sistema 3 e na Figura 62 está mostrada a produção da variedade Campinas.



Figura 61. Produção do Sistema 3 em Outubro de 2002.



Figura 62. Variedade Campinas em Setembro de 2002.

Na tabela 15 estão apresentadas as médias das variáveis relacionadas aos frutos para todas as variedades, em cada sistema, dentro dos três ambientes, sendo S (sistema), V (variedade), P (produtividade em grama por planta); NF (número de frutos por planta).

Tabela 15. Médias globais das variáveis relacionadas aos frutos.

S	V	Ambiente 1		Ambiente 2		Ambiente 3	
		P	NF	P	NF	P	NF
S1	V1	312,1	52,7	241,4	44,4	692,1	115,1
	V2	72,6	8,8	54,5	9,3	177,8	22,4
	V3	115,1	18,7	69,0	11,2	195,2	29,7
	V4	204,5	20,1	134,5	13,7	405,7	37,2
S2	V1	288,6	50,7	190,2	30,2	632,4	119,0
	V2	94,8	13,8	103,6	14,3	257,0	31,1
	V3	148,4	24,6	83,9	14,2	355,9	48,1
	V4	162,8	15,6	196,7	19,1	325,1	31,3
S3	V1	431,6	74,9	445,6	76,9	833,0	159,0
	V2	320,8	46,9	374,5	49,0	675,7	93,6
	V3	294,8	43,2	298,7	44,6	584,4	81,8
	V4	409,5	44,3	437,1	45,4	737,3	83,8
S4	V1	205,3	37,0	172,7	31,2	362,2	79,4
	V2	165,7	23,2	152,2	24,5	406,7	64,3
	V3	133,7	20,4	194,0	29,5	309,1	46,6
	V4	60,3	9,1	65,3	9,4	225,8	27,1

S = Sistema; V = Variedade; P= Produtividade; NF = Número de Frutos

5.5. Análise econômica dos investimentos

A análise de investimento (análise de viabilidade econômica do projeto) utilizando a análise de benefício-custo, citada por HOFFMANN et al. (1978), considerou o custo total de materiais de casa de vegetação, por quilograma de fruto produzido.

Para determinação do número de plantas em cada sistema na casa de vegetação com largura de 6,40m por 10,59m de comprimento (área de 67,78m²), fez as seguintes considerações (Tabela 16), para as bancadas com largura de 1,40m e comprimento 4,26m e os tubos verticais com diâmetro de 0,30m.

Tabela 16. Número de Plantas por Casa de Vegetação.

Considerações para as Bancadas	
Espaçamentos para 03 (três) bancadas de 1,40m de largura, no sentido da largura da Casa de Vegetação (6,40m) = $0,45 + 1,40 + 0,65 + 1,40 + 0,65 + 1,40 + 0,45$ (m)	6,4m
Espaçamentos para 02 (duas) bancadas de 4,26m de comprimento no sentido do comprimento da Casa de Vegetação (10,59m) = $0,65 + 4,26 + 0,75 + 4,26 + 0,65$ (m)	10,57m
Total de bancadas na Casa de Vegetação de 67,78m ²	06
Total de plantas por bancada (16 plantas por canal x 12 canais)	192
Total de plantas na Casa de Vegetação	1152
Considerações para os Tubos Verticais	
Espaçamento para 04 (quatro) tubos verticais com diâmetro de 0,30m no sentido da largura da Casa de Vegetação (6,40m) = $0,60 + 4*1,30 + 0,60$ (m)	6,4m
Espaçamento para 12 (doze) tubos verticais com diâmetro de 0,30m no sentido do comprimento da Casa de Vegetação (10,59m) = $0,90 + 12*0,73 + 0,90$ (m)	10,56m
Total de Tubos (04 x 12)	48
Total de plantas por tubo (07 plantas por linha x 04 linhas)	28
Total de plantas na Casa de Vegetação	1344

Antes de se proceder a análise econômica, mesmo sabendo-se que o sistema de canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco foi mais produtivo, comparou-se a produtividade desse sistema com a produtividade do sistema de tubos verticais (Tabela 17), para a variedade Campinas, que se destacou entre as demais estudadas. Considerou-se, para determinação da quantidade (kg) de fruto produzido em cada casa de vegetação, que cada sistema estivesse ocupando, independentemente, a área útil total da casa de vegetação, utilizando uma adaptação da metodologia de FERNANDES JUNIOR et al. (2002).

Tabela 17. Produtividade da variedade Campinas, nos sistemas 3 e 4.

Ambiente	Sistema 3 (g/planta)	Número de Plantas	Sistema 3 (kg)
1	431,62	1152	497,22
2	445,55	1152	513,28
3	832,96	1152	959,57
Ambiente	Sistema 4 (g/planta)	Número de Plantas	Sistema 4 (kg)
1	204,94	1344	275,44
2	171,42	1344	230,39
3	362,20	1344	486,79

Em todos os ambientes o sistema 3, mesmo possuindo menor número de plantas dentro da casa de vegetação (1152), foi o mais produtivo que o sistema 4, que em função da configuração, teria um número maior de plantas (1344).

O preço obtido pelo produtor no varejo está explicitado na Tabela 18 a seguir.

Tabela 18. Distribuição dos preços por quilograma de morango.

Preço do quilograma do morango no período				
Ano	Mês	Produto	Unidade	Preço
2002	mai/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 7,36
2002	jun/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 6,87
2002	jul/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 6,42
2002	ago/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 5,94
2002	set/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 5,54
2002	out/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 6,26
2002	nov/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 7,06
2002 (*)	dez/02	Morango	cx.1 kg	R\$ 7,88
2003 (*)	jan/03	Morango	cx.1 kg	R\$ 7,82
2003 (*)	fev/03	Morango	cx.1 kg	R\$ 13,84
2003 (*)	mar/03	Morango	cx.1 kg	R\$ 9,50

Fonte: IEA – Instituto de Economia Agrícola (2002/2003).

* Corrigido pelo IGPM..

A seguir é apresentada a Tabela 19 de análise de investimento (análise de projeto) onde os custos fixos e variáveis foram fixados em reais para o mês de abril de 2002. Como a produtividade foi maior para o sistema de canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco, a análise de viabilidade econômica só foi realizada para este sistema nos três tipos de ambientes. A variação do IGPM (INDICES GERAL DE PREÇO DE MERCADO) em abril de 2002 foi de 0,56% e o acumulado no ano foi de 1,0735%.

Tabela 19. Análise de viabilidade econômica.

Número de plantas =	1152 plantas	Area (m ²) =	67,78 m ²
Sistema 3	kg de frutos (Ambiente 1)	kg de frutos (Ambiente 2)	kg de frutos (Ambiente 3)
kg	497,22	513,28	959,57
Sistema 3	Receita - R\$ (Ambiente 1)	Receita - R\$ (Ambiente 2)	Receita - R\$ (Ambiente 3)
R\$	R\$ 3.066,45	R\$ 3.159,48	R\$ 6.050,84
Custos fixos			
Depreciação			
Material	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo da Casa de Vegetação	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.100,00
Depreciação anual (R\$)	R\$ 262,50	R\$ 262,50	R\$ 382,50
Depreciação anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,53	R\$ 0,51	R\$ 0,40
Ventilador - CO₂	R\$ 0,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Depreciação anual (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
Depreciação anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,03	R\$ 0,02
Bomba sucção solução	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Depreciação anual (R\$)	R\$ 10,00	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Depreciação anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,02	R\$ 0,02	R\$ 0,01
Motor cortina	R\$ 290,00	R\$ 290,00	R\$ 290,00
Depreciação anual (R\$)	R\$ 29,00	R\$ 29,00	R\$ 29,00
Depreciação anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,06	R\$ 0,06	R\$ 0,03
Custo dos investimentos			
Material	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo da Casa de Vegetação	R\$ 3.500,00	R\$ 3.500,00	R\$ 5.100,00
Juros anual (R\$)	R\$ 255,50	R\$ 255,50	R\$ 372,30
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,51	R\$ 0,50	R\$ 0,39
Bancadas de cultivo	R\$ 263,33	R\$ 263,33	R\$ 263,33
Juros anual (R\$)	R\$ 19,22	R\$ 19,22	R\$ 19,22
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,04	R\$ 0,04	R\$ 0,02
Canais de cultivo	R\$ 385,33	R\$ 385,33	R\$ 385,33
Juros anual (R\$)	R\$ 28,13	R\$ 28,13	R\$ 28,13
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,06	R\$ 0,05	R\$ 0,03
Tubulações condução solução	R\$ 166,67	R\$ 166,67	R\$ 166,67
Juros anual (R\$)	R\$ 12,17	R\$ 12,17	R\$ 12,17
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,02	R\$ 0,02	R\$ 0,01
Reservatórios da solução	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Juros anual (R\$)	R\$ 7,30	R\$ 7,30	R\$ 7,30
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
Controlador de tempo (bombas)	R\$ 25,00	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Juros anual (R\$)	R\$ 1,83	R\$ 1,83	R\$ 1,83
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Bomba sucção solução	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Juros anual (R\$)	R\$ 7,30	R\$ 7,30	R\$ 7,30
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,01	R\$ 0,01	R\$ 0,01
Tubulações condução (CO₂)	R\$ 0,00	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Juros anual (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 14,60	R\$ 14,60
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,03	R\$ 0,02
Controlador de tempo (CO₂)	R\$ 0,00	R\$ 37,50	R\$ 37,50
Juros anual (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 2,74	R\$ 2,74
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,01	R\$ 0,00
1 Válvula solenóide (CO₂)	R\$ 0,00	R\$ 350,00	R\$ 350,00
Juros anual (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 25,55	R\$ 25,55
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,05	R\$ 0,03
Ventilador - CO₂	R\$ 0,00	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Juros anual (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 10,95	R\$ 10,95
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,02	R\$ 0,01

Cortina termo refletora	R\$ 338,85	R\$ 338,85	R\$ 338,85
Juros anual (R\$)	R\$ 24,74	R\$ 24,74	R\$ 24,74
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,05	R\$ 0,05	R\$ 0,03
Motor cortina	R\$ 290,00	R\$ 290,00	R\$ 290,00
Juros anual (R\$)	R\$ 21,17	R\$ 21,17	R\$ 21,17
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,04	R\$ 0,04	R\$ 0,02
Sistema Refrigeração Solução	R\$ 200,00	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Juros anual (R\$)	R\$ 14,60	R\$ 14,60	R\$ 14,60
Juros anual (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,03	R\$ 0,03	R\$ 0,02
Soma Custo Fixo	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo fixo (R\$)/kg de fruto	R\$ 1,39	R\$ 1,49	R\$ 1,04
Custos variáveis			
Bomba sucção da solução	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Potência nominal (kW)	1,23	1,23	1,23
Tempo de funcionamento (h)/dia	5,33	5,33	5,33
Custo do KWh	R\$ 0,14	R\$ 0,14	R\$ 0,14
Custo 365 dias (R\$)	R\$ 330,18	R\$ 330,18	R\$ 330,18
Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,66	R\$ 0,64	R\$ 0,34
Ventilador CO₂	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Potência nominal (kW)	0	0,117	0,117
Tempo de funcionamento (h)/dia	0	1,5	1,5
Custo do KWh	R\$ 0,14	R\$ 0,14	R\$ 0,14
Custo 365 dias (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 8,86	R\$ 8,86
Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,02	R\$ 0,01
Exaustores PAD + Bomba	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Potência nominal (kW)	0	0	1
Tempo de funcionamento (h)/dia	0	0	6
Custo do KWh	R\$ 0,14	R\$ 0,14	R\$ 0,14
Custo 365 dias (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 303,01
Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,32
Motor cortina	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Potência nominal (kW)	0,046	0,046	0,046
Tempo de funcionamento (h)/dia	0	0	0
Custo do KWh	R\$ 0,14	R\$ 0,14	R\$ 0,14
Custo 365 dias (R\$)	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Motor Refrigeração Solução	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Potência nominal (kW)	0,497	0,497	0,497
Tempo de funcionamento (h)/dia	9	9	9
Custo do KWh	R\$ 0,14	R\$ 0,14	R\$ 0,14
Custo 365 dias (R\$)	R\$ 226,04	R\$ 226,04	R\$ 226,04
Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,45	R\$ 0,44	R\$ 0,24
Custo com mão-de-obra			
Mão-de-obra (1 mensalista)	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo Mensal por 1000m ² (R\$ 237,00)	R\$ 948,00	R\$ 948,00	R\$ 948,00
Custo Mensal por 67,76m ² (R\$ 16,00)	R\$ 64,00	R\$ 64,00	R\$ 64,00
Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,13	R\$ 0,12	R\$ 0,07
Mudas	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo com mudas (R\$ 0,12)	R\$ 138,24	R\$ 138,24	R\$ 138,24
Custo com mudas (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,28	R\$ 0,27	R\$ 0,14
Custo com solução nutritiva	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo com 1 solução mensal	R\$ 166,67	R\$ 166,67	R\$ 166,67
Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,34	R\$ 0,32	R\$ 0,17
Custo com consumo de CO₂	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo com 365 dias	R\$ 0,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00

Custo 365 dias (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,00	R\$ 0,58	R\$ 0,31
Custo das embalagens	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo embalagens	R\$ 39,78	R\$ 41,06	R\$ 76,77
Custo embalagens (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,08	R\$ 0,08	R\$ 0,08
Custo com manutenção	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo manutenção	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Custo manutenção (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,20	R\$ 0,19	R\$ 0,10
Insumos	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo insumos	R\$ 100,00	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Custo insumos (R\$)/kg de fruto	R\$ 0,20	R\$ 0,19	R\$ 0,10
Soma dos custos variáveis	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3
Custo variável (R\$)/kg de fruto	R\$ 2,34	R\$ 2,87	R\$ 1,89
 Custo total	 Ambiente 1	 Ambiente 2	 Ambiente 3
Custo Total (R\$)/kg de fruto	R\$ 3,74	R\$ 4,36	R\$ 2,93
 Receita	 Ambiente 1	 Ambiente 2	 Ambiente 3
Receita (R\$)/kg de fruto	R\$ 6,23	R\$ 6,23	R\$ 6,23
 Lucro Líquido	 Ambiente 1	 Ambiente 2	 Ambiente 3
Lucro líquido (R\$)/kg de fruto	R\$ 2,49	R\$ 1,87	R\$ 3,30

A depreciação foi calculada para as instalações e para os equipamentos, considerando uma vida útil de 10 anos (10% ao ano) para os equipamentos e de 15 anos para as casas de vegetação (6,7% ao ano). Os custos de investimento foram calculados considerando-se um rendimento anual de 7,3% (TR+poupança) para o capital e também que o produtor dispunha de área para implantação das casas de vegetação.

Os gastos com energia elétrica foram contabilizados considerando-se o valor de 1kWh igual a R\$ 0,13836, para o meio rural, fornecido pela CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz). Todos os equipamentos foram considerados, trabalhando, em potência nominal, uma vez que não se tinha um medidor de kWh.

Os custos com mão-de-obra foram calculados baseado nos valores fornecidos pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA, abril de 2002), considerando um trabalhador mensalista com remuneração média de R\$ 237, 92. Para o cálculo dos custos com mão-de-obra para manutenção, tratos culturais e manejo das casas de vegetação, foi considerado que um trabalhador é capaz de cuidar de 1000m² de área de produção em casas de vegetação.

No cálculo utilizou-se 1152 mudas de morangueiro a R\$ 0,12 por muda.

Em média, gastou-se R\$ 166,67 com nutrientes para cada casa de vegetação durante o período.

O custo do cilindro de CO₂ foi de R\$ 100,00/unidade. Durante o experimento

gastaram-se 6 cilindros de Abril de 2002 a Março de 2003.

Para contabilizar os custos com embalagens para o morangueiro entrou-se em contato com empresas que forneciam o material, e esta resultou num custo de R\$ 0,08 por embalagem de 1kg. O custo da embalagem foi calculado em função da produção de cada casa de vegetação.

Considerou-se um custo de R\$ 100,00 para cada casa de vegetação para reposição de peças.

O cálculo do custo total (CT) é dado pelo somatório do custo fixo (CF) e custo variável (CV), ou seja, $CT = CF + CV$.

O custo total do projeto considerou produtores que não possuíam casas de vegetação, apenas área disponível para implantação das mesmas.

Analizando-se a Tabela 19 e fazendo um balanço de receita total menos custo total chega-se no lucro líquido, observa-se que todos os ambientes trariam retornos do investimento, destacando o ambiente 3, em que o lucro líquido foi R\$ 0,81/kg de fruto superior ao ambiente 1 e R\$ 1,43/ kg de fruto superior ao ambiente 2. Um ponto fundamental que diferencia o ambiente 3, foi a continuidade da produção nos meses após outubro, onde se pode conseguir um melhor preço do produto.

Tabela 20. Produção do Morangueiro no Estado de São Paulo

Produção do morangueiro no Estado de São Paulo				
Ano	Área de Produção (ha)	Produção (cx. 4,0kg)	Produção / Área (caixa 4,00kg/ha)	Produtividade (kg/m ²)
1999	911	7.105.075,00	7.799,20	3,12
2000	673	5.417.775,00	8.050,19	3,22
2001	707	5.901.800,00	8.347,67	3,34
2002	542,6	4.298.650,00	7.922,32	3,17
2003	487	3.774.150,00	7.749,79	3,10

Fonte: IEA, 2004.

Comparando-se as Tabelas 16 e 17 com a Tabela 20, onde a produtividade da variedade Campinas foi de 959,57kg em 67,78m², ou seja, 14,16kg/m² dentro do ambiente 3, observa-se uma excelente produtividade quando comparada a maior produtividade dos últimos cinco anos (de 1999 a 2003) no Estado de São Paulo, que foi no ano de 2001 com produtividade de 3,34 kg/m².

VI. CONCLUSÕES.

Depois de analisar todos os efeitos principais (Ambientes, Sistemas e Variedades) e suas interações, pode-se concluir que:

- A variedade Campinas foi a que mais se destacou entre todas as variedades estudadas, sendo que nos ambientes não climatizados esta não diferiu da Tudla;
- O sistema de bancadas, formato “A”, usando canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco, foi o mais produtivo dentre todos os sistemas estudados, dentro de todos os ambientes;
- O ambiente com enriquecimento atmosférico de CO₂ e resfriamento evaporativo do ar foi o mais produtivo dos ambientes estudados, apresentando um maior período de produção, prolongando-se a colheita para os meses de verão (Dezembro e Janeiro), podendo se obter uma maior lucratividade em função do aumento do preço no quilograma de morango nesses meses.
- É inviável a utilização da aplicação CO₂ em ambiente aberto, para o cultivo de morangueiro em sistemas hidropônicos, mesmo utilizando manejo das cortinas para um melhor aproveitamento da aplicação;
- Para as variedades Campinas e Tudla o sistema menos produtivo foi de tubos verticais contendo casca de arroz carbonizada;
- Para as variedades Seascape e Swett Charlie o sistema menos produtivo foi de canais de 100mm e 150mm;
- A variedade Campinas se destacou para os sistemas de bancadas em relação às demais variedades, seguida pela variedade Tudla, excetuando o sistema com vasos, onde a produtividade foi similar à das variedades Seascape e Tudla;
- Para o sistema de tubos verticais a variedade Tudla foi a menos produtiva;
- No sistema de vaso a variedade Tudla e Campinas foram as mais produtivas;
- Do ponto de vista econômico todos os ambientes trariam retorno do investimento para a produção da variedade Campinas no sistema de canais de 150mm com vaso contendo fibra de coco, com destaque para o ambiente climatizado.

VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AGUIAR e SILVA, M.A.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F.; GOMES, E.N. Estimativa dos componentes do saldo de radiação em casa de vegetação. **Sinergia** – FCA/UNESP. 1999.

ALBRIGHT, L.D. **Environment control for animals and plants**. St. Joseph, Michigan: ASAE, 453p.1990.

ALDRICH, R. A., Environmental principles of plant growth structures, in ESMAY, M.; DIXON, J. **Environmental control for agricultural buildings**. Editora The Avi Publishing Company, Westport, Connecticut, 1986.

ANDRIOLO, J.L.; BONINI, J.V. BOEMO, M.P. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Revista Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 24-27, março 2.002.

ARAUJO, J. A. C. de; VILLELA JUNIOR, L. V. E.; FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. P. C. de. Características físicas de morangos produzidos em condições hidropônicas com resfriamento da solução nutritiva. **Revista Horticultura Brasileira** – Suplemento 1- v.21, n. 2, p. 283, julho de 2003. (Resumos do 43º Congresso de Olericultura, Recife, PE, 27 de julho a 01 de agosto de 2003).

ASHRAE. Chapter 22. Environment control for animals and plants, p. 22.1-22.20 in **ASHRAE Handbook of applications**, 1978.

_____. Chapter 9. Environment control for animals and plants, p. 9.1-9.18 in **ASHRAE Handbook of Fundamentals**, 1981.

ASSIS, F.N. de; VERONA, L.A.F. Consumo de água e coeficiente de cultura do sorgo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 5, p. 665-670, 1991

AUGSBURGER, N. D.; BOHANON, J. L.; CALHON, J. D.; HILDINGER, J. D. **The greenhouse climate control handbook**. ACME Engineering and Manufacturing Corp., Muskogee, Oklahoma, 1977.

BARBEE, D. G.; GOLPEN, S. P.; THOMAS III, O. B.; NUCKOLLS, C. E. A review categorizing engineering techniques of plant environment simulators. Mechanical Engineering Department, Texas A; M University, College Station, Texas, USA. **Journal Agricultural Engineering Resourch** 18, 13-29, 1973

BLISKA JR, A.; HONÖRIO, S. L. **Cartilha tecnológica**. Plasticultura e estufa. FEAGRI/UNICAMP, Campinas, SP, 1996.

BOILY, R. **Estufa** – Controle do meio ambiente., FEAGRI, UNICAMP, 1999 (Apostila).

BONNECARRÈRE, Reinaldo Antonio Garcia; SANTOS, Osmar; PILAU, Felipe Gustavo; SCMIDT, Denise; MANFRON, Derblai Casaroli; FAGAN, Evandro Bonito. Forma de manejo de plantas de morango conduzidas em hidroponia, no sistema NFT. **Revista Horticultura Brasileira** – Suplemento 1- v.21, n. 2, julho de 2003. (Resumos do 43º Congresso de Olericultura, Recife, PE, 27 de julho a 01 de agosto de 2003).

BORSATTO, R. S.; SENTELHAS, P. C.; MINAMI, K. Avaliação da influência da coloração da cobertura plástica (PVC) na incidência da radiação solar no interior de estufas. **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, CONBEA. 2000.

CAMACHO, J. M.; ASSIS, F. N.; Martins, S. R.; MENDEZ, M. E. G. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista brasileira de agrometeorologia**, Santa Maria, v.3 p. 19-24, 1995.

CAMPBELL, D.E. and YOUNG, R. Short-term CO₂ exchange response to temperature, irradiance, and CO₂ concentration in strawberry. **Photosynthesis Research** 8: pag. 31-40, 1986.

CAPORN, S. J. M.; HAND, D. W.; MANSFIELD, T. A.; WELLBURN, A. R. Canopy photosynthesis of CO₂-enriched lettuce (*Lactuca sativa* L.). Response to short-term changes in CO₂, temperature and oxides of nitrogen. **New Phytologisty**. vol. 126, 45-52, 1994.

CALVETE, Eunice Oliveira; CECCHETTI, Dileta; BORDIGNON, Lucrécia. Desempenho de cultivares de morangueiro em ambiente protegido. **Revista Horticultura Brasileira** – Suplemento 1- v.21, n. 2, julho de 2003. (Resumos do 43º Congresso de Olericultura, Recife, PE, 27 de julho a 01 de agosto de 2003).

CANSADO, Jacinto Carlos Ascencio. **Agriologic sistema para experimentação de controle**

climático de casas de vegetação. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. – São Paulo, SP, 2003. 148p.

CARMO Jr, R. R.; COSTA, E.; LEAL, P. M. Otimização de espaço em casas de vegetação com uso de bancadas com seção “A” para o cultivo hidropônico de alface. In: **XXVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 18, Pelotas: SBEA, n. 144, 1999.

CARMO Jr, R. R. **Produção de alface (*Lactuca sativa* L.) em cultivo hidropônico utilizando atmosfera modificada no interior da estufa.** Dissertação de Mestrado, FEAGRI, UNICAMP, Campinas, 2000.

CASTELLANE, P. D.; ARAÚJO, J. A. C. Cultivo sem solo - Hidroponia, FCAV, Jaboticabal, FUNEP, 1995, 43p.

CERMENO, Z.S. **Estufas, instalação e manejo.** Litexa Editora, 1990.

CHURCH, G. A.; WATERS, W. F.; LAZIN, M. B. Application of ground water to greenhouse cooling systems. Winter meeting, **American Society of Agricultural Engineers**, Chicago, Illinois, dezembro, p. 15-18, 1981.

CONTI, J. H. **Estudo de caracteres morfológicos, agronômicos e moleculares em cultivares de morango (*Fragaria x ananassa* Duch).** Tese de Doutorado, Escola Superior “Luís de Queiróz”, USP- Universidade de São Paulo , Piracicaba, SP, Dezembro de 1998.

CONTI, J.H.; MINAMI, K.; TAVARES, F.C.A. Comparação de caracteres morfológicos e agronômicos com moleculares em morangueiros cultivados no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 419-423, setembro 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.** Dissertação de Mestrado (Construções Rurais e Ambientação). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.- Campinas, SP, 2001. 144p

COSTA, E; LEAL, P. M.; CARMO JUNIOR, R. R. do. Validação de um modelo de simulação da temperatura interna média de casas de vegetação. **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2000**, Fortaleza – Ceará, 4 a 7 de julho de 2000.

_____. Modelo de simulação da temperatura e umidade relativa do ar no interior da estufa plástica. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, SP, vol. 24, número 1, páginas 57-67, janeiro/abril 2004.

COSTA, E.; AMENDÔLA, M. A. Simulação matemática do balanço de cargas térmicas em casas de vegetação para o planejamento da produção. CNMAC – **Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional**. Santos, SP, setembro de 2000.

COSTA, Paulo César; GRASSI FILHO, Hélio. Cultivo hidropônico do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 198, p. 65-68, maio/junho de 1999

DA SILVA, E. T.; SCHWONKA, F. Comportamento da temperatura do ar sob condições de cultivo em ambiente protegido. **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, CONBEA, 2000.

DENTCHEV, R. G., SANTIS, F. e VOX, G. – Engineering and Economic Aspects of the NFT Systems – Itália: 1994 – **Acta Horticulturae** 361, p.423-428;

DIAS, Mário Sérgio Carvalho. Doenças do morangueiro. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 198, p. 69-74, maio/junho de 1999

DONNAN, R. Hydroponic Strawberries – The Australian Experience – **Practical Hydroponics and Greenhouses**, maio/junho 1997 . p 54 a 64;

DUARTE FILHO, Jaime; CUNHA, Rubens José Pietsh; ALVARENGA, Deny Alves; PEREIRA, Giuliano Elias; ANTUNES, Luís Eduardo Corrêa. Aspectos do florescimento e técnicas empregadas objetivando a produção precoce em morangueiros. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 198, p. 30-35, maio/junho de 1999

EHLER, N.; KARLSEN, P. OPTICO - a model based real-time expert system for dynamic optimization of CO₂ enrichment of greenhouse vegetable crops. **Journal of horticultural science**, 68, p. 485-494, 1993.

FADINI, Marcos Antônio Matiello; ALVARENGA, Deny Alves. Pragas do morangueiro. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 198, p. 75-79, maio/junho de 1999

FANG, W. Greenhouse cooling in subtropical regions. *Greenhouse Environment Control and Automation*, **Acta Horticulturae**, 399, p. 37-47, 1995.

FANQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; VILELLA, L. A. **A produção de alface em hidroponia**. UFLA, Lavras, 1996, 50p.

FERNANDES JÚNIOR, Flávio. **Produção do morangueiro em solo, hidroponia NFT e colunas verticais com substrato**. 88p. Dissertação de Mestrado – Instituto agrônomo de Campinas – IAC, Campinas, SP, 2001.

FERNANDES JÚNIOR, Flavio; FURLANI, Pedro Roberto; RIBEIRO, Ivan José Antunes; CARVALHO, Cassia Regina Limonta. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, Campinas, SP, v. 61, n. 1, 25-34, 2002 .

FERREEE, D. C.; STANG, E. J. Seasonal plant shading, growth, and fruiting in “Earliglow” strawberry. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 113, n. 3, p.322-327, may 1988.

FOLTRAN, D. B. et al. – **A Cultura do Morangueiro** – Cabreúva: 1991;

FOX, R. – **Practical Hydroponics and Greenhouse**, julho/agosto 1997 . p 61 a 63.

FRISINA, V. A.; ESCOBEDO, J. F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. **Revista pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1775-786, outubro, 1999.

FURLAN, R.A.; FOLEGATTI, M. V.; CAMPECHE, L.F. S. M.; SILVA, F.C.; OLIVEIRA, R.F. Efeito do manejo de cortinas no resfriamento do ar em ambiente protegido. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, CONBEA. 2000.

FURLAN, Raquel Aparecida. **Avaliação da nebulização e abertura de cortinas na redução de temperatura do ar em ambiente protegido**. Tese de Doutorado (Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. – Piracicaba, SP, 2001, 160p.

FURLANI, P.R. **Soluções nutritivas para o cultivo hidropônico**: composição, química e

manejo. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1998, 15p

_____. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia NFT.** IAC – Campinas, 1998, 30p.

_____. **Cultivo de morango por hidroponia NFT e vertical em substratos** (Boletim técnico) Campinas, Instituto Agronômico, 2001, 2p.

_____. **Preparação de solução nutritiva para o morangueiro** (comunicação pessoal – correio eletrônico). Mensagem recebida por mestrine@agr.unicamp.br, 2001.

_____. **Preparação de solução nutritiva para o morangueiro** (comunicação pessoal – correio eletrônico). Mensagem recebida por mestrine@agr.unicamp.br, 2002a.

_____. **Preparação de solução nutritiva para o morangueiro** (comunicação pessoal – correio eletrônico). Mensagem recebida por mestrine@agr.unicamp.br, 2002b

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

GAUDREAU, L.; CHARBONNEAU, J.; VÉZIMA, L. P.; GOSSELIN, A. Photoperiod and photosynthetic photon flux influence growth and quality of greenhouse-grown lettuce. **Hort. Science**, vol. 29(11), 1285-1289, November 1994.

GOMES, T. M.; SILVA, E.F. de F.; BOTREL, T. A. Concentrações iônicas na solução do solo e na alface, sob diferentes doses de CO₂ via água de irrigação. In: **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, CONBEA. 2000.

GOTO, Romy; DUARTE FILHO, Jaime. Utilização de plástico na cultura do morangueiro. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 198, p. 59-64, maio/junho de 1999.

GUISELINI, Cristiane. **Microclima e produção de gérbera em ambientes protegidos com diferentes tipos de cobertura.** Dissertação de Mestrado (Física do Ambiente Agrícola), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, SP, 2002. 77p.

GUSMÃO, M. T. A. **Análise do comportamento da cultura do morangueiro (Fragaria x Ananassa Duch) em condições de cultivo hidropônico.** Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, SP, 61p, 2000.

GUSMÃO, Mônica Trindade Abreu de; ARAÚJO, Jairo Augusto Campos de; GUSMÃO, Sérgio Antônio Lopes de; VILLELA JÚNIOR, Luiz Vitor Egas. Avaliação do desenvolvimento do morangueiro em relação às variáveis climáticas, em Jaboticabal – SP. **Congresso Brasileiro de Olericultura.** Brasília, DF, 2001.

HANAN, J. J. The influence of greenhouse on internal climate with special reference to mediterranean regions. Protected Cultivation of vegetables. **Acta Horticulturae**, 287, p. 23-34, 1990.

HASLAM, J. A.; SUMMERS, G. R.; WILLIAMS, D. **Engineering instrumentation and control.** London, England, 1981.

HELLICKSON, M.A., **Ventilation of agricultural structures.** St. Joseph, Michigan: ASAE, 372p.1983.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J. J. C.; SERRANO, O.; THAME, A. C. M.; NEVES, E. M. **Administração da empresa agrícola.** Editora Pioneira, São Paulo - SP, 1978.

HSIN, P C; CUGNASCA, C. E.; SARAIVA, A. M. Gerenciamento de Ambientes Agrícolas Aplicado a Estufa de Plantas. **Revista de Iniciação Científica**, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. – São Paulo, SP, v.1, n.1, p.55-62, 1999.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Anuário estatístico.** São Paulo : IEA/SAASP. Capturado em Abril de 2002. Disponível na Internet <http://www.iea.sp.gov.br/publica.htm>

INSTRUÇÕES AGRÍCOLAS PARA O ESTADO DE SÃO PAULO, Campinas, Instituto Agrônomo. 6ª edição, 1995 (**Boletim**, 200 – versão eletrônica)

JIN, J. Y.; HONG, S. H. Online measurement and control of plant growth – development of CO₂ control algorithm. St Joseph, Michigan, **American Society Agricultural Engineers**, 1993

JOHNSON, C. D. **Process control instrumentation technology**. 5^a edição. University of Houston, New Jersey, USA, Editora Prentice-Hall International, 1997.

JONES Jr., J.B. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. **J. Plant Nutr.**, v.5, n.8, p.1003-1030, 1982.

JONES, P.; JONES, J. W.; ALLEN, L. H.; MISHOE, J. W. Dynamic computer control of closed environment plant growth chambers. Design and verification. St Joseph, Michigan, **Transactions of the ASAE**, 1984.

JUNIOR, M.J. DE A.; LIMA, A. M. DE. Uso de sombreamento em estufa coberta com polietileno e com ventilação natural: Efeitos sobre variáveis climáticas. **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, CONBEA, 2000.

KAI, E. S.; DA SILVA, I.J.O.; PIEDADE, S. M. S. Avaliação do microclima gerado no interior de estufas cobertas com PEBD e PVC na região de Piracicaba, SP. **XXIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, CONBEA, 2000.

KITTAS, C., BAILLE, A., "Influence of covering material and shading on the spectral distribution of light in greenhouses. **Journal of Agricultural Engineering Research** 73 (4): 341-351. 1999.

KIMBALL, B. A.; ENOCH, H. Z. **Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops**. Status and CO₂ Sources. Volume (I), Editora CRC Press, Boca Raton, Florida U.S.A., 1986.

KIMBALL, B. A.; ENOCH, H. Z. **Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops**. Physiology, yield and economics. Volume (II), Editora CRC Press, Boca Raton, Florida U.S.A., 1986.

KIMBAL, B. A.; MITCHEL, S.T. Tomato yields from CO₂ - enrichment in unventilated and conventionally ventilated greenhouses. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.104, n.4, p.515-520, 1979.

LANGHANS, R.W. **A growth chamber manual** - Environmental control for plants. Cornell University Press, New York, USA, 1978.

LARSON, K. D. Strawberry. IN: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed). **Handbook of**

environment physiology of fruit crops. Flórida: CRC PRESS, 1994. V. 1: Temperate crops, p.271-297.

LINARDAKIS, D. K.; MANIOS, V. I. Hydroponic culture of strawberries in plastic greenhouse in a vertical system – Protected Cultivation of vegetables. **Acta horticulturae** 287, p 317-326, 1990

MARTINEZ, E. P. **Formulações de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais.** Editora Afiliada, FCAV, UNESP, 1997.

MARTINEZ, E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa,** (Cadernos didáticos). Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, M. G., 1999.

MARTINEZ, P. F. The influence of environment conditions of mild winter climate on the physiological behavior of protected crops. Protected Cultivation in Mild Winter Climates III. **Acta Horticulturae** 357, p. 29-48, 1994.

MASTALERS, John W. **The greenhouse environment,** New york, 1977.

MEDEIROS, G. A. de. **Influência do desenvolvimento do dossel vegetativo sobre o consumo de água e coeficiente de cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).** Dissertação de Mestrado FEAGRIUNICAMP, Campinas, SP, 1996. 135 p.

MELLO, A.C.A. de. **Efeito do dossel vegetativo na estimativa do consumo de água e coeficiente de cultura da ervilha (*Pisum sativum* L.).** Dissertação de Mestrado, ESALQ, Piracicaba, SP, 1992. 75 p.

MEZZALIRA, H. **Morango:** com dedicação, boas perspectivas. Balde Branco, São Paulo, v.21, n. 256, p19-21, fev. 1986.

MOE, R.; MORTENSEN, L. M. CO₂ enrichment in Norway, in KIMBALL, B. A.; ENOCH, H. Z. **Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops.** Status and CO₂ Sources volume (I), Editora CRC Press, Boca Raton, Florida U.S.A., 1986.

MONTEIRO, J.E.B.A.; DA SILVA, I.J.O.; PIEDADE, S.M. Uso dos plásticos perfurados na modificação da ambiência de túneis baixos. **XXIX Congresso de Engenharia Agrícola – CONBEA** , 2000.

MONTERO, J. I.; SHART, T. H.; CURRY, R. B.; BAUERLE, W. L. The influence of various water evaporation systems in the greenhouse environment. **American Society Agricultural Engineers**, Orlando, Florida, June 21-24, 1981.

MONTGOMERY, DOUGLAS C **Design and analysis of experiments**. 4^a edition. Arizona State University, USA, 1987.

OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, J.J.S. Evapotranspiração, índice de área foliar e desenvolvimento radicular do feijão irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 317-322, 1990.

PASSOS, F.A. **Caracterização de clones nacionais e introduzidos de morangueiro (Fragaria x ananassa Duch.), visando o uso imediato na horticultura e o melhoramento genético**. Dissertação de Mestrado, ESALQ, USP, Piracicaba:, SP, 1982, 116 p.

PARASKEVOPOULOU-PAROUSI, G., VASSILAKAKIS, M. e DOGRAS, C. – Performance of Five Strawberry Cultivars under Plastic Greenhouse or Field Conditions in Northern Greece – Grécia: **Acta Horticulturae** 287, p273-280, 1990;

PIRES, R. C. de M.; FOLEGATTI, M. V.; PASSOS, F. A. Estimativa da área foliar de morangueiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p.86-90, julho, 1999.

PIMENTEL GOMES, FREDERICO. **Curso de estatística experimental**. 14^a edição, Piracicaba, SP, 2000.

PRADOS, N.C. **Contribución al estudio de los cultivos enarenados em Almeria: necesidades hídricas y extracción del nutrientes del cultivo de tomate de crecimiento indeterminado en abrigo de polietileno**. Almeria, Espanha, Tese de Doutorado, 1986.

REILLY, Al. **Temperature, humidity, ventilation, and cooling: practical application**. In: **Greenhouse systems** - automation, culture, and environment. New Brunswick: NRAES, p. 176-188, 1994. (NRAES, 1972)

RESENDE, Leda Moraes de Andrade; MASCARENHAS, Maria Helena Tabim; PIAVA, Bolivar Morroni de. Panorama da produção e comercialização do morango. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 198, p. 5-19, maio/junho de 1999.

RESH, H. M. **Hydroponic food production**: a definitive guidebook for the advanced home gardener and the commercial hydroponic grower. Santa Barbara: Woodbridge Press Publishing Company, 1997.

ROCHA, Pauletti Karllien. **Desenvolvimento de bromélias em ambientes protegidos com diferentes alturas e níveis de sombreamento**. Dissertação de Mestrado (Irrigação e Drenagem), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. – Piracicaba, SP, 2002. 111p.

RONQUE, E. R. V. **A cultura do morangueiro**: revisão e prática. Paraná: EMATER, 1998, 206p

SANTOS, A. M. dos. **A Cultura do Morango**. Centro de Pesquisa de Clima Temperado. Embrapa, Brasília, 1993.

SANTOS, Alverides Machado dos. Melhoramento Genético do Morangueiro. **Revista Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG, v. 20, n. 198, p. 24-29, maio/junho de 1999

SGANZERLA, E. **Nova agricultura**: a fascinante arte de cultivar com os plásticos. Petroquímica Triunfo, Porto Alegre, RS, 1987.

SIGHIERI, L.; NISHINARI, A. **Controle automático de processos industriais** - Instrumentação, 2^a.Edição, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1973

SKINNER, T. C.; BUFFINGTON, D. E. **Evaporative cooling of greenhouse in Florida**. Agricultural Engineering Fact Sheet. AE-14, IFAS, University of Florida, Gainesville, Florida, 1977.

STATGRAPHICS Plus Version 4.1 User Manual Rockville. (Maryland): Manugistics, 1999.

TAKEDA, ADLER e GLENN – Growing Greenhouse Strawberries with Aquaculture Effluent – *EUA - Acta Horticulturae* 348, p.264-267, 1993.

TAVARES, Helton Lopes; JUNQUEIRA, Ana Maria R.; DA SILVA, Carlos Alberto. Comportamento de morangueiro em cultivo hidropônico no Distrito Federal. **Congresso Brasileiro de Olericultura**. Brasília, DF, 2001.

TIBBITTS, T. W. Humidity. In LANGHANS, R.W. **A growth chamber manual - Environmental control for plants**. Cornell University Press, New York, USA, p. 57-79. 1978.

TRIGUI, M.; GAUTHIER, L.; BARRINGTON, S. Measuring and modeling greenhouse mass balance. St Joseph, Michigan, **ASAE**, 1993.

VAN MEURS, W. Th. M.; VAN HENTEN, E. J. An experiment on the optimization of CO₂ in greenhouse climate control. Solanacea in Mild Winter Climates II, **Acta Horticulturae**, 366, p. 201-208, 1994.

VERDIAL, Marcelo F., REIS, Francisco Augusto Meireles, TESSARIOLI NETO, João; CHRISTOFFOLETI, Pedro Jacob. Produção de frutos de morangueiro em sistema hidropônico aberto. **Congresso Brasileiro de Olericultura**. Brasília, DF, 2001.

VILLELA JUNIOR, L.V. E.; ARAUJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Cultivo hidropônico do morangueiro com resfriamento da solução nutritiva. **Revista Horticultura Brasileira** – Suplemento 1- v.21, n. 2, p. 282-283, julho de 2003. (Resumos do 43º Congresso de Olericultura, Recife, PE, 27 de julho a 01 de agosto de 2003).

_____. Características físicas de morangos produzidos em condições hidropônicas com resfriamento da solução nutritiva. **Revista Horticultura Brasileira** – Suplemento 1- v.21, n. 2, p. 283, julho de 2003. (Resumos do 43º Congresso de Olericultura, Recife, PE, 27 de julho a 01 de agosto de 2003).

WALKER, J. N.; COTTER, D. J. Control of high humidity in greenhouses during warm weather. **Transactions of the ASAE**, V. 11 (2), p. 267-269, 1968.

_____. Condensation and resultant humidity in greenhouses during cold weather. **Transactions of the ASAE**, V. 11 (2), p. 263-266, 1968.

WITTWER, S. H. Worldwide status and history of CO₂ enrichment - an overview, in KIMBALL, B. A.; ENOCH, H. Z. **Carbon dioxide enrichment of greenhouse crops**. Status and CO₂ Sources, volume (I), Editora CRC Press, Boca Raton, Florida U.S.A., 1986.

YANG, X.; SHORT, T. H.; FOX, R. D.; BAUERLE, W. L. The microclimate and transpiration of a greenhouse cucumber crop. St Joseph, Michigan, **American Society Agricultural Engineers**, 1989.

VIII – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar outros tipos de sistemas hidropônicos que utilizem substratos;
- Avaliar outras variedades de morangueiro;
- Aperfeiçoar o sistema de controle de abertura e fechamento de cortinas de sombreamento com equipamentos mais acessíveis;
- Avaliar ambientes climatizados com e sem aplicação de CO₂;
- Promover resfriamento da solução nutritiva, resfriamento do ambiente e diminuição de horas de luz no verão;
- Aplicação de CO₂ em outros horários.

Todos estes possíveis trabalhos futuros devem ser integrados com as subáreas de conhecimento: engenharia de automação, agronomia e biologia.

IX. APÊNDICES

9.1. Resultados obtidos para a temperatura e umidade relativa do ar externo.

Externo	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
1/12/2002	28,0	24,0	31,0	25,0	72,60	62,51
2/12/2002	28,0	24,0	31,0	25,0	72,60	62,51
3/12/2002	28,0	24,0	31,0	25,0	72,60	62,51
4/12/2002	29,0	23,5	33,0	26,0	64,05	58,50
5/12/2002	28,0	24,0	33,0	25,0	72,60	53,45
6/12/2002	28,0	24,0	33,0	25,0	72,60	53,45
7/12/2002	28,5	25,0	33,0	24,0	75,84	48,60
8/12/2002	25,0	21,0	26,0	21,5	70,93	68,25
9/12/2002	25,0	21,0	26,5	21,5	70,93	65,40
10/12/2002	27,0	22,0	27,5	22,0	65,74	63,03
11/12/2002	22,0	21,0	26,0	22,0	91,79	71,51
12/12/2002	26,0	22,0	28,5	24,0	71,51	69,75
13/12/2002	27,0	24,5	29,0	23,5	82,03	64,05
14/12/2002	24,0	22,0	29,0	23,5	84,58	64,05
15/12/2002	26,5	22,5	29,0	24,0	71,79	67,01
16/12/2002	23,0	22,0	26,0	22,5	91,97	74,84
17/12/2002	23,0	21,5	30,0	24,0	88,07	61,85
18/12/2002	26,0	18,0	31,0	24,0	47,11	57,08
19/12/2002	27,0	22,0	32,0	24,5	65,74	55,21
20/12/2002	28,5	23,0	34,0	25,0	63,72	49,42
21/12/2002	26,5	23,0	34,0	25,0	75,08	49,42
22/12/2002	26,0	23,0	31,0	24,0	78,22	57,08
23/12/2002	29,0	24,0	26,0	22,5	67,01	74,84
24/12/2002	27,0	23,0	25,0	23,0	72,07	84,90
25/12/2002	25,5	23,0	25,0	23,0	81,49	84,90
26/12/2002	24,0	20,5	28,5	22,5	73,78	60,79
27/12/2002	25,0	20,0	32,0	22,0	64,34	42,99
28/12/2002	24,5	19,5	33,5	22,0	63,96	37,78
29/12/2002	27,0	22,0	35,0	23,0	65,74	37,18
30/12/2002	28,0	23,5	34,0	24,0	69,46	44,83
31/12/2002	29,0	24,0	35,0	23,5	67,01	39,24
Média	26,4	22,5	30,3	23,6	72,06	58,28
1/1/2003	30,0	24,0	31,5	24,0	61,85	54,83
2/1/2003	29,0	24,0	27,0	24,0	67,01	78,65
3/1/2003	27,0	23,0	22,0	22,0	72,07	100,00
4/1/2003	24,0	23,0	23,0	23,0	92,14	100,00
5/1/2003	25,0	23,0	25,0	23,0	84,90	84,90
6/1/2003	27,0	23,5	26,5	23,0	75,32	75,08
7/1/2003	25,5	20,0	33,0	21,5	61,53	37,27
8/1/2003	26,0	19,5	32,5	21,0	55,83	36,75

Externo	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
9/1/2003	27,5	23,0	32,5	25,0	69,17	55,59
10/1/2003	28,5	25,0	30,5	25,0	76,01	65,00
11/1/2003	25,5	22,0	32,5	24,5	74,58	53,07
12/1/2003	22,0	21,5	26,0	23,0	95,86	78,22
13/1/2003	22,0	21,0	23,0	22,0	91,79	91,97
14/1/2003	24,5	21,5	27,5	22,5	77,55	66,07
15/1/2003	25,5	21,5	32,0	24,5	71,22	55,21
16/1/2003	27,0	23,0	32,0	24,0	72,07	52,67
17/1/2003	25,0	22,0	30,0	25,0	77,78	67,60
18/1/2003	25,0	22,0	30,0	25,0	77,78	67,60
19/1/2003	25,0	22,0	34,0	25,0	77,78	49,42
20/1/2003	25,5	23,0	31,0	25,5	81,49	65,31
21/1/2003	26,5	23,5	28,0	24,5	78,44	75,79
22/1/2003	25,5	23,0	30,0	25,0	81,49	67,60
23/1/2003	25,0	23,0	31,0	25,0	84,90	62,51
24/1/2003	24,5	22,0	28,0	22,5	81,11	63,38
25/1/2003	23,0	20,0	26,5	22,0	76,82	68,57
26/1/2003	24,5	21,0	26,0	23,0	74,05	78,22
27/1/2003	22,0	21,0	22,5	21,5	91,79	91,88
28/1/2003	22,0	21,0	22,0	22,0	91,79	100,00
29/1/2003	25,0	22,0	21,0	21,0	77,78	100,00
30/1/2003	21,0	20,5	25,0	23,0	95,76	84,90
31/1/2003	26,0	22,5	35,0	25,0	74,84	45,69
Média	25,2	22,2	28,3	23,5	78,15	65,69
1/2/2003	28,0	23,0	35,0	25,0	66,39	45,69
2/2/2003	27,5	22,0	35,0	24,0	63,03	41,35
3/2/2003	28,5	23,0	33,0	24,0	63,72	48,60
4/2/2003	26,0	23,0	33,0	24,0	78,22	48,60
5/2/2003	27,0	22,0	33,0	23,5	65,74	46,25
6/2/2003	25,5	22,5	31,5	23,5	78,00	52,27
7/2/2003	28,0	24,0	32,5	25,0	72,60	55,59
8/2/2003	28,0	24,0	35,0	25,0	72,60	45,69
9/2/2003	28,0	24,0	35,0	25,0	72,60	45,69
10/2/2003	29,5	23,0	35,5	23,5	58,69	37,66
11/2/2003	27,0	23,0	36,0	25,0	72,07	42,24
12/2/2003	29,0	23,0	35,5	25,5	61,15	46,11
13/2/2003	27,0	23,0	30,5	24,0	72,07	59,42
14/2/2003	22,0	21,0	26,0	23,0	91,79	78,22
15/2/2003	23,5	22,5	23,0	21,0	92,06	84,25
16/2/2003	25,5	21,5	29,5	23,5	71,22	61,50
17/2/2003	23,0	22,0	23,0	22,0	91,97	91,97
18/2/2003	23,0	21,5	24,0	23,5	88,07	96,03
19/2/2003	29,0	25,0	32,0	24,0	73,10	52,67
20/2/2003	25,0	24,0	27,0	24,5	92,30	82,03
21/2/2003	26,0	24,5	33,0	26,0	88,79	58,50
22/2/2003	26,5	24,0	31,0	25,0	81,86	62,51
23/2/2003	27,0	23,5	34,0	25,0	75,32	49,42
24/2/2003	27,0	23,0	33,5	24,5	72,07	49,02

Externo	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
25/2/2003	28,0	23,5	33,0	24,0	69,46	48,60
26/2/2003	27,0	23,0	34,5	23,0	72,07	38,77
27/2/2003	28,0	22,0	35,5	23,0	60,42	35,65
28/2/2003	29,0	23,0	35,5	23,0	61,15	35,65
Média	26,7	23,0	32,0	24,0	74,23	55,00
1/3/2003	29,5	22,0	34,0	23,0	53,22	40,42
2/3/2003	29,5	22,0	34,0	23,0	53,22	40,42
3/3/2003	27,5	22,5	20,5	20,0	66,07	95,71
4/3/2003	25,0	21,0	34,0	23,0	70,93	40,42
5/3/2003	26,0	23,0	33,0	25,0	78,22	53,45
6/3/2003	26,0	22,0	30,0	23,0	71,51	56,32
7/3/2003	28,0	23,0	32,0	24,0	66,39	52,67
8/3/2003	23,5	22,0	22,0	21,5	88,20	95,86
9/3/2003	26,0	22,0	23,0	22,0	71,51	91,97
10/3/2003	25,0	23,0	24,0	23,0	84,90	92,14
11/3/2003	21,5	21,0	25,0	23,0	95,81	84,90
12/3/2003	25,0	22,5	25,0	24,5	81,30	96,11
13/3/2003	25,5	23,0	25,0	23,0	81,49	84,90
14/3/2003	24,0	21,5	31,0	23,0	80,91	51,86
15/3/2003	27,0	23,0	32,5	24,5	72,07	53,07
16/3/2003	28,0	24,0	32,5	24,5	72,60	53,07
17/3/2003	23,5	21,0	26,0	21,0	80,71	65,06
18/3/2003	22,0	18,5	30,0	23,0	72,60	56,32
19/3/2003	23,5	20,5	31,5	23,0	77,07	49,76
20/3/2003	25,5	22,0	30,0	23,0	74,58	56,32
21/3/2003	21,5	21,0	25,0	22,0	95,81	77,78
22/3/2003	21,5	18,0	27,0	21,0	72,29	59,65
23/3/2003	21,0	18,5	28,0	22,0	79,60	60,42
24/3/2003	24,0	20,0	27,0	21,5	70,31	62,67
25/3/2003	22,5	19,0	28,5	21,5	72,91	55,11
26/3/2003	23,5	20,5	25,0	20,5	77,07	67,60
27/3/2003	22,5	20,0	28,0	22,0	80,28	60,42
28/3/2003	22,0	19,0	26,0	19,0	76,30	52,87
29/3/2003	26,0	22,0	30,0	21,5	71,51	48,42
30/3/2003	26,5	20,5	32,0	21,0	59,26	38,43
31/3/2003	24,0	20,0	32,0	22,0	70,31	42,99
Média	24,7	21,2	28,5	22,4	74,81	62,49

TBS = Temperatura de Bulbo Seco (Celsius) ; TBU = Temperatura de Bulbo Úmido (Celsius); UR = Umidade Relativa (%)

9.2. Resultados obtidos para a temperatura e umidade relativa do ar (Ambiente 1).

Ambiente 1	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
1/12/2002	29,0	24,0	31,0	25,0	67,01	62,51
2/12/2002	29,0	24,0	31,0	25,0	67,01	62,51
3/12/2002	29,0	24,0	31,0	24,5	67,01	59,77
4/12/2002	29,0	23,5	33,0	24,0	64,05	48,60
5/12/2002	29,5	24,5	34,0	25,5	67,31	51,78
6/12/2002	28,0	24,0	34,0	25,0	72,60	49,42
7/12/2002	29,0	25,0	33,0	24,0	73,10	48,60
8/12/2002	25,0	21,0	27,0	22,0	70,93	65,74
9/12/2002	25,5	21,5	27,5	22,0	71,22	63,03
10/12/2002	28,0	22,0	28,0	22,0	60,42	60,42
11/12/2002	22,0	21,0	26,0	22,0	91,79	71,51
12/12/2002	27,0	23,0	30,0	24,0	72,07	61,85
13/12/2002	27,0	24,5	29,5	24,0	82,03	64,38
14/12/2002	26,0	22,5	29,0	24,0	74,84	67,01
15/12/2002	28,0	23,0	30,0	24,0	66,39	61,85
16/12/2002	24,0	22,0	27,0	23,0	84,58	72,07
17/12/2002	24,0	22,0	31,0	24,0	84,58	57,08
18/12/2002	26,5	18,5	32,0	24,0	47,65	52,67
19/12/2002	28,5	22,5	33,0	24,5	60,79	51,00
20/12/2002	29,0	23,0	35,0	25,5	61,15	47,93
21/12/2002	27,5	23,0	35,0	25,0	69,17	45,69
22/12/2002	27,0	24,0	32,0	24,0	78,65	52,67
23/12/2002	30,0	24,5	27,0	23,0	64,69	72,07
24/12/2002	29,0	24,0	26,0	23,0	67,01	78,22
25/12/2002	26,0	23,5	26,0	23,0	81,68	78,22
26/12/2002	25,0	20,5	29,9	23,0	67,60	56,79
27/12/2002	27,0	21,0	34,0	22,0	59,65	36,18
28/12/2002	26,0	20,0	35,0	23,0	58,85	37,18
29/12/2002	28,5	20,5	35,0	24,0	49,64	41,35
30/12/2002	29,0	24,0	34,5	24,0	67,01	43,06
31/12/2002	31,0	25,0	35,0	23,5	62,51	39,24
Média	27,4	22,8	31,0	23,7	68,8	56,8
1/1/2003	32,0	25,0	32,0	24,5	57,80	55,21
2/1/2003	30,0	25,0	28,0	24,0	67,60	72,60
3/1/2003	28,0	24,0	23,5	22,5	72,60	92,06
4/1/2003	26,0	24,0	25,0	24,0	85,20	92,30
5/1/2003	26,0	24,0	26,0	24,0	85,20	85,20
6/1/2003	28,0	24,0	28,0	23,0	72,60	66,39
7/1/2003	26,5	21,0	33,5	21,0	62,30	33,59
8/1/2003	27,0	21,0	33,5	22,5	59,65	39,94

Ambiente 1	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
9/1/2003	28,5	24,0	33,5	26,0	69,75	56,30
10/1/2003	30,5	26,5	32,0	26,0	73,81	63,14
11/1/2003	27,0	23,5	33,0	25,0	75,32	53,45
12/1/2003	23,0	22,0	28,0	24,0	91,97	72,60
13/1/2003	23,0	22,0	25,0	23,0	91,97	84,90
14/1/2003	25,5	22,5	28,5	23,5	78,00	66,70
15/1/2003	27,0	22,5	32,0	24,5	68,87	55,21
16/1/2003	29,0	23,5	32,0	24,0	64,05	52,67
17/1/2003	27,5	23,0	31,5	25,0	69,17	60,11
18/1/2003	25,0	22,5	30,0	25,0	81,30	67,60
19/1/2003	26,0	23,0	35,0	26,0	78,22	50,21
20/1/2003	26,0	23,5	31,0	25,5	81,68	65,31
21/1/2003	27,0	24,0	29,0	25,0	78,65	73,10
22/1/2003	26,0	23,5	31,0	26,0	81,68	68,16
23/1/2003	25,5	23,0	30,5	25,0	81,49	65,00
24/1/2003	25,0	24,0	28,0	23,0	92,30	66,39
25/1/2003	23,0	20,0	27,0	22,5	76,82	68,87
26/1/2003	24,5	21,5	26,0	23,0	77,55	78,22
27/1/2003	22,0	21,5	23,5	22,5	95,86	92,06
28/1/2003	22,5	21,5	23,0	22,0	91,88	91,97
29/1/2003	25,5	22,5	22,0	21,5	78,00	95,86
30/1/2003	22,0	21,0	25,0	23,0	91,79	84,90
31/1/2003	28,0	24,0	36,0	25,5	72,60	44,35
Média	26,2	23,0	29,1	23,9	77,6	68,2
1/2/2003	29,0	24,0	35,0	25,0	67,01	45,69
2/2/2003	29,0	24,0	35,0	25,0	67,01	45,69
3/2/2003	29,5	24,0	32,5	25,0	64,38	55,59
4/2/2003	27,0	23,5	34,0	25,0	75,32	49,42
5/2/2003	29,0	24,0	34,0	24,5	67,01	47,11
6/2/2003	26,5	23,5	31,5	24,5	78,44	57,45
7/2/2003	29,0	25,0	32,0	25,0	73,10	57,80
8/2/2003	29,0	25,0	35,0	25,0	73,10	45,69
9/2/2003	29,0	24,0	35,0	25,0	67,01	45,69
10/2/2003	30,5	25,5	35,0	24,0	67,88	41,35
11/2/2003	27,0	24,0	35,5	26,0	78,65	48,32
12/2/2003	29,5	24,0	36,0	26,0	64,38	46,51
13/2/2003	28,0	24,0	30,5	23,0	72,60	54,04
14/2/2003	22,5	21,5	26,5	23,5	91,88	78,44
15/2/2003	24,0	22,5	23,0	21,0	88,33	84,25
16/2/2003	25,5	21,5	30,0	24,0	71,22	61,85
17/2/2003	23,0	22,0	23,0	22,5	91,97	95,95
18/2/2003	23,0	21,5	25,0	23,5	88,07	88,56
19/2/2003	29,0	25,0	31,0	25,0	73,10	62,51
20/2/2003	26,0	24,0	27,5	24,0	85,20	75,56
21/2/2003	27,0	25,0	32,5	26,0	85,49	60,77
22/2/2003	27,0	24,0	32,0	25,5	78,65	60,45
23/2/2003	28,5	24,0	35,0	25,0	69,75	45,69
24/2/2003	28,0	23,5	34,0	25,0	69,46	49,42

Ambiente 1	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
25/2/2003	29,5	24,0	35,0	25,0	64,38	45,69
26/2/2003	29,0	24,0	36,5	25,5	67,01	42,67
27/2/2003	29,0	23,0	37,0	25,0	61,15	39,04
28/2/2003	30,0	23,0	36,0	24,0	56,32	38,13
Média	27,6	23,7	32,3	24,6	73,6	56,1
1/3/2003	30,5	23,5	34,5	24,0	56,70	43,06
2/3/2003	30,5	23,5	34,5	24,0	56,70	43,06
3/3/2003	29,0	24,0	24,0	22,0	67,01	84,58
4/3/2003	27,0	22,0	35,0	25,0	65,74	45,69
5/3/2003	28,0	24,0	33,0	26,0	72,60	58,50
6/3/2003	27,5	23,5	30,0	23,0	72,34	56,32
7/3/2003	28,0	23,5	33,5	25,5	69,46	53,83
8/3/2003	25,0	23,0	24,0	23,0	84,90	92,14
9/3/2003	26,5	23,0	25,0	23,0	75,08	84,90
10/3/2003	26,0	24,0	25,0	23,0	85,20	84,90
11/3/2003	23,0	22,5	26,5	24,5	95,95	85,35
12/3/2003	25,5	23,0	27,0	25,0	81,49	85,49
13/3/2003	26,0	23,0	25,0	23,0	78,22	84,90
14/3/2003	25,5	23,0	32,0	23,0	81,49	47,74
15/3/2003	28,0	24,0	33,0	25,0	72,60	53,45
16/3/2003	29,0	24,5	33,0	25,0	70,02	53,45
17/3/2003	25,0	21,0	26,5	21,0	70,93	62,30
18/3/2003	23,0	18,5	32,0	23,0	66,19	47,74
19/3/2003	25,0	21,0	32,0	24,0	70,93	52,67
20/3/2003	27,0	23,0	31,0	23,5	72,07	54,44
21/3/2003	23,0	21,0	26,0	22,5	84,25	74,84
22/3/2003	23,0	18,5	28,0	22,0	66,19	60,42
23/3/2003	23,0	20,0	29,5	23,0	76,82	58,69
24/3/2003	25,0	21,0	28,5	22,5	70,93	60,79
25/3/2003	23,5	19,0	29,0	22,0	66,56	55,52
26/3/2003	24,0	20,5	26,0	21,5	73,78	68,25
27/3/2003	23,0	21,0	29,0	23,0	84,25	61,15
28/3/2003	23,5	20,5	27,5	21,0	77,07	57,12
29/3/2003	27,5	23,5	30,0	22,0	72,34	51,00
30/3/2003	27,0	21,5	33,0	21,0	62,67	35,14
31/3/2003	25,0	20,5	33,0	22,0	67,60	39,45
Média	25,9	22,1	29,5	23,2	73,2	61,2

TBS = Temperatura de Bulbo Seco (Celsius) ; TBU = Temperatura de Bulbo Úmido (Celsius); UR = Umidade Relativa (%)

9.3. Resultados obtidos para a temperatura e umidade relativa do ar (Ambiente 2).

Ambiente 2	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
1/12/2002	29,0	24,0	31,0	25,0	67,01	62,51
2/12/2002	29,0	24,0	31,0	25,0	67,01	62,51
3/12/2002	28,0	24,0	31,0	25,0	72,60	62,51
4/12/2002	29,0	23,0	34,0	25,0	61,15	49,42
5/12/2002	30,0	24,0	34,5	25,5	61,85	49,82
6/12/2002	28,0	24,0	34,0	25,0	72,60	49,42
7/12/2002	29,0	25,0	33,0	24,0	73,10	48,60
8/12/2002	25,0	21,0	26,0	21,0	70,93	65,06
9/12/2002	25,0	21,0	26,5	21,5	70,93	65,40
10/12/2002	26,5	21,0	28,0	22,0	62,30	60,42
11/12/2002	22,0	21,0	26,0	22,0	91,79	71,51
12/12/2002	28,0	23,0	30,0	24,0	66,39	61,85
13/12/2002	27,0	24,0	30,0	24,0	78,65	61,85
14/12/2002	26,0	22,0	29,0	24,0	71,51	67,01
15/12/2002	28,0	23,0	30,0	24,0	66,39	61,85
16/12/2002	24,0	22,0	27,0	22,0	84,58	65,74
17/12/2002	24,0	21,5	30,0	23,5	80,91	59,28
18/12/2002	26,0	18,0	32,0	24,0	47,11	52,67
19/12/2002	28,5	22,0	32,5	24,0	57,92	50,60
20/12/2002	29,0	23,0	35,0	25,0	61,15	45,69
21/12/2002	28,0	23,0	35,0	25,0	66,39	45,69
22/12/2002	27,0	23,0	32,0	23,0	72,07	47,74
23/12/2002	31,0	24,5	27,0	23,0	59,77	72,07
24/12/2002	29,0	24,0	26,5	23,5	67,01	78,44
25/12/2002	25,5	23,0	26,0	23,0	81,49	78,22
26/12/2002	24,0	20,0	29	22,5	70,31	58,31
27/12/2002	26,0	21,0	34,0	22,0	65,06	36,18
28/12/2002	26,0	20,0	34,0	22,0	58,85	36,18
29/12/2002	28,5	21,5	35,5	24,2	55,11	40,54
30/12/2002	29,5	24,0	34,5	24,0	64,38	43,06
31/12/2002	31,0	25,0	36,0	24,0	62,51	38,13
Média	27,3	22,6	31,0	23,6	68,0	56,4
1/1/2003	32,0	25,0	31,5	24,5	57,80	57,45
2/1/2003	30,0	25,0	27,0	24,0	67,60	78,65
3/1/2003	28,0	23,5	23,0	22,0	69,46	91,97
4/1/2003	26,0	24,0	24,0	23,0	85,20	92,14
5/1/2003	25,5	23,5	25,5	23,0	85,05	81,49
6/1/2003	28,0	24,0	28,0	23,0	72,60	66,39
7/1/2003	26,5	24,0	33,0	20,5	81,86	33,04
8/1/2003	27,5	21,0	32,0	23,0	57,12	47,74
9/1/2003	28,5	23,5	33,0	25,0	66,70	53,45

Ambiente 2	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
10/1/2003	31,5	26,0	32,5	26,0	65,60	60,77
11/1/2003	27,0	23,0	33,0	25,0	72,07	53,45
12/1/2003	22,5	21,5	27,0	24,0	91,88	78,65
13/1/2003	22,5	22,0	24,0	22,5	95,90	88,33
14/1/2003	25,0	22,0	28,0	23,0	77,78	66,39
15/1/2003	26,5	22,0	33,0	25,0	68,57	53,45
16/1/2003	29,5	23,0	32,5	24,5	58,69	53,07
17/1/2003	27,5	23,0	31,5	25,0	69,17	60,11
18/1/2003	25,0	22,5	31,0	25,5	81,30	65,31
19/1/2003	27,0	23,0	34,5	26,0	72,07	52,16
20/1/2003	26,0	23,0	31,0	25,0	78,22	62,51
21/1/2003	26,5	23,5	28,0	24,5	78,44	75,79
22/1/2003	26,0	23,0	31,0	25,5	78,22	65,31
23/1/2003	25,0	22,5	31,0	25,0	81,30	62,51
24/1/2003	24,0	22,0	28,5	22,5	84,58	60,79
25/1/2003	22,0	20,0	26,0	22,0	83,90	71,51
26/1/2003	25,0	22,0	25,0	22,5	77,78	81,30
27/1/2003	21,5	21,0	22,5	21,5	95,81	91,88
28/1/2003	22,0	21,0	22,0	21,5	91,79	95,86
29/1/2003	25,0	22,0	21,5	20,5	77,78	91,70
30/1/2003	21,0	20,0	25,0	23,0	91,60	84,90
31/1/2003	28,0	24,0	36,0	25,5	72,60	44,35
Média	26,1	22,8	28,8	23,7	77,0	68,5
1/2/2003	29,0	24,0	35,0	25,5	67,01	47,93
2/2/2003	28,5	22,5	35,0	24,5	60,79	43,50
3/2/2003	29,0	23,0	33,0	24,5	61,15	51,00
4/2/2003	27,0	23,0	34,0	25,0	72,07	49,42
5/2/2003	28,0	23,0	34,5	24,0	66,39	43,06
6/2/2003	26,5	22,5	31,5	24,0	71,79	54,83
7/2/2003	29,0	24,0	32,5	25,0	67,01	55,59
8/2/2003	29,0	24,0	35,0	25,0	67,01	45,69
9/2/2003	29,0	24,0	35,0	25,0	67,01	45,69
10/2/2003	30,5	24,5	36,0	24,0	62,18	38,13
11/2/2003	27,5	23,5	36,0	24,5	72,34	40,16
12/2/2003	30,0	24,0	36,0	26,0	61,85	46,51
13/2/2003	27,0	23,0	30,0	24,0	72,07	61,85
14/2/2003	21,5	20,5	26,5	23,5	91,70	78,44
15/2/2003	24,0	22,0	22,5	21,0	84,58	87,94
16/2/2003	25,5	21,5	29,0	23,0	71,22	61,15
17/2/2003	23,0	22,0	23,0	22,5	91,97	95,95
18/2/2003	23,0	21,5	24,5	23,0	88,07	88,45
19/2/2003	29,0	25,0	30,5	24,0	73,10	59,42
20/2/2003	25,0	23,0	28,0	24,5	84,90	75,79
21/2/2003	26,5	24,0	33,0	26,0	81,86	58,50
22/2/2003	26,5	24,0	32,0	25,5	81,86	60,45
23/2/2003	28,0	23,5	34,0	25,5	69,46	51,78
24/2/2003	28,0	23,5	34,5	24,0	69,46	43,06
25/2/2003	29,5	23,5	34,5	24,0	61,50	43,06

Ambiente 2	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
26/2/2003	29,0	23,0	35,0	23,5	61,15	39,24
27/2/2003	29,0	22,0	36,5	23,5	55,52	34,67
28/2/2003	30,0	23,0	36,5	23,5	56,32	34,67
Média	27,4	23,1	32,3	24,2	71,1	54,9
1/3/2003	30,5	22,5	34,0	23,0	51,44	40,42
2/3/2003	30,5	22,5	34,0	23,0	51,44	40,42
3/3/2003	28,5	23,0	22,5	20,0	63,72	80,28
4/3/2003	26,0	21,0	34,0	23,0	65,06	40,42
5/3/2003	27,0	23,0	33,0	25,0	72,07	53,45
6/3/2003	28,0	23,0	30,0	23,0	66,39	56,32
7/3/2003	28,0	23,5	32,5	24,5	69,46	53,07
8/3/2003	24,0	22,5	23,0	22,0	88,33	91,97
9/3/2003	26,0	22,0	25,0	23,0	71,51	84,90
10/3/2003	26,0	23,0	25,0	23,0	78,22	84,90
11/3/2003	22,5	22,0	25,5	22,5	95,90	78,00
12/3/2003	25,0	22,5	26,0	24,0	81,30	85,20
13/3/2003	26,0	23,0	26,0	23,0	78,22	78,22
14/3/2003	25,0	22,0	31,5	23,0	77,78	49,76
15/3/2003	28,0	23,0	32,5	25,0	66,39	55,59
16/3/2003	29,0	24,5	32,5	25,0	70,02	55,59
17/3/2003	24,0	20,5	26,0	21,0	73,78	65,06
18/3/2003	22,0	18,5	31,0	23,0	72,60	51,86
19/3/2003	24,0	21,0	32,0	23,0	77,31	47,74
20/3/2003	27,0	22,5	31,0	23,0	68,87	51,86
21/3/2003	22,0	21,0	25,5	22,0	91,79	74,58
22/3/2003	22,0	18,0	27,0	21,0	68,98	59,65
23/3/2003	21,5	18,5	28,0	21,0	76,02	54,68
24/3/2003	24,0	20,0	27,0	21,0	70,31	59,65
25/3/2003	23,0	19,0	28,5	21,5	69,66	55,11
26/3/2003	23,0	20,0	25,0	20,5	76,82	67,60
27/3/2003	22,0	20,0	28,5	22,0	83,90	57,92
28/3/2003	22,5	19,0	26,5	19,0	72,91	50,47
29/3/2003	28,0	23,0	30,0	21,5	66,39	48,42
30/3/2003	26,5	21,0	32,5	21,0	62,30	36,75
31/3/2003	25,0	20,0	33,0	22,0	64,34	39,45
Média	25,4	21,5	29,0	22,4	72,4	59,7

TBS = Temperatura de Bulbo Seco (Celsius) ; TBU = Temperatura de Bulbo Úmido (Celsius); UR = Umidade Relativa (%)

9.4. Resultados obtidos para a temperatura e umidade relativa do ar (Ambiente 3).

Ambiente 3	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
1/12/2002	27,0	24,0	29,0	25,0	78,65	73,10
2/12/2002	27,0	24,0	29,0	25,0	78,65	73,10
3/12/2002	27,0	24,0	29,0	25,0	78,65	73,10
4/12/2002	27,0	24,0	30,0	25,0	78,65	67,60
5/12/2002	28,0	25,5	31,0	26,0	82,37	68,16
6/12/2002	27,0	24,0	30,0	25,0	78,65	67,60
7/12/2002	27,0	25,0	30,0	25,0	85,49	67,60
8/12/2002	24,0	22,0	26,0	22,0	84,58	71,51
9/12/2002	24,0	22,0	26,0	22,5	84,58	74,84
10/12/2002	25,5	22,0	26,0	22,5	74,58	74,84
11/12/2002	22,0	21,0	25,0	23,0	91,79	84,90
12/12/2002	26,0	24,0	27,5	24,0	85,20	75,56
13/12/2002	26,0	24,0	27,5	24,5	85,20	78,85
14/12/2002	25,0	23,0	28,0	24,0	84,90	72,60
15/12/2002	26,0	24,0	29,0	25,0	85,20	73,10
16/12/2002	24,0	23,0	25,5	23,0	92,14	81,49
17/12/2002	24,0	23,0	28,0	24,5	92,14	75,79
18/12/2002	22,0	19,0	29,0	24,5	76,30	70,02
19/12/2002	26,5	23,5	29,0	25,0	78,44	73,10
20/12/2002	28,0	24,0	34,0	26,0	72,60	54,19
21/12/2002	27,0	25,0	34,0	26,0	85,49	54,19
22/12/2002	26,0	24,0	28,0	23,5	85,20	69,46
23/12/2002	28,5	25,5	26,0	24,0	79,24	85,20
24/12/2002	27,0	25,0	26,0	24,0	85,49	85,20
25/12/2002	26,0	23,0	25,0	23,0	78,22	84,90
26/12/2002	23,0	21,0	26,1	23,0	84,25	77,59
27/12/2002	24,0	21,0	30,0	23,0	77,31	56,32
28/12/2002	24,0	21,0	29,0	23,0	77,31	61,15
29/12/2002	27,0	23,5	30,0	24,5	75,32	64,69
30/12/2002	27,0	24,0	31,0	25,0	78,65	62,51
31/12/2002	28,0	25,5	30,0	24,0	82,37	61,85
Média	25,8	23,3	28,5	24,2	81,9	71,4
1/1/2003	29,5	25,5	28,5	24,5	73,34	72,85
2/1/2003	28,5	25,5	27,0	24,5	79,24	82,03
3/1/2003	27,0	24,0	23,5	23,0	78,65	95,99
4/1/2003	26,0	25,0	25,0	24,0	92,46	92,30
5/1/2003	25,5	24,0	25,5	24,0	88,68	88,68
6/1/2003	26,5	24,0	26,0	23,5	81,86	81,68
7/1/2003	24,0	20,5	27,0	21,5	73,78	62,67
8/1/2003	25,0	22,0	29,0	23,0	77,78	61,15
9/1/2003	27,0	24,0	30,5	25,0	78,65	65,00

Ambiente 3	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
10/1/2003	29,5	27,0	29,5	26,0	82,85	76,45
11/1/2003	26,0	24,0	29,5	25,5	85,20	73,34
12/1/2003	23,5	22,5	27,0	24,0	92,06	78,65
13/1/2003	23,0	22,0	24,0	23,0	91,97	92,14
14/1/2003	25,0	23,0	26,0	23,5	84,90	81,68
15/1/2003	25,0	22,5	29,0	25,0	81,30	73,10
16/1/2003	26,5	24,0	29,0	25,0	81,86	73,10
17/1/2003	26,0	23,5	28,0	25,0	81,68	79,05
18/1/2003	24,5	23,0	29,0	27,0	88,45	86,02
19/1/2003	26,0	24,0	30,0	26,0	85,20	73,58
20/1/2003	25,0	24,0	29,0	26,0	92,30	79,43
21/1/2003	26,0	24,0	27,5	25,5	85,20	85,62
22/1/2003	25,0	24,0	29,0	26,5	92,30	82,69
23/1/2003	24,0	23,5	32,0	26,0	96,03	63,14
24/1/2003	25,0	23,0	26,0	23,0	84,90	78,22
25/1/2003	22,0	20,0	24,5	22,5	83,90	84,74
26/1/2003	23,5	22,0	25,0	23,0	88,20	84,90
27/1/2003	22,0	22,0	24,0	22,5	100,00	88,33
28/1/2003	23,0	21,5	23,0	22,0	88,07	91,97
29/1/2003	24,5	23,0	22,0	21,0	88,45	91,79
30/1/2003	22,0	21,0	25,5	24,0	91,79	88,68
31/1/2003	26,0	24,0	29,0	25,0	85,20	73,10
Média	25,2	23,3	27,1	24,2	85,7	80,1
1/2/2003	27,0	24,0	30,0	26,0	78,65	73,58
2/2/2003	27,0	24,0	30,0	26,0	78,65	73,58
3/2/2003	26,5	24,0	28,0	26,0	81,86	85,76
4/2/2003	26,0	24,0	29,5	24,0	85,20	64,38
5/2/2003	25,5	23,0	29,0	25,0	81,49	73,10
6/2/2003	25,5	24,0	27,5	26,0	88,68	89,11
7/2/2003	27,0	25,0	28,0	24,0	85,49	72,60
8/2/2003	27,0	25,0	28,0	24,5	85,49	75,79
9/2/2003	27,0	24,0	29,0	24,5	78,65	70,02
10/2/2003	27,5	25,0	29,0	25,5	82,20	76,23
11/2/2003	26,0	24,0	30,0	23,5	85,20	59,06
12/2/2003	27,0	24,0	31,0	24,0	78,65	57,08
13/2/2003	26,0	24,0	26,5	26,0	85,20	96,23
14/2/2003	22,5	21,5	25,0	24,0	91,88	92,30
15/2/2003	23,0	22,0	24,0	24,0	91,97	99,99
16/2/2003	24,5	22,0	27,0	21,5	81,11	62,67
17/2/2003	23,0	22,5	25,0	24,0	95,95	92,30
18/2/2003	23,0	22,0	24,5	22,5	91,97	84,74
19/2/2003	26,0	24,5	28,0	23,5	88,79	69,46
20/2/2003	25,0	24,5	27,5	25,0	96,11	82,20
21/2/2003	26,0	25,0	28,0	25,0	92,46	79,05
22/2/2003	26,0	24,0	28,0	25,5	85,20	82,37
23/2/2003	26,0	24,0	29,0	24,0	85,20	67,01
24/2/2003	26,0	23,5	29,0	25,0	81,68	73,10
25/2/2003	26,0	24,0	27,5	24,5	85,20	78,85

Ambiente 3	TBS (9:00h)	TBU (9:00h)	TBS (15:00h)	TBU (15:00h)	UR (9:00)	UR (15:00)
26/2/2003	26,0	23,5	28,5	23,5	81,68	66,70
27/2/2003	25,5	22,0	28,5	23,0	74,58	63,72
28/2/2003	26,0	23,5	29,0	24,0	81,68	67,01
Média	25,7	23,7	28,0	24,4	85,0	76,0
1/3/2003	27,0	23,5	28,0	23,5	75,32	69,46
2/3/2003	27,0	23,5	28,0	23,5	75,32	69,46
3/3/2003	26,0	23,5	22,0	21,0	81,68	91,79
4/3/2003	24,0	22,0	29,0	24,0	84,58	67,01
5/3/2003	26,0	24,0	28,0	25,0	85,20	79,05
6/3/2003	25,0	23,0	26,5	22,5	84,90	71,79
7/3/2003	26,0	24,0	28,0	24,0	85,20	72,60
8/3/2003	24,0	23,0	23,5	22,0	92,14	88,20
9/3/2003	25,0	23,0	24,0	23,0	84,90	92,14
10/3/2003	25,0	24,0	24,0	23,0	92,30	92,14
11/3/2003	23,0	22,0	26,5	24,0	91,97	81,86
12/3/2003	25,0	23,0	25,0	24,0	84,90	92,30
13/3/2003	25,0	24,0	25,0	23,0	92,30	84,90
14/3/2003	24,5	23,0	27,0	23,0	88,45	72,07
15/3/2003	25,5	23,5	28,5	25,0	85,05	76,01
16/3/2003	26,5	24,5	28,5	25,0	85,35	76,01
17/3/2003	23,0	21,5	24,0	22,0	88,07	84,58
18/3/2003	21,5	19,5	27,0	23,0	83,71	72,07
19/3/2003	23,0	22,0	27,0	24,0	91,97	78,65
20/3/2003	25,0	23,0	27,0	24,0	84,90	78,65
21/3/2003	22,5	22,0	25,0	23,0	95,90	84,90
22/3/2003	21,0	19,0	25,0	22,0	83,52	77,78
23/3/2003	21,0	19,0	25,0	22,0	83,52	77,78
24/3/2003	23,0	21,0	24,5	22,0	84,25	81,11
25/3/2003	22,0	20,0	25,0	22,0	83,90	77,78
26/3/2003	22,0	20,5	23,0	21,0	87,81	84,25
27/3/2003	22,0	20,5	25,0	22,5	87,81	81,30
28/3/2003	21,5	20,0	23,0	20,0	87,67	76,82
29/3/2003	24,0	22,5	25,5	21,5	88,33	71,22
30/3/2003	24,0	21,5	26,0	21,0	80,91	65,06
31/3/2003	24,0	20,5	27,0	23,0	73,78	72,07
Média	24,0	22,1	25,8	22,9	85,7	78,7

TBS = Temperatura de Bulbo Seco (Celsius) ; TBU = Temperatura de Bulbo Úmido (Celsius); UR = Umidade Relativa (%)

9.5. Resultados obtidos para a Produtividade (P) e Número de Frutos (NF.)

A	S	V	P	NF	A	S	V	P	NF
1	1	1	281,95	44	2	3	2	579,71	75
1	1	1	262,12	45	2	3	2	506,86	51
1	1	1	272,09	43	2	3	2	312,14	41
1	1	1	134,78	26	2	3	2	273,1	42
1	1	1	203,17	34	2	3	2	295,06	45
1	1	1	209,14	39	2	3	2	502,73	60
1	1	1	339,86	59	2	3	2	253,59	33
1	1	1	421,36	65	2	3	2	299,63	47
1	1	1	473,01	78	2	3	2	347,97	47
1	1	2	62,82	11	2	3	3	231,15	40
1	1	2	119,97	10	2	3	3	340,57	50
1	1	2	66,54	7	2	3	3	187,44	28
1	1	2	39,79	5	2	3	3	213,39	35
1	1	2	50,36	6	2	3	3	283,88	37
1	1	2	73,64	10	2	3	3	286,81	46
1	1	3	125,81	19	2	3	3	238,87	37
1	1	3	114,46	18	2	3	3	480,9	70
1	1	3	94,34	18	2	3	3	425,56	58
1	1	3	84,35	15	2	3	4	673,31	53
1	1	3	143,34	18	2	3	4	433,32	53
1	1	3	86,16	14	2	3	4	581,63	44
1	1	4	380,74	29	2	3	4	376	39
1	1	4	251,79	25	2	3	4	479,3	48
1	1	4	152,37	15	2	3	4	342,15	38
1	1	4	171,48	12	2	3	4	366,82	47
1	1	4	158,2	13	2	3	4	378,52	53
1	1	4	165,14	14	2	3	4	302,66	34
1	1	4	109,57	17	2	4	1	149,87	34
1	1	4	94,16	9	2	4	1	176,93	31
1	1	4	78,58	10	2	4	1	170,58	30
1	2	1	237,1	40	2	4	1	193,5	31
1	2	1	257,98	43	2	4	1	306,6	57
1	2	1	122,55	18	2	4	1	219,3	37
1	2	1	207,14	34	2	4	1	130,77	24
1	2	1	280,54	46	2	4	1	88,37	16
1	2	1	163,21	28	2	4	1	127,83	20
1	2	1	365,42	64	2	4	1	192,76	37
1	2	1	269,83	51	2	4	1	142,74	26
1	2	1	361,79	61	2	4	2	146,3	19
1	2	2	273,04	35	2	4	2	184,83	32
1	2	2	127,08	17	2	4	2	101,71	14
1	2	2	35,77	6	2	4	2	168,71	21
1	2	2	26,93	4	2	4	2	110,95	19
1	2	2	10,74	2	2	4	2	210,64	36
1	2	2	65,61	7	2	4	2	83,23	16
1	2	2	65,13	11	2	4	2	194,4	38

A	S	V	P	NF	A	S	V	P	NF
1	2	2	75,23	10	2	4	2	192,28	31
1	2	3	74,27	12	2	4	2	138,31	22
1	2	3	136,42	25	2	4	2	143,15	21
1	2	3	118,43	17	2	4	3	132,8	24
1	2	3	142,81	31	2	4	3	217,19	39
1	2	3	106,57	19	2	4	3	237,03	38
1	2	3	189,45	23	2	4	3	202,72	33
1	2	3	195,1	26	2	4	3	57,32	11
1	2	4	123,94	13	2	4	3	171,74	25
1	2	4	238,73	22	2	4	3	170,87	20
1	2	4	230,94	20	2	4	3	81,31	10
1	2	4	146,55	12	2	4	3	126,57	21
1	2	4	84,94	9	2	4	3	359,68	48
1	2	4	152,68	15	2	4	3	376,26	55
1	2	4	107,18	7	2	4	4	99,68	13
1	2	4	74,38	6	2	4	4	48,54	11
1	2	4	103,51	9	2	4	4	108,08	15
1	3	1	248,32	48	2	4	4	57,2	5
1	3	1	239,74	42	2	4	4	35,46	6
1	3	1	392,24	69	2	4	4	56,64	8
1	3	1	488,91	88	2	4	4	30,6	5
1	3	1	394,37	64	2	4	4	107,54	14
1	3	1	489,75	73	2	4	4	43,62	8
1	3	1	363,6	61	3	1	1	543,57	92
1	3	1	376,98	72	3	1	1	536,88	104
1	3	1	454,72	69	3	1	1	457,42	72
1	3	2	381,18	47	3	1	1	578,96	102
1	3	2	458,44	51	3	1	1	515,53	85
1	3	2	432,17	61	3	1	1	601,94	100
1	3	2	197,64	38	3	1	1	923,71	162
1	3	2	172,78	22	3	1	1	986,96	154
1	3	2	205,93	31	3	1	1	1083,77	165
1	3	2	235,25	41	3	1	2	92,39	16
1	3	2	264,15	34	3	1	2	286,8	38
1	3	3	314,46	48	3	1	2	343,73	39
1	3	3	227,38	35	3	1	2	126,35	21
1	3	3	316,7	38	3	1	2	75,7	11
1	3	3	243,96	35	3	1	2	198,41	23
1	3	3	262,06	38	3	1	2	121,11	9
1	3	3	212,09	30	3	1	3	141,96	23
1	3	3	309,41	47	3	1	3	159,5	22
1	3	3	275,23	41	3	1	3	258,22	31
1	3	3	264,09	36	3	1	3	201,67	36
1	3	4	632,82	49	3	1	3	227,99	33
1	3	4	397,44	44	3	1	3	142,66	25
1	3	4	519,7	55	3	1	3	233,78	34
1	3	4	270,88	32	3	1	3	186,6	31
1	3	4	252,51	30	3	1	3	204,78	32
1	3	4	289,24	33	3	1	4	585,82	53

A	S	V	P	NF	A	S	V	P	NF
1	3	4	254,95	25	3	1	4	754,44	63
1	3	4	199,74	34	3	1	4	731,05	65
1	3	4	350,04	27	3	1	4	238,34	24
1	4	1	275,44	50	3	1	4	231	24
1	4	1	226,11	38	3	1	4	309,31	29
1	4	1	203,87	40	3	1	4	229,52	22
1	4	1	190,65	31	3	1	4	388,18	37
1	4	1	133,21	23	3	1	4	183,3	18
1	4	1	211,73	41	3	2	1	382,89	73
1	4	1	247,65	48	3	2	1	346,79	70
1	4	1	165,37	28	3	2	1	373,78	75
1	4	1	173,09	30	3	2	1	642,31	131
1	4	2	260,5	34	3	2	1	618,64	112
1	4	2	178,52	29	3	2	1	536,28	102
1	4	2	251,49	32	3	2	1	850,63	159
1	4	2	246,54	24	3	2	1	1061,36	178
1	4	2	196,17	25	3	2	1	878,8	171
1	4	2	106,6	17	3	2	2	316,3	41
1	4	2	70,94	9	3	2	2	356,32	49
1	4	2	113,63	19	3	2	2	327,53	39
1	4	2	71,46	14	3	2	2	234,25	23
1	4	2	125,38	21	3	2	2	244,65	28
1	4	3	75,03	11	3	2	2	222,6	22
1	4	3	123,01	18	3	2	2	122	18
1	4	3	181,07	30	3	2	2	308,4	39
1	4	3	122,84	21	3	2	2	181,03	21
1	4	3	157,21	25	3	2	3	284,2	35
1	4	3	132,55	20	3	2	3	314,43	39
1	4	3	114,09	17	3	2	3	401,88	68
1	4	3	108,41	16	3	2	3	404,94	52
1	4	3	130,24	18	3	2	3	369,24	48
1	4	3	107,4	16	3	2	3	299,59	36
1	4	3	205,4	29	3	2	3	412,28	49
1	4	4	36,69	5	3	2	3	361,77	47
1	4	4	41,98	7	3	2	3	354,66	59
1	4	4	69,7	13	3	2	4	463,28	40
1	4	4	25,63	4	3	2	4	436,23	41
1	4	4	20,34	4	3	2	4	699,95	57
1	4	4	125,4	16	3	2	4	155,71	15
1	4	4	19,62	2	3	2	4	212,39	25
1	4	4	41,18	7	3	2	4	187,33	18
1	4	4	74,38	11	3	2	4	210,79	22
1	4	4	106,97	16	3	2	4	234,84	32
1	4	4	89,9	12	3	3	1	763,23	173
2	1	1	146,87	25	3	3	1	682,72	120
2	1	1	190,47	38	3	3	1	626,33	115
2	1	1	138,59	27	3	3	1	812,76	151
2	1	1	209,6	43	3	3	1	742,56	139
2	1	1	287,66	55	3	3	1	756,13	139

A	S	V	P	NF	A	S	V	P	NF
2	1	1	368,63	63	3	3	1	911,61	163
2	1	1	369,57	64	3	3	1	1065,04	213
2	1	1	371,93	67	3	3	1	1136,3	218
2	1	2	112,91	24	3	3	2	1067,05	131
2	1	2	17,61	4	3	3	2	895,75	135
2	1	2	116,36	18	3	3	2	1017,01	114
2	1	2	24,04	3	3	3	2	553,14	79
2	1	2	28,73	5	3	3	2	627,41	103
2	1	2	27,57	2	3	3	2	659,17	91
2	1	3	80,4	17	3	3	2	337,62	52
2	1	3	86,79	12	3	3	2	305,8	43
2	1	3	99,69	13	3	3	2	617,96	94
2	1	3	83,12	11	3	3	3	515,86	68
2	1	3	172,54	29	3	3	3	554,97	85
2	1	3	27,32	6	3	3	3	536,51	83
2	1	3	37,24	6	3	3	3	411,84	60
2	1	3	27,58	5	3	3	3	603,02	82
2	1	4	222,61	25	3	3	3	466,35	66
2	1	4	270,51	27	3	3	3	1069,44	129
2	1	4	259,93	23	3	3	3	434,93	68
2	1	4	163,04	15	3	3	3	666,83	95
2	1	4	46,05	5	3	3	4	890,21	91
2	1	4	19,43	3	3	3	4	963,14	109
2	1	4	66,48	9	3	3	4	1154,54	130
2	1	4	95,72	11	3	3	4	663,99	72
2	1	4	66,28	5	3	3	4	868,59	110
2	2	1	90,5	12	3	3	4	546,68	63
2	2	1	127,76	19	3	3	4	592,31	66
2	2	1	99,02	16	3	3	4	570,25	62
2	2	1	128,8	19	3	3	4	385,79	51
2	2	1	75,9	11	3	4	1	309,09	50
2	2	1	108,29	19	3	4	1	94,07	19
2	2	1	371,56	54	3	4	1	258,13	47
2	2	1	343,91	63	3	4	1	240,42	47
2	2	1	366,06	59	3	4	1	360,15	65
2	2	2	115,59	15	3	4	1	560,84	104
2	2	2	219,17	26	3	4	1	541,43	96
2	2	2	45,66	5	3	4	1	312,21	61
2	2	2	76,35	12	3	4	1	417,41	79
2	2	2	127,38	20	3	4	1	467,99	83
2	2	2	165,1	22	3	4	1	449,68	83
2	2	2	42,47	10	3	4	1	334,93	64
2	2	2	50,49	9	3	4	2	535,46	78
2	2	2	89,82	10	3	4	2	417,55	78
2	2	3	118,61	22	3	4	2	462,1	64
2	2	3	77,21	13	3	4	2	540,47	84
2	2	3	67,55	14	3	4	2	392,97	52
2	2	3	56,03	10	3	4	2	242,88	43
2	2	3	39,23	7	3	4	2	579,33	96

A	S	V	P	NF	A	S	V	P	NF
2	2	3	31,04	6	3	4	2	205,02	30
2	2	3	113,51	25	3	4	2	284,67	54
2	2	3	159,51	16	3	4	3	470,47	71
2	2	3	92,37	15	3	4	3	226,65	27
2	2	4	149,69	14	3	4	3	481,21	75
2	2	4	252,74	26	3	4	3	284,8	46
2	2	4	548,19	55	3	4	3	322,71	45
2	2	4	79,36	8	3	4	3	239,05	37
2	2	4	203,87	18	3	4	3	267,25	43
2	2	4	69,87	8	3	4	3	238,06	36
2	2	4	176,35	17	3	4	3	251,79	39
2	2	4	121,44	12	3	4	4	217,76	25
2	2	4	168,82	14	3	4	4	263,61	31
2	3	1	302,36	52	3	4	4	182,77	21
2	3	1	355,6	64	3	4	4	188,59	27
2	3	1	390,33	68	3	4	4	193,26	24
2	3	1	301,21	59	3	4	4	171,79	28
2	3	1	445,24	74	3	4	4	160,48	20
2	3	1	469,85	80	3	4	4	306,86	30
2	3	1	583,48	102	3	4	4	316,53	33
2	3	1	593,54	99	3	4	4	255,93	32
2	3	1	568,38	94					

A = Ambientes; S = Sistemas; V = Variedades; P = Produtividade; NF = Número de Frutos

9.6. Temperatura da solução e do local dos Reservatórios.

Solução	Tar	Tss	Tsr	Tsr - Tss	Tar	Tss	Tsr	Tsr - Tss
Data	9:00 h	9:00 h	9:00 h	Delta	15:00 h	15:00 h	15:00 h	Delta
1/12/2002	27,0	21,0	22,5	1,5	34,0	24,0	25,5	1,5
2/12/2002	28,5	20,0	22,0	2,0	36,0	25,5	26,5	1,0
3/12/2002	27,0	21,0	22,5	1,5	34,0	24,0	25,5	1,5
4/12/2002	28,5	20,0	22,0	2,0	36,0	25,5	26,5	1,0
5/12/2002	25,0	21,5	23,0	1,5	35,0	25,0	27,0	2,0
6/12/2002	25,0	21,0	22,0	1,0	36,0	25,0	26,5	1,5
7/12/2002	29,0	22,0	23,0	1,0	36,0	25,5	26,5	1,0
8/12/2002	26,0	22,0	23,0	1,0	29,0	23,0	24,0	1,0
9/12/2002	26,0	22,5	23,5	1,0	29,5	23,0	24,0	1,0
10/12/2002	26,0	22,5	23,0	0,5	30,0	23,0	24,0	1,0
11/12/2002	24,0	17,0	18,0	1,0	27,0	19,0	20,0	1,0
12/12/2002	28,0	17,0	18,0	1,0	32,0	21,0	22,5	1,5
13/12/2002	26,0	18,0	20,0	2,0	33,0	20,0	22,0	2,0
14/12/2002	25,0	18,0	19,0	1,0	30,0	20,0	22,0	2,0
15/12/2002	29,0	17,0	19,0	2,0	32,0	21,0	22,0	1,0
16/12/2002	25	17,0	18,5	1,5	29,0	18,0	20,0	2,0
17/12/2002	26,0	18,0	20,0	2,0	35,0	21,0	23,0	2,0
18/12/2002	28,0	17,0	18,0	1,0	36,0	21,0	22,0	1,0
19/12/2002	29,0	17,5	19,5	2,0	36,0	21,0	22,0	1,0
20/12/2002	29,0	17,0	18,5	1,5	37,0	21,5	22,5	1,0
21/12/2002	27,0	17,0	18,0	1,0	36,0	21,0	22,0	1,0
22/12/2002	27,0	17,0	18,0	1,0	34,0	22,0	23,0	1,0
23/12/2002	29,5	17,5	18,5	1,0	30,0	21,0	22,0	1,0
24/12/2002	29,5	18,5	19,5	1,0	27,0	21,0	22,0	1,0
25/12/2002	27,0	17,0	18,0	1,0	25,0	19,0	20,0	1,0
26/12/2002	25,0	17,5	19,0	1,5	29,0	18,0	20,0	2,0
27/12/2002	26,0	17,0	18,0	1,0	35,0	21,0	22,0	1,0
28/12/2002	25	16,0	17,5	1,5	35,0	20,0	21,5	1,5
29/12/2002	29,5	17,0	18,5	1,5	36,5	21,0	22,5	1,5
30/12/2002	30,0	17,0	18,5	1,5	37,0	22,5	23,5	1,0
31/12/2002	30,0	17,0	18,0	1,0	37,0	23,0	24,0	1,0
Média	27,2	18,6	19,9	1,3	33,0	21,8	23,1	1,3
1/1/2003	32,0	17,0	18,5	1,5	34,0	23,0	24,0	1,0
2/1/2003	30,0	17,0	18,0	1,0	31,0	22,0	23,0	1,0
3/1/2003	29,0	17,0	18,0	1,0	26,0	20,5	22,0	1,5
4/1/2003	25,0	17,0	18,0	1,0	26,0	21,0	22,0	1,0
5/1/2003	25,0	17,0	18,0	1,0	26,0	21,0	22,0	1,0
6/1/2003	28,0	17,0	18,0	1,0	29,0	21,0	22,5	1,5
7/1/2003	26,0	17,0	19,0	2,0	35,0	20,0	21,5	1,5
8/1/2003	27,0	17,0	18,0	1,0	28,0	21,0	22,0	1,0
9/1/2003	28,0	18,0	20,0	2,0	29,0	22,0	23,0	1,0
10/1/2003	29,0	18,0	20,0	2,0	30,0	22,0	23,0	1,0
11/1/2003	25,0	20,0	21,0	1,0	31,5	23,5	22,5	-1,0
12/1/2003	24,5	18,0	19,0	1,0	26,5	19,5	21,0	1,5

Solução	Tar	Tss	Tsr	Tsr - Tss	Tar	Tss	Tsr	Tsr - Tss
Data	9:00 h	9:00 h	9:00 h	Delta	15:00 h	15:00 h	15:00 h	Delta
13/1/2003	22,5	17,0	19,5	2,5	25,0	19,0	20,0	1,0
14/1/2003	26,0	17,0	19,0	2,0	30,0	20,0	21,5	1,5
15/1/2003	26,0	17,0	19,0	2,0	34,5	20,0	21,5	1,5
16/1/2003	28,0	16,5	17,5	1,0	33,0	21,0	22,0	1,0
17/1/2003	26,5	17,0	19,5	2,5	33,5	21,5	22,5	1,0
18/1/2003	27,0	17,0	18,0	1,0	32,0	20,0	21,5	1,5
19/1/2003	26,0	17,0	18,5	1,5	36,0	22,0	24,0	2,0
20/1/2003	27,0	17,0	18,5	1,5	33,0	20,0	22,0	2,0
21/1/2003	25,0	18,0	20,0	2,0	26,0	21,0	22,0	1,0
22/1/2003	26,0	19,0	20,0	1,0	31,0	22,0	23,0	1,0
23/1/2003	26,5	18,0	19,0	1,0	32,0	20,0	22,0	2,0
24/1/2003	25,5	17,0	20,0	3,0	29,0	20,0	23,0	3,0
25/1/2003	24,0	16,0	18,0	2,0	27,5	19,0	20,0	1,0
26/1/2003	25,0	17,0	19,0	2,0	29,0	19,0	21,0	2,0
27/1/2003	23,0	17,0	18,0	1,0	25,0	20,0	22,0	2,0
28/1/2003	23,5	17,0	18,0	1,0	25,0	19,0	20,0	1,0
29/1/2003	26,0	17,0	18,0	1,0	24,0	18,0	19,0	1,0
30/1/2003	23,0	16,0	17,5	1,5	26,0	18,0	19,0	1,0
31/1/2003	26,0	16,0	17,5	1,5	36,5	19,0	20,0	1,0
Média	26,2	17,2	18,7	1,5	29,7	20,5	21,8	1,3
1/2/2003	27,0	19,0	21,0	2,0	34,0	22,0	24,0	2,0
2/2/2003	29,0	19,0	21,0	2,0	35,0	22,0	24,0	2,0
3/2/2003	29,5	19,0	21,0	2,0	35,0	22,0	24,0	2,0
4/2/2003	27,0	17,5	18,5	1,0	37,0	22,0	24,0	2,0
5/2/2003	28,0	19,0	21,0	2,0	38,0	22,0	23,0	1,0
6/2/2003	26,0	18,0	19,0	1,0	38,5	21,0	22,0	1,0
7/2/2003	26,0	19,0	21,0	2,0	33,0	21,0	22,0	1,0
8/2/2003	26,0	18,0	19,0	1,0	36,0	21,0	22,0	1,0
9/2/2003	26,0	18,0	19,0	1,0	36,0	21,0	22,5	1,5
10/2/2003	30,0	19,0	21,5	2,5	39,0	20,0	21,0	1,0
11/2/2003	27,0	19,0	21,5	2,5	38,0	21,0	24,0	3,0
12/2/2003	30,0	18,0	20,0	2,0	38,0	22,0	24,0	2,0
13/2/2003	26,5	18,0	20,0	2,0	31,0	22,0	23,5	1,5
14/2/2003	25,0	17,0	19,0	2,0	27,0	19,0	21,0	2,0
15/2/2003	19,0	16,0	17,0	1,0	23,0	17,0	18,0	1,0
16/2/2003	26,0	17,0	18,0	1,0	30,0	20,0	21,5	1,5
17/2/2003	24,0	17,0	18,0	1,0	26,0	22,0	23,0	1,0
18/2/2003	24,0	17,0	18,0	1,0	26,0	22,0	23,0	1,0
19/2/2003	28,0	18,5	19,5	1,0	27,0	22,0	23,0	1,0
20/2/2003	28,0	18,5	19,5	1,0	27,0	22,0	23,0	1,0
21/2/2003	27,0	18,0	19,5	1,5	33,0	24,0	25,0	1,0
22/2/2003	27,0	19,0	20,5	1,5	33,0	22,0	23,0	1,0
23/2/2003	28,0	17,0	18,0	1,0	36,0	21,5	22,5	1,0
24/2/2003	28,0	17,0	18,0	1,0	37,0	21,0	22,0	1,0
25/2/2003	29,0	17,0	18,0	1,0	37,0	22,0	23,0	1,0
26/2/2003	29,0	17,0	18,0	1,0	36,5	22,0	23,0	1,0
27/2/2003	28,0	17,5	18,5	1,0	40,0	21,0	22,5	1,5

Solução	Tar	Tss	Tsr	Tsr - Tss	Tar	Tss	Tsr	Tsr - Tss
Data	9:00 h	9:00 h	9:00 h	Delta	15:00 h	15:00 h	15:00 h	Delta
28/2/2003	30,0	17,5	18,5	1,0	39,0	22,0	23,5	1,5
Média	27,1	17,9	19,3	1,4	33,8	21,4	22,8	1,4
1/3/2003	31,5	18,0	19,0	1,0	36,0	21,0	22,0	1,0
2/3/2003	31,5	18,0	19,0	1,0	36,0	21,0	22,0	1,0
3/3/2003	29,0	19,0	21,0	2,0	27,0	21,0	22,0	1,0
4/3/2003	21,0	18,0	20,0	2,0	31,0	21,0	22,0	1,0
5/3/2003	28,0	17,0	18,0	1,0	34,0	22,0	23,0	1,0
6/3/2003	29,0	17,0	18,0	1,0	31,0	21,0	22,0	1,0
7/3/2003	26,0	17,0	18,0	1,0	35,0	21,0	22,0	1,0
8/3/2003	26,0	17,0	18,0	1,0	28,0	20,0	21,0	1,0
9/3/2003	26,0	17,0	18,0	1,0	27,0	19,0	20,0	1,0
10/3/2003	27,0	17,0	18,0	1,0	27,0	19,0	20,0	1,0
11/3/2003	23,0	16,5	17,5	1,0	26,0	19,0	20,0	1,0
12/3/2003	27,0	17,0	18,5	1,5	27,0	19,0	20,0	1,0
13/3/2003	27,0	17,0	18,0	1,0	28,0	19,0	20,0	1,0
14/3/2003	24,0	20,5	21,0	0,5	34,0	20,0	21,0	1,0
15/3/2003	27,0	17,0	18,0	1,0	36,0	20,0	21,0	1,0
16/3/2003	28,0	17,0	18,0	1,0	35,0	20,0	21,0	1,0
17/3/2003	25,0	16,0	18,0	2,0	26,0	19,0	20,0	1,0
18/3/2003	23,0	13,5	15,5	2,0	31,0	19,0	20,0	1,0
19/3/2003	25,0	15,0	16,0	1,0	34,0	19,5	20,5	1,0
20/3/2003	26,0	16,0	17,5	1,5	32,0	19,0	20,5	1,5
21/3/2003	24,0	17,0	18,0	1,0	26,5	18,0	19,0	1,0
22/3/2003	23,0	15,0	16,0	1,0	27,0	17,0	19,5	2,5
23/3/2003	23,0	15,0	16,0	1,0	28,0	17,0	18,0	1,0
24/3/2003	25,0	14,0	15,5	1,5	28,0	17,5	19,0	1,5
25/3/2003	23,0	14,0	15,0	1,0	29,0	17,5	18,0	0,5
26/3/2003	25,0	14,0	15,0	1,0	28,0	18,0	19,0	1,0
27/3/2003	24,0	14,0	16,0	2,0	28,5	17,0	19,5	2,5
28/3/2003	23,0	15,0	16,0	1,0	28,5	18,0	19,0	1,0
29/3/2003	29,0	17,0	18,0	1,0	31,0	18,0	19,0	1,0
30/3/2003	27,0	14,0	15,0	1,0	35,0	18,0	19,0	1,0
31/3/2003	25,0	15,0	16,5	1,5	35,0	18,0	19,0	1,0
Média	25,8	16,3	17,5	1,2	30,5	19,1	20,3	1,1

Tar = temperatura do ar local; **Tss** = temperatura da solução na saída; **Tsr** = temperatura da solução no retorno