

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO
MORANGUEIRO EM SISTEMAS FECHADOS DE
CULTIVO SEM SOLO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

RODRIGO DOS SANTOS GODOI

**Santa Maria, RS, Brasil
2008**

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO MORANGUEIRO EM SISTEMAS FECHADOS DE CULTIVO SEM SOLO

por

Rodrigo dos Santos Godoi

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Jerônimo Luiz Andriolo

Santa Maria, RS, Brasil

2008

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Agronomia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a *Dissertação de Mestrado*

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO MORANGUEIRO EM SISTEMAS
FECHADOS DE CULTIVO SEM SOLO**

Elaborada por
Rodrigo dos Santos Godoi

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Agronomia

COMISSÃO EXAMINADORA:



Jerônimo Luiz Andriolo, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Dilson Antônio Bisognin, Dr. (UFSM)
(Co-Orientador)



Paulo Roberto Grolli, Dr. (UFPeI)

Santa Maria, 21 de fevereiro de 2008.

“O importante não é a quantidade ou a grandeza das realizações, mas a intenção e o resultado obtido.”

Masaharu Taniguchi

Aos meus amados pais Vicente Godoi e Vera dos Santos Godoi pelos anos de incentivo, dedicação e incansável apoio.

A minha esposa Renata e a minha filha Rafaela pelo amor, paciência e incentivo.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida e por toda a energia e inspiração.

Ao professor Jerônimo Luiz Andriolo, pela paciência, compreensão, amizade e orientação.

Ao professor Dílson Antônio Bisognin e Sandro L. P. Medeiros, pela co-orientação, aprendizado e amizade.

Ao grande amigo Gustavo Gimenez, pela compreensão, paciência e amizade verdadeira.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Agronomia, da UFSM, por todos os conhecimentos adquiridos durante o mestrado.

Aos funcionários do departamento de fitotecnia, em especial, ao João Colpo pela amizade e incansável disposição na instalação e no desenvolvimento do experimento.

Aos colegas do setor, Djeimi, Odair, Clarisse, Carine, Ligia, Marcos, Francieli, José Carlos e Cláudia, pela incansável dedicação, amizade e companheirismo.

A Clarissa Cogo, Beni e Elizabete, pelo incentivo, amizade e apoio em todos os momentos.

A minha irmã Sabrina dos Santos Godoi, por todo apoio e eterno incentivo.

Ao meu irmão Orcial Ceolin Bortolotto, por toda a ajuda, incentivo, dedicação e amizade.

Aos funcionários da PRAE, Oinei, Marta, Lucia, Pinheiro e Quevedão, por todo incentivo e confiança.

Aos amigos, Mauro e Jane, por todo auxílio, incentivo e amizade.

Aos amigos do grupo da batata, Liege, Maurício, Carlos Evandro, Douglas, Jacson, Hardi, Glademir, pela cooperação e amizade.

A todos os meus familiares e amigos que de alguma forma ajudaram na minha caminhada rumo a essa dissertação, em especial a minha avó Olga e meus sogros Renato e Jane.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa, sem a qual não seria possível a realização do meu Mestrado.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Departamento de Fitotecnia pela realização do curso.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Agronomia
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil.

PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DO MORANGUEIRO EM SISTEMAS FECHADOS DE CULTIVO SEM SOLO

AUTOR: RODRIGO DOS SANTOS GODOI
ORIENTADOR: JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO
CO-ORIENTADOR: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN
Santa Maria, 21 de fevereiro de 2008.

O objetivo do trabalho foi determinar a produtividade e qualidade do morangueiro em sistemas fechados de cultivo sem solo com substratos. O experimento foi conduzido dentro de um abrigo telado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, entre abril e novembro de 2006. Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de cultivo e dois substratos, em esquema fatorial 3x2, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os sistemas de cultivo foram sacolas fertirrigadas por tubos gotejadores, calhas e leito de cultivo. Os substratos foram a areia como substrato inerte e o Plantmax PXT[®] como substrato orgânico, fertirrigados com solução nutritiva completa, sem descartes durante o período do experimento. Houve interação significativa entre os substratos e os sistemas. Na areia, destacou-se o cultivo nas calhas, com uma produtividade média de 122,09 t ha⁻¹, sendo 8,13% e 8,33% superior às sacolas e ao leito de cultivo, respectivamente. No substrato orgânico, a média mais elevada foi equivalente a 143,58 t ha⁻¹, obtida no leito de cultivo, superior às sacolas em 10,9% e às calhas em 29,33%. Não houve influência dos substratos nem dos sistemas sobre a qualidade da fruta, caracterizada através da firmeza, °Brix e acidez titulável.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa* Duch.; fertirrigação; produção de frutos; firmeza; sólidos solúveis; acidez; hidroponia.

ABSTRACT

Master Dissertation
Graduate Program of Agronomy
Universidade Federal de Santa Maria

STRAWBERRY YIELD AND QUALITY IN CLOSED SOILLESS SYSTEMS WITH SUBSTRATES

AUTHOR: RODRIGO DOS SANTOS GODOI
ADVISOR: JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO
CO-ADVISOR: DILSON ANTÔNIO BISOGNIN
Santa Maria, February 21st, 2008.

The objective of the research was to determine the strawberry fruit yield and quality in three different closed soilless systems with two substrates. The experiment was conducted in a greenhouse in the Department of Fitotecnia at the Universidade Federal de Santa Maria, from April to November, 2006. The experimental set up was a 3 x 2 factorial design with four replications. Treatments were the three soilless systems and the two substrates. The soilless systems consist of plastic bags, plastic troughs and growing beds, all of them elevated from the soil. The substrates were an inert substrate (sand) and an organic substrate (Plantmax PXT[®]). Drip fertigation was used in the plastic bags, while subirrigation was done in the other two systems. A standard complete nutrient solution was utilized and there was not any disposal of it during the experiment. A significant interaction among substrates and systems was observed. In the case of the sand, best results were obtained with plastic troughs reaching a mean fruit yield of 122.09 t ha⁻¹, which was 8.13% e 8.33% higher than the plastic bags and the growing beds, respectively. In the case of the organic substrate, the mean fruit yield in the system of growing beds (143.58 t ha⁻¹) was 10.9% and 29.33% superior to the plastic bags and plastic troughs, respectively. Neither the soilless systems nor the substrates influenced the fruit quality characteristics of firmness, soluble solids and titratable acidity.

Key words: *Fragaria x ananassa* Duch.; fertigation; fruit production; firmness; soluble solids; acidity; hydroponics.

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Concentração de macronutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico do morangueiro. **pág. 8**

TABELA 2 – Composições das soluções nutritivas concentradas utilizadas para o cultivo hidropônico do morangueiro. (Furlani & Fernandes Júnior, 2004) **pág. 9**

TABELA 3 – Preparo das soluções nutritivas iniciais para o cultivo hidropônico do morangueiro. (Furlani & Fernandes Júnior, 2004) **pág. 10**

TABELA 4 – Materiais necessários e custos de instalação de uma unidade básica do sistema leito de cultivo com superfície de 3,6 m². Santa Maria, UFSM, 2007. (Valores em R\$) **pág. 16**

TABELA 5 – Materiais necessários e custos de instalação de uma unidade básica do sistema de sacolas com superfície de 3,6 m². Santa Maria, UFSM, 2007. (Valores em R\$) **pág. 19**

TABELA 6 – Materiais necessários e custos de instalação de uma unidade básica do sistema de calhas com superfície de 3,6 m². Santa Maria, UFSM, 2007. (Valores em R\$) **pág. 22**

TABELA 7 – Produtividade do morangueiro, em g/planta, com três sistemas fechados de cultivo sem solo e dois substratos. Santa Maria, UFSM, 2006. **pág. 32**

TABELA 8 – Massa seca vegetativa (MSV), das frutas (MSF) e total (MST) do morangueiro em três sistemas fechados de cultivo sem solo e dois substratos. Santa Maria, UFSM, 2006. **pág. 33**

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Diagrama transversal do leito de cultivo empregado na produção de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007. **pág. 14**

FIGURA 2 - Diagrama esquemático longitudinal do leito de cultivo empregado na produção de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007. **pág. 15**

FIGURA 3 – Diagrama do sistema de sacolas empregado na produção hidropônica de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007. **pág. 18**

FIGURA 4 – Diagrama do sistema em calhas empregado na produção de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007. **pág. 21**

FIGURA 5 – Fotografias dos sistemas fechados de cultivo sem solo, empregados na produção de frutas do morangueiro: leito de cultivo (A), sacolas (B) e calhas (C). Santa Maria, UFSM, 2007. **pág. 23**

FIGURA 6 – Fotos do experimento no período de frutificação da cultura. Santa Maria, UFSM, 2007. **pág. 35**

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Sistemas hidropônicos	3
1.2 Soluções nutritivas	6
1.2.1 pH da solução.....	6
1.2.2 Concentração salina.....	6
1.2.3 Equilíbrio iônico.....	7
1.2.4 Composição da solução nutritiva.....	7
1.3 Qualidade da água	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Implantação do experimento	11
2.2 Localização e caracterização da área	11
2.3 Ambiente de cultivo	11
2.4 Dispositivo de cultura	12
2.4.1 Leito de cultivo.....	12
2.4.2 Sacolas.....	17
2.4.3 Calhas.....	20
2.5 Substratos	24
2.6 Solução nutritiva	24
2.6.1 Composição.....	24
2.6.2 Manejo.....	25
2.7 Manejo da cultura	26
2.8 Determinações	26
2.8.1 Crescimento.....	26
2.8.2 Produtividade e qualidade pós-colheita.....	26
2.9 Delineamento experimental	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÕES	34
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Sistemas hidropônicos

A primeira utilização de sistemas hidropônicos para a produção em grande escala ocorreu por volta de 1945, durante a segunda Guerra Mundial. O exército norte-americano com suas bases militares situadas nas ilhas do Pacífico utilizou a hidroponia para a produção de hortaliças e vegetais, de consumo *in natura*, para alimentação de suas tropas (RESH, 1997).

O emprego de materiais inertes ou orgânicos como substrato evoluiu associado aos sistemas abertos com drenagem perdida, tendo como um dos objetivos a simplificação das instalações e do manejo da fertirrigação frente aos sistemas NFT, sigla em inglês que significa “Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes”. Alguns autores identificam como uma fase intermediária entre o cultivo tradicional no solo e a hidroponia pura, o cultivo realizado com volumes elevados de substrato, da ordem de 20 ou mais dm^3 por planta (FAO, 1990; RESH, 1997). Esses sistemas permitiam o emprego de substratos com capacidade de reterem cátions, com isso, permitiam a fertirrigação descontínua. Através dessa prática, o P, K, Ca, Mg e micronutrientes podiam ser fornecidos misturados ao substrato no momento da instalação da cultura e o N posteriormente através da fertirrigação. Nos dias atuais, uma variante dessa prática tem sido adotada com sucesso no cultivo do tomateiro (ANDRIOLO et al., 1997; 2004), morangueiro (ANDRIOLO et al., 2002), meloeiro (ANDRIOLO et al., 2005) e pepino (ESPÍNOLA et al., 2000) cultivados em volumes reduzidos de substrato no Sul do Brasil e com o fornecimento escalonado de solução nutritiva, intercalada com a irrigação. Através dessa prática, uma nova dose de nutrientes é fornecida somente quando a condutividade elétrica da solução drenada atinge valores baixos, normalmente inferiores a 1 dS m^{-1} (ANDRIOLO, 2002). Na cultura do tomateiro, esse método permitiu reduzir em até 60% a quantidade de fertilizantes que seria fornecida pela fertirrigação contínua (ANDRIOLO et al., 1997).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Implantação do experimento

O plantio foi realizado no dia 27 de abril e o experimento encerrado em 21 de novembro de 2006. Foram empregadas mudas do clone LBD 15.1 provenientes do Programa de Melhoramento Genético da UFSM. Essas mudas foram produzidas a partir de meristemas retirados de planta provenientes de um jardim clonal. Esses meristemas foram cultivados *in vitro* e depois de aclimatizados em estufas, com sistema de cultivo sem solo. O espaçamento foi de 0,27 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas, na densidade de 12 plantas m⁻².

2.2 Localização e caracterização da área

O experimento foi instalado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O município de Santa Maria fica localizado na Depressão central do Rio Grande do Sul, e tem como coordenadas geográficas 29°42'S e 53°43'W, com aproximadamente 93 m de altitude.

2.3 Ambiente de cultivo

O experimento foi conduzido no interior de um abrigo telado de 200 m², disposto no sentido norte-sul, coberto com polietileno de baixa densidade de 150 µm de espessura, cuja transmissividade é de 85% e com paredes revestidas de tela “antiinseto” com malha de $1,5 \times 10^{-3}$ m.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações medidas na CE situaram-se entre 1,4 e 1,8 dS m⁻¹, com média de 1,7 dS m⁻¹ durante todo o período de crescimento e desenvolvimento da cultura. Aquelas do pH situaram-se entre 5,0 e 6,4, com média de 5,6 no mesmo período.

Não foram encontradas diferenças significativas na produtividade total de frutas entre os três sistemas e entre os dois substratos analisados separadamente. Porém, as interações entre esses fatores foram significativas (Tabela 7). No substrato inerte, verificou-se que o cultivo nas calhas, apresentou produtividade total de 9,0% superior às sacolas e ao leito de cultivo. No substrato orgânico, a média mais elevada de produtividade total foi obtida no leito de cultivo, superior às calhas em 41,5%. Essa produtividade foi de 1196,5 g/planta, equivalente a 143,5 t ha⁻¹.

A produtividade mensal ao longo do período de crescimento e desenvolvimento diferiu entre os sistemas e entre os substratos (Tabela 7). No substrato inerte, as calhas apresentaram a maior produtividade no mês de julho. No mês de agosto, a maior produtividade foi obtida nas sacolas. Resultado inverso foi observado em julho no substrato orgânico, com a menor produtividade obtida nas calhas, a qual perdurou no mês de agosto.

O maior crescimento das plantas foi atingido no substrato orgânico (Tabela 8). No substrato inerte, a massa seca total mais elevada foi constatada nas sacolas, sendo atribuída ao maior crescimento vegetativo das plantas. Nesse material, a maior produtividade de frutas ocorreu nas calhas, onde foi menor o crescimento vegetativo das plantas. A menor produtividade de frutas foi observada no leito de cultivo, onde o crescimento vegetativo foi 47,3% superior àquele das calhas.

No substrato orgânico o maior crescimento total da planta ocorreu no leito de cultivo, atribuído ao crescimento mais elevado tanto dos órgãos vegetativos como das frutas. A menor produtividade de frutas foi acompanhada pelo reduzido crescimento dos órgãos vegetativos (Tabela 8). Não foram observadas diferenças significativas nas variáveis de qualidade das frutas entre os sistemas de cultivo e os substratos. Os valores médios foram de 5,9 (Newton) para a firmeza de polpa, 6,4 (°Brix) para os sólidos solúveis totais e 11,1 (meq. 100 mL⁻¹) para a acidez.

CONCLUSÕES

É possível produzir morangos em sistemas fechados de cultivo sem solo com a utilização de substratos inertes e/ou orgânicos, sem descarte de solução nutritiva durante o ciclo da cultura.

A produtividade de frutas do morangueiro é influenciada pelo sistema de cultivo. Os maiores valores são obtidos empregando substrato inerte quando o sistema é de calhas e empregando substrato orgânico quando o sistema é constituído por um leito de cultivo.

A qualidade das frutas não foi influenciada por ambos os sistemas e substratos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J. L. et al. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 28-32, 1997.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1999. 142p.

ANDRIOLO, J.L. **Olericultura geral**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2002. 158p.

ANDRIOLO, J.L. et al. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutas de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p. 24-27, 2002.

ANDRIOLO, J.L. et al. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.794-798, 2004.

ANDRIOLO, J. L. et al. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 1-12, 2005.

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. **Produção de mudas de morango**. In: Sistema de Produção de Morango. Sistemas de Produção 5. Embrapa Clima Temperado. Versão eletrônica. Dezembro, 2003.

BARUZZI, G.; FAEDI, W. La fragola in Italia. In: **La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale**. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. p.95-110. 1998.

BONNECARRÈRE, R. A. G. **Soluções nutritivas e formas de manejo do morangueiro em hidropônica**. 2002. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.

CTIFL. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits e des Légumes. **La fraise**. Paris: ctifl, 1997. 299p.

DALMAGO, G. A. et al. Evapotranspiração máxima da cultura do pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, temperatura, umidade do ar e déficit de saturação do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 36, n. 3, p. 785-792, 2006.

DALSASSO, L. C. M. et al. Consumo de água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 61-67, 1997.

DENG, X.; WOODWARD, F. I. The Growth and Yield Responses of *Fragaria x ananassa* to elevated CO₂ and N Supply. **Annals of Botany**, v. 81, p. 67-71, 1998.

INTRODUÇÃO

O morango, atualmente produzido em todo o mundo é proveniente do cruzamento natural das espécies *Fragaria virginiana* e *Fragaria chiloenses* oriundas da América do Norte e do Chile, respectivamente. Na escala de produção mundial, os Estados Unidos se mantêm como o maior produtor (740.800 t; 41 t ha⁻¹), seguido pela Espanha (306.000 t; 38 t ha⁻¹) e Japão (200.000 t; 25 t ha⁻¹) (RESENDE et al., 1999; SANTOS & MEDEIROS, 2003).

No Brasil, a cultura do morangueiro possui um caráter eminentemente social, pois emprega um grande contingente de trabalhadores na quase totalidade de seu ciclo de cultivo (RESENDE et al., 1999). Entretanto, o que tem despertado maiores interesses em relação a essa atividade é a alta rentabilidade quando comparada à outras culturas (REICHERT & MADAIL, 2003). A área destinada ao cultivo do morangueiro é da ordem de 3.600 ha e a produção nacional ultrapassou as 90 mil toneladas em 1999. Os principais estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul e Espírito Santo, sendo que a produtividade média desses Estados está em torno de 31,3 t ha⁻¹.

No Rio Grande do Sul, destaca-se como principal região produtora o Vale do Rio Caí, seguido da região serrana que compreende os municípios de Caxias do Sul, Flores da Cunha e Farroupilha (ANTUNES & DUARTE FILHO, 2003). Os produtores que cultivam essa Rosácea, na sua maioria, são proprietários de minifúndios cujos extratos de área cultivada variam de 0,2 a 1 ha (REICHERT & MADAIL, 2003) e na maioria dessas áreas o sistema de cultivo empregado é o convencional no solo.

Um dos sérios problemas da cultura do morangueiro em pequenas áreas diz respeito às moléstias radiculares, que tendem a se agravar no decorrer dos anos quando a lavoura é implantada sempre no mesmo local. Esse fato está associado a elevados teores de água no solo, principalmente no período de inverno, e reflete diretamente na redução gradativa da produção ao longo dos anos. Como alternativa para superação desses problemas, é recomendado o cultivo fora do solo, empregando substrato e com uso de fertirrigação.

O cultivo sem solo do morangueiro está bem difundido na Europa, principalmente na Inglaterra, Bélgica e Holanda (LIETEN et al., 2004). Predominam os sistemas abertos, com drenagem perdida de solução nutritiva e plantas colocadas em sacolas ou vasos contendo diferentes tipos de substratos. No Brasil, foram encontrados resultados de pesquisas sobre o cultivo do morangueiro em sistemas hidropônicos do tipo NFT (FERNANDES JUNIOR et al., 2002; BONECARRÈRE, 2002; VILLELA JÚNIOR et al., 2004) ou com substrato em colunas verticais (FERNANDES JUNIOR et al., 2002). A produtividade máxima do morangueiro nesses sistemas situou-se próxima a 400 g/planta, equivalente a 9 kg m⁻². Os sistemas do tipo NFT caracterizam-se por renovações freqüentes da solução nutritiva, elevado consumo de energia elétrica para o funcionamento de bombas e baixa inércia térmica na zona radicular. As colunas verticais com substrato exigem estruturas reforçadas de sustentação, são de instalação laboriosa e funcionam em sistema aberto, com descarte da solução nutritiva drenada. Resultados de sistemas fechados com emprego de substratos, com baixo consumo de energia elétrica e descarte reduzido da solução nutritiva não foram encontrados na literatura.

O objetivo deste trabalho foi determinar a produtividade e qualidade de frutas do morangueiro, cultivado em três sistemas fechados de cultivo sem solo, com emprego de substratos.

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Sistemas hidropônicos

A primeira utilização de sistemas hidropônicos para a produção em grande escala ocorreu por volta de 1945, durante a segunda Guerra Mundial. O exército norte-americano com suas bases militares situadas nas ilhas do Pacífico utilizou a hidroponia para a produção de hortaliças e vegetais, de consumo *in natura*, para alimentação de suas tropas (RESH, 1997).

O emprego de materiais inertes ou orgânicos como substrato evoluiu associado aos sistemas abertos com drenagem perdida, tendo como um dos objetivos a simplificação das instalações e do manejo da fertirrigação frente aos sistemas NFT, sigla em inglês que significa “Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes”. Alguns autores identificam como uma fase intermediária entre o cultivo tradicional no solo e a hidroponia pura, o cultivo realizado com volumes elevados de substrato, da ordem de 20 ou mais dm^3 por planta (FAO, 1990; RESH, 1997). Esses sistemas permitiam o emprego de substratos com capacidade de reterem cátions, com isso, permitiam a fertirrigação descontínua. Através dessa prática, o P, K, Ca, Mg e micronutrientes podiam ser fornecidos misturados ao substrato no momento da instalação da cultura e o N posteriormente através da fertirrigação. Nos dias atuais, uma variante dessa prática tem sido adotada com sucesso no cultivo do tomateiro (ANDRIOLO et al., 1997; 2004), morangueiro (ANDRIOLO et al., 2002), meloeiro (ANDRIOLO et al., 2005) e pepino (ESPÍNOLA et al., 2000) cultivados em volumes reduzidos de substrato no Sul do Brasil e com o fornecimento escalonado de solução nutritiva, intercalada com a irrigação. Através dessa prática, uma nova dose de nutrientes é fornecida somente quando a condutividade elétrica da solução drenada atinge valores baixos, normalmente inferiores a 1 dS m^{-1} (ANDRIOLO, 2002). Na cultura do tomateiro, esse método permitiu reduzir em até 60% a quantidade de fertilizantes que seria fornecida pela fertirrigação contínua (ANDRIOLO et al., 1997).

O cultivo sem solo do morangueiro está bem difundido na Europa, principalmente na Inglaterra, Bélgica e Holanda (LIETEN et al., 2004). Predominam os sistemas abertos, com drenagem perdida de solução nutritiva e plantas colocadas em sacolas contendo de 8 a 10 dm³ de turfa e/ou perlita, lã de rocha ou fibra de coco, com 3 a 4 plantas por sacola, em densidades entre 8 e 12 plantas m⁻². Também, são utilizados vasos com volume de 2 dm³ contendo o mesmo tipo de substrato. Tanto as sacolas como os vasos podem ser suspensos a diferentes alturas, o que ao mesmo tempo isola o contato solo-planta e facilita o trabalho de colheita. Os sistemas de produção combinando cultivares e datas de plantio, assim como o manejo das estufas em relação à luz, temperatura e umidade do ar, permitem produzir o ano todo. As produtividades são variáveis segundo a época de produção, obtendo-se de 5 a 10 kg m⁻² (HENNION & VESCHAMBRE, 1997; BARUZZI & FAEDI, 1998; LIETEN, 1998; 2001).

Nos Estados Unidos, o desenvolvimento de sistemas hidropônicos para produção de morango é recente, e considerado até o momento uma alternativa produtiva somente no Estado da Flórida. Diferentes tipos de substratos, densidades de plantio e cultivares foram testados entre os anos 2000 e 2002 (PARANJPE et al., 2003). Os melhores resultados foram obtidos com calhas de plástico corrugado em forma de U, suspensas a 1,50 m do solo e preenchidas de casca de pinus, com uma densidade de 22 plantas m⁻², com produtividades de 8,6 kg m⁻². Com referência às cultivares foi determinado que Carmine, Treasure, Strawberry Festival e Camarosa podem ser utilizadas com sucesso nesse sistema de produção hidropônica.

No Brasil, o cultivo hidropônico de morangueiro está em fase inicial de desenvolvimento. No entanto, alguns trabalhos de pesquisa estão dando resultados satisfatórios quanto ao ajuste de diferentes sistemas melhor adaptados para as condições produtivas do país. MORAES & FURLANI (1999) recomendam, para a produção de morango em hidroponia com o sistema NFT, canais de cultivo de 15 cm de profundidade e 15 cm de diâmetro, com um espaçamento entre linhas e entre plantas de 25 e 35 cm, respectivamente. O comprimento dos canais de cultivo não deve exceder 15 m e possuir declividade entre 2-4%. O volume do reservatório da solução nutritiva deve ter capacidade de 1,5-2 litros por planta. O volume de solução por canal deve estar entre 2 e 4 L min⁻¹.

BONECARRÈRE (2002), trabalhando na Universidade Federal de Santa Maria, comparou dois sistemas NFT constituídos por telhas de fibrocimento de 3,7 m de comprimento e 1,10 m de largura utilizando pedra britada como sustentação das plantas e perfis hidropônicos de polipropileno de 3 m de comprimento e 0,05 m de profundidade. As cultivares utilizadas foram Dover e Oso Grande. Os melhores resultados foram obtidos com o perfil hidropônico, obtendo produtividades de 327 g/planta com a cultivar Oso Grande e 173 g/planta com a cultivar Dover durante o período de julho a setembro.

Para a hidroponia vertical, FURLANI & FERNANDES JÚNIOR (2004) utilizaram sacolas compridas de polietileno de cerca de 2 m de comprimento e 0,20 m de diâmetro, com volume em torno de 63 dm³, preenchidas com substrato e irrigadas com solução nutritiva completa. Como substratos foram testados casca de arroz carbonizada, uma mistura de casca de pinus e vermiculita, fibra de coco e casca de arroz não carbonizada em mistura com vermiculita ou fibra de coco. A casca de arroz carbonizada destacou-se entre todas as opções de substratos pela leveza, desempenho das plantas e seu baixo custo. A distância entre sacolas foi de 1,2 m, com espaçamento de 1 m nas linhas. Em cada sacola foram colocadas 28 plantas, espaçadas entre si 0,25 m. A densidade utilizada foi de 23 plantas m⁻². A produtividade obtida com a cultivar Campinas entre os meses de setembro a dezembro na região de Jundiaí, SP, foi de 233 g/planta ou 8,7 kg m⁻².

VILLELA JÚNIOR et al. (2004) utilizou sistema NFT construído em bancadas, com 12 m de comprimento e 2,0 m de largura, à altura média de 1,0 m do nível do solo. O espaçamento entre plantas foi de 0,30 x 0,30 m, com densidade de 10 plantas m⁻². Os canais de cultivo foram tubos de PVC com 0,10 m de diâmetro, cortados longitudinalmente e remontados sobre as bancadas metálicas com declividade de 2 a 2,5 %. Esses autores obtiveram uma produtividade de 10 kg m⁻² na época de outono-inverno com a cultivar Sweet Charlie na região de Jaboticabal, SP.

1.2 Soluções nutritivas

Os sistemas hidropônicos atualmente empregados em escala comercial requerem principalmente soluções nutritivas (SN) completas. Essas soluções devem conter todos os nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Nos sistemas hidropônicos, é a solução nutritiva que determina a composição do meio radicular como, por exemplo, o valor de pH, equilíbrio eletroquímico, inércia térmica, etc. Três parâmetros principais caracterizam uma solução: o pH, a concentração salina e o equilíbrio iônico (ANDRIOLO, 1999).

1.2.1 pH da solução

O índice pH mede a atividade dos íons hidrogênio (H^+) na solução nutritiva e é influenciado pelas fontes de nitrogênio (N) que são utilizadas (N amoniacal e/ou N nítrico). Segundo FAO (1990) o pH deve se situar entre 5,8 e 6,2, onde, valores acima ou abaixo desses limites dificultam o processo de absorção radicular, principalmente dos micronutrientes. Para CASTELLANE & ARAÚJO (1995) o valor de pH mais adequado para a maioria das espécies situa-se entre 6,0 e 6,5. Já MARTINEZ & SILVA FILHO (1997) recomendam que o pH da solução fique em torno de 5,5 e 6,5.

1.2.2 Concentração salina

Esse parâmetro refere-se à quantidade de sais que estão dissolvidos na água. Sua medida dá-se em função da condutividade elétrica (CE) da solução, onde, quanto maior a concentração de sais dissolvidos maior será a CE. É expressa em millisiemens ($mS\ cm^{-1}$) ou em millimhos ($mmhos\ cm^{-1}$). A concentração salina das soluções varia de 1 a 4 $mS\ cm^{-1}$, dependendo de cada espécie (SANTOS, 2000).

1.2.3 Equilíbrio iônico

Devido ao antagonismo existente entre alguns íons que compõem a solução nutritiva, deve-se levar em conta a proporção entre os mesmos. ANDRIOLO (1999) relata que para o tomateiro há uma proporção ideal entre os íons potássio e o somatório dos íons cálcio e magnésio. Essa proporção, segundo o autor, deve ficar entre determinado limite que varia em função do estágio de desenvolvimento da planta.

Não menos importante é o equilíbrio eletroquímico da solução nutritiva. É esse equilíbrio que, bem ajustado, não influenciará negativamente na polarização das membranas radiculares, favorecendo assim, o fluxo normal dos nutrientes para dentro das células.

Desta maneira, o equilíbrio de cargas entre os cátions e os ânions deve ser preservado.

1.2.4 Composição da solução nutritiva

A composição das soluções nutritivas varia principalmente com a espécie e o estágio de desenvolvimento da cultura. Dentre os nutrientes minerais, o N é aquele que mais afeta o crescimento e o desenvolvimento do morangueiro. A deficiência reduz simultaneamente o número, o tamanho e a produtividade das frutas (DENG & WOODWARD, 1998). Na fase de estolonamento, afeta tanto o comprimento quanto o número de ramificações dos estolões. O número de ramificações aumenta enquanto o comprimento dos estolões diminui sob níveis elevados de N (TWORKOSKI et al., 2001). Níveis moderados, após o plantio até meado de outono, quando as temperaturas são ainda elevadas e o fotoperíodo longo, favorecem o aumento no número de rebentos da coroa. Por outro lado, níveis elevados no final do outono reduzem a produtividade e a qualidade dos frutos na primavera seguinte, favorecendo a emissão precoce de estolões (CTIFL, 1997).

Diversas formulações de soluções nutritivas para produção hidropônica do morangueiro foram descritas na literatura (Tabela 1).

Tabela 1: Concentração de macronutrientes em soluções nutritivas para o cultivo hidropônico do morangueiro.

Autor	Concentração (mmol/L)						
	N- NO ₃ ⁻	N- NH ₄ ⁻	K ⁺	H ₂ PO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	SO ₄ ⁻⁻
Sazaki (1992)*	5,2	0,6	2,8	0,4	1,1	0,5	0,5
Sonneveld & Straver (1994)*	10	0,5	5,2	1,2	2,7	1,1	1,1
Muckle (1993)*	7,2	0,2	5,3	1,4	3,1	2,0	4,2
Castellane & Araújo (1994)*	8,9	-----	4,5	1,5	3,0	1,0	1,0
Moraes & Furlani (1999)	10,2	2,0	6,4	2,0	3,8	1,6	1,6
Sarooshi & Cresswell (1994)*	9,8	2,5	7,5	1,2	2,4	1,2	-----
Hennion & Veschambre ¹ (1997)	12,0	2,0	6,0	2,2	3,0	1,25	1,0
Hennion & Veschambre ² (1997)	10,0	-----	6,5	2,0	3,25	1,0	1,0
Paranjpe et al., (2003),	4,0	0,7	2,2	1,6	2,4	1,6	1,7

*Citadas por Furlani et al. (1999).

¹ Fase vegetativa; ² fase de frutificação.

Com relação aos micronutrientes, as concentrações, em mg L⁻¹, variam entre 0,2 e 0,5 para o B; 0,01 e 0,05 para o Cu; 1,0 e 3,0 para o Fe; 0,2 e 0,6 para o Mn; 0,005 e 0,05 para o Mo e entre 0,02 e 0,3 para o Zn. Nos macronutrientes, a amplitude da variação múltipla das concentrações entre as diferentes soluções descritas na (Tabela 1) é de 3 para o NO₃⁻, 12,5 para o NH₄⁺; 3,4 para o K⁺; 5,5 para o H₂PO₄⁻; 3,4 para o Ca⁺⁺; 4 para o Mg⁺⁺ e de 3,4 para o SO₄⁻⁻. A absorção pela planta dos nutrientes dissolvidos na solução nutritiva depende de diversos fatores como concentração, equilíbrio eletroquímico, teor de oxigênio, temperatura do ar e da solução nutritiva e intensidade da radiação solar incidente. A influência dos fatores ambientais sobre os processos de absorção mineral é uma das causas para as variações na concentração de nutrientes entre as soluções nutritivas descritas na Tabela 1.

O emprego de soluções nutritivas concentradas tem sido preconizado para reduzir a mão-de-obra necessária na preparação dessas soluções. FURLANI & FERNANDES JÚNIOR (2004), desenvolveram uma solução nutritiva para produção hidropônica de morangueiro que pode ser utilizada em sistema NFT ou com substratos (Tabelas 2 e 3). O preparo e o manejo da solução nutritiva são realizados de forma semelhante nos sistemas horizontal e vertical de hidroponia. Inicialmente são preparadas três soluções concentradas (A, B e C). Durante uma safra, usando-se soluções concentradas, são preparadas duas soluções iniciais, uma delas para a fase vegetativa e a outra a partir do início da frutificação. A condutividade elétrica (CE) das soluções iniciais, tanto para a fase vegetativa como para a de frutificação, deve ficar em torno de 1,4- 1,5 mS cm⁻¹. À medida que a solução for sendo consumida novos volumes preparados deverão ser periodicamente adicionados ao reservatório. Para cada 0,3 mS cm⁻¹ de diminuição na CE acrescenta-se 20% dos volumes usados para o preparo da solução inicial.

Tabela 2: Composições das soluções nutritivas concentradas recomendadas para o cultivo hidropônico do morangueiro (FURLANI & FERNANDES JÚNIOR, 2004).

Sais ou fertilizantes	Solução concentrada (g 10 L ⁻¹)		
	A	B	C
Nitrato de cálcio	1600	-	-
Nitrato de potássio	-	1000	1000
Fosfato monoamônio	-	300	0
Fosfato monopotássio	-	360	720
Sulfato de magnésio	-	1200	1200
Ácido bórico	6,0	-	-
Sulfato de cobre	0,6	-	-
Sulfato de manganês	4,0	-	-
Sulfato de zinco	2,0	-	-
Molibdato de sódio	0,6	-	-
Quelato de Fe (6% Fe)	120	-	-

Tabela 3: Preparo das soluções nutritivas iniciais para o cultivo hidropônico do morangueiro (FURLANI & FERNANDES JÚNIOR, 2004).

Fase das plantas	Solução concentrada (L/1000L)		
	A	B	C
Vegetativa (1)	3,0	3,0	-
Frutificação (2)	3,0	-	3,0

(1) Transplante até o início da frutificação. (2) Início da frutificação em diante.

1.3 Qualidade da água

É de fundamental importância conhecer a composição da água antes de preparar uma solução. Elementos tóxicos como o Na e o Cl não devem estar presentes. Já o Ca e o Mg, se presentes, devem ter suas concentrações conhecidas a fim de serem consideradas no cálculo da solução. Por ocasião da elaboração de uma solução nutritiva deve-se empregar água de boa qualidade, isenta de resíduos químicos e contaminações biológicas, que tanto podem ser nocivas às plantas quanto ao consumidor. O pH da água deve situar-se na faixa entre 5,5 e 6,5. Águas com resíduos químicos ou com contaminação biológica não devem ser empregadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Implantação do experimento

O plantio foi realizado no dia 27 de abril e o experimento encerrado em 21 de novembro de 2006. Foram empregadas mudas do clone LBD 15.1 provenientes do Programa de Melhoramento Genético da UFSM. Essas mudas foram produzidas a partir de meristemas retirados de planta provenientes de um jardim clonal. Esses meristemas foram cultivados *in vitro* e após aclimatizados em estufas, com sistema de cultivo sem solo. O espaçamento foi de 0,27 m entre fileiras e 0,30 m entre plantas, na densidade de 12 plantas m⁻².

2.2 Localização e caracterização da área

O experimento foi instalado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O município de Santa Maria fica localizado na Depressão central do Rio Grande do Sul, e tem como coordenadas geográficas 29°42'S e 53°43'W, com aproximadamente 93 m de altitude.

2.3 Ambiente de cultivo

O experimento foi conduzido no interior de um abrigo telado de 200 m², disposto no sentido norte-sul, coberto com polietileno de baixa densidade de 150 µm de espessura, cuja transmissividade é de 85% e com paredes revestidas de tela “antiinseto” com malha de $1,5 \times 10^{-3}$ m.

2.4 Sistema de cultivo sem solo

2.4.1 Leito de cultivo

Esse sistema foi constituído por um leito de cultivo destinado ao crescimento das raízes, no interior do qual a solução nutritiva foi distribuída por subirrigação (Figuras 1; 2 e 5A). Para a construção de uma unidade básica do sistema seguiram-se as seguintes etapas:

- a) Foram construídos suportes de 80 cm de altura para uma telha de fibrocimento de 3,60 m de comprimento e 1,10 m de largura. Esses suportes eram de madeira e tinham declividade de 1% para uma das extremidades.
- b) A superfície da telha foi revestida com filme plástico transparente de baixa densidade, com espessura de 100 micras.
- c) Foi espalhada sobre o plástico, em cada canal da telha, uma camada de 0,03 m de brita basáltica média empregada na construção civil.
- d) Colocou-se sobre a telha com a brita uma tela com malha de $1,5 \times 10^{-3}$ m (tela mosquiteira).
- e) Foi espalhada sobre a tela uma camada de 0,09 m de substrato.
- f) Foi acondicionado na extremidade mais alta da telha um reservatório plástico, com volume de pelo menos 2 L de solução nutritiva por planta.
- g) Colocou-se no fundo do reservatório de solução nutritiva uma bomba submersa com potência de 8 W e vazão de 520 L h^{-1} (bomba de aquário), conectada a um programador horário (timer).
- h) Foi instalado na extremidade mais baixa da telha um tubo de PVC de 0,10 m de diâmetro destinado a recolher a solução nutritiva drenada e conduzi-la de retorno até o reservatório de estocagem.
- i) Foi instalado um distribuidor de solução nutritiva na extremidade mais alta da telha. Esse distribuidor foi feito com tubo de PVC com 0,025 m diâmetro e 1 m de comprimento, com perfurações de 0,0025 m feitas ao longo do tubo espaçadas a intervalos de 0,11 m. O tubo foi fixado transversalmente à telha, a 0,03 m acima da superfície do substrato.

j) O distribuidor foi conectado à bomba submersa no reservatório de solução nutritiva, com uma mangueira plástica de 0,015 m (mangueira de jardim).

Em cada fertirrigação, a solução nutritiva não absorvida pelas plantas circulou através da camada de brita localizada no interior de cada canal da telha e retornou ao reservatório.

A bomba submersa com vazão de 520 L h^{-1} tem capacidade para fertirrigar com homogeneidade uma bancada de cultivo de até 8 m de comprimento. As fertirrigações foram controladas por meio de um timer do tipo analógico, com períodos de irrigação pré-programados de 15 minutos cada. O consumo de energia elétrica para funcionamento da bomba nesse período é de 0,12 kWh, com custo atual de R\$ 0,048 em cada fertirrigação.

O investimento inicial para a instalação de uma unidade básica do sistemas fechados de cultivo sem solo com $3,6 \text{ m}^2$ de leito de cultivo é de aproximadamente R\$ 235, 43, representando um custo anual de R\$ 36,29 por m^2 (Tabela 4).

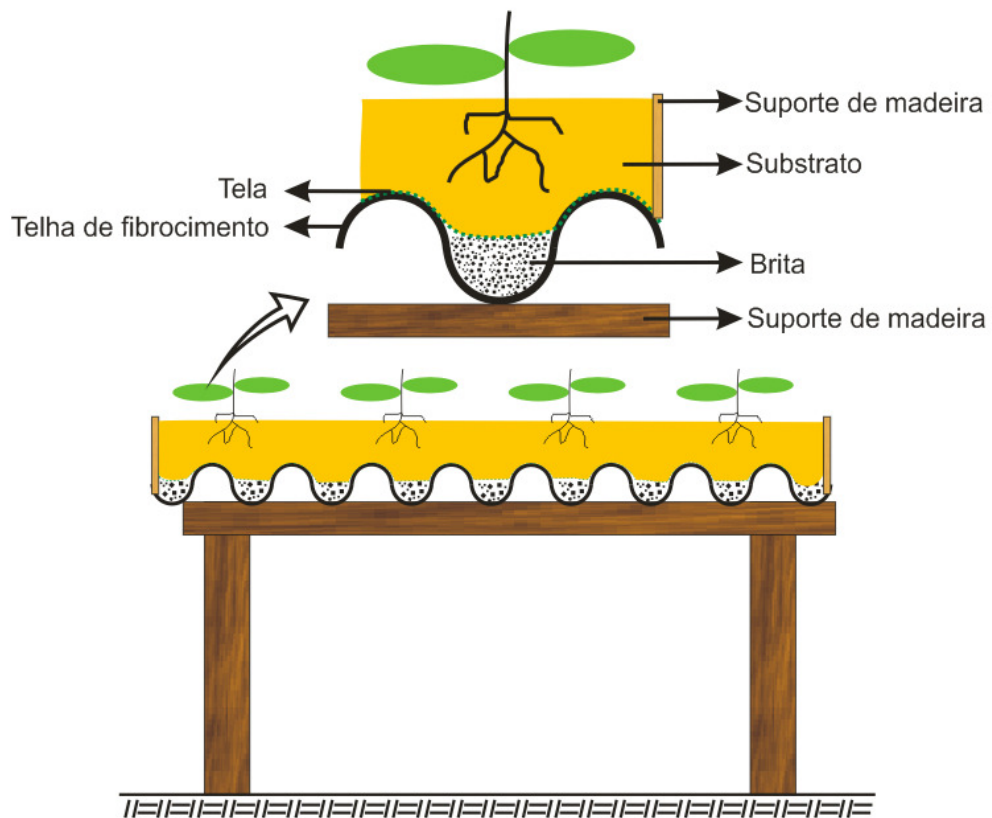


FIGURA 1 - Diagrama transversal do leito de cultivo empregado na produção de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007.

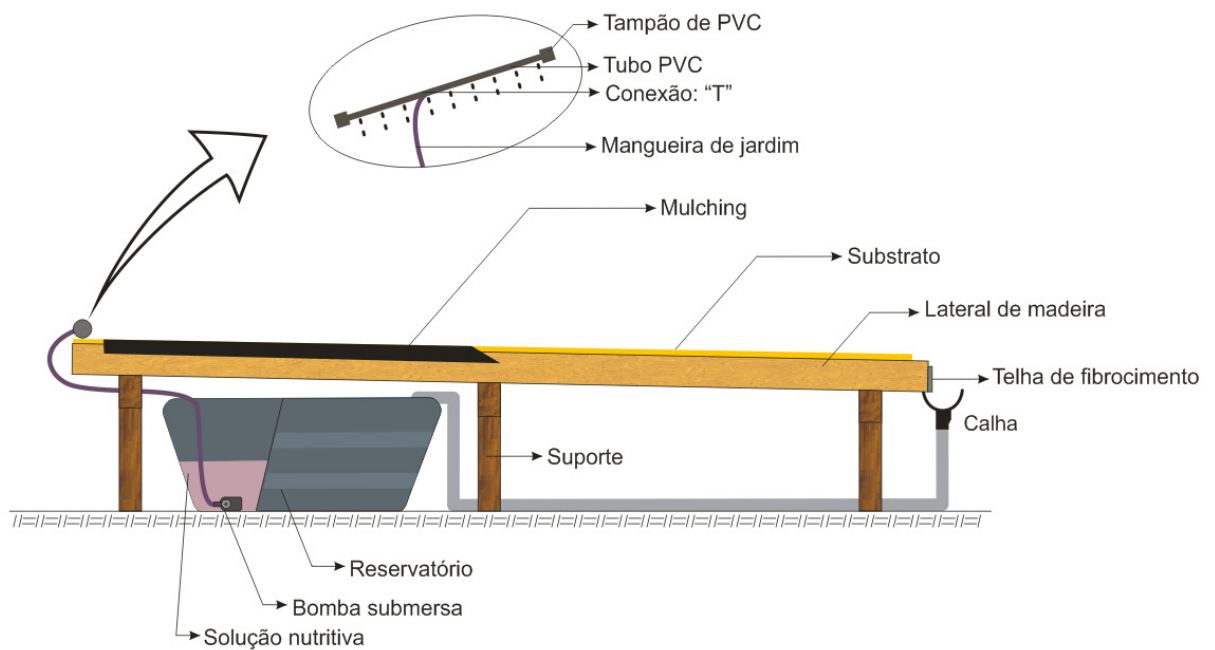


FIGURA 2 – Diagrama esquemático longitudinal do leito de cultivo empregado na produção de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007.

Tabela 4 – Materiais necessários e custo de instalação de uma unidade básica do sistema leito de cultivo com superfície de 3,6 m². Santa Maria, UFSM, 2007. (Valores em R\$).

Descrição	Quan.	Valor total	Vida útil (anos)	Custo anual
Tramas de eucalipto (4,5 x 4,5 cm)	9,9 m	8,91	5	1,78
Telhas de fibrocimento (1,10 x 3,60 m)	1 un	43,00	15	2,87
Filme de polietileno aditivado anti UV (2,20 m x 100 µm x 4 m)	8,8 m ²	13,20	3	4,40
Brita	0,05 m ³	1,85	15	0,12
Tela “anti-afídeos” (1,30 m de largura)	4 m	10,00	5	2,00
Areia grossa como substrato	0,32 m ³	21,90	15	1,46
Ripões de eucalipto (2,5x5,0 cm)	9,20 m	27,60	5	5,52
Ripas de pinus (1,0x4,0cm)	2,10 m	0,84	2	0,42
<i>Mulching</i> preto	4 m	1,40	3	0,43
Pregos	600 g	2,65	4	0,66
Programador horário (timer) ¹	1 un	3,33	5	0,66
Bomba de aquário ²	1 un	15,00	5	3,00
Mangueira de jardim	5 m	7,5	5	1,50
Caixa d’ água 500 litros	1 un	41,75	10	4,17
Tubos e conexões	xx	36,50	5	7,30
Total		235,43		36,29

^{1,2} Valor proporcional considerando no máximo 15 e duas unidades, respectivamente.

2.4.2 Sacolas

Esse sistema empregou sacolas plásticas individuais com capacidade de 6 dm³, cheias com 4 dm³ de substrato e uma planta em cada sacola. A solução nutritiva foi fornecida através de tubos gotejadores, com um gotejador localizado no centro de cada sacola, junto à base da planta (Figuras 3 e 5B).

Para construir o sistema de sacolas foram seguidas as seguintes etapas:

- a) Inicialmente seguiram-se as recomendações “a”, “b” e “c” descritas anteriormente para o leito de cultivo.
- b) As sacolas foram cheias com substrato e foram feitas várias perfurações na superfície lateral e no fundo, a fim de garantir a drenagem da solução nutritiva.
- c) As sacolas foram distribuídas sobre a brita localizada nas calhas da telha de fibrocimento. A distância entre as sacolas na calha foi a mesma daquela entre os gotejadores. O espaçamento obtido foi de 0,26 m x 0,30 m.
- d) O tubo gotejador foi posicionado sobre as sacolas e fixado no substrato através de ganchos de arame em forma de U invertido. Cada tubo gotejador foi conectado a uma mangueira preta semi-rígida transversal de 0,025 m.
- e) O reservatório de solução nutritiva foi posicionado sobre o solo, junto à extremidade mais alta da telha.
- f) Uma motobomba elétrica foi instalada no exterior do reservatório de solução nutritiva. Essa foi conectada a um filtro de disco e ao tubo transversal com os gotejadores.
- g) Foi instalado na extremidade mais baixa da telha um tubo de PVC de 0,10 m de diâmetro destinado a recolher a solução nutritiva drenada e fazê-la retornar até o reservatório de estocagem.
- h) A superfície das sacolas foi revestida com um filme plástico preto opaco, perfurado ao centro de cada sacola para o plantio das mudas.

Nesse sistema, a solução nutritiva foi fornecida em cada sacola através do tubo gotejador e os volumes excedentes à capacidade de retenção do substrato drenava pelos orifícios das sacolas até as calhas das telhas, de onde retornavam ao reservatório de estocagem.

Os materiais necessários e o custo de instalação de uma unidade do sistema em sacolas com dimensões de 1,10 m de largura e 3,60 m de comprimento estão descritos na Tabela 5.

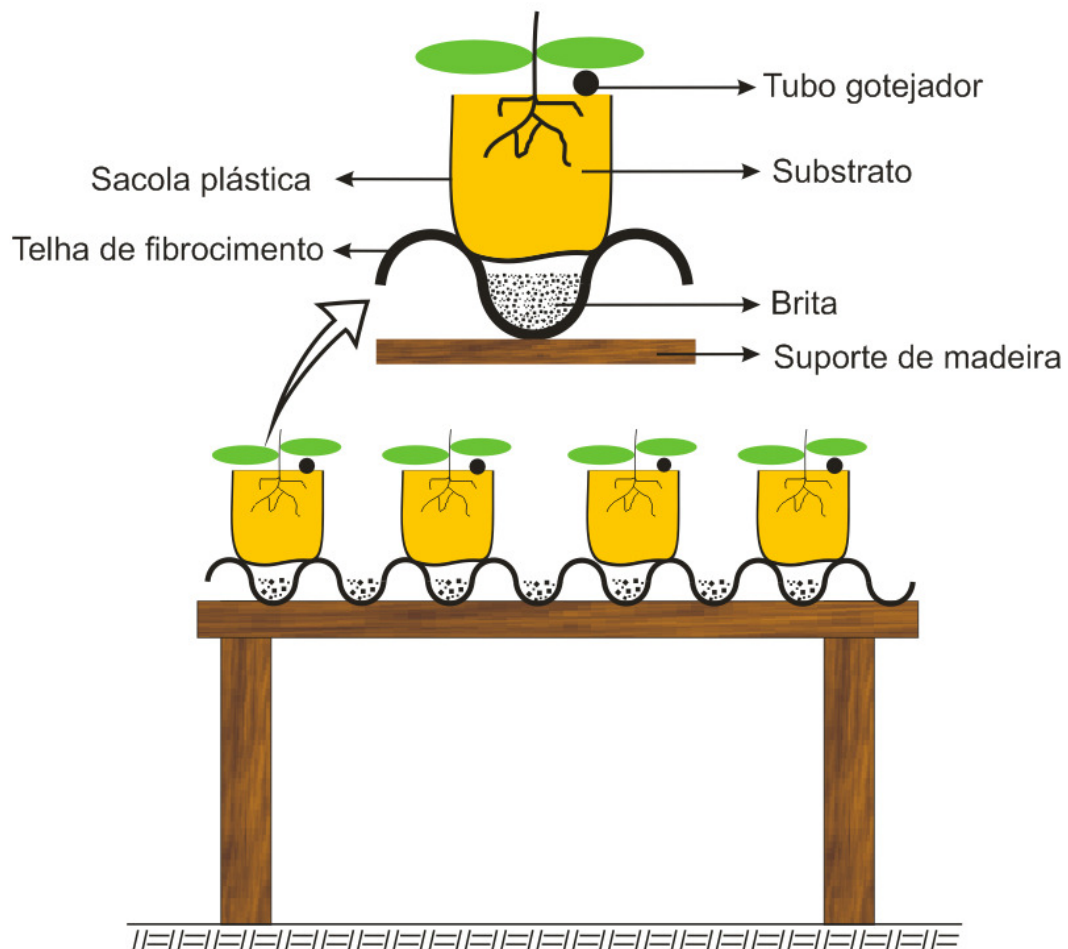


FIGURA 3 - Diagrama do sistema de sacolas empregado na produção hidropônica de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007.

Tabela 5 – Materiais necessários e custo de instalação de uma unidade básica do sistema de sacolas com superfície de 3,6 m². Santa Maria, UFSM, 2007. (Valores em R\$).

Descrição	Quant.	Valor total	Vida útil (anos)	Custo anual
Tramas de eucalipto (4,5 x 4,5 cm)	9,9 m	8,91	5	1,78
Pregos	100 g	0,50	5	0,10
Telhas de fibrocimento (1,1 x 3,6 m)	1 un	43,00	15	2,87
Filme de polietileno aditivado anti UV (2,20 m x 100 µm x 4 m)	8,8 m ²	13,20	3	4,40
Brita	0,05 m ³	1,85	15	0,12
Sacolas plásticas (5 dm ³)	44 un	0,88	3	0,29
Areia grossa como substrato	0,176 m ³	12,04	15	0,80
<i>Mulching</i> preto	4 m	1,40	3	0,43
Programador horário (timer) ¹	1 un	3,33	5	0,66
Bomba elétrica de ½ CV ¹	1 un	8,80	5	1,76
Filtro de discos ¹	1 un	1,66	5	0,33
Mangueira preta ¾"	1 m	0,50	5	0,16
Caixa d'água de 500 L ²	1 un	41,75	10	4,17
Calha PVC	1,10 m	8,03	10	0,80
Tubos e conexões hidráulicas	xxx	76,20	10	7,62
Total		222,05		26,29

^{1, 2} Valor proporcional considerando um máximo 15 e cinco unidades, respectivamente.

2.4.3 Calhas

Esse sistema pode empregar como suporte outros materiais além da telha de fibrocimento (Figuras 4 e 5C). Esses materiais não necessitam ter calhas ou canaletas, porque a circulação e drenagem da solução nutritiva ocorrem por dentro da calha. Para construir o sistema de calhas foram seguidas as seguintes etapas:

- a) Foi construído um suporte de 80 cm de altura, sobre o qual foi colocada uma base. Essa base foi constituída com madeira, cujas dimensões eram de 0,20 m, 0,025 m e 3,60 m de largura, espessura e comprimento, respectivamente. A largura total da unidade foi de 1,10 m e o comprimento 3,60 m, com declividade de 1%.
- b) A superfície da base foi revestida com filme plástico de baixa densidade, com espessura de 100 micras.
- c) As calhas foram posicionadas sobre a base, distanciadas de aproximadamente 0,26 m uma da outra. As calhas foram constituídas por uma faixa de filme de polietileno transparente com largura de 0,50 m e espessura de 150 micras. Cada extremidade da faixa foi presa com grampos ao redor de um arame galvanizado de número 15. A calha assim obtida teve dimensões de aproximadamente 0,18 m de largura e 0,12 m de altura.
- d) No fundo de cada calha espalhou-se uma camada de 0,03 m de brita basáltica média empregada na construção civil.
- e) Foi colocado sobre a camada de brita uma tela com malha de $1,5 \times 10^{-3}$ m (tela mosquiteira).
- f) Sobre a tela foi espalhada uma camada de 0,09 m de substrato.
- g) Foi colocado um reservatório de solução nutritiva na extremidade mais alta da telha, com volume de 500 L de solução nutritiva.
- h) No fundo do reservatório de solução nutritiva foi colocada uma bomba submersa com potência de 8 W e vazão de 520 L h⁻¹ (bomba de aquário), conectada a um timer.
- i) A solução nutritiva foi fornecida na extremidade mais alta da calha por meio de um tubo de PVC de 0,025m de diâmetro e 1,0m de comprimento, o qual foi fixado transversalmente às calhas, a 0,03m acima da superfície do substrato. Na

posição de cada calha foram feitas, no tubo, duas perfurações de 0,0025 m de diâmetro, com distância de 0,09 m, totalizando oito perfurações por tubo.

- j) Esse tubo foi conectado a uma mangueira plástica de 0,015 m (mangueira de jardim) e essa a bomba submersa no interior do reservatório.
- k) Foi instalado na extremidade mais baixa da telha um tubo de PVC de 0,10 m de diâmetro destinado a recolher a solução nutritiva drenada e conduzi-la de retorno até o reservatório de estocagem.

Os materiais necessários e o custo de instalação de uma unidade do sistema em calhas, com dimensões de 1,10 m de largura e 3,60 m de comprimento, estão descritos na Tabela 6.

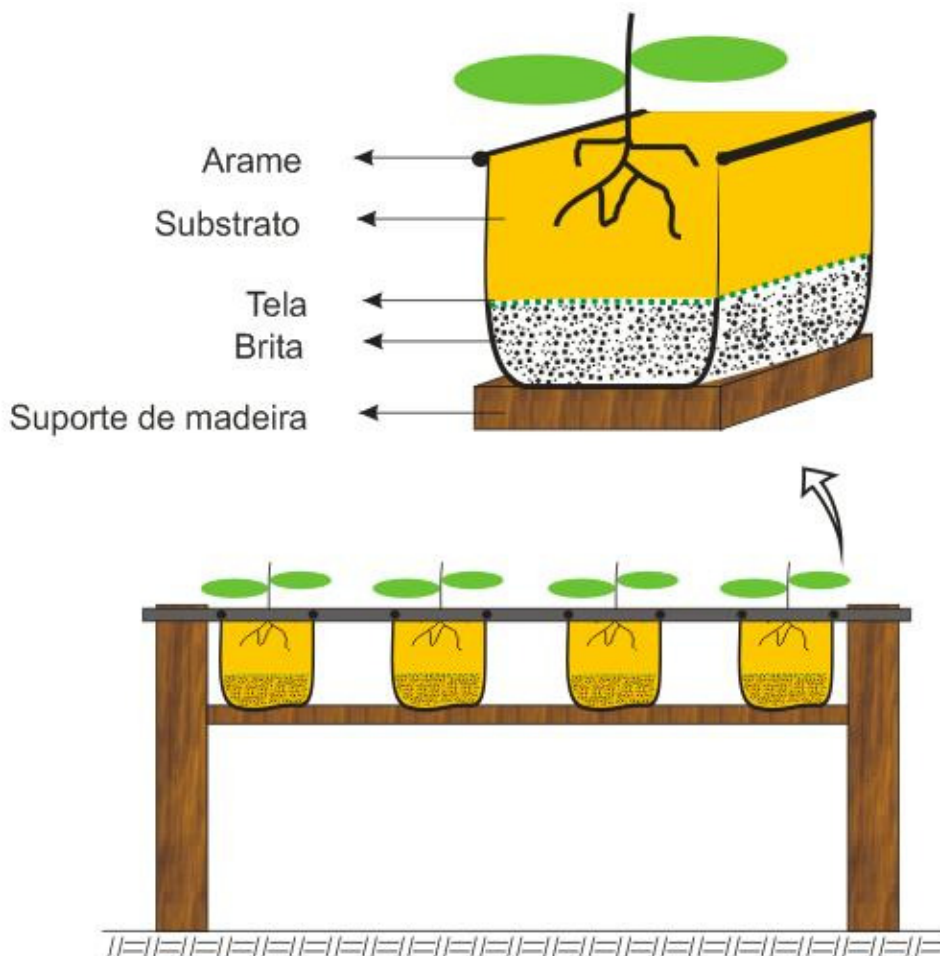


FIGURA 4 - Diagrama do sistema em calhas empregado na produção de frutas do morangueiro em sistema fechado de cultivo sem solo. Santa Maria, UFSM, 2007.

Tabela 6 – Materiais necessários e custo de instalação de uma unidade básica do sistema de calhas com superfície de 3,6 m². Santa Maria, UFSM, 2007. (Valores em R\$).

Descrição	Quant.	Valor total	Vida útil (anos)	Custo anual
Tramas de eucalipto (4,5 x 4,5 cm)	9,9 m	8,91	5	1,78
Pregos	100 g	0,50	5	0,10
Tábuas de pinus (0,02 x 0,15 x 3,60 m)	14,4 m	22,18	5	4,43
Filme de polietileno aditivado anti UV, quatro faixas de (0,50 x 4 m).	8,0 m ²	12,00	3	4,00
Brita	0,05 m ³	1,85	15	0,12
Tela “anti-afídeos”, quatro faixas de (0,46 x 4 m).	7,36 m ²	18,40	5	3,68
Areia grossa como substrato	0,26 m ³	17,80	15	1,19
Arame liso nº 15	32 m	8,00	5	1,60
<i>Mulching</i> preto	4 m	1,40	3	0,43
Grampos	3 cx	4,50	3	1,50
Programador horário (timer) ¹	1 un	3,33	5	0,66
Bomba de aquário ²	1 un	15,00	5	3,00
Mangueira de jardim	5 m	7,50	5	1,50
Caixa d’ água 500 L ³	1 un	41,75	10	4,17
Calha PVC	1,10 m	8,03	10	0,80
Tubo PVC ESG Ø 75 mm	7,40 m	22,2	10	2,22
Conexões hidráulicas	xxx	34,11	10	3,41
Total		228,86		35,37

^{1,2,3} Valor proporcional considerando um máximo de 15, 2 e 5 unidades, respectivamente.

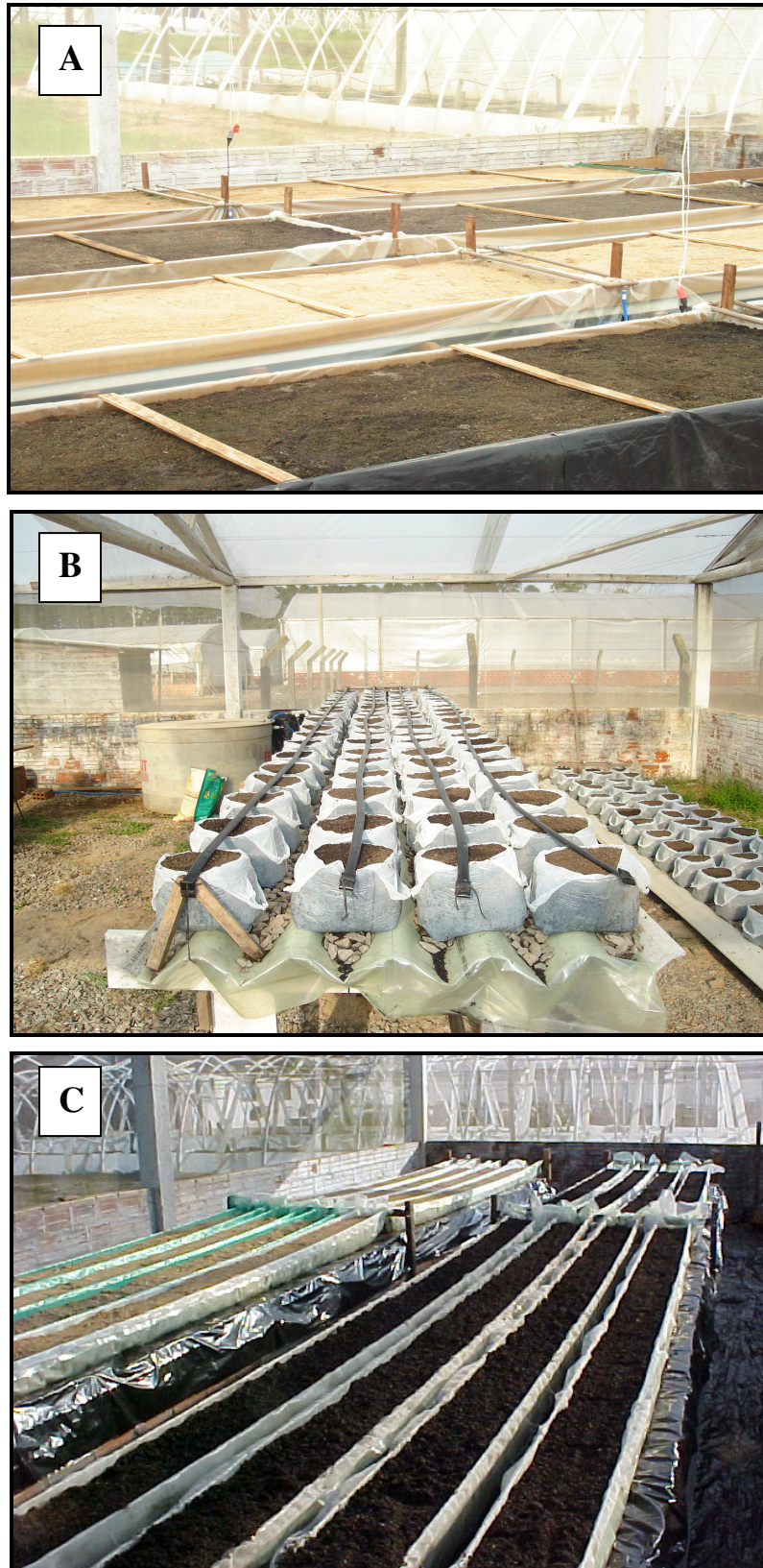


FIGURA 5 - Fotografias dos sistemas fechados de cultivo sem solo, empregados na produção de frutas do morangueiro: leito de cultivo (A), sacolas (B) e calhas (C). Santa Maria, UFSM, 2007.

2.5 Substratos

O volume de substrato disponível para cada planta foi de 4 dm³ nas sacolas, 4,8 dm³ nas calhas e de 6,75 dm³ no leito de cultivo.

Os substratos empregados foram a areia como substrato inerte e o Plantmax PXT® como substrato orgânico. As características físicas de ambos os substratos foram determinadas no Laboratório de Física do Solo da UFSM. A densidade aparente foi de 1.608,6 e 405,6 g dm⁻³ e a capacidade de retenção de água de 198,6 e 466,5 mL dm⁻³, respectivamente. A granulometria da areia foi determinada em seis classes com diâmetros de 2; 1; 0,5; 0,25 e 0,106 × 10³ m, sendo a última com tamanho de partículas inferior a menor peneira. A análise química do substrato orgânico foi realizada no Laboratório de Análise de Solos da UFSM, indicando quantidades de, respectivamente 14,3 e 5,6 cmol_c dm⁻³ de Ca e Mg; 128,1; 76,0 e 600 mg dm⁻³ para S, P e K, respectivamente, 16,6 % de matéria orgânica e pH igual a 5,1.

2.6 Solução nutritiva

A solução nutritiva empregada nas fases de crescimento vegetativo e frutificação foi uma adaptação da solução recomendada por FURLANI & FERNANDES JÚNIOR (2004).

2.6.1 Composição

A CE inicial para as fases vegetativa e de frutificação foram de, em dS m⁻¹: 1,5 e 1,7, respectivamente.

Na fase vegetativa as concentrações foram de, em mmol L⁻¹: 11,4 de NO₃⁻; 1,6 de H₂PO₄⁻; 7,0 de K⁺; 6,0 de Ca⁺⁺; 2 de Mg⁺⁺ e 2 de SO₄⁻.

Na fase de frutificação as concentrações foram de em mmol L⁻¹: 10,2 de NO₃⁻; 2 de H₂PO₄⁻; 7,4 de K⁺; 4,8 de Ca⁺⁺; 2 de Mg⁺⁺ e 2 de SO₄⁻.

Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de, em mg L⁻¹: 0,03 de Mo; 0,42 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn e 1,0 de Fe. Os fertilizantes empregados foram; o nitrato de potássio, nitrato de cálcio (calcinit), monofosfato de potássio e sulfato de magnésio. Para os micronutriente foi o molibdato de amônio, ácido bórico, sulfato de cobre, sulfato de manganês e sulfato de zinco.

2.6.2 Manejo

Em todos os tratamentos foi utilizada a solução nutritiva recomendada para a fase vegetativa desde o plantio até o início da frutificação. A partir do início da frutificação, foi empregada a solução recomendada para a fase em questão. A frequência das fertirrigações foi ajustada de forma a repor os volumes de água transpirados pelas plantas, com um coeficiente de drenagem de 30%. Esses volumes foram estimados levando-se em conta a radiação solar global incidente no topo da cobertura vegetal e a área foliar da cultura (CTIFL, 1997), com base em dados de literatura sobre determinações similares feitas em hortaliças cultivadas no mesmo local e ambiente (DALSSASSO et al., 1997; DALMAGO et al, 2006). Através dessa estimativa, foram programadas três fertirrigações diárias de 15 minutos no substrato orgânico e quatro no substrato inerte, às 9h, 13h e 16h30min e às 9h, 11h, 13h e 16h30min, respectivamente. Foi mantida a mesma frequência de fertirrigações nos três sistemas de cultivo. O volume de solução nutritiva no interior do reservatório principal foi completado sempre que o volume consumido pelas plantas atingia ou ultrapassava a fração de 50% do volume inicial. Para tal, uma relação linear foi previamente ajustada entre a altura da lâmina líquida, “x” em cm, e o volume contido no reservatório, “v” em litros, ($V=0,0476 x^2 + 7,5302 x - 7,0586$). Nenhum descarte de solução nutritiva foi feito até o final do experimento. Os valores da condutividade elétrica (CE) e do pH foram medidos diariamente. A CE foi corrigida quando os valores medidos situaram-se acima ou abaixo de 20% do valor original, mediante adição de água ou de volumes complementares de solução nutritiva. O pH foi corrigido sempre que um desvio de 0,2 unidades foi observado, mediante adições de volumes de soluções 1N de H₃PO₄ ou KOH, estimados a partir de uma curva de titulação previamente ajustada no laboratório.

2.7 Manejo da cultura

Os tratos culturais, como a retirada de folhas velhas ou de folhas doentes, foram executados durante todo o período do experimento, seguindo os mesmos critérios para todos os tratamentos. Da mesma forma foi procedido quando da necessidade de controle fitossanitário. Ambos de acordo com as indicações técnicas de ANTUNES & DUARTE FILHO (2003).

2.8 Determinações

2.8.1 Crescimento

A determinação do crescimento foi efetuada ao final do ciclo da cultura. Foram pré-identificadas quatro plantas por tratamento, as quais foram arrancadas de cada sistema. Dessas, as raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente e deixadas para secar ao vento por alguns minutos. Após, as plantas foram desmembradas em folhas, coroas, raízes e frutos e posteriormente acondicionados em estufa à temperatura de 60°C com ventilação forçada de ar, até massa constante. Para as frutas, a massa seca total foi obtida pelo somatório de todas as coletas nessas plantas. Os dados foram empregados para determinar a massa seca vegetativa, de frutas e total.

2.8.2 Produtividade e qualidade pós-colheita

As colheitas foram feitas duas vezes por semana, na fase de maturação completa, correspondente ao estágio fenológico 87 (CTIFL, 1997). As frutas colhidas

foram pesadas e conduzidas ao laboratório para determinação da firmeza, acidez titulável e teor de sólidos solúveis totais.

- Firmeza da polpa: Determinada com o auxílio do penetrômetro motorizado com ponteira de 10 mm de diâmetro, em dois lados na região equatorial do fruto.

- Sólidos solúveis totais (SST): Determinação realizada com o refratômetro manual.

- Acidez titulável: utilizou-se 10 ml de suco que foram diluídos em 100 ml de água destilada e depois de titulados com uma solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1.

Esses dados foram utilizados para determinar a produtividade parcial, mês a mês de julho até novembro, produtividade total e qualidade pós-colheita.

2.9 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado com quatro repetições em um esquema fatorial 3x2, com quatro plantas por parcela, excetuando-se as bordaduras. Os níveis do fator "A" foram os três diferentes sistemas hidropônicos (leito de cultivo, sacolas e calhas) e, os níveis do fator "B" foram os dois substratos (inerte e orgânico). Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a significância entre as diferenças de mais de duas médias testada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações medidas na CE situaram-se entre 1,4 e 1,8 dS m⁻¹, com média de 1,7 dS m⁻¹ durante todo o período de crescimento e desenvolvimento da cultura. Aquelas do pH situaram-se entre 5,0 e 6,4, com média de 5,6 no mesmo período.

Não foram encontradas diferenças significativas na produtividade total de frutas entre os três sistemas e entre os dois substratos analisados separadamente. Porém, as interações entre esses fatores foram significativas (Tabela 7). No substrato inerte, verificou-se que o cultivo nas calhas, apresentou produtividade total de 9,0% superior às sacolas e ao leito de cultivo. No substrato orgânico, a média mais elevada de produtividade total foi obtida no leito de cultivo, superior às calhas em 41,5%. Essa produtividade foi de 1196,5 g/planta, equivalente a 143,5 t ha⁻¹.

A produtividade mensal ao longo do período de crescimento e desenvolvimento diferiu entre os sistemas e entre os substratos (Tabela 7). No substrato inerte, as calhas apresentaram a maior produtividade no mês de julho. No mês de agosto, a maior produtividade foi obtida nas sacolas. Resultado inverso foi observado em julho no substrato orgânico, com a menor produtividade obtida nas calhas, a qual perdurou no mês de agosto.

O maior crescimento das plantas foi atingido no substrato orgânico (Tabela 8). No substrato inerte, a massa seca total mais elevada foi constatada nas sacolas, sendo atribuída ao maior crescimento vegetativo das plantas. Nesse material, a maior produtividade de frutas ocorreu nas calhas, onde foi menor o crescimento vegetativo das plantas. A menor produtividade de frutas foi observada no leito de cultivo, onde o crescimento vegetativo foi 47,3% superior àquele das calhas.

No substrato orgânico o maior crescimento total da planta ocorreu no leito de cultivo, atribuído ao crescimento mais elevado tanto dos órgãos vegetativos como das frutas. A menor produtividade de frutas foi acompanhada pelo reduzido crescimento dos órgãos vegetativos (Tabela 8). Não foram observadas diferenças significativas nas variáveis de qualidade das frutas entre os sistemas de cultivo e os substratos. Os valores médios foram de 5,9 (Newton) para a firmeza de polpa, 6,4 (°Brix) para os sólidos solúveis totais e 11,1 (meq. 100 mL⁻¹) para a acidez.

A produtividade média de frutas por planta atingida no atual experimento foi de 998,7 g. Essa quantidade foi 4,3 e 2,7 vezes superior àquelas obtidas por FERNANDES JUNIOR et al. (2002) em colunas verticais e em NFT, as quais foram de 233,2 e 364,4 g/pl, respectivamente. Também, foi superior 1,31 vezes àquela obtida na região de alta tecnologia da região Sul do Rio Grande do Sul (MADAIL et al., 2005). Essas diferenças de produtividade entre os sistemas de produção supracitados, podem ser explicadas devido a: disposição do dossel, onde no presente trabalho ficava paralelo ao solo, aproveitando de forma mais eficiente a radiação solar em relação ao sistema de colunas verticais. Além disso, a disposição dos sistemas nos formatos de leito de cultivo e calhas, juntamente com a forma de fertirrigação por subirrigação podem ter favorecido a uniformidade de molhamento dos substratos, disponibilizando assim, maior quantidade de solução nutritiva por volume de raízes. Em relação à NFT, o que pode explicar a diferença de produtividade com sistemas apresentados nesse trabalho é a reduzida variação térmica na zona radicular, proporcionada pelos materiais utilizados como substratos. Isso possibilita às plantas maior estabilidade térmica do sistema radicular influenciando positivamente no funcionamento das células radiculares. A capacidade de retenção de água é outro fator a ser considerado como vantagem em relação à NFT. Dessa maneira, as plantas têm constantemente a sua disposição água e nutrientes para o crescimento e desenvolvimento.

Os resultados indicaram que tanto a produtividade precoce até o final do mês de setembro como a total foram influenciadas pelos sistemas de cultivo e pelos substratos (Tabela 7). No caso de ser empregado o substrato inerte, as calhas devem ser preferidas. Ao ser empregado o substrato orgânico, o leito de cultivo é o sistema mais produtivo. Essas diferenças são atribuídas às características físicas dos materiais empregados como substrato. A capacidade de retenção de água do substrato inerte sendo 2,3 vezes inferior àquela do substrato orgânico implica maiores variações na disponibilidade de água às plantas entre as fertirrigações diárias. Essas variações seriam ainda maiores nas sacolas, onde a fertirrigação é feita através de um único gotejador por planta. Nesse método de fertirrigação pode ocorrer distribuição desuniforme da solução nutritiva no interior do substrato, como observado por MAROUELLI et al. (2005) em sacolas empregadas no cultivo do tomateiro em substrato. Restrições na disponibilidade hídrica retardariam o crescimento inicial da planta, com atraso na frutificação, explicando a menor

produtividade obtida nas sacolas. Esse resultado indica que a freqüência e a duração das fertirrigações devem ser ajustadas de acordo com as características físicas de cada substrato e com o método de fertirrigação empregado.

A maior produção de frutas não vem sempre associada ao crescimento vigoroso da parte vegetativa da planta (Tabela 8). Esse resultado indica a necessidade de realizar pesquisas para ajustar relações capazes de indicar critérios de manejo do crescimento desses dois compartimentos. O menor crescimento vegetativo, principalmente da área foliar, pode ser vantajoso, porque a área foliar afeta o consumo de solução nutritiva. A coloração e qualidade das frutas também são características que podem ser beneficiadas em plantas com menor superfície de folhas e maior exposição à radiação solar.

Os sistemas fechados de cultivo sem solo, objeto deste trabalho, permitem atingir níveis elevados de produtividade, acrescentando inovações que lhes conferem maior sustentabilidade em relação àqueles que vêm sendo empregados na cultura do morangueiro. O consumo de energia elétrica é menor, especialmente nos sistemas de calhas e leito de cultivo, nos quais uma bomba de pequena potência é empregada. O número diário de fertirrigações é baixo, principalmente quando comparado ao regime intermitente de 15 min ou 30 min empregado em sistemas do tipo NFT (MORAES & FURLANI, 1999). A solução nutritiva é integralmente consumida pela cultura, sem qualquer descarte no decorrer do ciclo de produção. A análise periódica da composição química da solução nutritiva não foi possível de ser realizada. Análises rotineiras desse tipo em tempo hábil para corrigir a composição da solução nutritiva em cada reposição dificilmente poderão ser previstas em curto prazo na escala de produção comercial do morango. Entretanto, se desequilíbrios da composição original da solução nutritiva ocorreram durante o período de produção, foram de pequena importância porque tanto a produtividade quanto a qualidade foi satisfatória. O risco de disseminação de pragas e moléstias associadas ao uso prolongado de uma mesma solução nutritiva em sistema fechado é minimizado pelo emprego de unidades de produção independentes. Outra vantagem reside no fato de estes sistemas dispensarem a substituição dos substratos ao final de cada ciclo de produção. No caso do substrato inerte, a estabilidade física do material persiste ao longo dos anos. No caso de substratos orgânicos, a reposição de volumes complementares pode ser feita facilmente, sem descartar aqueles empregados anteriormente. Essas características permitem prever

o emprego de outros materiais como substrato, de forma a adaptar o sistema de produção às peculiaridades de cada região de produção.

Os resultados apresentados neste trabalho poderão permitir nos próximos anos uma nova mudança de escala tecnológica na cadeia de produção do morangueiro. As características do cultivo hidropônico de hortaliças que até o presente momento têm sido objeto de críticas poderão ser evitadas ou minimizadas. O emprego de substratos minerais como a areia permitirá o emprego do mesmo material durante vários anos. No caso de materiais orgânicos, o descarte poderá ser feito após mais de um período de produção, permitindo maior eficiência de utilização frente à prática atual de substituí-los ao final de cada período. A característica fechada dos sistemas desenvolvidos permitirá evitar o descarte de solução nutritiva, eliminando uma das principais características agressivas ao ambiente dos sistemas abertos que vêm sendo empregados no cultivo sem solo de hortaliças. O número reduzido de fertirrigações aliado ao emprego de bombas de baixa potência permitirá reduzir o consumo de energia elétrica, cuja disponibilidade nas próximas décadas vem sendo objeto de preocupações. Finalmente, o custo mais elevado das estruturas poderá ser compensado pelo emprego de estruturas simplificadas de proteção da cultura, como os túneis baixos construídos sobre cada bancada de cultivo.

Tabela 8: Massa seca vegetativa (MSV), das frutas (MSF) e total (MST) do morangueiro em três sistemas fechados de cultivo sem solo e dois substratos. Santa Maria, UFSM, 2006.

	SUBSTRATO INERTE			SUBSTRATO ORGÂNICO		
	MSV (g/pl)	MSF (g/pl)	MST (g/pl)	MSV (g/pl)	MSF (g/pl)	MST (g/pl)
Sacolas	41,2A a*	28,0 B a	69,2A a	38,0 B b	29,8 B a	67,8 B a
Leito	37,1 B b	24,5 C b	61,6 B b	43,5A a	33,4A a	76,9A a
Calhas	25,2 C a	32,9A a	58,1 C a	26,6 C a	22,6 C b	49,0 C b

*Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna, e letras minúsculas distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

É possível produzir morangos em sistemas fechados de cultivo sem solo com a utilização de substratos inertes e/ou orgânicos, sem descarte de solução nutritiva durante o ciclo da cultura.

A produtividade de frutas do morangueiro é influenciada pelo sistema de cultivo. Os maiores valores são obtidos empregando substrato inerte quando o sistema é de calhas e empregando substrato orgânico quando o sistema é constituído por um leito de cultivo.

A qualidade das frutas não foi influenciada por ambos os sistemas e substratos.



FIGURA 6 – Fotos do experimento no período de frutificação da cultura. Santa Maria, UFSM, 2007.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J. L. et al. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 28-32, 1997.

ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1999. 142p.

ANDRIOLO, J.L. **Olericultura geral**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2002. 158p.

ANDRIOLO, J.L. et al. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutas de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p. 24-27, 2002.

ANDRIOLO, J.L. et al. Cultivo hidropônico da alface empregando substratos: uma alternativa a NFT? **Horticultura Brasileira**, v.22, n.4, p.794-798, 2004.

ANDRIOLO, J. L. et al. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 1-12, 2005.

ANTUNES, L. E. C.; DUARTE FILHO, J. **Produção de mudas de morango**. In: Sistema de Produção de Morango. Sistemas de Produção 5. Embrapa Clima Temperado. Versão eletrônica. Dezembro, 2003.

BARUZZI, G.; FAEDI, W. La fragola in Italia. In: **La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale**. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. p.95-110. 1998.

BONNECARRÈRE, R. A. G. **Soluções nutritivas e formas de manejo do morangueiro em hidropônica**. 2002. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43p.

CTIFL. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits e des Légumes. **La fraise**. Paris: ctifl, 1997. 299p.

DALMAGO, G. A. et al. Evapotranspiração máxima da cultura do pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, temperatura, umidade do ar e déficit de saturação do ar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 36, n. 3, p. 785-792, 2006.

DALSASSO, L. C. M. et al. Consumo de água do tomateiro tipo salada em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 5, n. 1, p. 61-67, 1997.

DENG, X.; WOODWARD, F. I. The Growth and Yield Responses of *Fragaria x ananassa* to elevated CO₂ and N Supply. **Annals of Botany**, v. 81, p. 67-71, 1998.

ESPINOLA, H. N. R. **Efeito de três doses de nutrientes sobre a acumulação de massa seca e de nitrogênio pela planta de pepino tipo conserva.** 2000. 52p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

FAO. **Soiless culture for horticultural crop production.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1990. 188p. (FAO Plant Production and Protection Paper, 101).

FERNANDES JÚNIOR, F. et al. Produção de frutos e estolhos do morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, v.61, n.1, 2002.

FURLANI, P. R. et al. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, v. 20, n. 200/201, p. 90-98, 1999.

FURLANI, P.; FERNANDES JÚNIOR, F. 2004. Cultivo Hidropônico de Morango em Ambiente Protegido. In: **2º Simpósio Nacional do Morango & 1º Encontro de Pequenas Frutas e Frutas Nativas do Mercosul.** Pelotas. Junho 2004. EMBRAPA. Documentos 124, p. 102-115.

HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. **La fraise: maîtrise de la production.** Paris: CTIFL, 1997. 299 p.

LIETEN, F. **La fragola in Belgio-Olanda.** In: La Fragola verso il 2000. Convegno Nazionale. Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Verona. p.83-94. 1998.

LIETEN, F. et al. **Recent situation of strawberry substrate culture in Europe.** ISHS Acta Horticulturae v.649, p. 193-196, 2004.

MADAIL, J. C. M.; REICHERT, L. J.; MIGLIORINI, L. C. Coeficientes técnicos para a cultura do morangueiro. In: SISTEMA DE PRODUÇÃO, 5., 2005. **Anais eletrônicos...**Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/index.htm>>

MARQUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; ZOLNIER, S. Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro em implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substratos. *Horticultura Brasileira*, v. 23, n. 1, 2005.

MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** Viçosas: UFV, 1997. 52p.

MORAES, C.A.G.; FURLANI, P.R. Cultivo de hortaliças de fruto em hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.105-113, Set./Dez. 1999.

PARANJPE A. et al. **Winter strawberry production in greenhouses using soilless substrates:** an alternative to methyl bromide soil fumigation. Proceedings Florida State Horticultural Science. 116:98-105, 2003.

REICHERT, L. J.; MADAIL, J. C. M. **Aspectos Socioeconômicos.** In: SANTOS, A.M.; MEDEIROS, A.R.M. (eds). Morango. Produção. Frutas do Brasil, 40. EMBRAPA CT. 2003. p. 12-15.

RESENDE, L. M. A.; MASCARENHAS, M. H. T.; PAIVA, B. M. **Panorama da Produção e Comercialização do Morango.** In: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 198 – maio/jun. 1999.

RESH, H.M. **Sistemas hidropônicos.** Madrid: Mundi-Prensa, 1997. 509p.

SANTOS, A. M.; MEDEIROS, A. R. M. (eds). **Morango.** Produção. Frutas do Brasil, 40. EMBRAPA CT, 2003. 81p.

SANTOS, O. S. **Hidroponia da alface.** Santa Maria: Editora da UFSM, 2000. 160p.

TWORKOSKI, T. J.; BENASSI, T. E.; TAKEDA, F. **The effect of nitrogen on stolon and ramet growth in four genotypes of *Fragaria chiloensis* L.** Scientia Horticulturae. 88:97-106, 2001.

VILLELA JÚNIOR, L. V. E.; DE ARAÚJO, J. A. C.; FACTOR, T. L. Análise do resfriamento da solução nutritiva para cultivo hidropônico do morangueiro. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, Jaboticabal, 2004.

Tabela 7: Produtividade total do morangueiro, em g/planta, com três sistemas fechados de cultivo sem solo e dois substratos. Santa Maria, UFSM, 2006.

Sistemas	SUBSTRATO INERTE						SUBSTRATO ORGÂNICO					
	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Total	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Total
Sacolas	110,8 Bb	200,2 Aa	123,1 Aa	379,4 Aa	121,2 Aa	934,7 Ba	253,7 Aa	253,7 Aa	136,3 Aa	377,4 Aa	44,1 Bb	1065,2 Aa
Leito	113,8 Bb	60,5 Bb	181,0 Aa	394,8 Aa	182,6 Aa	932,7 Ba	261,4 Aa	130,6 Aa	194,8 Aa	441,3 Aa	168,4 Aa	1196,5 Aa
Calhas	224,0 Aa	114,9 Ab	111,2 Aa	376,7 Aa	190,6 Aa	1017,4 Aa	124,0 Ab	63,0 Bb	134,6 Aa	387,1 Aa	136,8 Aa	845,5 Bb

*Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna, e letras minúsculas distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.