

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

**PROTEÇÃO DE GOTEJADORES À OBSTRUÇÃO  
POR INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO  
SUBSUPERFICIAL DE FIGUEIRAS**

**TESE DE DOUTORADO**

**Marcos Gregório Ramos Hernandez**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

**PROTEÇÃO DE GOTEJADORES À OBSTRUÇÃO  
POR INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO  
SUBSUPERFICIAL DE FIGUEIRAS**

**por**

**Marcos Gregório Ramos Hernandez**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**Orientador: Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2010**

H557p

Hernandez, Marcos Gregório Ramos, 1963-

Proteção de gotejadores a obstrução por intrusão radicular em irrigação subsuperficial de figueiras / Marcos Gregório Ramos Hernandez. - 2010.

135 f. ; il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2010.

“Orientador: Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein”

1. Engenharia agrícola 2. *Ficus carica* L. 3. Emissores 4. Produtividade da figueira 5. Irrigação localizada I. Heldwein, Arno Bernardo II. Título

CDU: 634.37

Ficha catalográfica elaborada por  
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**PROTEÇÃO DE GOTEJADORES A OBSTRUÇÃO  
POR INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO  
SUBSUPERFICIAL DE FIGUEIRAS**

elaborada por  
**Marcos Gregório Ramos Hernandez**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Agrícola**

**Comissão Examinadora:**

**Prof. Dr. Arno Bernardo Heldwein**  
(Presidente/orientador)

**Prof. Paulo Roberto da Costa, Dr.** (CTISM/UFSM)

**Prof. Elódio Sebem, Dr.** (COLÉGIO POLITÉCNICO/UFSM)

**Genei Antônio Dalmago, Dr.** (EMBRAPA/Trigo)

**Marcelo Calgaro, Dr.** (EMBRAPA/Semi Árido)

Santa Maria, 28 de maio de 2010

As pessoas importantíssimas em minha caminhada:

Meus pais, **Gregório La-Hire e Diva**

Minha Companheira, **Carla**

Meu Orientador **Arno Bernardo Heldwein**

A meus **Protetores**

Dedico este trabalho

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS por iluminar meu caminho e me dar a saúde que preciso;

Em muito especial a minha amada CARLA, dedico e agradeço, “Obrigado pela luz, obrigado pela paciência, obrigado por todo amor e apoio em todos os momentos de minha vida”;

A meu Orientador, Prof. Arno Bernardo Heldwein, que no momento mais difícil de minha vida acadêmica, me acolheu e me orientou como muito poucos o fariam;

Aos meus PROTETORES, muito obrigado por tudo, pois em todas as vitórias vocês tiveram papel decisivo.

Ofereço:

Ao meu pai Gregório La-hire que já virou estrela e...

A minha amada mãe Diva;

A meus irmãos;

Ao Prof. Osvaldo König pela aceitação ao doutorado e pela grande amizade;

Ao Prof. Diniz Fronza, que abriu as portas em seu Departamento;

Aos Colegas de trabalho do Instituto Federal Farroupilha, pelo apoio, em face de meu afastamento;

A CAPES e UFSM por ter sido fonte de saber em todos esses anos, e pela oportunidade de realização do doutorado;

Aos meus colegas de NUMIR: João Fernando Zamberlan e Henrique Cunha Corrêa pelo apoio em momentos decisivos no curso;

Ao Professor e Coorientador, Toshio Nishijima, pelo especial apoio e incentivo durante todo curso;

Ao meu aluno e monitor Thiago Assunção pelo apoio decisivo na coleta de dados da pesquisa aqui apresentada;

A todos os amigos não citados.

Muito Obrigado!

O SENHOR é o meu pastor, nada me faltará.  
Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas.  
Refrigera minha alma; guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome.  
Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum,  
porque Tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam. (...)  
(Salmo 23)

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola  
Engenharia de Água e Solo  
Universidade Federal de Santa Maria

### PROTEÇÃO DE GOTEJADORES A OBSTRUÇÃO POR INTRUSÃO RADICULAR EM IRRIGAÇÃO SUBSUPERFICIAL DE FIGUEIRAS

AUTOR: MARCOS GREGÓRIO RAMOS HERNANDEZ  
ORIENTADOR: Prof. Dr. ARNO BERNARDO HELDWEIN

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 28 de Maio de 2010.

Um experimento de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial em figueira foi realizado em Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul, com o objetivo de avaliar a eficiência de materiais descartáveis, na proteção dos emissores de água em irrigação subsuperficial ao processo de intrusão radicular. O experimento foi conduzido no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos avaliados foram cinco formas de irrigação: A – sem irrigação; B – fita gotejadora; C - gotejador superficial; D – gotejador subsuperficial protegido por casca de arroz e, E - gotejador subsuperficial protegido por garrafa PET. Na irrigação subsuperficial foi analisado o efeito das proteções dos emissores, ao processo de intrusão radicular e associado às variáveis respostas da cultura da figueira (número e diâmetro de frutos por planta, produção por planta e produtividade, massa seca final de raízes). Para o processo de intrusão radicular nos emissores enterrados, foi criado um índice de intrusão radicular (IIR) e após, determinado índice de intrusão radicular (IIR) subsuperficial. Foi determinada a massa seca final das raízes em todos os tratamentos. Verificou-se que a garrafa PET protege os emissores em irrigação subsuperficial a obstrução pelo processo de intrusão radicular. O uso da casca de arroz como protetor de emissores em irrigação subsuperficial é uma técnica inadequada para esse fim, propiciando condições favoráveis ao processo de intrusão radicular, fato que compromete significativamente a vazão dos emissores. A intrusão radicular, decorrente do uso de casca de arroz em torno dos emissores em irrigação subsuperficial, pode afetar negativamente as variáveis respostas da planta da figueira, o que em períodos de precipitação insuficiente não permite obter produtividade maior do que a obtida sem irrigação. A falta de irrigação complementar quando os períodos com precipitação insuficiente ocorrem durante o subperíodo da colheita dos frutos, tende a diminuir o diâmetro e o peso médio dos frutos, o número de frutos colhidos por planta e a produção de frutos das figueiras. A massa seca de raiz por planta não é influenciada significativamente em figueiras por nenhuma forma de irrigação, sendo similar aos valores encontrados em solo não irrigado em qualquer nível até 40 cm de profundidade do solo.

**Palavras-chave:** *Ficus carica* L., emissores, produtividade da figueira, irrigação localizada.



## **ABSTRACT**

Doctoral Thesis  
The Graduate Program in Agricultural Engineering  
Soil and Water Engineering  
Federal University of Santa Maria

### **EMMITERS PROTECTION AGAINST OBSTRUCTION BY ROOT INTRUSION IN DRIP IRRIGATED FIGS**

AUTHOR: MARCOS GREGÓRIO RAMOS HERNANDEZ  
ADVISER: Prof. Dr. ARNO BERNARDO HELDWEIN

Place and Date of the defense: Santa Maria, Mai 28<sup>th</sup>, 2010

An experiment of surface and subsurface drip irrigation in figs was held in Santa Maria, Rio Grande do Sul state, with aim of evaluate the disposables materials efficiency for protecting water emitters in subsurface irrigation against root intrusion. The experiment was conducted in a randomized block design with four replications. The treatments were five irrigation options: A - no irrigation, B - drip tape; C - surface drip, D - subsurface drip-protected with rice husk, and E - subsurface drip-protected with polyethylene terephthalate (PET) bottles. In subsurface irrigation the effect of the emitter protections was analyzed on root intrusion and response variables of fig trees (fruits diameter and number per plant, plant production and productivity, and final dry mass of roots). For the process of root intrusion in buried emitters, an index of root intrusion (IRI) was created and after an index of root intrusion (IIR) subsurface was determined. The final dry mass of roots was determined in all treatments. It was found that the PET bottle protect the emitters in subsurface irrigation against obstruction by root intrusion. The use of rice husk is an inadequate technique for protecting emitters in subsurface irrigation, because it provides favorable conditions for root intrusion, which significantly to reduce flow of the emitters. The root intrusion due to the use of rice hull around the emitters in subsurface irrigation can negatively affect the fig tree response variables, which, in periods of insufficient rainfall, does not allow greater productivity than that obtained without irrigation. The lack of supplementary irrigation, when dry periods occur during the harvest period, reduces the fruits diameter, average weight, and the number of fruits per plant. The root dry mass per plant is not significantly influenced by any form of irrigation, that is, the values found were similar to values found in non-irrigated soil at any level from surface to the 40 cm soil depth.

**Key words:** *Ficus carica* L., emitters, fig trees productivity, drip irrigation

## LISTA DE SIGLAS

- A – Testemunha (Sem uso de Irrigação/Fertirrigação)
- AD – Água disponível no solo
- B – Uso de fitas gotejadoras em superfície
- C – Gotejadores reguláveis em superfície e ao redor da planta de figueira
- CC – Capacidade de Campo
- CCAS – Curva característica de água no solo
- CAD – Capacidade de água disponível no solo
- D – Gotejadores reguláveis em cova protegidos com casca de arroz
- DMF – Diâmetro médio de frutos
- E – Gotejadores reguláveis em cova protegidos com garrafa plástica
- IHO – Intervalo hídrico ótimo
- IIR – Índice de intrusão radicular
- Lb – Lamina bruta
- mca – Unidade de pressão em metros de coluna de água
- MPa – Mega Pascal
- NMFC – Número médio de frutos por coleta
- PAD – Polietileno de alta densidade
- PET – Politereftalato de etileno
- PFPC – Peso de frutos por coleta
- PMF – Peso médio de frutos
- PMP – Ponto de Murcha Permanente
- PMIS – Perfil de molhamento das irrigações no solo
- Rg – Densidade de fluxo de radiação solar global incidente
- TIAS – Taxa de infiltração de água no solo

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 – Vista superior da área experimental do Colégio Politécnico de Universidade Federal de Santa Maria – UFSM e demonstração da área do experimento. Santa Maria, 2008-2009. Fonte: adaptado de [HTTP://earth.google.com](http://earth.google.com) (Coordenadas: latitude - 29° 43` e longitude: -53° 43`). .....46
- FIGURA 2 – Desenho esquemático da posição do caule, projeção da copa, área de domínio das plantas de figueiras (4 m<sup>2</sup>) na área experimental, com detalhes da distribuição e instalação dos componentes de adaptação (PCJ e adaptador de 04 saídas) dos emissores de água de irrigação distribuídos pontualmente na projeção da copa das plantas: com delimitação da área de abrangência por emissor (1 m<sup>2</sup>) na distribuição da água de irrigação do emissor regulável GA-2 (a) e a forma de instalação das fitas gotejadoras (com 4 emissores), espaçados de 0,25m entre si (b). Santa Maria, 2008-2009. ....53
- FIGURA 3 – Bancada para determinação de vazões dos emissores (gotejadores), composta moto bomba elétrica, registro regulador de vazão e pressão, pressão monitorada por manômetro, saídas para regulagem de 8 emissores unitários e uma saída para instalação e avaliação de vazão de fita gotejadora. Santa Maria, 2008-2009. ....61
- FIGURA 4 – Detalhes dos componentes de adaptação dos emissores de água de irrigação tradicional: com fitas gotejadoras (a) e gotejadores reguláveis (GA-2) em superfície distribuídos radialmente ao tronco das figueiras (b). Santa Maria, 2008-2009. ....66

FIGURA 5 – Detalhes da instalação e disposição dos emissores do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz: (a) cova circular aberta com extrator de solo; (b) acomodação do emissor no fundo da cova, com proteção da casca de arroz; (c) emissor coberto com a casca de arroz e em detalhe o manômetro; (d) emissor coberto com a casca de arroz. Santa Maria, 2008-2009....67

FIGURA 6 – Detalhamento do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafas PET: (a) garrafas pet de água mineral e suas dimensões; (b) abertura de furos ao fundo da garrafa PET; (c) localização das garrafas nas covas abertas junto a sub copa das plantas; (d) detalhe da garrafa PET com o GA2 (emissor) em seu interior. Santa Maria, 2008-2009.....68

FIGURA 7 – Disposição após sorteio dos tratamentos irrigação superficial e subsuperficial e proteções aos emissores em irrigação subsuperficial nos blocos experimentais, com duas plantas por parcela. Santa Maria, 2008-2009.....69

FIGURA 8 – Demonstração do monitoramento das vazões pontuais dos emissores pontuais distribuídos ao redor das plantas de figueira (a, b), coletadas em provetas graduadas (ml) e tempo medido com cronometro por 1 minuto e o detalhe do emissor regulável GA-2 (gotejador) (c). Santa Maria, 2008-2009.....71

FIGURA 9 – Valores de índice de intrusão radicular, atribuídos a partir de avaliações das vazões dos emissores em irrigação subsuperficial e a presença das raízes de plantas de figueira, como agente obstrutor do emissor, em gotejadores pontuais protegidos com garrafas pet e casca de arroz. Santa Maria, 2008-2009.....72

FIGURA 10 – Vista geral da organização da colheita por planta dos figos maduros (a), com detalhes das: (b) bandejas com alvéolos para contagem de frutos por planta, (c) determinação do diâmetro de fruto e, (d) peso médio dos frutos e peso de frutos por planta. Santa Maria, 2008-2009.....75

FIGURA 11 – Demarcação e coleta das raízes na área de 40 x 40 cm em camadas de 10 cm, até a profundidade de 40 cm, sendo: (a) Primeira camada a ser coleta (superficial) de 10 cm, (b) distribuição das raízes nas covas, (c e d) processo de coleta das raízes em camada de 10cm de profundidade. Santa Maria, 2008-2009..78

FIGURA 12 – Valores diários de precipitação e irrigação (a), temperatura média, máxima e mínima do ar (b) e densidade de fluxo de radiação solar global (Rg) incidente (c) medidos na estação meteorológica de Santa Maia, ao longo do período de colheita e avaliações experimentais em área cultivada com figueiras. Santa Maria, 2008-2009. ....	82
FIGURA 13 – Produção acumulada de figos por bloco durante no período com precipitação (08/04 a 08/05). Santa Maria, 2008-2009. ....	88
FIGURA 14 – Relação entre a produção acumulada de figos por bloco durante o período com precipitação insuficiente (08/04 a 08/05) e o índice de intrusão radicular (IIR) médio por tratamento (a), e por planta no tratamento D (b). Santa Maria, 2008-2009. ....	89
FIGURA 15 – Número médio de frutos por coleta por planta em 46 diferentes datas de coleta, durante o subperíodo de colheita, em um experimento com figueiras sob diferentes formas de irrigação. Santa Maria, 2008-2009.....	93
FIGURA 16 – Peso de frutos colhidos por planta em diferentes datas de coleta, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação. Santa Maria, 2008-2009. ....	100
FIGURA 17 – Planta de figueira irrigada com fita gotejadora lateral, tombada pela ação do vento (a), raízes expostas da planta da figueira tombada pelo vento (b), junto área de bordadura do experimento. Santa Maria, 2008 -2009. ....	108

## LISTA DE TABELAS

- TABELA 1 – Características físicas do Solo ARGISOLO VERMELHO distrófico arênico, textura franca da área experimental de figueiras, determinado nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm do solo na UFSM. Santa Maria, 2008-2009. ....47
- TABELA 2 – Exemplo de contabilização da água retirada do solo, para determinar o momento e a quantidade de água a ser irrigada na área experimental cultivada com figueiras na UFSM. Santa Maria, 2008/2009.....59
- TABELA 3 – Índice de Intrusão Radicular (IIR), definido pela avaliação da vazão persistente dos emissores, em litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup> e índice quantitativos/qualitativos correspondentes as vazões dos gotejadores por planta de cada Bloco, em irrigação subsuperficial. Santa Maria, 2008-2009.....74
- TABELA 4 – Datas de avaliações transformadas em número de dias de coletas (colheita) de figos. Santa Maria, 2008-2009.....76
- TABELA 5 – Médias do Índice de Intrusão Radicular (IIR) em emissores em irrigação subsuperficial protegidos por garrafa (E) e com proteção por Casca de Arroz (D), em 6 datas de avaliação. Santa Maria, 2008-2009. ....85
- TABELA 6 – Médias do Índice de Intrusão Radicular (IIR) por bloco (8 emissores) e por planta (4 emissores) em seis avaliações no período experimental e média ponderada para o período com precipitação insuficiente nos Blocos do tratamento de proteção dos emissores em irrigação subsuperficial com proteção da Casca de Arroz (D), em 6 datas de avaliação. Santa Maria, 2008-2009. ....87

TABELA 7 – Análise de variância para a variável, número médio de frutos por planta e por coleta (NMFC) no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação <sup>1</sup> , no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	91
TABELA 8 – Número médio de frutos por planta e por coleta (NMFC) no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras, conduzido sob diferentes forma de irrigação no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	92
TABELA 9 – Análise de variância para a variável, diâmetro médio de frutos por coleta (mm) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação <sup>1</sup> , no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	94
TABELA 10 – Diâmetro médio de frutos (DMF) (mm) medido durante o subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	95
TABELA 11 – Análise de variância para a variável, peso médio dos frutos (PMF) (g) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação <sup>1</sup> , no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	96
TABELA 12 – Peso médio dos frutos (PMF) (g) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	97
TABELA 13 – Análise de variância para a variável, peso de frutos por planta e por coleta (PFPC) (kg) medido no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob	

diferentes formas de irrigação <sup>1</sup> , no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	98
TABELA 14 – Peso de frutos por planta e por coleta (PFPC) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	99
TABELA 15 – Análise de variância para a variável produtividade de frutos medido no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação <sup>1</sup> no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009. ....	101
TABELA 16 – Produtividade de frutos medida no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições, no ano agrícola 2008/2009 em Santa Maria-RS. Santa Maria, 2008-2009. ....	102
TABELA 17 – Análise de variância para a variável massa seca de raízes (g de raízes em 16000 cm <sup>3</sup> de solo) nas camadas de solo das profundidades 0 a 10 , 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm, de figueiras sob diferentes formas de irrigação, de um experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso. Santa Maria, 2008-2009. ....	105
TABELA 18 – Análise de variância para a variável massa seca de raízes (g de raízes em 64000 cm <sup>3</sup> de solo) na profundidade 0 a 40 cm, em figueiras sob diferentes formas de irrigação em um experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso. Santa Maria, 2008-2009. ....	105
TABELA 19 – Massa seca de raiz de figueira (g) de dois pontos de amostragem (lado com irrigação por fita gotejadora e lado sem irrigação), retiradas em diferentes profundidades, no tratamento de irrigação com fita gotejadora. Santa Maria, 2008-2009. ....	106



## APÊNDICE

- APÊNDICE A – Dados para construção da curva característica de água no solo de 0 a 30 cm da área experimental obtida na Mesa de Tensão e extrator de Richards com amostras não deformadas. Santa Maria, 2008-2009. .... 122
- APÊNDICE B – Resultados das análises químicas das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm, nos tratamentos A, B, C, D e E, com os diagnósticos para acidez do solo e calagem, macro (NPK-S) e micro nutrientes. .... 123
- APÊNDICE C – Desenho esquemático da disposição das tubulações e acessórios de irrigação junto a área experimental detalhes fotográficos do: cabeçal de controle de irrigação e fertirrigação (a) e pressão (b e c) da distribuição dos emissores em irrigação subsuperficial com proteção da garrafa pet (d) na área experimental (Pomar de Figueiras) Colégio Politécnico – UFSM. Santa Maria, 2008-2009..... 124
- APÊNDICE D – Curva característica de água no solo da área experimental obtida com cilindros concêntricos. Santa Maria, 2008–2009. .... 126
- APÊNDICE E – Representação dos constituintes do cabeçal de controle de irrigação e fertirrigação do experimento Colégio Politécnico – UFSM (Pomar de Figueiras). Santa Maria 2008-2009..... 127
- APÊNDICE F – Extrator de Solo (a e b) com suas partes construtivas e as covas feitas com o extrator. Covas para localização dos emissores e suas proteções (garrafas de plástico (pet) e casca de arroz). Santa Maria, 2008-2009..... 128

APÊNDICE G – Tabelas da Análise de Variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) nas datas de coleta de vazões e determinação do IIR. Santa Maria, 2008-2009.....	129
APÊNDICE H – Tabelas da Análise de Variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os BLOCOS do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) nas datas de coleta de vazões e determinação do IIR. Santa Maria, 2008-2009. ....	131
APÊNDICE I – Tabelas da Análise de Variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular (IR), entre os BLOCOS do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) nas datas de coleta de vazões e determinação do IIR. Santa Maria, 2008-2009. ....	133

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1 Objetivo geral: .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2 Objetivos específicos: .....</b>	<b>26</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>28</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1 Relação solo-água-planta-atmosfera.....</b>	<b>28</b>
2.1.1 Propriedades físicas do solo .....	29
2.1.2 Propriedades químicas do solo .....	30
2.1.3 Água no solo .....	31
2.1.4 Propriedades ambientais no manejo das irrigações .....	32
<b>2.2 Irrigação localizada .....</b>	<b>33</b>
2.2.1 Gotejamento superficial.....	34
2.2.1.1 Vantagens .....	34
2.2.1.2 Desvantagens .....	35
2.2.2 Gotejamento subsuperficial.....	36
2.2.2.1 Vantagens .....	37
2.2.2.2 Desvantagens .....	39
<b>2.3 Cultura da figueira.....</b>	<b>42</b>
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>46</b>
<b>3.1 Local e descrição do experimento.....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 Caracterização física do solo .....</b>	<b>47</b>

<b>3.3 Caracterização da fertilidade do solo</b> .....	<b>47</b>
<b>3.4 Funções hidrodinâmicas do solo</b> .....	<b>48</b>
3.4.1 Taxa de infiltração de água no solo.....	48
3.4.2 Perfil de molhamento do solo .....	49
3.4.3 Curva característica de água no solo .....	49
<b>3.5 Irrigações e sistemas de irrigação</b> .....	<b>50</b>
3.5.1 Sistema de injeção da fertirrigação .....	51
3.5.2 Sistema de distribuição dos gotejadores .....	52
3.5.3 Cálculo das lâminas de irrigação.....	53
3.5.3.1 Capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) .....	54
3.5.3.2 Água disponível no solo (AD) .....	54
3.5.3.3 Cálculo da lâmina bruta a ser irrigada .....	55
3.5.4 O manejo das irrigações.....	55
3.5.4.1 Tensiometria.....	56
3.5.4.2 Evapotranspiração potencial ou de referência (ET <sub>o</sub> ) .....	57
3.5.4.3 Evapotranspiração da cultura (ET <sub>c</sub> ) .....	57
3.5.4.4 Turno de rega (Tr) .....	58
3.5.4.5 Tempo de irrigação (TI) .....	60
3.5.5 Regulagem dos gotejadores e monitoramento do sistema.....	60
<b>3.6 Fertirrigações</b> .....	<b>62</b>
<b>3.7 Tratos Culturais</b> .....	<b>62</b>
3.7.1 Podas da figueira .....	63
3.7.2 Controle de doenças nas plantas de figueira .....	63
3.7.3. Controle de pragas .....	64
3.7.4 Controle de plantas invasoras .....	64
<b>3.8 Caracterizações dos Tratamentos</b> .....	<b>64</b>
3.8.1 Cultivo e instalação dos tratamentos.....	65
<b>3.9 Variáveis respostas e análises</b> .....	<b>69</b>
3.9.1 Definição do índice de intrusão radicular.....	71
3.9.1.1 Análise estatística do índice de intrusão radicular.....	74
3.9.2 Número de frutos por planta e produção por planta .....	74
3.9.2.1 Análise estatística do número de frutos por planta e produção por planta ....	76

3.9.3 Massa de raízes .....	77
3.9.3.1 Análise estatística da massa seca de raiz.....	78
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>81</b>
<b>4.1 Condições meteorológicas durante o período de colheita.....</b>	<b>81</b>
<b>4.2 Índice de intrusão radicular em emissores em irrigação subsuperficial .....</b>	<b>83</b>
<b>4.3 Produção da figueira.....</b>	<b>90</b>
4.3.1 Número de frutos por planta.....	90
4.3.2 Diâmetro médio de frutos .....	93
4.3.3 Peso médio dos frutos.....	96
4.3.4 Peso de frutos por planta por coleta.....	98
4.3.5 Produtividade de frutos por área .....	100
4.4 Massa seca de raízes .....	103
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>109</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>110</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Há um volume de água significativo em nosso planeta, porém, aproximadamente 97% estão nos oceanos, impróprios para consumo no estado em que se encontram. Somente 3% é água doce, sendo que destes, 2% encontram-se nas geleiras e 1% somente está disponível para pronta utilização nos rios, lagos e aquíferos freáticos (ROSA et al., 2000).

Atualmente, é reconhecido que a irrigação é a atividade humana que proporcionalmente mais consome água, pois, segundo Christofidis (2006), utiliza em média, 70% do volume de água doce captada de rios, lagos e de lençóis freáticos, enquanto que no Brasil, segundo Tucci et al. (2001) relatam que o consumo de água pela irrigação é de 64,7% da água doce captada. Christofidis (2006) salienta ainda, que há falta de informações e muitos desafios tecnológicos para mudar esse percentual, como: cultivos mais eficientes no uso de água, avaliação de impactos da irrigação na qualidade da água, uso de águas residuais (nível de tratamento), irrigação em substratos, manejo de irrigação entre outros.

Os cenários sobre a irrigação no Brasil indicam que a irrigação será responsável por 40% da expansão de área agrícola no período 1995-2030 e entre 50-60% do crescimento de produção de alimentos; estima-se que “no ano 2030 a metade de todos os alimentos produzidos serão oriundos da agricultura irrigada”. Estima-se ainda que os solos aptos para a agricultura irrigada no Brasil situam-se em torno de 30 milhões de hectares, dos quais quatro milhões estão em produção com técnicas e sistemas de irrigação. Isto significa que vários milhões de hectares ainda são passíveis de produção com esta tecnologia (FAO, 2002).

Complementarmente aos cenários de expansão, em áreas, da agricultura irrigada no Brasil até 2030, é imprescindível salientar a importância econômica da agricultura irrigada ao Brasil. Pois, segundo Oliveira (2009), a área agrícola irrigada representa atualmente, pouco mais de 5% da área plantada do Brasil, no entanto produzem, aproximadamente, 16% do volume de alimentos e 35% do valor de produção. O agronegócio é responsável por 33% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, 42% das exportações totais e 37% dos empregos brasileiros.

Portanto, ganha importância a aplicação do conceito de sustentabilidade da

agricultura irrigada, que tem entre seus princípios, a obtenção de maiores produtividades por quantidade de água aplicada, com menor impacto ao ambiente, principalmente em regiões onde há escassez de chuvas e, através do manejo racional das irrigações (volumes de água exigida pela cultura e no momento necessário), êxito nos investimento de instalação dos equipamentos de irrigação.

Estudos de Richter & Richter (2009) indicam que, no Rio Grande do Sul, a cada quatro anos um terá precipitação abaixo da média, justamente nos meses de verão, nos quais a demanda evaporativa é maior devido à alta disponibilidade de radiação solar, condição que expõe as culturas sem irrigação, nestes períodos, a déficits hídricos, resultando em perdas significativas de produtividade.

Diante dos frequentes períodos de déficit hídrico as culturas e as crescentes pressões sociais ao uso racional e eficiente dos recursos hídricos no meio agrícola, sugerindo cobranças ao uso da água na agricultura e, face à necessidade de incorporação de novas áreas ao processo produtivo, se torna imprescindível, tanto no Brasil como em qualquer outra parte do mundo, usar tecnologias de alta eficiência no processo de aplicação da água nas irrigações, de modo a não causar impacto negativo ao ambiente e conflitos sociais.

As exigências ambientais e sociais impõem a ampliação dos estudos quanto à diversificação de tecnologias e culturas a serem irrigadas.

A maioria dos estudos sobre déficit hídrico e desenvolvimento tecnologia de aplicação da água, é concentrada em espécies anuais de verão e estas informações, são mais difundidas face ao impacto visual mais evidenciado do déficit hídrico.

Embora o impacto visual de déficit hídrico não seja tão perceptivo nas espécies perenes as espécies frutíferas perenes, não irrigadas, sofrem reduções de qualidade e produtividade, pois, a disponibilidade de água também é determinante na indução do florescimento, no desenvolvimento vegetativo e dos frutos (Sentelhas, 2007), o que chega a comprometer significativamente o desempenho da atividade.

Diante da necessidade de irrigar espécies frutíferas perenes e, considerando ainda a eficiência já comprovada dos sistemas de irrigação localizada (gotejamento), observa-se a necessidade de sugerir adaptações de proteção a integridade física e de funcionamento dos emissores (gotejadores) a serem usados na irrigação localizada em subsuperfície. Essas adaptações evitarão problemas de entupimento dos emissores por intrusão de raízes, desgaste dos materiais constituintes dos emissores (plástico) ao contato direto com o solo e melhorar seu funcionamento em

irrigação subsuperficial.

Os sistemas de irrigação por gotejamento são constituídos por condutos e emissores de pequenos diâmetros, exigindo conjuntos moto-bomba de menor potência em comparação a outros sistemas pressurizados como a aspersão (SILVA et al., 2003a). Por outro lado o sistema de gotejamento exige maior qualidade de água quanto a sólidos em suspensão, necessitando de filtragens para seu bom funcionamento, reduzindo o risco de obstruções principalmente de seus emissores (SOUZA et al., 2001).

Aos cuidados, característicos e indispensáveis ao funcionamento dos emissores em irrigação em superfície, acrescentam-se ainda, ao usá-los na irrigação em subsuperfície os cuidados com entupimento por intrusão radicular. Situação que limita o uso da irrigação em subsuperfície (COELHO et al., 2006).

Com os recursos hídricos cada vez mais concorridos, há necessidade urgente de reduções dos volumes de água usados no processo de irrigação, o que pode ser alcançado pelo uso de sistemas de irrigação em subsuperfície.

O sistema de irrigação por gotejamento tem alta eficiência de aplicação e distribuição de água junto às plantas. Segundo Zamberlan (2007), a irrigação localizada por gotejamento pode ser uma alternativa a ser mais estudada no Rio Grande do Sul, pois devido sua alta eficiência de aplicação da água, ela é bastante difundida em regiões do planeta terra, onde o recurso água é extremamente escasso, por ter a característica da aplicação pontual de água formando um volume molhado (“Bulbo”) próximo da planta fornecendo água ao sistema radicular com uma eficiência superior a 90%.

O sistema de irrigação por gotejamento pode ser classificado, de acordo com a posição de instalação da linha de emissores, junto ao solo das culturas a serem irrigadas: superficial, quando os emissores se encontram sobre o solo, e subsuperficial, quando os emissores se localizam abaixo da superfície do solo. A eficiência da irrigação localizada por gotejamento pode ser maior, se a localização for abaixo da superfície, isto é, gotejamento subsuperficial (NOGUEIRA et al. 2000).

A irrigação por gotejamento em subsuperfície (gotejadores abaixo do nível do solo, ou seja, enterrados), é um método de irrigação que apresenta características próprias, no manejo das irrigações e ao longo dos anos de funcionamento.

Em face da distribuição da água, pelos emissores em irrigação subsuperficial, ser no interior do solo, é possível o uso de águas de diferentes fontes (origens) e



composições químicas nesse sistema: água de reuso (águas de esgoto, semi-tratadas) com menor risco de contaminação de mão de obra, e outros, uso de nutrientes (fertirrigação) e uso produtos químicos (inseticidas, fungicidas, entre outros) junto às irrigações (quimigação) (AYARS et al., 1999).

O consumo das águas de reuso na irrigação em subsuperfície é uma alternativa que pode auxiliar a minimizar problemas de contaminação dos mananciais superficial e freáticos, da superfície do solo e dos agricultores, operadores dos sistemas. No entanto, são necessárias soluções para aumentar a vida útil dos emissores enterrados frente a problemas de entupimento por intrusão radicular.

Na perspectiva de ampliar a adoção do uso de gotejamento em subsuperfície a campo, principalmente em culturas perenes (arbóreas), a proteção dos emissores em irrigação subsuperficial ao entupimento é indispensável, além de ser necessário o acesso fácil ao equipamento (emissor) de tal forma, que o mesmo possa ser removido para avaliação regular de vazão, desobstrução e até a substituição, se esse for o caso.

São poucas as informações sobre o uso do sistema de irrigação em subsuperficial, embora contemplados com a referência de alta eficiência de uso da água, há, dificuldade de monitoramento de vazão dos emissores devido as dificuldade de acesso aos emissores enterrados e alto risco ao entupimento por intrusão radicular. Estes fatos evidenciam, que a pesquisas para desenvolver formas de proteção ao entupimento por sólidos em suspensão na água de irrigação e intrusão radicular são de fundamental importância para que a tecnologia da irrigação subsuperficial saia dos campos de pesquisa e seja incentivada junto aos pomares produtivos. Neste panorama, torna-se evidente a importância de apresentar ao agricultor, metodologias confiáveis, de baixo custo, de fácil acesso e que possibilitem, além de funcionalidade, maior durabilidade do sistema de irrigação instalado.

A facilidade na implantação dos pomares de figueira torna-se um atrativo na adoção da cultura como possibilidade de incremento de renda nas pequenas propriedades. No entanto, devido à ocorrência frequente de períodos de estiagem no ciclo produtivo da cultura da figueira, os programas governamentais associam o incentivo da implantação da cultura ao uso da irrigação.

A cultura da figueira está assumindo grande incremento de área no RS em

pequenas propriedades, a partir de incentivos governamentais.

Os pomares de figueira geram, a partir de seu manejo, empregos diretos e, indiretos no processo de industrialização de seus frutos o que lhe confere grande importância social.

Considerados, a facilidade de implantação a campo dos pomares de figueira e os incentivos governamentais propostos aos fruticultores no processo de implantação de figueiras irrigadas, o sistema de gotejamento subsuperficial, associado a técnicas de proteção a entupimento dos emissores por intrusão radicular, pode oferecer oportunidades para a mitigação de problemas como a pega das mudas, e quando bem manejada, melhora na qualidade das colheitas, maior rendimento da cultura e eficiência no uso da água.

Para tanto, é importante que técnicas de proteção à intrusão radicular nos emissores enterrados sejam mais estudadas, estabelecendo-se metodologias que se adaptem melhor as características de desenvolvimento radicular das plantas perenes, no caso a figueira, e de sua longevidade.

Nesse contexto o processo de irrigação localizada subsuperficial, com proteção apropriada, assume característica importante, para satisfazer às exigências de manejo cultural, durabilidade dos equipamentos e manejo amplo dos equipamentos, no processo de irrigação à cultura da Figueira.

Acreditamos que o uso das garrafas PET (Politereftalato de etileno, ou seja, garrafas plásticas proveniente de descarte após o consumo de refrigerantes, água mineral, entre outros) e casca de arroz, material descarte abundante proveniente do beneficiamento do arroz, podem ser alternativas na redução e/ou a substituição de equipamentos de custo elevado e com alto risco de entupimento dos emissores por sólidos (materiais em suspensão na água) e/ou biológico (intrusão radicular) ou degradação pela ação do intemperismo (biológica, temperatura, entre outros) em irrigação subsuperficial.

A proposta do uso desses materiais (garrafa PET e Casca de arroz) na proteção dos emissores em irrigação subsuperficial, visa proporcionar maior durabilidade das peças do sistema (emissores).

A proteção dos emissores em irrigação subsuperficial, quanto ao entupimento por processo de intrusão radicular, tem por finalidade substituir equipamentos de altos custos financeiros por ocasião de sua aquisição, instalação e posteriormente pela freqüente substituição de todo ou partes de equipamentos obstruídos e

degradados por radiação solar Ultravioleta.

O presente trabalho é justificado, a partir das necessidades de propor alternativas baratas e duradouras no processo de proteção de emissores em irrigação por gotejamento subsuperficial, através da associação entre o aproveitamento de materiais descartados de baixo custo como proteção dos emissores ao entupimento por intrusão radicular, a facilidade oferecida na manipulação dos emissores e a perspectiva de prolongar a vida útil desses emissores. Necessita-se também, reduzir os custos ambientais causados pelo descarte sistemático dos equipamentos obstruídos e pelo uso de equipamentos, que funcionam em irrigação em subsuperfície com o dispositivo de liberação gradual de herbicida junto ao solo, para impedir o avanço das raízes em direção aos emissores e conseqüente entupimento por intrusão radicular.

O presente trabalho teve como:

### **1.1 Objetivo geral:**

- Analisar o efeito de diferentes proteções dos emissores a obstrução por intrusão radicular.

### **1.2 Objetivos específicos:**

- Quantificar o efeito da associação da garrafa Pet no sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial na capacidade proteção dos emissores à intrusão radicular;

- Dimensionar o Índice de Intrusão Radicular (IIR) para sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial;

- Avaliar as proteções da casca de arroz e garrafa Pet à intrusão radicular nos emissores em irrigação subsuperficial;

- Avaliar os efeitos das diferentes formas de irrigação por gotejamento sobre as variáveis respostas da cultura da figueira;

Pressupõem-se nesse trabalho, as hipóteses de que:

- A garrafa PET e a Casca de Arroz, podem proteger os emissores, em irrigação por gotejamento subsuperficial, ao entupimento pelo processo de intrusão radicular (IR).

- A irrigação por gotejamento subsuperficial, protegidos pelas garrafas PET e casca de arroz podem resultar em melhorias de rendimento da cultura da figueira.

- A irrigação por gotejamento superficial, distribuída pontualmente ao redor das plantas de figueira, pode resultar em melhorias de rendimento da cultura da figueira, quando comparado a irrigação superficial com a fita gotejadora e o tratamento sem irrigação.

No Capítulo I desse trabalho, é apresentada a Introdução com a delimitação do tema da presente pesquisa, as justificativas, o objetivo geral e os objetivos específicos e as hipóteses, os quais nortearam as investigações propostas.

No Capítulo II é descrito a Revisão Bibliografia consultada para fundamentar as investigações propostas, bem como os resultados e discussões e conclusões desse trabalho.

No Capítulo III é descrito os Materiais e Métodos usados para situar e sistematizar os procedimentos de instalação e condução da presente pesquisa a campo, definição dos dados coletados a serem avaliados, bem como instrumentos para analisar os dados coletados.

No capítulo IV é composto pelos Resultados e Discussões, com o objetivo de descrever os resultados e fundamentá-los cientificamente.

No Capítulo V, as Conclusões obtidas a partir da análise dos resultados.

No Capítulo V as Referências Bibliográficas, onde são relacionadas todas as Bibliografias consultadas para fundamentar o presente trabalho. São relacionados ainda, a seguir, os Apêndices, constituinte desse trabalho de pesquisa.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A irrigação, em qualquer cultura, tem como objetivo suprir às necessidades hídricas das culturas. No entanto é imprescindível para o êxito da atividade, escolha e manejo de forma adequada do sistema de irrigação.

Segundo Pizarro (1996), a irrigação localizada determina uma área de molhamento menor, quando comparado a outros métodos, o que proporciona menor evaporação da água na superfície do solo.

Um sistema de irrigação, para ter sua aplicabilidade deve ter como base, três objetivos (BURT, 1986): (i) ser de alta eficiência por meio de alta uniformidade de emissão; (ii) ser de fácil manipulação para avaliação de vazões para permitir adequado manejo da irrigação e, assim, atender às necessidades hídricas da cultura; e (iii) minimizar os custos fixos anuais através da durabilidade do seu material de construção e suas características técnicas de emissão de vazão ao longo dos ciclos produtivos das culturas. Esses custos são função dos custos iniciais instalação, manutenção e operação, das vazões e da energia elétrica consumida pelo sistema (ANSHUTZ, 1986).

Para atender esses requisitos é indispensável vincular as características técnicas dos equipamentos de irrigação (material de fabricação, vazão, pressão de serviço, entre outros), ao ambiente de solo e atmosfera, localização e instalação e ao tipo de cultura a ser implantada para irrigar.

### **2.1 Relação solo-água-planta-atmosfera**

As informações, adequações e ajustes entre o ambiente de solo e o ambiente atmosférico aos quais serão implantadas as culturas irrigadas, são indispensáveis ao sucesso do empreendimento agrícola. São informações que definem todos os procedimentos de tomada de decisão, desde a escolha da cultura, escolha do sistema de irrigação como também, os manejos a serem adotados, tanto da cultura quanto os relacionados diretamente a irrigação.

Segundo Carlesso (1995), um dos aspectos mais importante, no

entendimento da relação entre a absorção de água e a produção das culturas, é como ocorre o balanço no suprimento de água do solo para satisfazer a demanda evaporativa da atmosfera.

### 2.1.1 Propriedades físicas do solo

As plantas, na sua dinâmica de crescimento e desenvolvimento respondem diretamente as condições ambientais de solo e atmosfera do local onde estão inseridas. No entanto, as raízes, estão diretamente associadas ao ambiente de solo, como suporte para seu crescimento e suprimento hídrico e de nutrientes. No solo os parâmetros físicos de textura e estrutura, como características físicas, oferecem espaços aéreos e água para seu crescimento (ELLIES et al., 1997). É salientado ainda por Libardi (1999), que um bom desenvolvimento de raízes, está associado à qualidade da distribuição dos espaços porosos, assim como tamanho e “geometria dos poros”.

As características físicas do solo também são fatores indispensáveis no processo de escolha e dimensionamento de qualquer projeto de irrigação. São parâmetros que orientam na definição do tipo de sistema de irrigação e vazão do sistema (GORNAT; NOGUEIRA (1999)).

No sistema de irrigação localizado, especificamente no sistema de irrigação por gotejamento em sub superfície, o conhecimento das características e propriedades físicas do solo é indispensável para definir o espaçamento entre emissores e entre planta e emissor, pois a textura e a estrutura do solo interferem diretamente na redistribuição da água no interior do solo e assim, definirão o formato do bulbo de molhamento no subsolo (GORNAT; NOGUEIRA, 1999; AYARS et al., 1999). O conhecimento das relações entre características físicas de solo e a interferência no processo de redistribuição da água de irrigação em subsuperfície (bulbo de molhamento), é importante para evitar problemas de irrigações excessivas ou insuficientes. Irrigações insuficientes podem definir o crescimento indesejado de raízes junto ao emissor, com conseqüente entupimento por intrusão radicular (CLOTHIER; GREEN, 1994; COELHO et al., 2002).

As propriedades físicas do solo são associadas ao adequado crescimento das

raízes das plantas, no entanto, devem estar associadas propriedades químicas do solo. Fator que pode limitar crescimento de raiz e desenvolvimento das plantas cultivadas.

### 2.1.2 Propriedades químicas do solo

Ao fazer a correlação entre a organização das raízes e sua distribuição no perfil do solo às propriedades químicas do solo, Teruel et al. (2000) constataram que as raízes, na ausência de nutrientes como o fósforo (P), tendem a explorar de grandes volume de solo, na procura de recursos mínimos, enquanto que, quando da disponibilidade de nutrientes há a maximização da utilização do solo, ou seja, exploração de pequenos volumes de solo pelas raízes, para manutenção e produção das plantas.

As propriedades químicas do solo são diretamente influenciadas pelas características e disponibilidade de água nas proximidades das raízes, pois segundo Bueno Jr (2008), a irrigação melhorou o aproveitamento de nutrientes. Além da disponibilidade dos nutrientes do solo e água, é atribuído ao pH, importância relevante no crescimento de raízes. O pH promove aumento da mineralização da matéria orgânica, aumentando o volume de solo explorado pelas raízes, devido a melhoria das propriedades biológicas e físicas do solo (SANCHES et al., 1999).

Em trabalho desenvolvido por Fagundes et al. (2008), foi observada uma estreita relação entre a exploração do solo pelas raízes e a presença de água, pois constataram que há redução do teor de umidade nos pontos onde havia presença de raízes.

Tais observações mostram que existe relação estreita entre o desenvolvimento radicular em direção a disponibilidade de água e nutrientes no processo produtivo das culturas.

### 2.1.3 Água no solo

O desenvolvimento das raízes está relacionado ao intervalo hídrico ótimo do solo. Para Silva et al. (2002), o intervalo hídrico ótimo (IHO) é considerado um índice de qualidade estrutural do solo, que integra num só índice os fatores físicos que estão diretamente relacionados com o desenvolvimento das plantas. Tais fatores são: porosidade de aeração superior a 10%, água no solo a tensões entre a capacidade de campo e ao ponto de murcha permanente e teor de água no solo onde a resistência mecânica do solo é inferior a 2 MPa.

Pesquisa realizada por Carlesso (1995) já evidenciava essa relação, pois constatou a variação da quantidade de água armazenada no solo com a textura, o que pode levar as plantas a diferentes comportamentos em relação aos mecanismos de adaptação, como emissão de raízes.

Dentre as determinações para a implantação de um sistema de irrigação, além das características e propriedades físicas, características e propriedades químicas do solo, destacam-se a taxa de infiltração de água e o perfil de umedecimento formado pela localização e liberação de água de irrigação a partir dos sistemas de irrigação (BERNARDO, 1995).

O movimento da água no solo está diretamente relacionado à densidade e a porosidade do solo, pois são parâmetros relacionados e afetam diretamente o formato e o tempo de formação do bulbo de molhamento (tempo e distâncias de avanço da frente de molhamento, tanto no sentido vertical e horizontal no perfil do solo).

Segundo Reichert et al. (2007) geralmente a redução da porosidade ocorre com a redução dos poros maiores (macroporos), responsáveis pela infiltração de água e aeração do solo. Os poros são responsáveis pelo transporte e armazenamento de água no interior do solo, além de funcionarem como reservatório e troca de gases com a atmosfera (MESSING & JARVIS, 1995). São, portanto, parâmetros importantes a serem determinados para a adequada localização e definição das distâncias entre emissores e as distâncias entre os emissores e as raízes. Essa informação evita uma possível deficiência hídrica em parte das raízes, pela alocação de distâncias excessivas entre os emissores no interior do solo ou excesso pela proximidade entre os emissores em irrigação subsuperficial.



Segundo Lewis & Powers (1938 apud CALHEIROS et al., 2009), a dinâmica da água no solo está diretamente relacionada à produção vegetal e seu conhecimento é de interesse fundamental para qualquer tomada de decisão sobre a exploração agrícola dos solos.

As propriedades físicas e químicas, assim como a dinâmica da água no solo, são informações importantes para a definição do sistema de irrigação a ser adotado. Além da escolha do sistema, no caso da irrigação por gotejamento em subsuperfície, é necessário definir a forma e as distâncias de instalação dos equipamentos junto às culturas, como: espaçamento entre emissores e profundidade do emissor no solo, entre outros.

A partir da instalação dos equipamentos constituintes do sistema de irrigação, definidas as lâminas de irrigação a serem usadas, são indispensáveis ao manejo das irrigações, informações ambientais, principalmente as meteorológicas para definir o momento certo das irrigações.

#### 2.1.4 Propriedades ambientais no manejo das irrigações

As informações agrometeorológicas são indispensáveis para efetivar um manejo adequado da irrigação nas culturas. Segundo Brito (1994), para desenvolver adequadamente um projeto de irrigação é necessário e indispensável ter-se conhecimento de dados relacionados às variáveis de clima, de solo e características da cultura a ser irrigada.

As variáveis meteorológicas, como temperatura, velocidade do vento, umidade relativa do ar e pressão atmosférica são usadas para alimentar equações que possibilitam o cálculo de quanto e quando é necessário irrigar.

O quanto irrigar é definido com base na capacidade de armazenamento de água no solo, onde é definido através de análises da Capacidade de Campo, Ponto de Murcha Permanente e profundidade efetiva de raízes a ser considerada. Porém a partir do conhecimento de quanto irrigar, é indispensável o controle adequado de quando irrigar, pois para Kramer (1995), os resultados da deficiência de água sobre a maioria das culturas variam com o momento da irrigação, severidade do estresse hídrico e fase de desenvolvimento da cultura. Deve ser definido ainda, que déficit

hídrico ocorre, quando a quantidade de água absorvida pela planta é menor que a quantidade de água transpirada, de forma que os tecidos da planta perdem a turgidês.

Baseado na importância de manejar adequadamente as irrigações, para o êxito da atividade produtiva, pode ser utilizado o método do tanque Classe “A”, o qual fornece informações diárias de evaporação de água livre, para que a partir de cálculos usando-se coeficientes, seja definida a evapotranspiração da cultura da figueira, ou seja, o momento em que a planta usou toda a lâmina de água livremente disponível no solo para sua atividade produtiva. Em tal momento deve ser iniciada a irrigação.

O método do tanque Classe “A” é definido como método padrão, pela FAO-56 e, o mais simples para ser utilizado pelo produtor, segundo a EMBRAPA (2006).

## **2.2 Irrigação localizada**

A irrigação localizada, denominada internacionalmente micro irrigação, é a aplicação da água no solo, numa zona restrita ao sistema radicular (EMBRAPA, 2009).

O sistema de irrigação localizada caracteriza-se, basicamente, pela aplicação da água numa fração do volume do solo explorado pelas raízes da planta, de forma pontual ou em faixa contínua, geralmente com distribuição pressurizada por meio de pequenas vazões e curtos intervalos de rega, mantendo níveis de umidade ideais para a cultura (BERNARDO, 1995).

Na irrigação localizada, a uniformidade de aplicação da água ao longo da linha lateral está intimamente relacionada à variação de vazão dos emissores, variação essa devida às perdas de carga ao longo do tubo e das inserções dos emissores, dos ganhos e perdas de energia de posição, da qualidade do tubo, das obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do emissor (HOWELL & HILLER, 1974; GOMES, 1999)

Os métodos de irrigação localizada e sua eficiência, segundo Christofidis (2002), são o Gotejamento (85-95%), Microaspersão (80-90%), Tubos perfurados, porosos e outros (xique-xique, jato pulsante, cápsulas porosas (75-95%)).

### 2.2.1 Gotejamento superficial

Segundo Bernardo et al. (2005), a irrigação por gotejamento superficial é realizada a partir da instalação das estruturas de distribuição de água de irrigação (emissores), na superfície do solo, ao lado das plantas da cultura, a qual é objeto alvo das irrigações. Têm-se como equipamento tradicionalmente usado para essa forma de irrigação, as fitas gotejadoras.

No sistema de irrigação localizado por gotejamento a liberação da água é realizada através de orifícios pequenos denominados emissores, e estes emissores são construídos nos mais diferentes tipos, modelos e características. O gotejamento é considerado como o primeiro sistema de irrigação localizado a ser instalado no Brasil (BERNARDO et al., 2005).

Devido às características do sistema (orifícios do emissor d'água pequenos, baixa pressão de funcionamento, baixo volume nas irrigações, alta frequência nas irrigações, e outros), apresenta, assim como a irrigação por micro aspensão, pontos favoráveis e desfavoráveis.

#### 2.2.1.1 Vantagens

Dentre as vantagens dos sistemas localizados, Silva et al. (2003a), citam: controle rigoroso da quantidade de água a ser fornecida para a planta; baixo consumo de energia elétrica; facilidade de funcionamento 24 horas por dia; elevada eficiência potencial de aplicação de água; manutenção da umidade próxima à capacidade de campo; menor desenvolvimento de ervas daninhas entre as linhas de plantio; facilidade de distribuição de fertilizantes e outros produtos químicos junto à água de irrigação; pouca mão de obra e facilidade de automação; possibilidade de uso de águas salinas e residuárias.

Partindo da forma de distribuição da água junto a superfície do solo e ao lado das plantas e, por se caracterizar basicamente em função de sua baixa vazão Bernardo et al. (2005), atribui ao sistema qualidades como: maior eficiência no uso da água, maior produtividade das culturas irrigadas com esse sistema, melhor

qualidade dos produtos, maior eficiência das adubações, maior eficiência no controle fitossanitário, não interfere nas práticas culturais, adaptação nos diferentes solos e topografias, utilização de águas salinas ou em solos salinos e economia de mão de obra.

O sistema de irrigação por gotejamento se sobrepõe de maneira evidente a irrigação por aspersão (micro ou macro) pela capacidade do uso de água residuárias, aproveitando dessa, os nutrientes que se lançado aos rios, tornam-se problemas ambientais (SANDRI et al., 2007). Esse fato foi constatado em pesquisa de Sandri et al. (2007), em irrigação por gotejamento com água residuária na cultura da alface, onde houve um acréscimo significativo de massa seca e por consequência, na área foliar. Também ocorreram maiores valores na formação de massa fresca, nos sistemas de irrigação por gotejamento subterrâneo e superficial utilizando água residuária, quando comparada com o uso de água do depósito (potável). Constataram ainda, maior eficiência no uso de água nos sistemas de irrigação por gotejamento subterrâneo e superficial em que se utilizou água residuária.

#### 2.2.1.2 Desvantagens

Apesar de inúmeros benefícios providos pelos sistemas localizados, existem também limitações inerentes a este tipo de equipamento, destacando-se a sensibilidade a entupimentos, o que exige um sistema de filtragem altamente eficiente, e o seu alto custo de implantação.

Skaggs (2001) cita como desvantagens dos sistemas localizados a necessidade de consistente manutenção e monitoramento do equipamento e o aparecimento de vazamentos devidos a danos ocasionados por animais e pelos tratos culturais inerentes.

As causas de obstrução de emissores variam de localidade para localidade e, de forma geral, são de natureza física (partículas inorgânicas em suspensão como areia, argila, silte, plásticos, etc.; materiais orgânicos como resíduos animais e vegetais; detritos microbiológicos como algas, entre outros), química (sólidos dissolvidos que interage entre si formando precipitados) e biológica (algas e outros

microorganismos). Vários trabalhos apontam a ocorrência de entupimentos em sistemas localizados (CAPRA & SCICOLONE, 1998; SOUZA et al., 2001; CORDEIRO, 2002; VIEIRA et al., 2003a; CAPRA & SCICOLONE, 2004; RIBEIRO, 2005). Ayers & Westcot (1985) salientam entre os já mencionados problemas, outros como: o excesso de nutrientes que promovem a corrosão de equipamentos e obstrução de emissores.

Silva et al. (2003) destacam que a irrigação por gotejamento é um sistema fixo, cujo custo elevado limita seu uso, sendo utilizado em culturas nobres, com alta capacidade de retorno.

Somando aos cuidados a serem tomados com a irrigação por gotejamento, por riscos ao entupimento, deve ser considerado ainda, que o gotejamento em superfície, promove a migração de raízes à superfície, em face de sua alta frequência e baixo volume de irrigação. Esse aspecto também foi observado por Coelho et al. (2002), que ao avaliarem o aprofundamento das raízes no cultivo de citros em sequeiro e irrigados por microaspersão, constataram que a irrigação por microaspersão promove, devido sua forma radial de distribuição da água, distribuição radial das raízes das plantas.

A frequência de distribuição de água nas irrigações e a forma de distribuição das raízes das plantas em direção a água aplicada são características da microirrigação. No entanto, a irrigação com fitas gotejadoras, por estarem localizadas permanentemente em um dos lados da fileira de plantas a serem irrigadas, promove a migração das raízes nessa direção, gerando conseqüentemente maior concentração de raízes próxima à fita, proporcionando maior risco ao tombamento das plantas, pela ação dos ventos. Observações semelhantes foram feitas por Soares & Nascimento (1998), em raízes de videira, onde a concentração de massa seca de raízes nas fileiras de gotejamento foi superior ao sistema de irrigação por microaspersão.

### 2.2.2 Gotejamento subsuperficial

É o método de irrigação por gotejamento que tem o emissor, responsável pela distribuição da água de irrigação, instalado no interior do perfil do solo, enterrado

(BARROS et al., 2009).

Este método de irrigar é estudado por pesquisadores como: Ayars et al. (1999), Camp (1998), Enciso et al. (2007), Barros et al. (2009), que buscam estabelecer a melhor forma de instalar e manejar a irrigação subsuperficialmente. Observam como causas das variações da eficiência de irrigar por gotejamento em subsuperfície as formas de localização dos equipamentos (emissores) no interior do perfil do solo (profundidade), a distância entre plantas e equipamentos, e buscam soluções para o entupimento dos emissores por intrusão de raízes.

#### 2.2.2.1 Vantagens

As vantagens do sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial partem da menor necessidade de água para suprir as necessidades produtivas das plantas. Segundo Santos et al. (2001), em avaliações da eficiência de uso da água pela cultura da Pupunha, comparando sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial e micro-aspersão, observaram que, fornecendo 50% da Evaporação medidas no Tanque Classe “A” (ECA) em irrigação subsuperficial e 75% da ECA irrigação em micro aspersão, não houve diferença significativa nos resultados da produção. Isso os levou a afirmar que a aplicação da irrigação em subsuperfície, possibilita uso mais eficiente da água pelas plantas, quando comparado ao sistema de irrigação por microaspersão.

Em função da irrigação por gotejamento ser de baixa vazão, alta frequência de aplicação e, o emissor estar localizado junto ao perfil do solo (enterrado), pesquisas indicam que a irrigação localizada por gotejamento em subsuperfície, possibilita não somente reduzir volumes de água, mas também a alta eficiência de aplicação da água de irrigação (ENCISO et al. 2007). É considerada ainda, segundo Enciso et al. (2007), que a eficiência na utilização da água de irrigação é um componente importante da produção agrícola sustentável e, que sistemas de entrega eficiente da água às plantas, tais como a irrigação por gotejamento subsuperficial pode contribuir imensamente para a melhoria da eficiência de uso da água e conservação da água. Esta referência é comprovada por Barros et al. (2009), através de avaliações de gotejadores superficiais e enterrados, onde em relação aos sistemas superficiais, os sistemas enterrados

apresentaram menor área superficial molhada, maior largura e profundidade da frente de umedecimento e também disponibilizaram água a uma distância maior, partindo do ponto de emissão. Constataram ainda, que os sistemas enterrados tenderam a melhorar a uniformidade de umidade do solo com o aumento do volume de água aplicado, enquanto os sistemas superficiais apresentaram efeito inverso.

Oron et al 1991, observaram que o perfil de molhamento do sistema de irrigação subsuperficial apresentou um formato de pera subsuperficial, mostrando-se o sistema de irrigação mais adequada para o enraizamento de um pomar cultivado em solo franco-arenoso (silte 51%, 9% de argila e 40% de areia), quando comparado ao perfil de molhamento da irrigação por gotejamento superficial.

Confirmando pesquisas que atribuem vantagens ao sistema de gotejamento em subsuperfície, Ayars et al. (1999), já enumeravam, vantagens ao sistema subsuperficial, tendo um maior aproveitamento da água de irrigação e dos nutrientes aplicados em fertirrigação, o que resulta em melhor qualidade dos frutos agrícolas.

Suarez-Rey et al. (1999), dizem que, aplicar água diretamente no sistema radicular, possibilita a utilização de águas residuárias, pois reduz o risco de transmissão de doenças além de minimizar as perdas de água por evaporação. Essa observação reforça a importância de se buscar soluções aos problemas de intrusão radicular, no uso dos emissores em irrigação subsuperficial. Segundo Ayars et al. (1999), Sandri et al. (2007) e Lamm et al. (2007), há inúmeras evidências de vantagens no uso da irrigação por gotejamento em subsuperfície, os quais confirmam maior eficiência do uso da água e a grande possibilidade de uso de águas residuais nas culturas, além do uso de químicos e fertilizantes junto as irrigações.

Segundo Lamm & Trooien (2003), há novas pesquisas sendo realizadas para maximizar as alocações de água, sementes e nutrientes, levando-se em consideração a utilização de outros produtos químicos, minimizando o impacto poluente dos mesmos e a viabilidade econômica da adoção do sistema de irrigação subsuperficial, bem como a relação de longevidade dos materiais, mão de obra e produtividade.

Entre os estudos a cerca da durabilidade necessária para o uso do sistema de irrigação em subsuperfície pelos produtores (fruticultores), há a necessidade do conhecimento sobre as distâncias de localização dos emissores em relação as plantas e a profundidade a serem enterrados no solo, para que os resultados produtivos sejam alcançados. Segundo Nogueira et al. (2000), em pesquisa sobre uniformidade de distribuição da água no perfil do solo em gotejamento superficial e subsuperficial que o

espaçamento de instalação entre emissores, apresenta resultados de uniformidade diferentes. Ao comparar a irrigação por gotejamento superficial com a irrigação subsuperficial, constataram ainda, nas condições experimentais do estudo, que a localização dos emissores enterrados (irrigação subsuperficial) foi mais eficiente que a superficial, no que tange à reserva de umidade disponível no solo e às plantas.

Além das vantagens já consagradas da irrigação de gotejamento, o fornecimento de água por gotejamento em irrigação subsuperficial reduz, segundo autores como Santos et al. (2001), as perdas por evaporação, pois atinge diretamente a zona radicular. Por ocasião de não haver o molhamento e impacto de gotas nas partes aéreas das plantas (folhas, ramos e frutos) proporciona menor danos mecânicos as culturas, contribui para um maior desenvolvimento de raiz no perfil do solo, reduz a umidade na superfície do solo, o que reduz a incidência de doenças e possibilita o uso de águas residuárias (CAMP, 1998).

Segundo Monteiro (2008), em trabalho de pesquisa com a cultura do meloeiro, a profundidade de gotejo (subsuperficial) influenciou no desenvolvimento do meloeiro, pois resultou em maior massa média de fruto, maior produção por planta e produtividade quando comparado ao gotejo superficial de 45 e 63 % mais elevados para irrigação em subsuperfície (profundidade de 0,20 m) em relação à irrigação de gotejamento superficial.

Burt et al. (1995), observaram resultados positivos em estudos sobre fertirrigação em irrigação subsuperficial, onde a colocação de adubo na região das raízes e o fracionamento das doses possibilitaram aumentar a eficiência das adubações, informação complementada por Ludwick (2002), ao concluir que a fertirrigação pode ser altamente útil em fases de desenvolvimento que requerem grandes quantidades de nutrientes (floração, enchimento de grãos, mobilização de açúcares) ou quando o solo fixa grandes quantidades de fósforo e potássio.

#### 2.2.2.2 Desvantagens

Alguns aspectos podem ser limitantes a adoção do sistema de gotejamento subsuperficial. Segundo Charlesworth & Muirhead (2003), um dos aspectos mais observados é a profundidade adequada de instalação dos emissores, a qual requer



considerações a respeito da estrutura e textura do solo, bem como de padrão de desenvolvimento das culturas e de seu sistema radicular.

Segundo Lamm et al (2007), o sistema de irrigação subsuperficial instalado em solos de textura grossa apresenta, menor padrão de molhamento e a redistribuição de água é muito baixa, resultando em uma zona muito restrita de umedecimento, sendo importante levar em consideração, ao seu uso, cuidados quanto a aspectos da cultura a ser irrigada com esse sistema, como espaçamento entre plantas, e desenvolvimento radicular das culturas, entre outros. É importante, ainda, ser analisada a posição de instalação dos emissores em relação às plantas, a água a ser usada na irrigação, a concentração e tipo de nutrientes a serem usados no processo de fertirrigação e dispositivos de proteção aos emissores no sistema de irrigação subsuperficial, pois, face às características constituintes desses sistemas, há grandes possibilidades de entupimento dos emissores (LAMM et al., 2007).

Entre os agentes, causadores do entupimento dos emissores enterrados, destaca-se, segundo Clothier & Green (1994) e Coelho et al. (2002), a suscetibilidade ao processo de intrusão radicular, pois devido a forma de distribuição da água no solo, pelo gotejamento subsuperficial, constitui uma variável determinante na forma de distribuição das raízes no perfil do solo, com a tendência das raízes se concentrarem junto ao bulbo úmido gerado pelo emissor.

Considerando os possíveis problemas que podem surgir em função de diferentes fatores relacionados à escolha do equipamento, Enciso et al. (2007), atribuem considerações limitantes de manejo do sistema de irrigação subsuperficial, como a escolha do tubo, o espaçamento entre emissores e profundidade de instalação, que para eles é fator fundamental no propósito de alcançar eficiência da irrigação e benefícios na produtividade.

A intrusão de raízes merece destaque, neste trabalho, pois é um dos principais responsáveis pela obstrução de emissores em irrigação subsuperficial (enterrados) e pode promover a inviabilização completa dos equipamentos de gotejamento no interior do solo. Como a modificação da eficiência na distribuição de água pelos equipamentos, também é influenciada, no caso da irrigação subsuperficial por problemas com intrusão radicular, e, considerando as afirmações de Gornat & Nogueira (1999), observaram melhor desenvolvimento em profundidade e em densidade do sistema radicular no sistema irrigado por gotejamento subterrâneo (Irrigação subsuperficial), é indispensável à sugestão de métodos ou

técnicas que minimizem os riscos à intrusão radicular.

Em busca de soluções para esses problemas Ruskin & Ferguson (2000) e Coelho et al. (2006), relatam quatro maneiras de evitar a intrusão radicular: (1) - emissores com barreiras mecânicas; (2) - adição do herbicida trifluralina na água de irrigação; (3) - incorporação da trifluralina na constituição da estrutura da parede do emissor, e (4) - incorporação de trifluralina no filtro de discos.

Coelho et al. (2006), constataram através de estudos de gotejadores com diferentes aspectos construtivos (barreira física a intrusão radicular), no processo de irrigação subsuperficial, no cultivo de citros, que nenhum dos emissores ensaiados apresentaram mecanismos que impeçam efetivamente a penetração de raízes, em seu interior, mesmo aqueles que usualmente são recomendados para o uso de gotejamento em subsuperfície nessa cultura.

As respostas positivas das culturas perenes, no caso, a figueira (*Ficus carica* L.) ao uso da irrigação subsuperficial, dependem fundamentalmente da adequação de equipamentos. Esses devem ter necessariamente facilidade de manejo depois de instalados a campo.

O monitoramento e a visualização do funcionamento dos emissores em subsuperfície, sem haver destruição do ambiente radicular e equipamentos, como observado por pesquisadores como Santos et al. (2003), no processo de avaliar o grau de entupimento dos emissores, é ponto importante no sucesso do uso da irrigação subsuperficial.

Em inspeção aos emissores em irrigação subsuperficial de uma área experimental de capim bermuda, no final das épocas de irrigação, Choi & Rey Suarez (2004), encontraram sinais de invasão de raízes em todos os emissores, o que pode representar uma ameaça para o uso em longo prazo de irrigação por gotejamento em irrigação subsuperficial.

A ocorrência desses problemas em pomares em estágio de produção pode significar redução nas produtividades e a perda total do sistema de irrigação instalado e conseqüente o descrédito no uso da tecnologia. Tais fatos alertam que cuidados quanto à associação de tratamentos ao processo de distribuição de ferti-microirrigação superficial e em irrigação subsuperficial, envolvendo tipos de emissores, modo de distribuição dos emissores junto à cultura e, níveis e tipo de proteção dos emissores no solo (proteção dos emissores ao entupimento), são de fundamental importância.

Em estudos para reduzir o uso de água no processo de irrigação por gotejamento, e melhor localização da aplicação desta, Faria et al. (2004) avaliaram o desempenho de gotejadores enterrados, usando “fitas” de gotejamento (irrigação subsuperficial). Observaram variação de vazão em função da intrusão radicular na cultura do café, quando sem nenhum tipo de proteção, havendo grandes problemas com intrusão radicular na metodologia proposta. Também constataram, ao avaliarem o desempenho de gotejadores enterrados, que houve grande variação de vazão devido a intrusão radicular da cultura do café.

O pleno manejo e manipulação facilitada dos emissores, pela forma de introdução dos emissores no interior do solo, pela associação dos emissores as proteções para reduzir riscos de entupimento e forma de distribuição juntos as plantas a serem irrigadas em irrigação subsuperficial, possibilita maior vida útil das instalações. Esses critérios podem proporcionar a diluição dos valores investidos na aquisição dos equipamentos de irrigação, o que pode tornar viável e muito útil a adoção da irrigação subsuperficial, não somente pela durabilidade do sistema, mas também por trazer respostas produtivas significativas das culturas irrigadas.

A validação desse método, com resposta positiva da cultura, possibilitará a obtenção de benefícios aos fruticultores, com a redução da substituição de materiais danificados bem como mitigação do impacto ambiental pelo melhor aproveitamento dos volumes de água no processo de irrigação, possibilidades de uso de águas recicladas e redução no descarte de material plástico à natureza.

### **2.3 Cultura da figueira**

A figueira (*Ficus carica* L.) pela sua classificação taxonômica pertence à família Moraceae. Seu pseudofruto é denominado de Sicônio e, segundo Medeiros (2002), é uma planta originária da Ásia Menor, sendo que os primeiros cultivos e selecionadores das plantas de figueira foram os árabes e judeus, em região semi-árida ao sudoeste da Ásia. Na atualidade a cultura da figueira é mais uma alternativa de renda, entre as frutíferas, para pequenas propriedades. Segundo Coelho et al. (2006), o Brasil é o segundo maior exportador de figos do mundo, e os estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Minas Gerais são destaques. Há referência ainda,

que as indústrias de figo verde, operam com alto índice de ociosidade.

Dentre os fatores que interferem no processo de disponibilidade e no aumento da produtividade nestes estados, referencia-se aos déficits hídricos e consequente ausência de irrigação. Hernandez et al. (1999), relatam que mesmo com investimentos em irrigação considerados extremamente altos para os padrões atuais, a cultura se mostrava rentável.

Em trabalhos de FRONZA et al. (2007), realizados no pomar de figueiras, área onde o presente experimento foi realizado, no Colégio Politécnico da UFSM – RS, usando a irrigação por gotejamento com “fitas gotejadoras”, associadas a diferentes níveis de nitrogênio e potássio, apresentaram aumento de rendimento de frutos superior aos tratamentos sem irrigação e de irrigação sem adubação. Tais evidências de sucesso no cultivo de figueiras irrigadas com gotejamento vêm estimulando o cultivo da figueira com o uso da tecnologia da irrigação, porém se faz necessário ajuste no emprego de mão de obra no processo de implantação da cultura e manejo do pomar de figueira a campo.

Neste aspecto, observam-se, algumas técnicas, que podem facilitar a implantação e manejo de pomares da figueira. Uma dessas técnicas, segundo Antunes et al. (1996) e Gonçalves et al. (2002), consiste na implantação das estacas de figueira diretamente em covas na área definitiva do pomar, prática que deveria, reduzir custos no processo de implantação do pomar. Porém, eles alertam ao risco do plantio das estacas de figueira diretamente a campo sem a concomitante instalação do sistema de irrigação, pois este procedimento vem acarretando posteriormente ao plantio, a elevação dos custos. Isto se deve, devido ao baixo índice de enraizamento das estacas por estresse hídrico, por não haver coincidência da implantação das estacas com o período chuvoso, o que resulta em pomar desuniforme e, muitas vezes, necessidade de replantio.

No Rio Grande do Sul (RS), um dos locais de maior expansão dos pomares de figueira é o Baixo Vale do Uruguai e o Litoral Sul. E, onde há grandes riscos de haver morte de plantas de figueiras recém enraizadas ou no início da produção em pomares sem irrigação, pois segundo Wrege (2004), são consideradas as regiões de menor índice pluviométrico no RS, apresentando também a menor pluviosidade no período do verão (janeiro).

Como solução desse problema, Pio et al. (2006), sugerem o pré-plantio e enraizamento em estufas, porém é prática que eleva o consumo de mão de obra e

equipamentos, elevando os custos finais para implantação de um pomar de figueira.

A irrigação subsuperficial como alternativa de irrigar as plantas de figueira, a partir da implantação das estacas diretamente no campo ou por mudas já enraizadas em viveiro, é uma técnica que pode melhorar a distribuição e desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Segundo Sarita et al. (2007), o sistema de estaquia como forma de propagação de mudas de frutíferas, produz plantas com sistema radicular mais desenvolvido horizontalmente e superficial do que, verticalmente no perfil do solo. Tal característica de desenvolvimento de raízes é confirmada em pesquisa de Venega & Corrêa (1999), que constataram uma rápida e abundante emissão de raízes das plantas na camada superficial do solo, onde 50% das raízes se distribuíam nos primeiros 0,15 m de profundidade de solo, devido à propagação das plantas por estaquia.

A superficialidade da distribuição das raízes das plantas propagadas por estaquia também é influenciada pelas formas de suprimento de água às raízes e do tipo de sistema de irrigação (Morano & Kliwer, 1994), especificamente pela frequência de irrigação, disponibilidade de água, distribuição espacial de água e nutrientes (ARAÚJO et al., 1995; CLOTHIER & GREEN, 1997; VAN ZYL, 1988).

É necessário, como forma de melhor exploração dos nutrientes do solo, promover o aprofundamento das raízes no perfil do solo, principalmente em pomares com mudas originárias de estaquia. Tal fato sugere a necessidade do uso do sistema irrigação subsuperficial, com a associação da localização dos emissores ao redor do caule das plantas, em busca soluções de curto e médio prazo para melhorar a distribuição do sistema radicular de plantas, provenientes de estacas (NOGUEIRA, 2000; LAMM et al. 2007; BARROS et al. 2009).

Um importante aspecto multifuncional dos sistemas de irrigação localizada é a possibilidade de seu uso para ferti-microirrigação, particularmente em espécies perenes. Conforme Silva (2003), apesar dos custos do sistema, seus resultados na avaliação do uso da irrigação subsuperficial, na cultura do café, foram compensadores economicamente, a partir de melhores respostas produtivas das plantas de café. Seus resultados devem ser associados à adequada proteção aos emissores enterrados, visando ampliação de sua vida útil e melhoria de manejo (mobilidade do emissor), o que permitiria um melhor índice de utilização do equipamento.

A partir dos diferentes aspectos abordados a cerca do sistema de

gotejamento em irrigação subsuperficial e sua importância como forma de melhorar a eficiência de uso da água, de uso de diferentes fontes de água no processo de irrigação, de melhorar a distribuição das raízes das plantas no perfil do solo e, considerando que os problemas com entupimento dos emissores enterrados, pela introdução de raízes, sejam solucionados, podem ser uma opção a ser mais usada em pomares comerciais, a partir do presente trabalho, na cultura da figueira.

No entanto, pressupõe-se a necessidade de modificações importantes no processo de distribuição e proteção dos emissores no processo de irrigação subsuperficial.

Considera-se que a melhoria da distribuição de água junto às plantas ocorre, a partir da localização dos emissores ao redor das plantas (de forma pontual) e que estes, se forem usados em subsuperfície, possibilitam incremento produtivo à cultura da figueira, conferindo ainda, melhor desenvolvimento de raízes na área de projeção da copa da planta e em maiores profundidade no solo.

Considera-se ainda, que o uso de proteções, aos emissores enterrados, provenientes de materiais descartados, a partir da atividade humana, como a garrafa PET e a casca de arroz, podem ser uma solução eficiente e de baixo custo de aquisição para os problemas de intrusão radicular.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

A organização e condução do presente trabalho são demonstradas da seguinte forma: localização e descrição do trabalho, caracterização dos parâmetros físicos, químicos e hídricos do solo da área de instalação do experimento, descrição do sistema de irrigação, definição dos parâmetros de manejo de irrigação e da cultura da figueira, definição dos tratamentos testados, variáveis respostas e análises e a descrição do método utilizado nas avaliações do índice de intrusão radicular (IIR) nos tratamentos em irrigação subsuperficial.

#### 3.1 Local e descrição do experimento

O presente trabalho foi conduzido em uma área 200 m<sup>2</sup> do Setor de Fruticultura do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria – RS. Localizado geograficamente na latitude de 29º 43` Sul e de longitude 53º 43` Oeste de Greenwich, com altitude em torno de 96 m (Figura 1).



**FIGURA 1** – Vista superior da área experimental do Colégio Politécnico de Universidade Federal de Santa Maria – UFSM e demonstração da área do experimento. Santa Maria, 2008-2009. Fonte: adaptado de [HTTP://earth.google.com](http://earth.google.com) (Coordenadas: latitude - 29º 43` e longitude: -53º 43`).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, (subtropical úmido sem estação seca definida e com verões quentes), com precipitação anual normal de 1700 mm e temperatura média anual de 18°C, sendo a média das máximas do mês mais quente, 32°C e das temperaturas mínimas do mês mais frio de 9°C (BURIOL et al.,1979).

### 3.2 Caracterização física do solo

O solo da área foi classificado como ARGISOLO VERMELHO distrófico arênico (EMBRAPA, 2006), o qual apresenta textura franca e pertence à unidade de mapeamento Santa Maria (BRASIL, 1973).

Para este trabalho, foi realizada a determinação das características físicas do solo, cujos valores são apresentados na Tabela 1.

**TABELA 1 – Características físicas do Solo ARGISOLO VERMELHO distrófico arênico, textura franca da área experimental de figueiras, determinado nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm do solo na UFSM. Santa Maria, 2008-2009.**

Profundidade cm	Parâmetros			
	Ds g.cm <sup>-3</sup>	Pt %	Ma %	Mi %
00-20	1,35	46,5	11,25	35,29
20-40	1,37	41,1	7,45	33,67

(Ds) Densidade do solo, (Pt) Porosidade total, (Ma) Macroporosidade, (Mi) Microporosidade

### 3.3 Caracterização da fertilidade do solo

A fertilidade da área experimental foi determinada através da análise do solo, sendo a coleta de amostras, ao lado de cada uma das plantas, realizada por ocasião da instalação do experimento, pois se teve como objetivo a conferência de resíduos de nutrientes remanescentes de experimentos com adubações de anos anteriores (Apêndice B).



As informações sobre fertilidade serviram para ajustar a dosagem dos nutrientes usados no processo de fertirrigação.

### **3.4 Funções hidrodinâmicas do solo**

As funções hidrodinâmicas (dinâmica da água no solo) determinadas foram a taxa de infiltração de água no solo (TIAS), perfil de molhamento das irrigações no solo (PMIS) e a curva característica de água no solo (CCAS). A metodologia utilizada para a determinação de cada um desses parâmetros é a descrita a seguir.

#### **3.4.1 Taxa de infiltração de água no solo**

A taxa de infiltração de água no solo, da área do experimento, apresentada (Apêndice B), foi determinada pelo método dos duplos cilindros concêntricos, segundo metodologia descrita por EMBRAPA (1997). Os cilindros possuem medidas de 40 cm e 20 cm de diâmetro e 10 cm e 15 cm de altura, respectivamente. O cilindro maior foi introduzido até 5 cm de profundidade no solo e o menor até 10 cm.

O medidor do volume de água infiltrada utilizado é semelhante ao descrito por Siqueira & Denardin (1985), sendo composto por canos de PVC de 100 mm de diâmetro, registro de esfera de ½ polegada numa extremidade para a saída da água e outro registro de esfera de 01 polegada para reabastecimento de água na outra extremidade. Estes medidores ficavam suspensos por meio de um tripé de ferro, alocados sobre o cilindro menor a fim de manter uma lâmina de água constante de 3 cm de altura.

No cilindro maior, a lâmina de água foi mantida manualmente com 5 cm de altura com auxílio de galões de 20 litros. As leituras foram tomadas a 1, 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 150 e 180 minutos após o início do teste, sendo realizadas três repetições para cada linha de cultivo das figueiras. Ajustou-se o modelo de Kostiakov para a lâmina infiltrada e para a taxa de infiltração inicial conforme as equações abaixo:

$$I = a * t^b \quad (01)$$

em que:

I = lâmina infiltrada;

t = tempo, e

“a” e “b” são parâmetros do modelo.

A partir da equação acima, tem-se:

$$i = c * t^{-b} \quad (02)$$

em que:

i = taxa de infiltração;

$c = a * b$

### 3.4.2 Perfil de molhamento do solo

O perfil de molhamento foi determinado, através da abertura de trincheiras ao lado da posição de localização dos emissores, em diferentes tempos. Os tempos de monitoramento da frente de umedecimento foram aos 60, 120, 240 e 480 minutos a partir do fim da aplicação do volume de água definido, ou seja, 8 litros de água por planta (8 mm) (BERNARDO, 1989). A área de irrigação de cada emissor foi de 1 m<sup>2</sup>, sendo usado 4 emissores por planta com vazão de 2 l/h, para irrigar a área de 4 m<sup>2</sup>, considerada, neste trabalho, como área de domínio da planta de figueira. O tempo de funcionamento das irrigações, para avaliar o perfil de molhamento no solo, foi de 4 horas, ou seja, o mesmo tempo de irrigar ao longo do desenvolvimento das figueiras na área experimental.

### 3.4.3 Curva característica de água no solo

As curvas características de água no solo apresentadas no Apêndice A, foram determinadas associando pares de tensão e umidade obtidos na coluna de areia, da

saturação a capacidade de campo (1, 6 e 10 kPa) (REINERT & REICHERT, 2006). Umidades para tensões maiores foram determinadas na câmara de Richards (33 e 100 kPa) e em potenciômetro de ponto de orvalho (*dewpoint potentiometer*) – WP4 (500 e 1.500 kPa). Na coluna de areia e na câmara de Richards foram usadas amostras com estrutura preservada. No WP4 foram usadas amostras com estrutura deformada. As curvas de retenção de água no solo foram ajustadas aos pares de tensão e umidade com *software Soil Water Retention Curve - SWRC* (DOURADO NETO, 2000), usando o modelo de van Genuchten (VAN GENUCHTEN, 1980), conforme a equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{(\theta_s - \theta_r)}{[1 + (\alpha \Psi_m)^n]^m} \quad (03)$$

em que:

$\theta$  = umidade volumétrica ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ );

$\theta_r$  = umidade volumétrica na tensão de 1.500 kPa ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ );

$\theta_s$  = umidade volumétrica do solo saturado ( $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ );

$\Psi_m$  = potencial mátrico da água no solo (kPa);

$\alpha$ ,  $m$ ,  $n$  = coeficientes de ajuste da equação.

Os parâmetros da equação, expostos no apêndice A, foram utilizados para obter a umidade do solo na capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ = 10 kPa), o ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$  = 1500 kPa), os quais foram usados no presente trabalho para cálculos das lâminas de irrigação.

### 3.5 Irrigações e sistemas de irrigação

A água de irrigação foi captada de poço artesiano, armazenada em caixa d'água com 15 m de altura. Esta serve de fonte d'água para todas as atividades do Colégio Politécnico da UFSM incluindo o presente experimento.

O sistema de irrigação da área experimental foi instalado a partir da tubulação geral do Colégio Politécnico da UFSM, que passa a 2,5 m do início das fileiras das

plantas do experimento. Na tomada d'água foi instalado um registro para regulagem de vazão ao sistema de irrigação instalado na área experimental.

### 3.5.1 Sistema de injeção da fertirrigação

O local de controle das fertirrigações, como esquematizado no Apêndice D, foi composto por uma derivação da linha principal de irrigação e retorno a linha principal, em um espaço médio de 0,7 m. Esta derivação foi constituída por canos de menor diâmetro que a principal. Nesta derivação é o local de instalação do tubo Venturi, micro tubo e mini filtro.

Entre o início e o retorno da derivação à tubulação principal da água de irrigação, foram localizados os registros divisores do fluxo de água (determina maior ou menor velocidade da água no tubo Venturi), ou seja, entre o duto principal e a derivação de água que passa pelo tubo Venturi.

O tubo Venturi, equipamento usado para adição dos nutrientes na tubulação de condução da água de irrigação, possui, em sua forma construtiva, um estreitamento de tubo, onde o fluxo da água é acelerado gerando, conseqüentemente, um aumento da pressão negativa nas paredes internas do tubo. Junto a esse estreitamento encontra-se uma derivação para a instalação do micro tubo, que faz a ligação entre o tubo Venturi e o balde de solução nutritiva concentrada.

A variação na velocidade do fluxo de água junto ao tubo Venturi (aceleração) foi determinada pelo aumento ou redução da vazão junto ao mesmo, controlada por registros localizados na entrada para o tubo Venturi (derivação) e ao retorno para a tubulação da linha principal, com água enriquecida pela solução nutritiva proveniente do balde através de um micro tubo.

O mini filtro, instalado no início do micro tubo, foi usado para evitar o entupimento do Venturi devido à entrada de eventuais resíduos de nutrientes que não tenham sido completamente homogêneos e diluídos por ocasião da mistura.

O micro tubo é responsável pelo fluxo de solução na extensão entre o tubo Venturi e o balde onde os nutrientes eram preparados e disponibilizados para a aplicação das fertirrigações.

O início da aplicação dos fertilizantes foi posterior a um breve período de irrigação, com a finalidade de estabilizar o fluxo de água em toda a tubulação do sistema de irrigação. Por ocasião da finalização da solução nutritiva do interior do balde, era feito novamente uma irrigação com água pura para lavagem das tubulações.

O procedimento inicial de liberação de água pura no sistema de irrigação, antes da injeção de nutrientes, visa uniformizar o fluxo de água na tubulação de irrigação para então iniciar a adição dos nutrientes, e o procedimento de irrigar com água pura ao final da fertirrigação, tem como objetivo, eliminar a água com solução nutritiva do interior do sistema, para minimizar os riscos de entupimento dos emissores e micro tubos.

### 3.5.2 Sistema de distribuição dos gotejadores

Na distribuição de água, para as fileiras de plantas de figueiras da área experimental, foi utilizada, como tubulação principal e secundária (lateral), uma mangueira plástica de uma polegada.

Para a instalação dos emissores unitários GA-2 (gotejador de vazão regulável com faixa de pressão de trabalho variável entre 6 a 50 metros de coluna de água (m.c.a) e vazão de zero a  $25 \text{ L h}^{-1}$ ) em irrigação superficial e subsuperficial, radial ao caule das plantas de figueira, foi usado como adaptador a mangueira lateral, um gotejador tipo botão PCJ (gotejador tipo botão, auto compensado on-line compacto, com vazão de  $8 \text{ L h}^{-1}$ ) e um adaptador do tipo tubos de múltiplas saídas (quatro saídas) (Figura 2a).

O gotejador tipo botão PCJ foi cravado junto à tubulação lateral e, a ele foi instalado o adaptador para a instalação dos micros tubos de 4,0 mm em 1,5 m de comprimento (em numero de quatro) (Figura 2a).

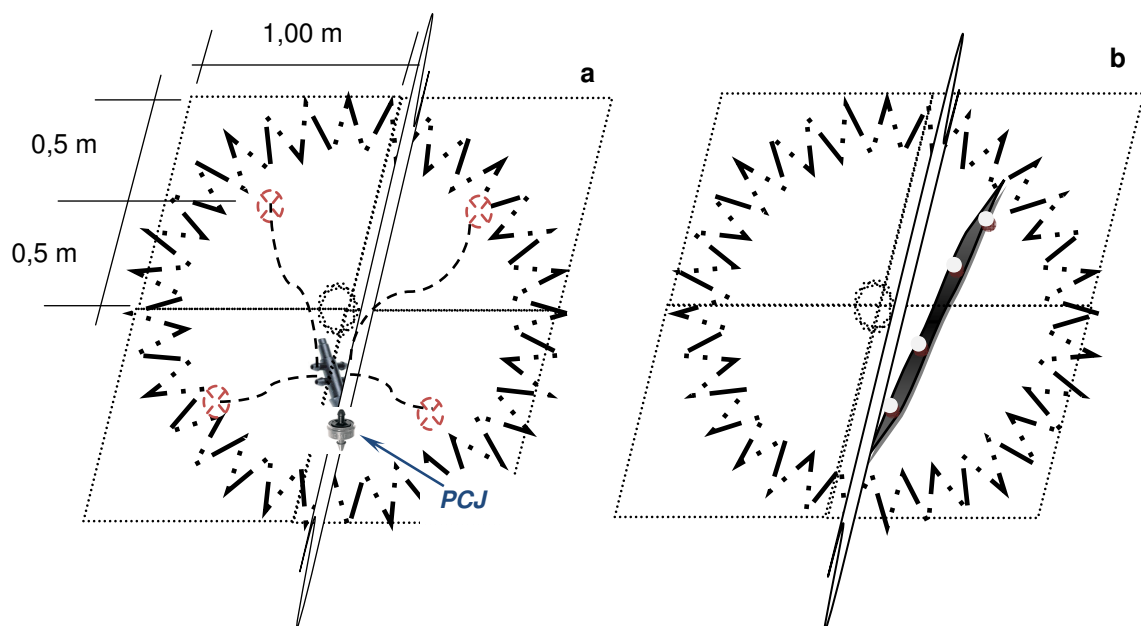
Os microtubos têm como função, derivar água das mangueiras laterais até as posições de instalação dos emissores, de forma radial ao caule das plantas, em irrigação superficial, ou até o fundo das covas (0,15 m) na irrigação por gotejamento em subsuperfície conforme desenho esquemático na Figura 2a e no Apêndice C.

A vazão do adaptador tipo PCJ foi distribuída para quatro emissores

reguláveis, o GA-2.

As fitas gotejadoras, com espaçamento entre emissores de 0,25 m, foram instaladas, com o auxílio de adaptadores, junto às tubulações laterais (Figura 2b), em cada planta de figueira.

Todos emissores GA-2 tiveram prévio ajuste de vazão em relação a pressão de serviço, para os tratamentos receberem o mesmo volume de água, conforme a lâmina requerida pela cultura estabelecida em trabalhos anteriores por Fronza et al. (2007).



**FIGURA 2 – Desenho esquemático da posição do caule, projeção da copa, área de domínio das plantas de figueiras ( $4 \text{ m}^2$ ) na área experimental, com detalhes da distribuição e instalação dos componentes de adaptação (PCJ e adaptador de 04 saídas) dos emissores de água de irrigação distribuídos pontualmente na projeção da copa das plantas: com delimitação da área de abrangência por emissor ( $1 \text{ m}^2$ ) na distribuição da água de irrigação do emissor regulável GA-2 (a) e a forma de instalação das fitas gotejadoras (com 4 emissores), espaçados de 0,25m entre si (b). Santa Maria, 2008-2009.**

### 3.5.3 Cálculo das lâminas de irrigação

É necessário, para os cálculos das lâminas de irrigação a serem repostas ao longo do ciclo produtivo das culturas, conhecer as relações entre o solo e a água, ou seja, a capacidade desse solo de armazenar água (CAD). Posteriormente é necessário conhecer capacidade da planta cultivada a consumir a água disponível

no solo ao longo do tempo (transpirada), e, também aspectos referentes à eficiência de aplicação e manejo da água de irrigação.

### 3.5.3.1 Capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD)

Identifica-se como capacidade de água disponível (CAD), o volume total de água, possível de ser armazenado no reservatório solo explorado pelas raízes. A CAD é determinada por:

$$CAD = (\theta_{CC} - \theta_{PMP}) * p \quad (04)$$

em que CAD é igual à diferença entre a umidade do solo na capacidade de campo ( $\theta_{CC}$ ) e a umidade no ponto de murcha permanente ( $\theta_{PMP}$ ) em  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , multiplicada pela profundidade efetiva do sistema radicular ( $p$ ) em milímetros.

Assim, a partir da capacidade de campo (CC) de umidade volumétrica de  $0,317 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ , ponto de murchamento permanente (PMP) de umidade volumétrica de  $0,210 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$  determinadas em laboratório, e a profundidade efetiva do sistema radicular é de 150 milímetros (15 cm), tem-se um CAD de 16,00 mm.

### 3.5.3.2 Água disponível no solo (AD)

A água disponível no solo (AD) é definida como a quantidade de água possível de ser utilizada pelas plantas sem danos a produtividade e que deve ser reposta pela irrigação.

Foi utilizado o coeficiente de deflexão  $f = 0,5$ , ou seja, considerou-se que as plantas de figueira aproveitam somente 50% da capacidade de água disponível (AD), estabelecendo a irrigação máxima. Pois para Bernardo (1989), o fator de deflexão para frutíferas varia de 0,3 a 0,7 e para Hernandez et al. (1996), repor água antes de 50% do CAD, pode-se estar comprometendo o processo de aeração das raízes.

$$AD = CAD \times 0,5 = 8 \text{ mm} \quad (05)$$

Estabelecendo assim a lâmina de água necessária a ser efetivamente fornecida em cada irrigação, sempre que a evapotranspiração da cultura (ETc) acumulada alcance o valor da água disponível, ou seja 8 mm, para que a cultura não sofra nível de stress hídrico prejudicial a sua capacidade produtiva

### 3.5.3.3 Cálculo da lâmina bruta a ser irrigada

No cálculo da lâmina bruta, são consideradas, as perdas de água no sistema de irrigação instalado (evaporação, vazamentos, entre outros).

Com a água disponível (AD) calculada, ou seja, a lâmina líquida a ser consumida, calcula-se a lâmina bruta (Lb) a ser repostada para cultura, que depende da eficiência de aplicação do sistema de irrigação a ser usado ( $E_a = \%$ ). Foi considerado para condução do experimento a  $E_a = 95\%$  ao sistema de gotejamento (CHRISTOFIDIS, 2002). Logo:

$$Lb = \frac{AD}{E_a} \times 100 = 8,5 \text{ mm} \quad (06)$$

### 3.5.4 O manejo das irrigações

O sistema teve o monitoramento da pressão realizado através da instalação de cinco manômetros. Os manômetros foram instalados ao centro de cada linha lateral, sendo que o primeiro a ser instalado foi no final da linha principal, a 0,5 m após o cabeçal de controle, conforme detalhamento esquemático no Apêndice C.

No manejo das irrigações, foram adotados os parâmetros de água disponível no solo (AD) e a evapotranspiração da cultura da figueira (ETc) da área experimental.

Teve-se como informação do início do consumo água disponível no solo (AD),



ou seja, a evapotranspiração pela cultura ( $ET_c$ ) da água, o momento em que a água no solo atingia a tensão de capacidade de campo ( $\Psi_{CC} = 10 \text{ kPa}$ ).

A informação do volume de água presente na CC in loco (início da água disponível ao uso da cultura no processo de produção) foi obtida através da associação entre a leitura da tensão de água no solo em tensiômetros e a curva característica de água no solo da área experimental. Assim, a partir do momento que tensão de água no solo atingiu a capacidade de campo, a lâmina de evapotranspiração da cultura da figueira teve seu monitoramento iniciado através de sua estimativa com o auxílio de informações obtidas através de evaporímetros (tanque Classe A) instalados junto à área experimental e fora da área experimental, na estação meteorológica da UFSM, localizada a 250 m do presente trabalho de pesquisa.

#### 3.5.4.1 Tensiometria

A tensão de água no solo foi monitorada através de tensiômetros instalados no perfil do solo da área experimental do pomar de figueira, com o objetivo de verificar o momento em que a água no solo chegava à tensão de capacidade de campo ( $\Psi_{CC} = 10 \text{ kPa}$ ) (REINERT; REICHERT, 2006; ANDRADE, 2006).

A informação de tensão de água no solo serviram para, que após uma precipitação pluviométrica acima das necessidades hídricas da cultura, indicar a tensão de água no solo (CC), momento do início da soma da evapotranspiração ( $ET_c$ ) da cultura da figueira a ser reposta por irrigação. Segundo KLEIN (2001), a tensão da água no solo é usada para um adequado manejo de irrigação, determinando-se com isto, o momento do início e fim do turno de rega.

Através da leitura da tensão da água no solo realizada diariamente (9 h) nos tensiômetros e, de associar essa tensão à curva característica de água no solo, se obteve as informação de umidade volumétrica no momento da leitura (Apêndice A). Para isso foram instalados dois tensiômetros por fileira de plantas da área experimental (Bloco), nas profundidades de 10 cm e 30 cm.

### 3.5.4.2 Evapotranspiração potencial ou de referência (ET<sub>o</sub>)

A evapotranspiração potencial ou referência (ET<sub>o</sub>) foi determinada de forma indireta neste experimento, partindo-se de medições de evaporação de lâmina de água diária (EC<sub>A</sub>), obtida através de um evaporímetro denominado de tanque “Classe A”, onde a superfície da água fica livremente exposta. Esta medida foi feita diariamente pela manhã, no horário padrão das 9 horas (BERNARDO et al., 2005).

Esse evaporímetro consiste de um tanque circular de aço inoxidável com diâmetro entre 120 a 125 cm de diâmetro, onde a evaporação da água é medida por diferença de nível de água, com o auxílio de um micrômetro de gancho assentado sobre um poço tranquilizador, situado no centro do tanque.

A evapotranspiração potencial ou de referência foi calculada pela equação:

$$ET_o = EC_A * Kt \quad (07)$$

em que, EC<sub>A</sub> é a lâmina evaporada diariamente as 9:00 h no tanque Classe A, em mm.dia<sup>-1</sup> e Kt é o coeficiente de tanque. Adotou-se o valor fixo de 0,75 para o coeficiente Kt (HERNANDEZ et al., 1994; HERNANDEZ et al., 1996). Após a obtenção da ET<sub>o</sub>, procedeu-se o cálculo da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>).

### 3.5.4.3 Evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>)

A ET<sub>c</sub> foi determinada através da multiplicação da evapotranspiração de referência e do coeficiente de cultura (K<sub>c</sub>):

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (08)$$

em que, ET<sub>o</sub> representa a demanda potencial de água de uma região qualquer, sendo variável de local para local, e K<sub>c</sub> é um componente representativo da cultura, variando de acordo com a cultura e de acordo com o estágio de desenvolvimento desta (ALLEN et al., 1998). Para figueiras em produção, pode ser adotado o

coeficiente de cultura igual a 1,0.

A evapotranspiração da cultura é a aproximação calculada, de quanto de água a cultura realmente perde na forma de vapor por evaporação mais transpiração, ou seja, quanto à área de cultivo das figueiras transfere de água do solo para a atmosfera.

Nesse sentido, a forma mais simples para cálculo da Evapotranspiração da cultura da figueira, é o uso de um fator K. Tal fator é um coeficiente resultante de testes com coeficientes de tanque (Kt) e coeficientes de cultura (Kc) para determinar a evapotranspiração da cultura da figueira com melhor relação entre produtividade e custo de manejo de irrigação. Foi concluído que, tanto em análise simples da produção de figo, quanto em uma análise econômica envolvendo função de resposta, a adoção do fator K com os valores combinados de Kt = 0,75 e Kc = 1,0 (K = Kt . Kc), com resultado de 0,75 se mostrou o mais adequado (HERNANDEZ et al. 1994; HERNANDEZ et al. 1996).

Em face dos resultados obtidos por Hernandez et al. (1994) e Hernandez et al. (1996), na condução do presente trabalho, na área experimental de plantas de figueiras do Colégio Politécnico da UFSM, ano agrícola de Agosto de 2008 a maio de 2009, usou-se o coeficiente de cultura (Kc) fixo igual a 1,0 e, portanto, um fator K = 0,75.

#### 3.5.4.4 Turno de rega (Tr)

O intervalo entre as irrigações (turno de rega (Tr)), foi determinado por:

$$Tr = \frac{AD}{ETc} = \text{dias} \quad (09)$$

em que, AD (mm) é a fração de água prontamente disponível no solo, a ser extraída no processo produtivo das culturas. E, ETc (mm dia<sup>-1</sup>) é a evapotranspiração diária da cultura.

Conforme Eloi (2007), o início da soma da evapotranspiração da cultura da

figueira (ETc), após chuvas acima das necessidades hídricas da cultura, podem ser contabilizados a partir de quando as tensões de água no solo atingiram a Capacidade de Campo. O exemplo de cálculo para contabilização da quantidade de água no solo, usado na área experimental (plantas de figueira), para controle das irrigações do presente trabalho foi semelhante ao usado por Eloi (2007), é ilustrado na Tabela 2.

A partir das informações dos tensiômetros, indicando a tensão de água no solo da capacidade de campo ( $\Psi_{CC} = 10$  kPa), das informações de lâmina de água livre evaporada diariamente no tanque Classe A ( $EV_A = \text{mm}$ ), da fixação dos coeficientes do tanque Classe A em  $K_t = 0,75$  e do coeficiente de cultura em  $K_c = 1,0$  e das informações das precipitações pluviométricas (mm) do período, obteve-se subsídios para o cálculo diário para determinar o momento e a quantidade de água a ser irrigada na área experimental.

No exemplo da Tabela 2, observa-se o momento em que a água disponível do solo ( $AD = -0,98$ ) foi toda usada pela evapotranspiração da cultura (ETc), sendo necessário acionar o uso da irrigação ( $I = 9\text{mm}$ ). Observa-se ainda, que houve um espaço de 3 dias entre os tensiômetros marcarem a capacidade de campo e o início do déficit hídrico mostrado na  $AD = -0,98$ , definindo o turno de rega ( $Tr$ ).

**TABELA 2 – Exemplo de contabilização da água retirada do solo, para determinar o momento e a quantidade de água a ser irrigada na área experimental cultivada com figueiras na UFSM. Santa Maria, 2008/2009.**

Dia	Valores informados			Valores calculados		
	P (mm)	I (mm)	$E_{CA}$ (mm)	K	ETc (mm)	AD (mm)
1	35					
2	Drenagem do excesso de água					
3	Média de 24h		CC (Tensão=10kPa)			8,00
4			3,2	0,75	2,40	5,60
5			3,5	0,75	2,62	2,98
6			4,0	0,75	3,00	-0,02
		8,0				7,98

P = precipitação pluvial; I = irrigação;  $E_{CA}$  = evapotranspiração de referência; K = fator K da cultura; ETc = evapotranspiração da cultura ( $ETc = E_{CA} K$ ); AD = água disponível no solo

Após o conhecimento do  $Tr$  calculou-se o tempo de irrigação.

### 3.5.4.5 Tempo de irrigação (Ti)

O tempo de irrigação (Ti) define o tempo de operação do sistema para aplicar a lâmina bruta, pois se considera a necessidade de aplicar a AD evaporada, mais as perdas do sistema:

$$Ti = \frac{Lb \times Ap \times C}{n \times q} = 4 \text{ h} \quad (10)$$

em que: Ti é o tempo de irrigação por rega (h) = 4 h; Ap é a área de domínio da planta (4 m<sup>2</sup>); C é a cobertura do solo, no caso considerada igual a 1,0 (entre a poda e o estágio correspondente à 1ª fase de crescimento do fruto, C deve variar entre 0,40 e 0,75, e quando em produção e colheita deve ser igualar a 0,95); n é o número de emissores por planta; q é a vazão do emissor (L h<sup>-1</sup>)

### 3.5.5 Regulagem dos gotejadores e monitoramento do sistema

No experimento foi utilizado o gotejador com vazões reguláveis de 0 a 25 L h<sup>-1</sup> e com pressões de serviço entre 0,6 a 50,0 metros de coluna de água (m.c.a).

Os gotejadores de vazão regulável são indicados segundo seu fabricante, para instalações onde há necessidade de vazões diferenciadas na mesma tubulação, como em pomares com plantas de diferentes portes, espécies e variedades.

Os gotejadores tiveram a regulagem dos emissores aferidos, em período anterior a instalação a campo, através de avaliações em uma bancada de testes em laboratório, com moto bomba, registro e manômetro de regulagem de vazões conforme pode ser visualizado na Figura 3. As vazões foram coletadas e medidas em provetas graduadas em mililitros e posteriormente submetidas ao cálculo de transformação para litros por hora.

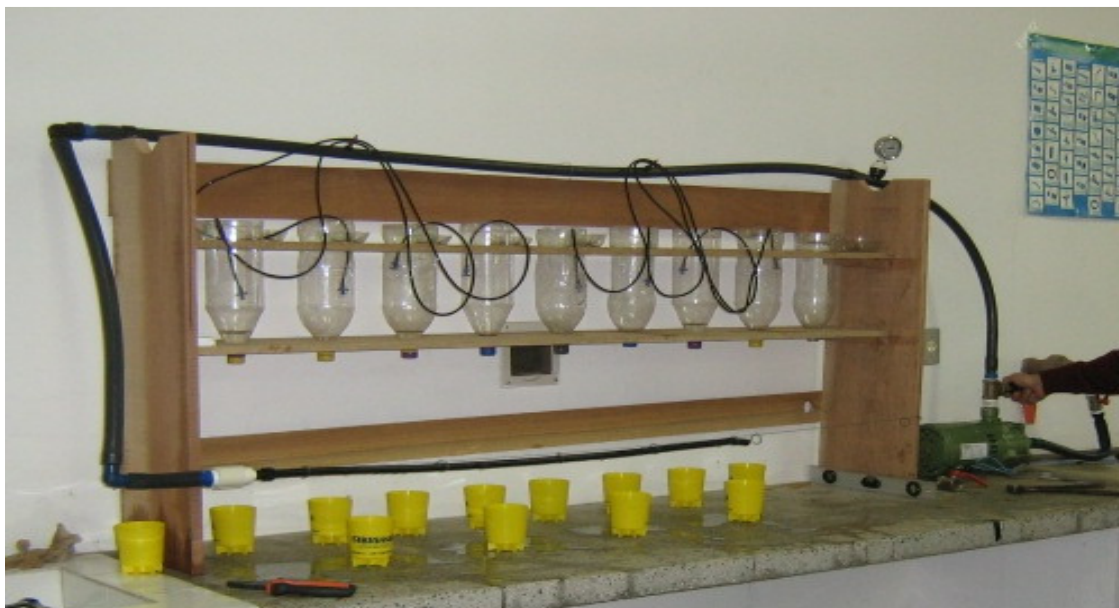
Após a instalação no experimento, foi realizado o monitoramento regular de vazão dos gotejadores, por ocasião das irrigações, para observar a presença de

problemas de entupimento, tais como o observado por intrusão radicular. O valor da redução da vazão por intrusão de raízes definiu o índice de intrusão radicular (IIR).

O índice de Intrusão radicular foi gerado a partir da relação entre vazão de calibração ( $q = 2 \text{ L h}^{-1}$ ) e a vazão residual determinada através do volume de água coletado no tempo de um minuto, nos emissores GA-2 e, medidas em provetas graduadas em ml para posteriores cálculos e tabelamento (Tabela 3).

Com o objetivo de monitorar a pressão da água nas tubulações no sistema de irrigação da área experimental foram instalados manômetros no centro de cada derivação (linha de irrigação dos blocos), em número de um para cada bloco.

Eventualmente o tempo de irrigação na área experimental tinha que ser prolongado além do previsto, devido à redução da pressão do sistema. O acompanhamento das vazões reduzidas com suas respectivas pressões reduzidas foi monitorado através de coleta da água nos emissores e medidas nas provetas em ml no tempo de um minuto. Para compensar a menor vazão do sistema, ocasionada pelas reduções da pressão, foi necessário um acréscimo proporcional no tempo de irrigação. Assim, foi possível irrigar a lâmina bruta, definida em cálculos para a reposição da demanda hídrica da cultura e perdas do sistema de irrigação por gotejamento usado na área experimental. Porém, no caso de diminuição de vazão em função a entupimentos, não houve prorrogação de tempo na irrigação.



**FIGURA 3 – Bancada para determinação de vazões dos emissores (gotejadores), composta moto bomba elétrica, registro regulador de vazão e pressão, pressão monitorada por manômetro, saídas para regulagem de 8 emissores unitários e uma saída para instalação e avaliação de vazão de fita gotejadora. Santa Maria, 2008-2009.**

### 3.6 Fertirrigações

A injeção de nutrientes através da irrigação (fertirrigação) foi realizada a cada 15 dias (FRONZA, 2008). A primeira aplicação foi realizada no dia 18/11 e o último dia 15/04, em doses calculadas conforme parâmetros referenciais da análise do solo da área experimental (Apêndice B). Os adubos constituintes da fertirrigação foram: Nitrogênio ( $250 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na forma de Nitrato de Ca e Uréia, Potássio ( $250 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em MKP (definição comercial), que também supre o Fósforo e Magnésio e ( $50 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em Sulfato de Magnésio que supre o Enxofre e micronutrientes em ( $0,08 \text{ g planta}^{-1}$ ) (nome comercial Yara). As quantidades dos macronutrientes foram transformadas em  $\text{kg planta}^{-1}$ , sendo previamente solubilizados para sua injeção no sistema de irrigação.

O controle do sistema de fertirrigação subsuperficial, foi feito manualmente, contando com um cabeçal de controle convencional, com injetor de fertilizantes do tipo Venturi, filtros e registro reguladores de fluxo de água.

### 3.7 Tratos Culturais

Foram realizados tratos culturais de rotina à cultura da figueira, na área experimental e bordadura (área adjacente ao experimento, com plantas de figueira), aplicando o manejo necessário em todo o ciclo produtivo, com o objetivo de que problemas como: desenvolvimento vegetativo indesejado, incidência de doenças, pragas e plantas invasoras, comprometesse o desenvolvimento vegetativo e/ou a produção comercial da cultura, parâmetros respostas aos tratamentos, objetos de análise do presente trabalho.

### 3.7.1 Podas da figueira

A poda hiberna, para retirada dos ramos do período produtivo 2007/2008, foi realizada na 1ª quinzena de agosto de 2008. Após a brotação dos pontos bases de podada (1ª quinzena de setembro de 2008) que são em número de 12 bases, foi realizada a desbrota, conservando 12 brotações para manejo de produção da cultura. Cada broto conduzido teve como base, um dos pontos bases de poda (FRONZA, 2008).

Ao longo do ciclo de desenvolvimento dos ramos produtivos e ciclo produtivo das plantas de figueira foram feitas a retiradas dos brotos emitidos junto às folhas e frutos, a cada 30 dias, a fim de estimular o crescimento dos frutos e inibir o desenvolvimento de ramos laterais indesejáveis, de modo a manter somente 12 ramos principais por planta, sendo estes conduzidos até o fim da frutificação. Também foram eliminados os afillhos, brotações que surgem na base do caule das plantas, junto à inserção do caule ao solo (MEDEIROS, 2002).

### 3.7.2 Controle de doenças nas plantas de figueira

Foram feitas, na área experimental e bordadura, pulverizações de calda bordaleza, nas dosagens de (200 gr. Sulfato de Cobre + 200 gr. Cal virgem), de forma preventiva, em todo o ciclo produtivo da cultura da figueira, desde o início da brotação (2ª quinzena de Agosto) até o fim do período produtivo (no caso da condução do presente experimento), maio/2009.

A aplicação de calda foi intensificada durante o período reprodutivo a fim de evitar danos severos por doenças, como ferrugem (*Pakopsora nishidana*). Segundo Simão (1998), a incidência severa de ferrugem nas folhas, promove a desidratação, perda de capacidade fotossintética e queda prematura de folhas e frutos, podendo causar o depauperamento da planta e redução da produção de frutos, pela queda, e os que permanecem na planta perdem o valor comercial.



### 3.7.3. Controle de pragas

Durante todo o período vegetativo das plantas de figueira da área experimental e bordadura, houve uma única aplicação do inseticida Decis (Deltametrina) na dose de  $0,3 \text{ ml L}^{-1}$ , para o controle da broca da figueira (*Azchochis gripuzalis*), sendo sua aplicação efetuada com pulverizador costal.

### 3.7.4 Controle de plantas invasoras

Inicialmente, foi realizada uma capina mecânica, e posteriormente a realização periódica da capina química, com o uso de Glifosate a cada 30 dias, na área experimental e bordadura com pulverizador costal na concentração de 150 ml para 20 litros de água.

## 3.8 Caracterizações dos Tratamentos

Os tratamentos avaliados no experimento foram: as formas de irrigação por gotejamento superficial e subsuperficial. Ao sistema de irrigação subsuperficial foram associados às formas de proteção dos emissores ao processo de intrusão radicular.

O tratamento sem o uso de irrigação foi definida como testemunha. E, o tratamento com a fita gotejadora foi usada por ser, a irrigação por gotejamento em superfície, de uso tradicional. Foi comparado à testemunha, o tratamento de irrigação superficial com os emissores (gotejadores unitários) distribuídos superficialmente ao redor do caule das plantas de figueira e os tratamentos de irrigação em subsuperfície (com os emissores instalados em covas) protegidos com garrafa PET e casca de arroz.

### 3.8.1 Cultivo e instalação dos tratamentos

As plantas de figueira (*Ficus carica* L., var. Roxo de Valinhos) do pomar onde foi executado o experimento, estavam no quarto ano de produção. Segundo Fronza et al. (2007), o pomar foi feito com mudas enraizadas em viveiro e introduzidas no campo em agosto de 2004, espaçadas em 2,5 metros entre linhas e 2,0 metros entre plantas na linha, formando um pomar de figueiras com área total de 3800 m<sup>2</sup>.

Para separar uma unidade experimental (planta) da outra, havia um filme plástico enterrado perpendicularmente até a profundidade de 50 cm, colocado transversalmente a fileira de plantas de figueiras (Bloco), com o objetivo de evitar interferência entre tratamentos diferentes nos resultados avaliados na área experimental por eventual fluxo transversal de água e solutos.

O experimento foi conduzido em plantas de quatro anos de idade, no período de 01 de setembro de 2008, com a instalação do sistema de irrigação e capina manual, a 30 de junho de 2009, com o término da avaliação de raízes.

A condução das plantas da área experimental e sua bordadura ocorreram com a cultura no limpo (sem cobertura vegetal junto ao solo) durante todo período de coleta de dados.

Em todo o ciclo produtivo da cultura, foi realizada a rotina de tratos culturais como controle de plantas invasoras, pragas, doenças, podas e retirada de ramos indesejáveis (a cada 15 dias), irrigações (conforme turno de rega calculado), adubações via fertirrigação e colheitas de frutos maduros (intervalo de 2, 3 a 4 dias), conforme o tempo maturação dos frutos, que é influenciado por variáveis meteorológicas como: fluxo de radiação global incidente, temperatura, e outros.

A instalação das tubulações e dos equipamentos necessários a condução e monitoramento da água de irrigação para as plantas e constituintes dos tratamentos, foram realizados antes do início da emissão dos brotos pelas plantas (1<sup>a</sup> quinzena de setembro de 2008).

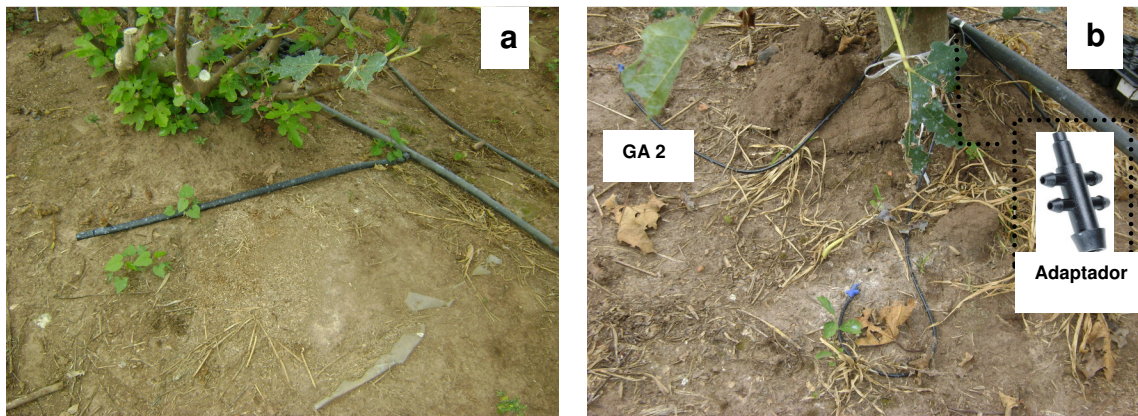
No tratamento testemunha, sem o uso de irrigação (A), não foi instalado ponto de liberação de água de irrigação ou para fertirrigação.

Os equipamentos do tratamento tradicional (irrigação por gotejamento superficial com fita (B)) irrigada e fertirrigada foram alocados na forma de ramal da mangueira de distribuição estendida ao longo da fileira das plantas (lateral). Cada

ramal era composto por um pedaço separado de fita que continha 4 emissores distanciados de 0,25 m entre si, com vazão de  $2 \text{ L.h}^{-1}$  por emissor. Os ramais ficavam posicionados a 0,25 – 0,5 m do caule das plantas, paralelas às respectivas fileiras da plantas, conforme Figuras 2b e 4a.

Nos tratamentos com a irrigação pontual foram instalados os emissores da Agrojet, denominados GA-2 (gotejadores unitários reguláveis) em irrigação superficial e subsuperficial. Os emissores foram distribuídos ao redor do caule das plantas (sob a projeção da copa), instalados em número de quatro unidades por planta, distanciados do caule das plantas em 0,5 m e em 1 m entre gotejadores.

No tratamento C, de irrigação superficial pontual (Figura 4b), os emissores foram distribuídos na superficialmente ao solo, alocados radialmente ao caule das plantas de figueira, sem nenhum tipo de proteção a entupimento ou revolvimento pela ação de animais presentes na área.



**FIGURA 4 – Detalhes dos componentes de adaptação dos emissores de água de irrigação tradicional: com fitas gotejadoras (a) e gotejadores reguláveis (GA-2) em superfície distribuídos radialmente ao tronco das figueiras (b). Santa Maria, 2008-2009.**

Para a instalação do tratamento irrigação subsuperficial com gotejadores GA-2, foram abertas quatro covas circulares com 15 cm de profundidade (Figura 5a) por planta, que foram preenchidas com casca de arroz (Figuras 5b, 5c e 5d) ou serviram de espaço para a colocação de garrafas plásticas (PET) (Figuras 6c e 6d).

Nos tratamentos com irrigação subsuperficial, foram testados dois tipos de materiais para proteção aos emissores em covas. Uma das proteções consistiu em adicionar casca de arroz, definido como tratamento D, para cobrir e proteger o emissor a intrusão radicular, junto à cova Figura (5b, c e d).

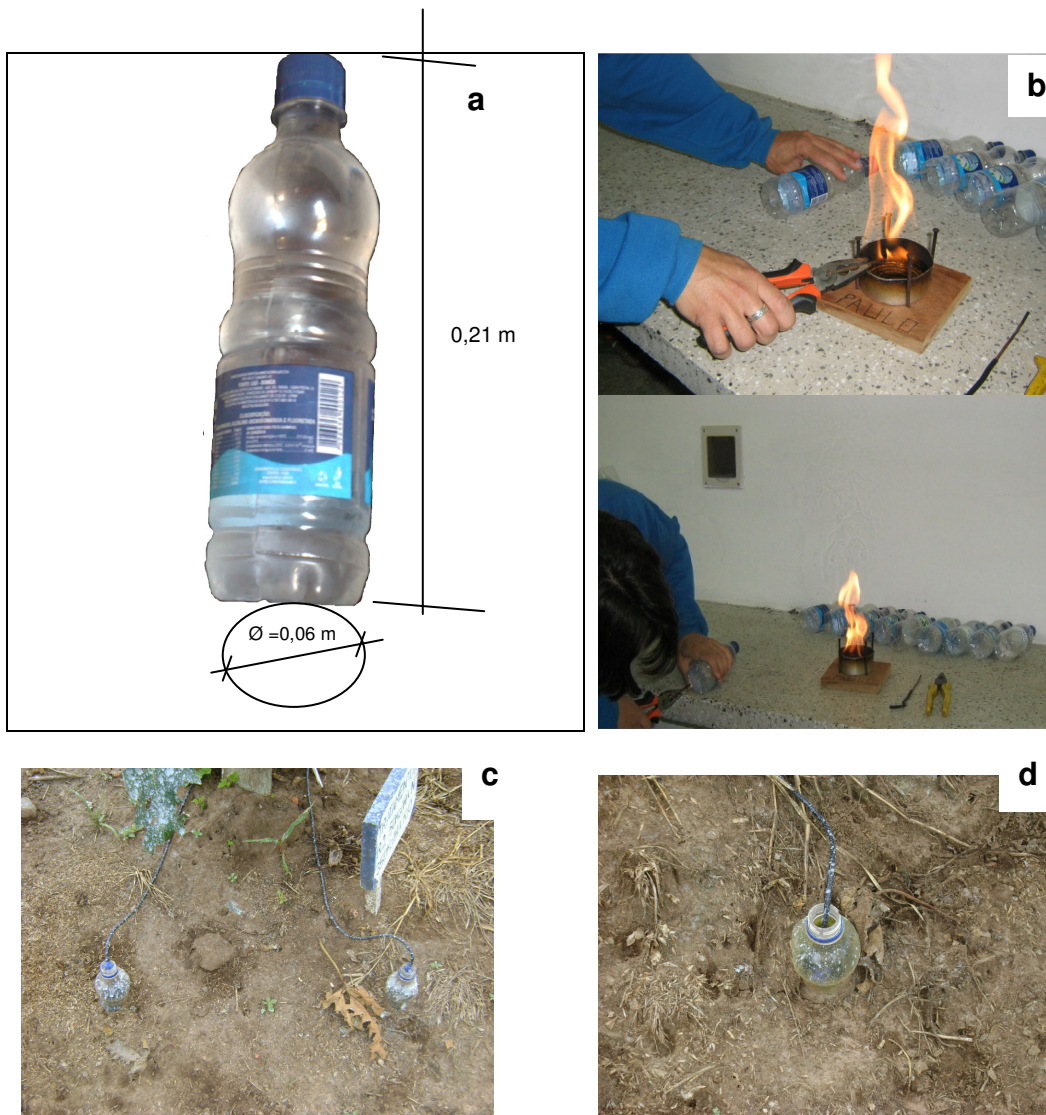


**FIGURA 5 – Detalhes da instalação e disposição dos emissores do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz: (a) cova circular aberta com extrator de solo; (b) acomodação do emissor no fundo da cova, com proteção da casca de arroz; (c) emissor coberto com a casca de arroz e em detalhe o manômetro; (d) emissor coberto com a casca de arroz. Santa Maria, 2008-2009.**

O outro material usado na proteção dos emissores à intrusão radicular em irrigação subsuperficial, foi a garrafa PET (garrafa plástica transparente, de água mineral), com volume de 500 ml, nas dimensões 0,06 m diâmetro e 0,21 m de altura (Figura 6a) instaladas a 0,15 m de profundidade no solo (Tratamento E).

Para o uso das garrafas PET como protetores dos emissores a intrusão radicular, na irrigação subsuperficial em covas, foi necessário a adaptação das garrafas.

No fundo das garrafas foram feitos cinco furos com pregos aquecidos, com 4 mm de diâmetro (Figura 6b) com a finalidade de permitir a passagem da água da irrigação, liberada pelos emissores no interior das garrafas, ao solo em subsuperfície.



**FIGURA 6 – Detalhamento do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafas PET: (a) garrafas pet de água mineral e suas dimensões; (b) abertura de furos ao fundo da garrafa PET; (c) localização das garrafas nas covas abertas junto a sub copa das plantas; (d) detalhe da garrafa PET com o GA2 (emissor) em seu interior. Santa Maria, 2008-2009.**

Na abertura das covas, o solo foi retirado com um extrator cilíndrico de metal com diâmetro de 0,06 m. A extremidade do cilindro possui a forma de bisel afiado para melhor penetração e extração do solo. Na parte superior do cilindro do extrator havia um pedal fixo para pressionar o mesmo contra o solo, também servindo como limitador de profundidade.

Em função do limitador o extrator permitiu abrir covas similares de no máximo 0,15 m de profundidade (Apêndice F), considerado nesse trabalho, através da concentração de raízes das plantas de figueira, como profundidade efetiva de raízes.

Com essas características de composição e estruturação dos equipamentos

de irrigação junto à área experimental, definiram-se os tratamentos a serem avaliados e o delineamento experimental (Blocos ao Acaso, com duas plantas por parcela com quatro repetições). A disposição dos tratamentos e as parcelas, aplicados no pomar de figueiras podem ser visualizados na Figura 7, onde as letras maiúsculas A, B, C, D e E, referentes aos tratamentos são assim denominados:

A = Testemunha (sem uso de irrigação - fertirrigação);

B = Uso de fitas gotejadoras em superfície, ao longo da linha, com quatro emissores distantes em 0,25 m;

C = Gotejadores reguláveis em superfície, radialmente distribuídos ao redor da planta de figueira, distantes 0,5 m do seu tronco;

D = Gotejadores reguláveis em cova de 0,15 m de profundidade protegidos por casca de arroz, ao redor da plantas de figueira, distantes 0,5 m do tronco;

E = Gotejadores reguláveis em cova de 0,15 m de profundidade protegidos por garrafa plástica de 500 ml, ao redor da plantas de figueira, distantes 0,5 m do tronco.

BLOCO 1	A	A	C	C	B	B	E	E	D	D
BLOCO 2	D	D	E	E	A	A	C	C	B	B
BLOCO 3	C	C	E	E	B	B	D	D	A	A
BLOCO 4	C	C	A	A	D	D	B	B	E	E

**FIGURA 7 – Disposição após sorteio dos tratamentos irrigação superficial e subsuperficial e proteções aos emissores em irrigação subsuperficial nos blocos experimentais, com duas plantas por parcela. Santa Maria, 2008-2009.**

### 3.9 Variáveis respostas e análises

Neste trabalho de pesquisa, foi criado o índice de intrusão radicular (IIR) de 0 - 4, com o objetivo de estabelecer uma metodologia para dimensionar visualmente o efeito do processo de intrusão radicular na vazão dos emissores em irrigação subsuperficial ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura da figueira.

O experimento foi conduzido no delineamento blocos ao acaso, com quatro repetições para as variáveis respostas produção e massa de raízes das plantas de figueira. Porém, na avaliação do IIR, na comparação entre as duas formas de proteção aos emissores em irrigação subsuperficial (proteção da PET e da Casca de Arroz), foram consideradas as médias do IIR das duas plantas por bloco (8 repetições) enquanto que, ao ser comparado o efeito da proteção da casca de arroz, em relação a localização dos emissores na área experimental, foram consideradas as médias dos quatro gotejadores entre as duas plantas por bloco, o que gerou 16 repetições.

Na análise da variável resposta Índice de Intrusão Radicular (IIR), considerou-se:

- o índice de intrusão radicular (IIR) dos emissores das duas formas de proteção aos emissores em irrigação subsuperficial (proteção com casca de arroz (Tratamento D) e com o uso de proteção da garrafa PET (Tratamento E)) foi considerada a média dos resultados médio das duas plantas;

- o índice de intrusão radicular (IIR) entre os Blocos da forma de proteção aos emissores em irrigação subsuperficial, com o uso da proteção com casca de arroz (Tratamento D), foi considerado a média da IIR em quatro emissores por planta; considerou-se ainda as médias ponderadas dos IIR no período onde houve o maior estresse hídrico (período com precipitação insuficiente) com o objetivo de aferir relação entre a estiagem e as irrigações na agressividade de intrusão radicular nos emissores protegidos com a casca de arroz (D).

As variáveis respostas avaliadas referentes à produtividade foram o número de frutos por planta, peso médio de frutos (g), diâmetro médio de frutos (mm), peso médio de frutos por planta (kg) e produtividade de figo por área ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

A análise da variável resposta massa seca de raízes da cultura da figueira constou da coleta de amostras de raízes junto aos emissores de irrigação, em área de solo de  $1609 \text{ cm}^2$  e 40 cm de profundidade, de forma estratificada (10 cm). A posição de coleta das raízes foi definida de forma aleatória (sorteio ao redor da planta).

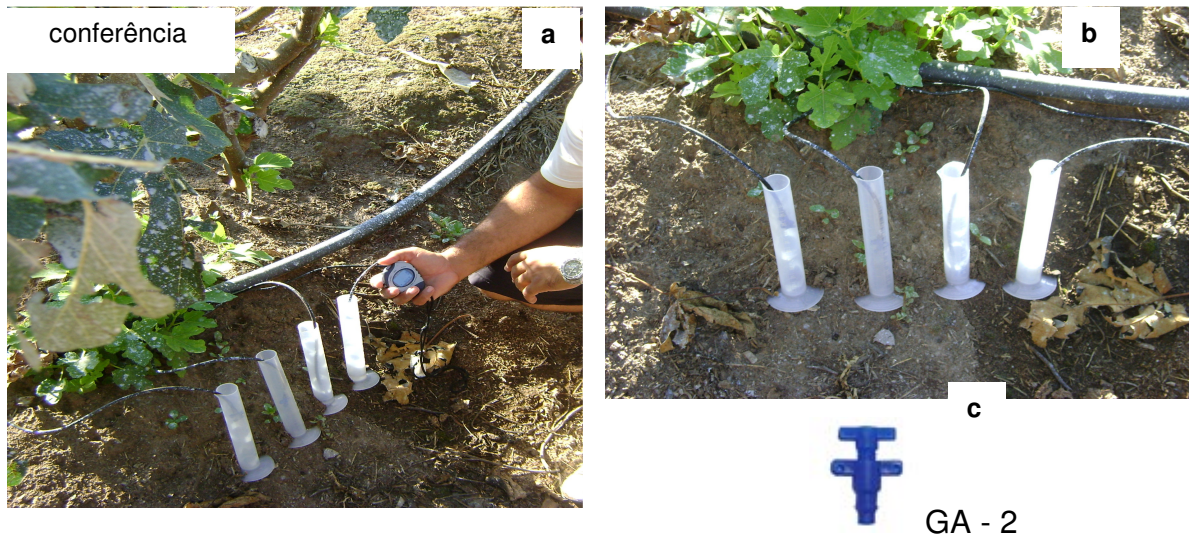
No tratamento de irrigação superficial, onde foi usada a fita gotejadora (B), foi feito a coleta de raízes junto à fita gotejadora e no lado oposto a posição da fita gotejadora (do outro lado da planta).

No tratamento onde foi utilizada a forma de irrigação por fita gotejadora (B) foram coletadas raízes e avaliada a massa seca em dois lados da planta: um com irrigação e outro sem irrigação.

### 3.9.1 Definição do índice de intrusão radicular

Os índices de intrusão radicular (IIR) foram definidos por ocasião do monitoramento das vazões, nos emissores pontuais (Figura 8) ao longo do ciclo da cultura da figueira.

A medição da vazão, *in loco*, dos emissores (Figuras 8a e b), com proteção da casca de arroz, foi feita através da coleta da água de irrigação em pequenos copos de plástico (cafezinho), com movimentação mínima dos emissores, para posterior medição do volume de água coletado, em provetas graduadas (ml) de PVC. E, a medição dos gotejadores em irrigação subsuperficial protegidos com a garrafa PET coletadas diretamente nas provetas graduadas (ml).



**FIGURA 8 – Demonstração do monitoramento das vazões pontuais dos emissores pontuais distribuídos ao redor das plantas de figueira (a, b), coletadas em provetas graduadas (ml) e tempo medido com cronometro por 1 minuto e o detalhe do emissor regulável GA-2 (gotejador) (c). Santa Maria, 2008-2009.**

A coleta dos volumes de água emitida pelos emissores em irrigação subsuperficial protegidos com casca de arroz e garrafa PET foi feito por um período

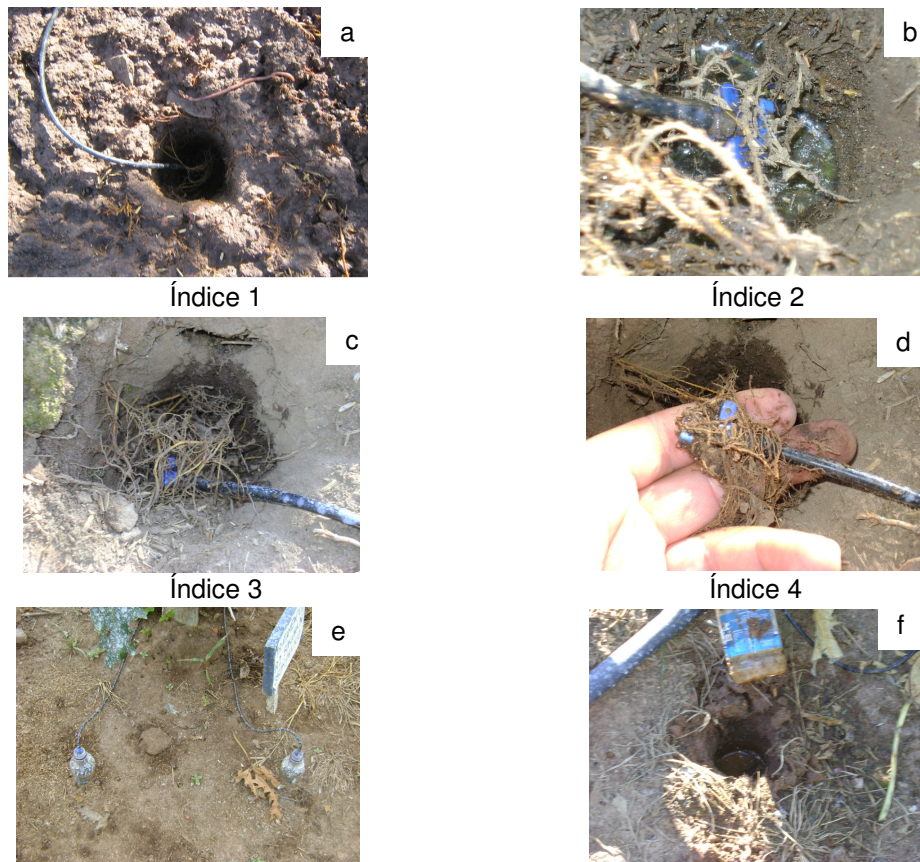


de tempo de um minuto (60 segundos), medido com o auxílio de um cronômetro.

As medições do volume de água emitido pelos emissores em irrigação subsuperficial foram transformadas em vazões dos emissores.

As medições de vazões dos emissores em irrigação subsuperficial, que possibilitaram gerar o Índice de Intrusão Radicular (IIR), foram realizadas ao longo do ciclo da cultura da figueira, em um total de seis datas de medições (05/janeiro; 13/janeiro; 21 janeiro; 10 março; 07 abril e 11/maio/2009).

A alteração da vazão dos emissores conferidas in loco, em irrigação subsuperficial, protegidos com casca de arroz, a partir da calibração inicial do emissor determinada em laboratório,  $2 \text{ L h}^{-1}$ , causada pela penetração de raiz no emissor, gerou a metodologia para qualificar o índice de Intrusão radicular. Para ser considerada redução de vazão por intrusão radicular, foi necessária a constatação da raiz como principal agente obstrutor do orifício emissor (Figuras 9a, b, c e d).



Índice 0 – Ocorreu somente com a proteção das garrafas pet (e e f)

**FIGURA 9 – Valores de índice de intrusão radicular, atribuídos a partir de avaliações das vazões dos emissores em irrigação subsuperficial e a presença das raízes de plantas de figueira, como agente obstrutor do emissor, em gotejadores pontuais protegidos com garrafas pet e casca de arroz. Santa Maria, 2008-2009.**

A vazão de todos os emissores instalados na área experimental foi definida através de regulação em laboratório, atendendo a lamina de irrigação a ser aplicada durante o ciclo da cultura. Após a instalação no experimento, a vazão foi conferida novamente, por ocasião da 1ª irrigação da cultura. A redução da vazão, dos emissores, conferida ao longo do ciclo produtivo do experimento e a obstrução visual por parte das raízes junto ao orifício do equipamento (emissor) (Figura 9), geraram os índices de intrusão radicular (severidade de entupimento).

Os índices de Intrusão Radicular e suas respectivas vazões persistentes (residuais) estão descritos e organizados na Tabela 3, em que o IIR igual a **0** corresponde a nenhuma alteração na vazão dos emissores, denominado qualitativamente como índice de intrusão radicular **nulo**; **0,5** - (vazão reduzida entre 2,5 - 17,5% (vazão persistente entre 1,65 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>), caracterizado qualitativamente como índice de intrusão radicular **baixo**; **1** - vazão reduzida em 20 - 30% (vazão persistente entre 1,6 a 1,40 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>) e **1,5** - vazão reduzida entre 32,5 - 40% (vazão persistente entre 1,35-1,20 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>) com evidencia visual de raízes emaranhada, penetração inicial no orifício caracterizados qualitativamente como índice de intrusão radicular **médio**; **2** - vazão reduzida entre 42,5 - 55,0% com evidencia visual de raízes emaranhada, penetração no orifício (vazão persistente entre 1,15 - 0,90 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>) e **2,5** - vazão reduzida entre 57,5 - 67,5% com evidencia visual de raízes emaranhada, penetração no orifício (vazão persistente entre 0,85 - 0,65 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>) caracterizados qualitativamente como índice de intrusão radicular **alto**; **3** - vazão reduzida entre 70 - 77,5% com evidencia visual de raízes emaranhada, penetração no orifício (vazão persistente em 0,5 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>), **3,5** vazão reduzida entre 80,0 -90,0% com evidencia visual de raízes emaranhada, penetração no orifício (vazão persistente entre 0,40 - 0,20 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>) e **4** - vazão reduzida entre 92,5-100% com evidencia visual de raízes emaranhada, penetração no orifício (vazão persistente em 0,15 - 0,00 litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup>), com processo de intrusão radicular acentuado, comprometendo completamente a vazão do emissor caracterizados qualitativamente como índice de intrusão radicular **muito alto**.

Estes índices foram tabelados em escala numérica. A definição do índice de intrusão radicular foi constituída a partir da constatação da redução da vazão nos emissores com a observação visual da obstrução do canal do emissor, pela penetração das raízes.

**TABELA 3 – Índice de Intrusão Radicular (IIR), definido pela avaliação da vazão persistente dos emissores, em litros hora<sup>-1</sup> emissor<sup>-1</sup> e índice quantitativos/qualitativos correspondentes as vazões dos gotejadores por planta de cada Bloco, em irrigação subsuperficial. Santa Maria, 2008-2009.**

<b>ÍNDICES DE INTRUSAO RADICULAR (IIR)</b>										
<b>Qualitativo</b>	<b>NULO</b>		<b>BAIXO</b>		<b>MÉDIO</b>					
<b>Quantitativo</b>	<b>0,00</b>		<b>0,50</b>		<b>1,00</b>		<b>1,5</b>			
<b>q= l.h<sup>-1</sup> *</b>	2,00		1,95	1,65	1,55	1,40	1,35	1,20		
<b>%</b>	0%		2,5%	17,5%	20,0%	30,0%	32,5%	40,0%		
<b>Qualitativo</b>	<b>ALTO</b>				<b>MUITO ALTO</b>					
<b>Quantitativo</b>	<b>2,00</b>		<b>2,50</b>		<b>3,00</b>		<b>3,50</b>		<b>4,00</b>	
<b>q= l.h<sup>-1</sup> *</b>	1,10	0,90	0,85	0,65	0,60	0,45	0,40	0,20	0,15	0,00
<b>%</b>	42,5%	55,0%	57,5%	67,5%	70,0%	77,5%	80,0%	90,0%	92,5%	100%

\* determinação das vazões para conferência dos índices foi realizada, quando o sistema apresentava pressões compatíveis com a regulagem dos emissores em laboratório, que foram oscilantes entre 10 – 12 mca.

### 3.9.1.1 Análise estatística do índice de intrusão radicular

Os resultados do índice de intrusão radicular obtidos no experimento, nos tratamentos em que os emissores foram protegidos casca de arroz (D) e garrafa PET (E), foram submetidos à análise de variância e comparados as médias de índice de intrusão radicular, através do teste de Tukey para comparação múltipla de médias, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Foram calculadas as médias ponderadas, indiferentemente de resultados significativos na Análise de Variância (ANOVA), do período onde houve estiagem com maior severidade à cultura da figueira, em que foi exigida maior frequência de irrigações.

As análises de variância e os testes de Tukey foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico: software científico - NTIA, desenvolvido pelo Centro Tecnológico para Informática (EMBRAPA, 1997).

### 3.9.2 Número de frutos por planta e produção por planta

Por ocasião do amadurecimento, os frutos foram colhidos planta a planta e

aconicionados em bandejas separadas (Figura 10a, b e c). No laboratório, antes da pesagem, foi contabilizado o número de frutos (Figura 10b), e medido o diâmetro de cada fruto, com paquímetro (Figura 10c). Após, foram determinadas as médias do diâmetro de frutos.

A produção de figos por planta foi determinada a partir da pesagem das colheitas realizadas ao longo do ciclo da cultura (Figura 10d).

As colheitas foram realizadas a cada dois, três, quatro ou cinco dias, iniciadas em 12 de janeiro de 2009 e finalizadas em 14 de maio de 2009, onde eram contabilizados o número de frutos maduros por planta (frutos planta<sup>-1</sup>), diâmetro médio e peso médio de frutos por planta (produção.planta<sup>-1</sup>) (Tabela 4).



**FIGURA 10** – Vista geral da organização da colheita por planta dos figos maduros (a), com detalhes das: (b) bandejas com alvéolos para contagem de frutos por planta, (c) determinação do diâmetro de fruto e, (d) peso médio dos frutos e peso de frutos por planta. Santa Maria, 2008-2009.

Ao todo foram realizadas 46 coletas ao longo do ciclo da cultura (Tabela 4).

**TABELA 4 – Datas de avaliações transformadas em número de dias de coletas (colheita) de figos. Santa Maria, 2008-2009.**

<b>MÊSES DAS COLETAS</b>												
<b>JANEIRO</b>												
Dia do mês*	12	13	15	16	19	21	23	26	28			
Nº De Dias de Coleta <sup>#</sup>	0	1	3	4	7	9	11	14	16			
<b>FEVEREIRO</b>												
Dias do mês	2	4	6	9	11	13	16	19	23	28		
Nº De Dias de Coleta	21	23	25	28	30	32	35	38	42	47		
<b>MARÇO</b>												
Dia do mês	3	6	10	12	16	18	20	23	25	27	30	
Nº de Dias de Coleta	50	53	57	59	63	65	67	70	72	74	77	
<b>ABRIL</b>												
Dia do mês	1	3	6	9	13	15	17	20	22	24	27	30
Nº de Dias de Coleta	79	81	84	87	91	93	95	98	100	102	105	108
<b>MAIO</b>												
Dia do mês	4	6	8	11	14							
Nº de Dias de Coleta	112	114	116	119	122							

\*datas de coletas (colheitas) em dias dos meses do ciclo de produção das plantas; # número de dias após o início da primeira ao fim da colheita das plantas de figueira.

### 3.9.2.1 Análise estatística do número de frutos por planta e produção por planta

Os resultados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância e os tratamentos (formas de irrigação) comparados através do teste de Tukey para comparação múltipla de médias, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Para atender o pressuposto da normalidade dos resíduos da análise de variância, para as variáveis peso médio de frutos por planta e diâmetro médio de frutos foi necessária a exclusão de um e dois outliers, respectivamente. Foram considerados outliers valores cujo desvio padrão da média fosse maior que +2 e menor que -2.

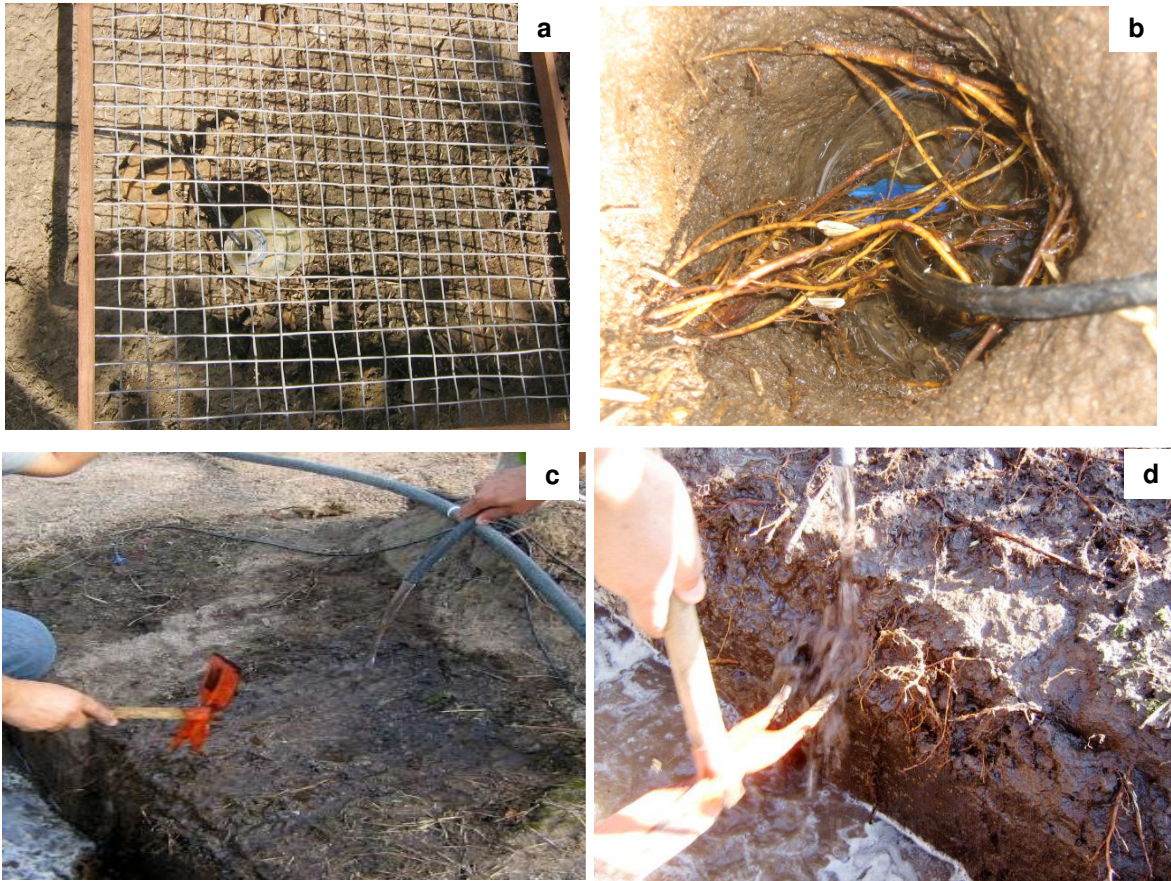
As análises de variância e os testes de Tukey foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico: software científico - NTIA, desenvolvido pelo Centro Tecnológico para Informática (EMBRAPA, 1997).

### 3.9.3 Massa de raízes

A avaliação da distribuição do sistema radicular foi realizada no final do ciclo produtivo da figueira, sendo retirada uma amostra, de cada planta a 20 cm de distância do tronco. A posição de coleta da amostra em relação ao caule da planta foi sorteada, com a possibilidade de quatro pontos de coleta possíveis, sendo dois do lado esquerdo e dois do lado direito do bloco experimental (linha das plantas).

Foram coletadas quatro amostras de raízes em cada posição de coleta, ou seja, em uma área de 40 x 40 cm (1600 cm<sup>2</sup>), amostras de 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm (Figura 11a, b, c e d). A seguir, as amostras foram submetidas à lavagem, com auxílio de peneira para a retirada do solo aderido às raízes, e colocadas em estufa com circulação de ar forçado a 65 °C, para secagem até massa constante.

Os valores das amostras avaliadas foram: a massa seca de raízes, extraídas do volume de solo coletado, após sorteio, em um dos pontos de localização dos emissores unitários (4 pontos) e do lado da fita gotejadora (sistema de irrigação) e na profundidade estabelecida (40 cm) estratificado de 10 em 10 cm.



**FIGURA 11 – Demarcação e coleta das raízes na área de 40 x 40 cm em camadas de 10 cm, até a profundidade de 40 cm, sendo: (a) Primeira camada a ser coletada (superficial) de 10 cm, (b) distribuição das raízes nas covas, (c e d) processo de coleta das raízes em camada de 10cm de profundidade. Santa Maria, 2008-2009.**

No tratamento (B), uso da fita gotejadora na irrigação superficial, foi realizado uma amostragem com o adicional de raízes no lado oposto das plantas (fita), com o objetivo de avaliar o efeito da irrigação com a fita gotejadora na distribuição das raízes da planta de figueira. Essa amostra adicional gerou um par de médias, com a amostra usada nas avaliações estatísticas dos demais tratamentos. As duas médias das amostras coletadas no tratamento com a fita resultaram em uma análise estatística em separado.

### 3.9.3.1 Análise estatística da massa seca de raiz

Ao final do experimento foi avaliada a massa seca de raiz (g) em diferentes

profundidades: 0-10; 10-20; 20-30; 30-40 e 0-40 cm, em todos os tratamentos (Sem irrigação (A), Fita gotejadora em irrigação superficial (B), Gotejadores pontuais distribuídos radialmente ao caule das plantas de figueira - irrigação superficial (C), e em irrigação subsuperficial com emissores protegidos com casca de arroz (D) e protegidos com garrafas PET (E).

Os resultados obtidos no experimento foram submetidos à análise de variância e, em caso de diferença significativa entre os tratamentos, essas foram avaliadas através do teste de Tukey para comparação múltipla de médias, em nível de 5% de probabilidade de erro. Para todas as variáveis: massa seca de raiz entre 0 a 10 cm, massa seca de raiz entre 10 a 20 cm, massa seca de raiz entre 20 a 30 cm, massa seca de raiz entre 30 a 40 cm e massa seca de raiz entre 0 a 40 cm, que não seguiam a distribuição normal, foi realizada uma transformação linear:

$$y_{ij}^* = l_n(y_{ij}) \quad (11)$$

Em que:  $y_{ij}^*$  é variável transformada, a qual é uma função do logaritmo neperiano da variável original; e,  $y_{ij}$  = variável original.

Quando a causa de variação “blocos” foi significativa, foi calculada a eficiência relativa do uso de blocos, pela seguinte equação:

$$ER(\%) = \frac{100}{QME} \times \frac{SQE + SQbloco}{I \times (J - 1)} \quad (12)$$

Em que: ER% é a eficiência relativa do uso de blocos, em percentual; QME é o quadrado médio do erro; SQE é a soma de quadrado do erro; SQbloco é a soma de quadrado de blocos e  $I \times (J - 1)$ , são os graus de liberdade do erro, do delineamento inteiramente casualizado, em que: I é o número de tratamentos e J o número de blocos.

As análises de variância e os testes de comparação múltiplas de médias (Tukey) foram realizadas com o auxílio do pacote estatístico: software científico - NTIA, desenvolvido pelo Centro Tecnológico para Informática (EMBRAPA, 1997).

Quanto aos dados de massa seca de raízes obtidos nos dois lados das plantas de figueira (lado da fita e lado oposto a fita), foi gerado um par de médias.



Esse par de médias (uma média em cada lado da planta) foi caracterizado como duas amostras, às quais foram aplicadas o “teste t”, considerando variâncias equivalentes (testadas pelo teste F), em nível de 5% de probabilidade de erro.

O teste t foi realizado com o auxílio do software Microsoft Office Excel 2003.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A discussão e interpretação analítica dos resultados fundamentam-se em fatos amparados por conhecimentos científicos em razão dos objetivos propostos, do problema e hipóteses estabelecidas.

### 4.1 Condições meteorológicas durante o período de colheita

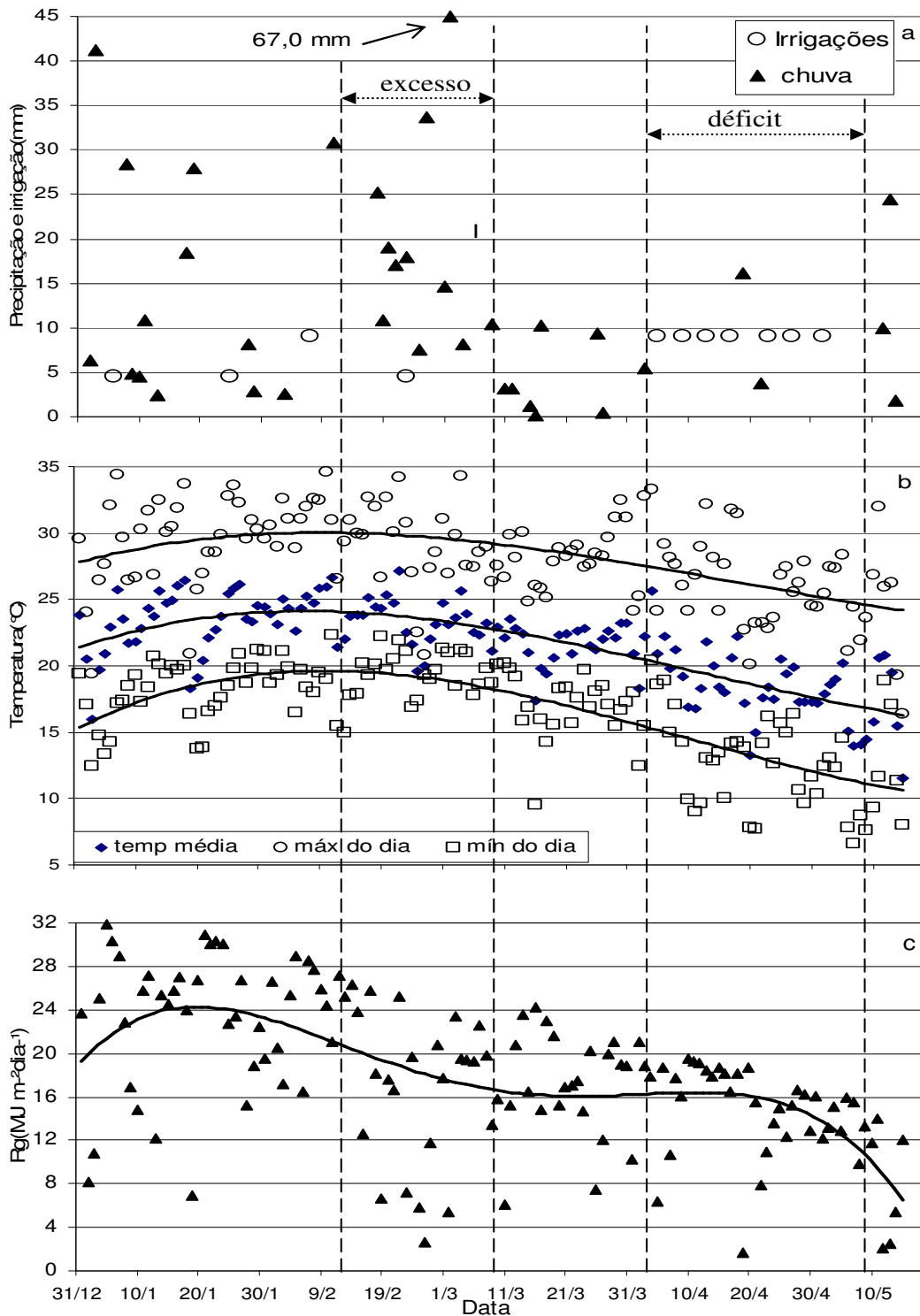
Durante o período das avaliações experimentais (coleta de dados = colheita), que se concentraram no período de colheita (12/janeiro a 14/maio/2009), as condições meteorológicas foram relativamente favoráveis à cultura da figueira, exceto a ocorrência de um evento extremo de granizo em 08 de janeiro, altas precipitações em fevereiro e início de março e chuva insuficiente (seca) e alguns dias com temperatura mínima baixa em abril e início de maio (Figura 12).

Na Figura 12 são apresentados os valores diários de precipitação, as datas e lâminas de irrigação (12a), temperatura média, máxima e mínima do ar (12b) e densidade de fluxo de radiação solar global (Rg) incidente (12c) medidos ao longo do período de colheita na estação meteorológica de Santa Maria, distante 250 m da área experimental. Verifica-se que não houve falta significativa de chuva até início de março, sendo que as quatro irrigações desse período foram realizadas com a finalidade de aplicar fertilizantes. De 10/fevereiro a 10/março/2009 houve excesso hídrico e a partir de então, a precipitação diminuiu significativamente de forma que a partir do início de abril foram necessárias irrigações nos tratamentos B, C, D e E. Assim, no tratamento sem irrigação (A) e provavelmente no tratamento D, em que houve intrusão radicular nos emissores de gotejo, ocorreu déficit hídrico (Figura 12a).

As temperaturas máxima, média e mínima diárias não foram limitantes para a figueira no período de colheita, exceto as mínimas abaixo de 8°C em alguns dias a partir de meados de abril (Figura 12b), pois segundo Souza et al. (2009), os valores de temperaturas mínima e máxima basal são 8°C e 36°C, respectivamente.

A densidade de fluxo de radiação solar global incidente (RG) decresceu ao

longo do período de colheita (12/01 a 15/05) de em torno de  $24 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  no início até em torno de  $12 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$  no final (Figura 12c), não sendo limitante para essa cultura.



**FIGURA 12** – Valores diários de precipitação e irrigação (a), temperatura média, máxima e mínima do ar (b) e densidade de fluxo de radiação solar global (Rg) incidente (c) medidos na estação meteorológica de Santa Maia, ao longo do período de colheita e avaliações experimentais em área cultivada com figueiras. Santa Maria, 2008-2009.

Dessa forma, após as injúrias por granizo, não houve limitações meteorológicas de importância para a cultura até meados de março. Portanto, um provável efeito benéfico da irrigação suplementar pode ter influenciado o tamanho e o peso médio dos frutos e a produtividade de frutos apenas a partir de início de abril. No entanto, primeiramente serão apresentados os resultados experimentais do grau de proteção dos materiais usados na proteção aos emissores em irrigação subsuperficial (garrafa PET e casca de arroz) ao entupimento pelo processo de intrusão radicular (IIR) e posteriormente, verificar o que ocorreu com a produção durante todo o período de colheita

## **4.2 Índice de intrusão radicular em emissores em irrigação subsuperficial**

Os índices de Intrusão radicular é uma metodologia criada neste trabalho, em face da redução da vazão dos emissores em irrigação subsuperficial por intrusão de raízes. No presente capítulo, são discutidos os resultados de IIR nos emissores em irrigação subsuperficial com as proteções da casca de arroz e da garrafa PET e seu possível efeito nos resultados de produção da cultura da figueira.

### **4.2.1 Índices de Intrusão Radicular**

Conforme pode ser observado no APÊNDICE H, Tabelas APG1, APG2, APG3, APG4 e APG5 houve interação significativa entre as formas de proteção usadas nos emissores em irrigação subsuperficial (Tratamento casca de arroz (D) e Tratamento garrafa PET (E)) para a variável índice de intrusão radicular (IIR), pela análise de variância (ANOVA) em nível de 5% de probabilidade de erro.

Os resultados na Tabela 5 mostram que o maior índice de intrusão radicular foi observado com a utilização da irrigação subsuperficial com gotejadores protegido com casca de arroz (D), sendo que essa forma de irrigação diferiu significativamente da irrigação subsuperficial com gotejadores protegido com garrafa PET (E), pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

A presença de intrusão radicular foi verificada apenas nos emissores subsuperficiais que estavam protegidos com casca de arroz (Tratamento D), não sendo observada presença de intrusão nos emissores dos demais sistemas de irrigação. Portanto, não houve nenhuma intrusão radicular nos emissores protegidos por garrafas PET, correspondente ao tratamento E (Tabela 5), comprovando que esse método é altamente eficiente no controle desse problema comum em sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial. Assim, e por ser uma técnica que utiliza material reciclado e por ser de fácil instalação, e exigir pouca de mão de obra para a perfuração das garrafas (4 a 6 garrafas por minuto), pode ser indicada e recomendada sua adoção na irrigação subsuperficial de pomares e de outras espécies perenes, esperando-se sua rápida expansão de adoção.

A colocação de casca de arroz no em torno dos emissores não se mostrou eficiente na proteção dos mesmos contra o processo de intrusão radicular. Na Tabela 5, observa-se que o índice de intrusão radicular foi significativamente maior do que nos emissores protegidos por garrafas PET em todas as seis datas de avaliação e que as poucas fertirrigações realizadas até início de janeiro foram suficientes para desencadear esse processo.

Deve ser considerado que os sistemas de irrigação foram instalados em setembro de 2008, que apenas quatro fertirrigações foram realizadas antes da primeira avaliação em (05/01/2009), que as precipitações foram abundantes desde setembro de 2008 até início de março de 2009 e que o índice de intrusão radicular aumentou em pouco mais de um mês de irrigações durante o período com precipitação insuficiente no final do ciclo. Assim, pode-se inferir que em anos com maior necessidade de irrigação desde o início do ciclo anual de desenvolvimento da figueira, poderia haver maiores níveis de intrusão radicular, os quais poderiam praticamente inviabilizar uma irrigação eficiente e homogênea, pois períodos com precipitação insuficiente favorecem a intrusão, principalmente se houver supressão de irrigação. Segundo Camp et al. (1998), a supressão de irrigação, embora como prática cultural de indução das plantas a frutificação, à melhora da qualidade na maturação ou ainda no crescimento vegetativo, pode aumentar a intrusão, como consequência da alta concentração de raízes no espaço do entorno do emissor.

**TABELA 5 – Médias do Índice de Intrusão Radicular (IIR) em emissores em irrigação subsuperficial protegidos por garrafa (E) e com proteção por Casca de Arroz (D), em 6 datas de avaliação. Santa Maria, 2008-2009.**

Tratamento	Datas de avaliação					
	05/jan	13/jan	21/jan	10/mar	07/abr	11/mai
	Médias do Índice de Intrusão Radicular (IIR)					
Pet (E)	0,0* a**	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Casca de Arroz (D)	1,193 b	1,214 b	1,156 b	1,443 b	1,786 b	2,292 b

\*Médias do Índice de Intrusão Radicular (IIR) nas seis datas de avaliação; \*\* Médias seguidas pelas letras iguais no sentido vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Segundo Resende et al. (2004), plantas com irrigação subsuperficial deficiente promovem o processo de intrusão radicular, no entanto, por outro lado, a saturação do solo junto ao emissor, pode minimizar o processo de entupimento dos emissores em irrigação subsuperficial pelo processo de intrusão de radicular.

O extremo de umidade no solo (saturação) promove o crescimento das raízes na direção oposta, isto é, para o lado que apresenta potencial hídrico adequado, com água e ar em níveis proporcionalmente mais favoráveis ao desenvolvimento, crescimento e permanência das raízes (SILVA et al., 2002). No atual trabalho, quando coletadas e pesadas amostras de raízes junto às fitas gotejadoras (Tratamento B), observou-se que no lado oposto da planta ao da fita, ou seja, sem irrigação, embora não houvesse diferença significativa, a massa seca de raízes em todas as profundidades apresentou tendência de ser maior (Tabela 22). As fitas gotejadoras eram novas e distribuíam volumes constantes e significativos em sua faixa, o que, a cada irrigação, possivelmente promoveu a saturação do perfil. Mead (2010) dá suporte a essas informações ao verificar que em solos saturados ou próximos a saturação e que não havendo depleção (falta) elevada de água no solo, não ocorre intrusão radicular.

A casca de arroz tem alta porosidade, o que facilita a rápida drenagem do excesso de água após as irrigações, o que tornaria difícil manter um bulbo saturado em torno dos emissores. Por essa razão e, principalmente, em função dos resultados obtidos no atual trabalho, recomenda-se não utilizar a técnica de proteção dos emissores com casca de arroz em sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial. Por analogia, essa recomendação também deveria ser considerada quando se pensa na adoção de outros materiais porosos, tais como serragem, palha

em fase avançada de decomposição, entre outros, pois estes podem prolongar uma condição de alto teor água em torno do emissor após as irrigações, mantendo umedecido o caminho desde o solo até o emissor, de forma que permita o crescimento das raízes até a saída do emissor.

A análise dos dados de intrusão radicular também evidenciou a ocorrência de grande variabilidade espacial. Na análise da variância utilizando o IIR por planta, o coeficiente de variação foi muito alto, alcançando valores de 86,8%, 74,1%, 45,1%, 58,1%, 40,3% e 34,8% para os IIR nas datas de 05/01, 13/01, 21/01, 10/03, 07/04 e 11/05/2009, respectivamente. Consequentemente, não houve diferença significativa entre os blocos em nenhuma das datas, mesmo na última, em que o valor médio mais alto foi praticamente o dobro do valor mais baixo.

Na Tabela 6, são apresentados os valores de IIR médios por planta em cada uma das avaliações. E os valores médios de redução de vazão dos emissores, os quais originaram essas médias de índices de intrusão radicular observadas por Bloco, foram submetidas à ANOVA e ao teste de Tukey a 5%, e, confirmando os resultados dos IIR, também não apresentaram diferenças significativas entre os Blocos.

Como os dados de IIR da avaliação de 07 de abril são os mais importantes, por serem os valores do início do período com precipitação insuficiente e, portanto, teoricamente os de maior relação com as variáveis respostas das plantas (como na produção de frutos, por exemplo) nesse período, são apresentados também dois valores de média ponderada para o período com precipitação insuficiente nas duas últimas colunas da Tabela 6.

A primeira média ponderada foi obtida com os valores de IIR de 10/03, 07/04 e 11/05/2009, atribuindo-se peso três (3,0) aos valores da data de 07/04, sendo a segunda média ponderada obtida com os valores de IIR de 07/04 e 11/05/2009, atribuindo-se também o peso três (3,0) aos valores da data de 07/04/2009.

Na Tabela 6, verifica-se ainda, que as duas médias ponderadas referentes ao período com precipitação insuficiente apresentam diferenças entre as médias das plantas de até 196 e 185%, respectivamente, indicando a necessidade de ampliação das amostragens experimentais quando se trata da avaliação da intrusão radicular.

**TABELA 6 – Médias do Índice de Intrusão Radicular (IIR) por bloco (8 emissores) e por planta (4 emissores) em seis avaliações no período experimental e média ponderada para o período com precipitação insuficiente nos Blocos do tratamento de proteção dos emissores em irrigação subsuperficial com proteção da Casca de Arroz (D), em 6 datas de avaliação. Santa Maria, 2008-2009.**

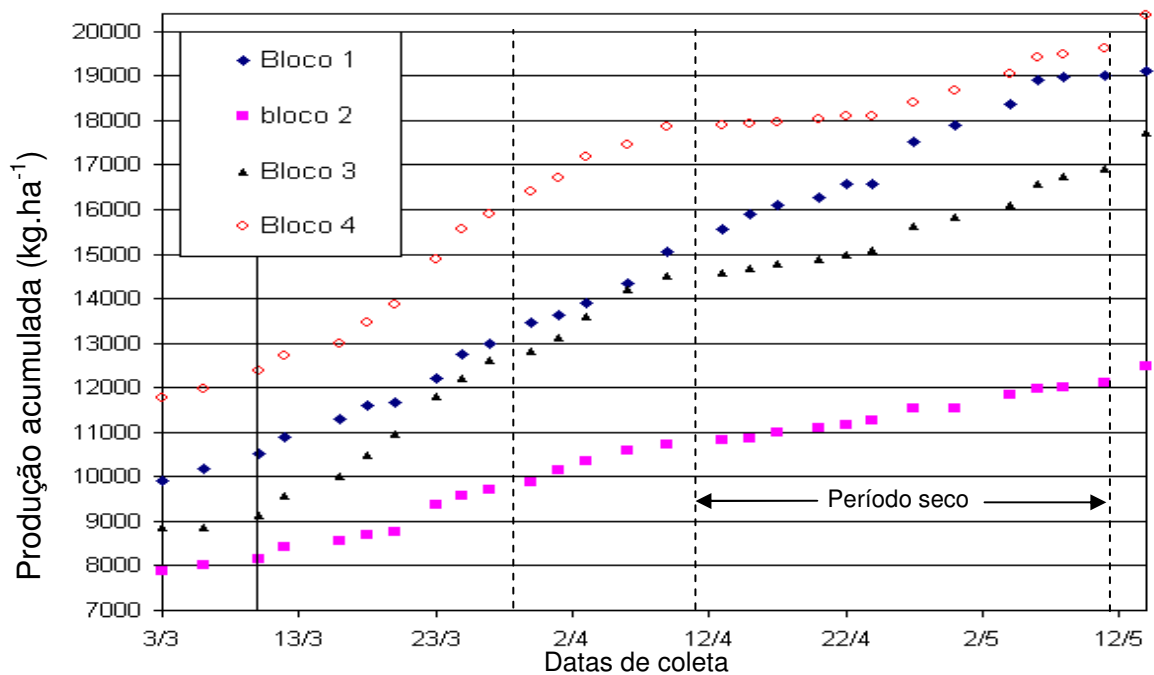
BLOCO	Planta	Datas de Avaliações						Média * Após Chuvas Excessiva	Média ** Ponderada Período Precipitação Insuficiente
		05/jan	13/jan	21/jan	10/mar	07/abr	11/mai		
01	9	0,625	1,375	1,625	1,750	1,750	2,500	1,900	1,938
	10	1,000	1,000	1,000	1,375	1,750	2,500	1,825	1,938
Média		0,813	1,188	1,313	1,563	1,750	2,500		
02	11	1,667	0,833	1,000	1,167	1,667	1,833	1,600	1,708
	12	1,125	2,125	2,250	3,125	3,625	3,375	3,475	3,563
Média		1,396	1,479	1,625	2,146	2,646	2,604		
03	26	1,125	2,125	1,000	0,625	1,625	2,500	1,600	1,844
	27	1,625	0,875	0,875	1,375	1,625	2,250	1,475	1,781
Média		1,375	1,500	0,938	1,000	1,625	2,375		
04	35	1,500	0,375	0,750	0,875	1,125	1,625	1,175	1,250
	36	0,875	1,000	0,750	1,250	1,125	1,750	1,275	1,281
Média		1,188	0,688	0,750	1,063	1,125	1,688		

\* Média após chuvas excessivas ((méd (10/03)x1+méd (07/04)x3+méd (11/05)x1)/5)

\*\* Média ponderada no período com precipitação insuficiente ((méd (07/04)x3+méd (11/05)x1)/4)

Na Figura 13 verifica-se que a produção durante o período com precipitação insuficiente (08/04 a 11/05/2009) foi diferente nos quatro blocos do tratamento D (emissores subsuperficiais protegidos com casca de arroz). No bloco 01 as plantas continuaram produzindo frutos na mesma quantidade que nas colheitas anteriores (cerca de  $122 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ), enquanto que nos demais blocos a produção diminuiu, verificando-se um aumento muito pequeno da produção acumulada.





**FIGURA 13 – Produção acumulada de figos por bloco durante no período com precipitação (08/04 a 08/05). Santa Maria, 2008-2009.**

Diante dos resultados demonstrados na Figura 13, é possível inferir que exista diferença de resposta de produção de frutos em relação a valores similares de índice de intrusão radicular (IIR), o que levou a realização de análise de regressão entre IIR dos tratamentos e a produção no período (Figura 14a) e entre o IIR e a produção de cada planta do tratamento D.

Nessa análise considerou-se que, para os tratamentos com irrigação superficial (B e C) e com irrigação subsuperficial com emissores protegidos com garrafa PET (E), um fator de IIR igual a zero, para o tratamento sem irrigação assumiu-se IIR máximo, equivalente a 4,0 (sem irrigação corresponde a emissores completamente obstruídos) e para o tratamento D, o valor médio de IIR nos emissores das oito plantas (IRR=1,913). Verifica-se que a resposta média em redução de produção durante o período com precipitação insuficiente dos tratamentos que receberam menos água (A e D) em relação aos tratamentos plenamente irrigados, apresentou uma tendência da ordem de  $439,3 \text{ kg IIR}^{-1}$ , conforme expressa o parâmetro angular da regressão linear (Figura 14a). Embora essa informação não apresente alta consistência estatística ( $R^2 = 0,525$ ) é pelo menos um indicativo de que a intrusão radicular pode reduzir a produtividade de figueira sob irrigação subsuperficial em períodos com precipitação insuficiente

prolongados.

A relação entre o IIR e a produção em cada planta, durante o período com precipitação insuficiente também apresentou essa tendência (Figura 14b), embora a precisão dessa relação seja muito baixa ( $R^2 = 0,131$ ), principalmente por que as duas plantas do bloco um (01) apresentaram produção compatível com a produção dos tratamentos irrigados, embora apresentassem IIR próximo a 2,0.

Esse resultado pode ser decorrente de erro experimental de diferentes causas (fluxo preferencial de água na tubulação, diferença de pressão, compensada pelo desnível do terreno na direção do bloco 01, maior emissão de água remanescente na tubulação após fechamento do registro geral nos gotejadores no bloco 01 devido sua localização em menor cota altimétrica da área experimental, além do fato das plantas do tratamento D do bloco 01 estar localizadas próximas a única válvula de exaustão de ar, entre outros).

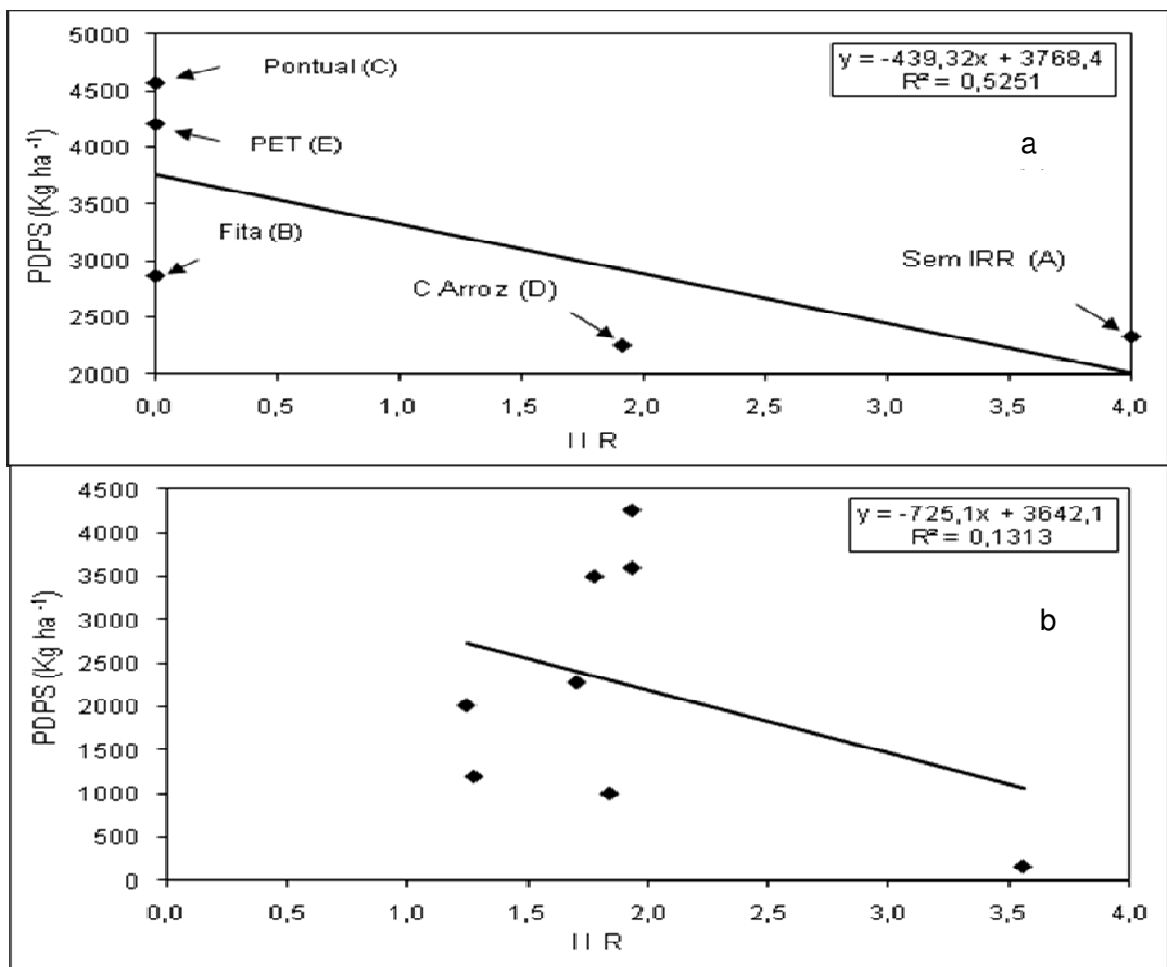


FIGURA 14 – Relação entre a produção acumulada de figos por bloco durante o período com precipitação insuficiente (08/04 a 08/05) e o índice de intrusão radicular (IIR) médio por tratamento (a), e por planta no tratamento D (b). Santa Maria, 2008-2009.

### 4.3 Produção da figueira

A discussão e interpretação analítica dos resultados de produção das plantas de figueira, como número de frutos por planta, diâmetro médio de frutos, peso médio de frutos e produtividade das plantas de figueira submetidas aos tratamentos de irrigação superficial e subsuperficial com proteção de casca de arroz e espaço aéreo protegido por garrafa PET ao processo de introdução radicular, são apresentados respectivamente na sequência a seguir.

#### 4.3.1 Número de frutos por planta

Na Tabela 7, observa-se que não houve efeito significativo das causas de variação blocos e tratamento, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Para a causa de variação blocos, esse resultado indica que em um próximo experimento nas mesmas condições poderia ser utilizado o delineamento inteiramente casualizado.

Para a causa de variação tratamento o resultado indica que não existe diferença entre as formas de irrigação para a variável número médio de frutos considerando todo o período de colheita e apenas o período com precipitação insuficiente.

**TABELA 7 – Análise de variância para a variável, número médio de frutos por planta e por coleta (NMFC) no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação<sup>1</sup>, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Causa de variação	Graus de liberdade	Subperíodo completo de colheita		Período com precipitação insuficiente	
		Soma de quadrado	Quadrado médio	Soma de quadrado	Quadrado médio
Bloco	3	1,40	0,47 <sup>ns</sup>	2.52	0.84 <sup>ns</sup>
Forma de irrigação	4	3,77	0,94 <sup>ns</sup>	4.85	1.21 <sup>ns</sup>
Erro	12	8,73	0,72	7.32	0.61
Total	19	13,91	-	14.68	
Média Geral		4,32		2,83	
CV (%)		19,77		27.57	

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); <sup>ns</sup>: Não significativo pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

As formas de irrigação não apresentaram diferenças significativas de NMFC entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade de erro.

Considerando a coleta de frutos durante todo o subperíodo de colheita, houve tendência de ocorrer um número não significativa maior de frutos por planta quando da utilização do gotejador superficial (C) e gradativamente menor nos tratamentos em que as plantas foram submetidas a irrigação subsuperficial com gotejadores protegidos com casca de arroz (D), a irrigação por fita gotejadora (B) e por irrigação com os gotejadores subsuperficiais protegidos com a garrafa plástica (PET), ou seja, tratamento (E).

O menor número de frutos planta<sup>-1</sup> foi obtido no tratamento sem irrigação (A), apesar de não diferir estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% dos demais. O número médio de frutos colhidos pode não ter sido afetado no tratamento D em função de que a maioria dos figos já estarem em formação quando iniciou o período com chuvas insuficientes ou porque a restrição hídrica imposta pela diminuição da vazão dos emissores, devido a intrusão radicular, não foi drástica o suficiente para afetar o NMFC.

Considerando apenas o período com precipitação insuficiente, em que as diferenças entre os tratamentos irrigados e os com restrição hídrica deveriam se

destacar, observou-se a mesma tendência não significativa, porém apenas a alteração da ordem do tratamento D, que trocou de posição de ordem com o tratamento E, sendo muito mais similar ao tratamento sem Irrigação.

Outro fator que pode ter contribuído para essa homogeneidade entre os tratamentos é o fato de que na véspera do início das colheitas de frutos (em 08/01/2009), ocorreu granizo na área experimental das figueiras. Houve redução drástica de área foliar, de até em torno de 70%, e lesões nos frutos, como resultado das injúrias causadas por granizo, as quais desencadearam a maturação precoce de um número acentuado de frutos persistentes nos ramos, proporcionando na primeira colheita uma coleta média de 27 frutos por planta.

Assim, posterior a essa adversidade, pode ter ocorrido um maior nivelamento entre os tratamentos em termos de número de frutos colhidos por planta e provavelmente no subperíodo de colheita como um todo (Tabela 8).

**TABELA 8 – Número médio de frutos por planta e por coleta (NMFC) no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras, conduzido sob diferentes forma de irrigação no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

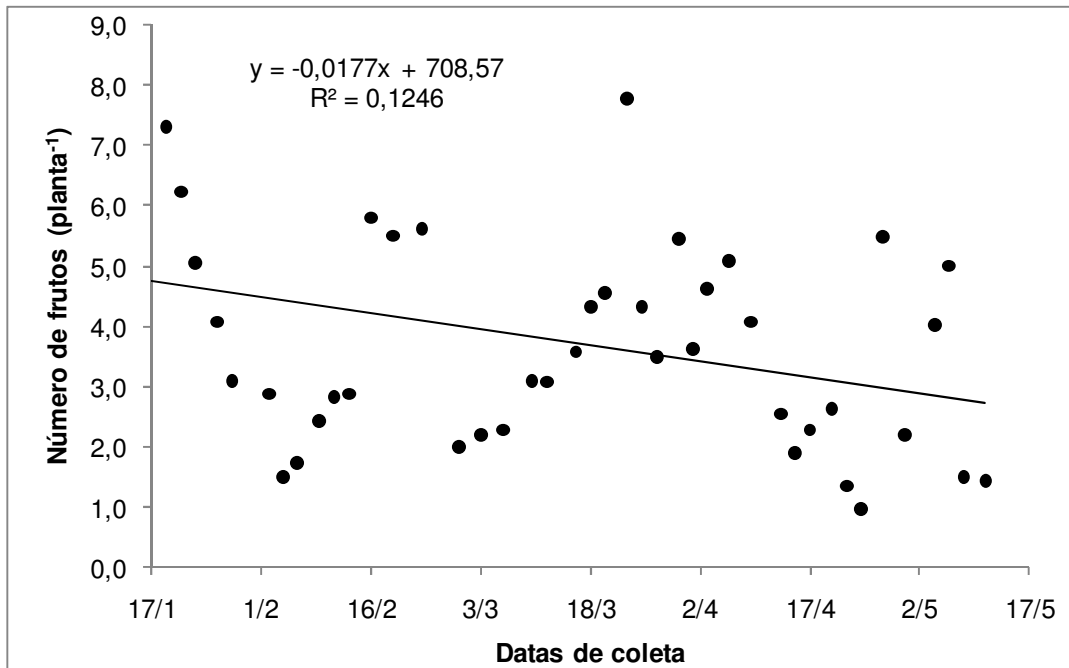
Tratamentos (formas de irrigação) <sup>1</sup>	NMFC	
	Subperíodo completo de colheita	Período com precipitação insuficiente
Gotejador superficial (C)	5,02 a*	3.58 a
Gotejador subsuperficial (casca de arroz - D)	4,41 a	2.57 a
Fita gotejadora (B)	4,39 a	2.68 a
Gotejador subsuperficial (PET) (E)	4,09 a	3.17 a
Sem irrigação (A)	3,67 a	2.16 a

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); \* Médias não seguidas por mesma letra, diferem significativamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro

Na segunda colheita o número de frutos por planta diminuiu para cerca de um terço (9,5). Posteriormente às colheitas de frutos maturados precocemente devido as injurias, as médias de número de frutos por planta por colheita, oscilaram entre 5 a 10 frutos, com variabilidade entre coletas e entre plantas.

Na Figura 15 observa-se que o número médio de frutos por planta em cada

coleta (NMFC) apresentou tendência de decréscimo ao longo do subperíodo de colheita, havendo apenas um pico de produção no início das coletas e um na data de 20 de março, colhendo-se menos de seis frutos por planta por coleta nas demais datas.



**FIGURA 15 – Número médio de frutos por coleta por planta em 46 diferentes datas de coleta, durante o subperíodo de colheita, em um experimento com figueiras sob diferentes formas de irrigação. Santa Maria, 2008-2009.**

#### 4.3.2 Diâmetro médio de frutos

Na Tabela 9, observa-se que não houve efeito significativo das causas de variação blocos e tratamentos (formas de irrigação), em nível de 5% de probabilidade de erro, tanto para todo o subperíodo de colheita, quanto para os frutos colhidos apenas no período com precipitação insuficiente.

Para a causa de variação blocos, esse resultado também mostra que em um próximo experimento nas mesmas condições poderia ser utilizado o delineamento inteiramente casualizado para essa variável.

Para a causa de variação tratamentos, os resultados indicam que não existe diferença significativa entre as formas de irrigação para a variável diâmetro médio de frutos.

**TABELA 9 – Análise de variância para a variável, diâmetro médio de frutos por coleta (mm) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação<sup>1</sup>, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Causa de variação	Graus de liberdade	Subperíodo completo de colheita		Período com precipitação insuficiente	
		Soma de quadrado	Quadrado médio	Soma de quadrado	Quadrado médio
Bloco	3	3,72	1,24 <sup>ns</sup>	116.15	38.71 <sup>ns</sup>
Forma de irrigação	4	18,03	4,51 <sup>ns</sup>	140.30	35.07 <sup>ns</sup>
Erro	10	53,31	5,33	250.55	20.87
Total	17	75,06	-	506,55	-
Média Geral		38,40		35.65	
CV (%)		5,82		12,81	

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); <sup>ns</sup>: Não significativo pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

No entanto, em valores numéricos, o maior diâmetro médio de frutos foi observado com a utilização da irrigação com a fita gotejadora (B), sendo que essa não diferiu significativamente das irrigadas com gotejadores superficiais (C), com gotejadores subsuperficiais com a proteção da garrafa (E) e com a irrigação subsuperficial com proteção dos emissores por casca de arroz (D) e no tratamento sem irrigação (A), pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro (Tabela 10). O menor valor de diâmetro médio de frutos foi observado no tratamento sem irrigação (A), o qual não diferiu significativamente de todas as formas de irrigação.

Os resultados apresentados de diâmetro médio de frutos ratificam os resultados da análise do número de frutos, com o tratamento A (sem irrigação), apresentando diâmetros menores, porém sem diferença significativa. Pequenas variações de diâmetro podem estar associadas ao stress hídrico (McEACHERN, 1996), tal como poderia acontecer com o número de frutos. No entanto, os atuais resultados não permitem caracterizar claramente esse efeito.

**TABELA 10 – Diâmetro médio de frutos (DMF) (mm) medido durante o subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Tratamentos (formas de irrigação) <sup>1</sup>	DMF (mm)	
	Subperíodo completo de colheita	Período com precipitação insuficiente
Fita gotejadora (B)	40,37 a*	35.00 a
Gotejador superficial (C)	40,23 a	38.75 a
Gotejador subsuperficial (PET - E)	40,20 a	38.75 a
Gotejador subsuperficial (casca de arroz -D)	39,49 a	33.00 a
Sem irrigação (A)	37,51 a	32.75 a

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); \* Médias não seguidas por mesma letra, diferem significativamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Todos os resultados de produção das figueiras do experimento provavelmente foram afetados em algum grau sem o devido dimensionamento em face da ocorrência do granizo quatro dias antes do início das colheitas. No entanto, é possível inferir que as injúrias e os danos foram homogêneos em toda a área experimental e devido a redução drástica da área foliar tenderam a homogeneizar o experimento, o que possivelmente contribuiu para amenizar as diferenças entre os tratamentos. É possível que diferenças maiores entre os tratamentos fossem observadas, caso não houvesse a ocorrência do granizo, pois a redução drástica da área foliar, provavelmente reduziu a evapotranspiração das plantas (quanto menor área foliar, menor transpiração das culturas). Nesse caso, sob área foliar reduzida, o aumento gradativo do estresse hídrico pode ter sido mais lento, devido à extração mais lenta da reserva de umidade (água) do solo nos períodos de ausência de precipitação (ALLEN et al., 1998), o que pode ter atenuado o efeito da redução da disponibilidade de água no solo sobre os componentes de rendimento de frutos das figueiras nos tratamentos com possível restrição hídrica (A e D) no período com precipitação insuficiente.



#### 4.3.3 Peso médio dos frutos

Na Tabela 11, observa-se que não houve efeito significativo das causas de variação blocos e tratamento (forma de irrigação), em nível de 5% de probabilidade de erro, sobre o peso médio dos frutos, tanto nos frutos colhidos em todo o subperíodo da colheita, quanto nos frutos colhidos apenas durante o período com precipitação insuficiente.

Para a causa de variação tratamento, o resultado indica que não ocorreu diferença entre as formas de irrigação para a variável peso médio de frutos (Tabela 11).

**TABELA 11 – Análise de variância para a variável, peso médio dos frutos (PMF) (g) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação<sup>1</sup>, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Causa de variação	Graus de liberdade	Ciclo Completo Colheita		Período com precipitação insuficiente	
		Soma de quadrado	Quadrado médio	Soma de quadrado	Quadrado médio
Bloco	3	42,42	14,14 <sup>ns</sup>	170.95	56.98 <sup>ns</sup>
Forma de irrigação	4	51,19	12,79 <sup>ns</sup>	105.80	26.45 <sup>ns</sup>
Erro	11	90,21	8,20	185.80	121,21
Total	18	1,83	-	462.55	-
Média Geral		36,68		32.65	
Coeficiente de variação		7,67		12,05	

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); <sup>ns</sup>: Não significativo pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 12, observa-se que o maior peso médio de frutos foi observado com a utilização de gotejador superficial (C), sendo que essa não diferiu significativamente das formas de irrigação por fita gotejadora (B), irrigação subsuperficial com garrafa pet (E) e irrigação subsuperficial com casca de arroz (D), pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. O menor peso médio de frutos, embora não significativo, foi observado no tratamento sem irrigação (A) e

com média mais próxima, a do tratamento com irrigação subsuperficial com proteção da casca de arroz (D).

Os resultados permitem inferir que existe associação entre a maior redução de diâmetro e peso de frutos por planta nos dois tratamentos com possível restrição hídrica no período com precipitação insuficiente (A e D). Possivelmente esses resultados também estejam associados a um menor crescimento vegetativo, em face da redução do índice de área foliar decorrente do possível redução nas vazões das irrigações, o que ocasionaria estresse hídrico semelhante ao tratamento A (sem irrigação) (Tabela 12).

**TABELA 12 – Peso médio dos frutos (PMF) (g) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Tratamentos (formas de irrigação) <sup>1</sup>	PMF (g)	
	Subperíodo completo de colheita	Período com precipitação insuficiente
Gotejador superficial (C)	38,69 a*	35.50 a
Fita gotejadora (B)	38,63 a	32.50 a
Gotejador subsuperficial (PET) (E)	38,41 a	35,00 a
Gotejador subsup.(casca de arroz) (D)	35,54 a	30.25 a
Sem irrigação (A)	34,67 a	30.00 a

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); \*Médias não seguidas por mesma letra, diferem significativamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Verifica-se uma tendência lógica seguida a partir da análise do diâmetro de frutos, porém no tratamento A (sem irrigação) os resultados seguiram dentro da situação típica de estresse por deficiência hídrica imposta nos últimos 40 dias do experimento do período produtivo da figueira. Isso provavelmente decorreu da baixa precipitação pluviométrica registrada a partir de meados de março e da sua má distribuição no tempo, com precipitações intensas, porém de curta duração. Também é observado, que não são muito distintos os resultados dos Tratamentos sem irrigação (A) e do Tratamento D (irrigação subsuperficial com proteção dos emissores com casca de arroz), evidenciando tendência de redução do tamanho dos frutos por provável deficiência hídrica face ao índice de intrusão radicular observado.

#### 4.3.4 Peso de frutos por planta por coleta

Na Tabela 13, observa-se que não houve efeito significativo da causa de variação bloco, em nível de 5% de probabilidade de erro, o que indica em um próximo experimento nas mesmas condições poderia ser utilizado o delineamento inteiramente casualizado para a variável peso de frutos colhidos por planta por coleta.

O efeito de tratamento (formas de irrigação) foi significativo quando se analisou os dados de todo o período experimental, em nível de 5% de probabilidade de erro, ou seja, existe diferença entre as formas de irrigação para o variável peso de frutos colhidos por planta por coleta. No entanto, isso não foi verificado com os frutos colhidos apenas durante o período com precipitação insuficiente (Tabela 13).

**TABELA 13 – Análise de variância para a variável, peso de frutos por planta e por coleta (PFPC) (kg) medido no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação<sup>1</sup>, no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Causa de variação	Graus de liberdade	Subperíodo completo de colheita		Período com precipitação insuficiente	
		Soma de quadrado	Quadrado médio	Soma de quadrado	Quadrado médio
Bloco	3	0,004	0,001 <sup>ns</sup>	0.007	0.002 <sup>ns</sup>
Forma de irrigação	4	0,010	0,002*	0.016	0.004 <sup>ns</sup>
Erro	12	0,009	0,000	0.019	0.002
Total	19	3,27		0.04	
Média Geral		0,19		0.13	
Coeficiente de variação		14,52		30.59	

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); \* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup>: Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro

Considerando todo o subperíodo de colheita, o maior peso de frutos por planta por coleta foi observado com a utilização da forma de irrigação C, sendo que essa, pela ordem, não diferiu significativamente das formas E, B e D pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro. O menor peso de frutos por planta

por coleta foi observado nas plantas não irrigadas (Tratamento A), a qual diferiu significativamente apenas da forma de irrigação C (Tabela 14).

A análise das diferentes variáveis em relação aos cinco tratamentos relativos às formas de irrigação mostrou no geral uma mesma tendência de valores menores para o tratamento sem irrigação e em segundo plano para o tratamento com irrigação subsuperficial com emissores protegidos por casca de arroz. Porém, para esse último tratamento geralmente não é significativo em relação aos demais tratamentos com irrigação, isto é, os tratamentos irrigados não apresentaram grandes diferenças entre si.

Na avaliação global dos resultados de produção de frutos por planta por coleta, se destacaram os tratamentos C (irrigação superficial, com emissores unitários, distribuídos ao redor da planta) e o tratamento E (irrigação subsuperficial pontual, com uso de proteção das garrafas PET). Assim ficam evidenciados os bons resultados obtidos com essas duas formas de instalação de equipamentos a campo, e a possibilidade de serem alternativas técnicas satisfatórias de irrigação por gotejamento por emissores unitários, seja em nível de superfície ou em irrigação subsuperficial.

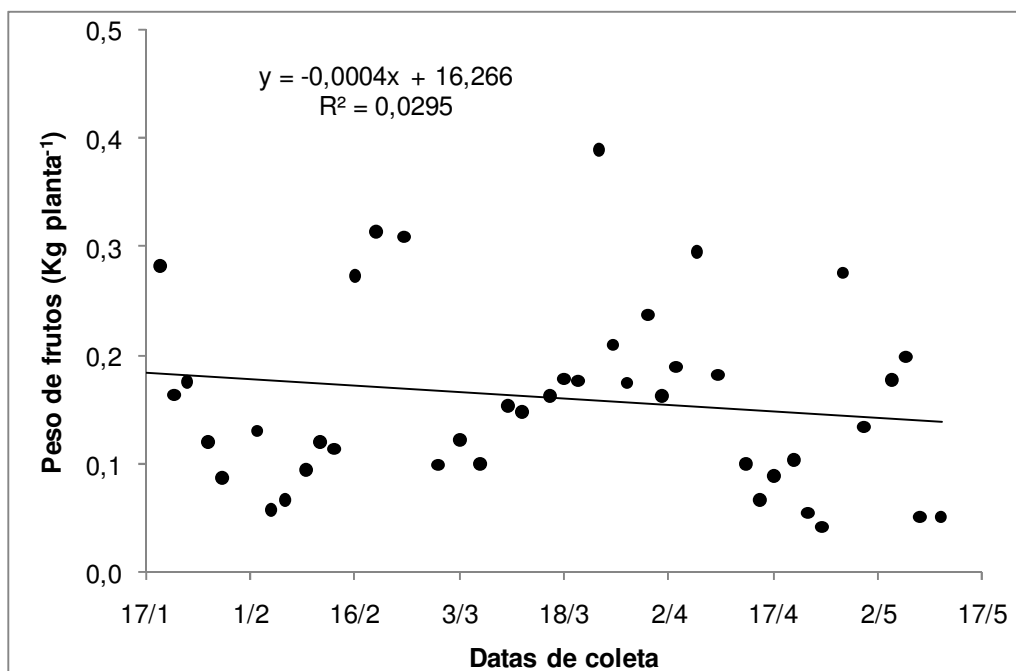
**TABELA 14 – Peso de frutos por planta e por coleta (PFPC) medido no subperíodo completo de colheita e apenas no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Tratamentos (formas de irrigação) <sup>1</sup>	PFPC (kg planta <sup>-1</sup> coleta <sup>-1</sup> )	
	Subperíodo completo de colheita	Período com precipitação insuficiente
Gotejador superficial (C)	0.2212 a*	0.1753 a
Gotejador subsuperficial (PET) (E)	0.1942 a b	0.1407 a
Fita gotejadora (B)	0.1896 b	0.1223 a
Gotejador subsuperficial (casca de arroz) (D)	0.1854 b	0.1123 a
Sem irrigação (A)	0.1502 b	0.0915 a

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); \*Médias não seguidas por mesma letra, diferem significativamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Na Figura 16 observa-se que o peso de frutos colhidos por planta em cada

coleta considerando todos tratamentos não apresentou tendência de diminuição ou aumento ao longo do subperíodo de colheita. A partir de 17 de janeiro seu valor manteve-se entre 50 e 400 g por coleta por planta. Esse desempenho é semelhante ao apresentado pela variável número de frutos por planta.



**FIGURA 16** – Peso de frutos colhidos por planta em diferentes datas de coleta, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação. Santa Maria, 2008-2009.

#### 4.3.5 Produtividade de frutos por área

Não houve diferença significativa entre as formas de irrigação pelo teste F (Tabela 15), em nível de 5% de probabilidade de erro, para a variável produtividade (kg ha<sup>-1</sup>) obtida durante o período com precipitação insuficiente. Nesse caso (diferença não significativa entre pelo menos um contraste de médias de tratamentos, pelo teste F), não há necessidade de aplicação de um teste de comparação múltipla de médias. Porém, como o teste de Tukey, não exige a prévia realização do teste F, para a sua aplicação (STORCK et al., 2004), foi aplicado o teste de Tukey para comparação das produtividades nas diferentes formas de irrigação.

**TABELA 15 – Análise de variância para a variável produtividade de frutos medido no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com plantas de figueira conduzido sob diferentes formas de irrigação<sup>1</sup> no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições. Santa Maria, 2008-2009.**

Causa de variação	Graus de liberdade	Subperíodo completo de colheita		Período com precipitação insuficiente	
		Soma de quadrado	Quadrado médio	Soma de quadrado	Quadrado médio
Bloco	3	20620510.4	6873503.5 <sup>ns</sup>	5228243.2	1742747.7 <sup>ns</sup>
Tratamento	4	85445033.4	21361258.4*	12463966.6	3115991.6 <sup>ns</sup>
Erro	12	90559635.1	7546636.6	14551197.4	1212599.8
Total	19	19662519.0		32243407.2	
Média Geral		17176.17		3599.17	
CV (%)		15.99..		30.60	

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); \* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup>: Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro (ANOVA).

Considerando os frutos coletados ao longo de todo subperíodo de colheita, a maior produtividade foi observada com a utilização da forma de irrigação C, sendo que essa não diferiu significativamente das formas B, E e D de irrigação pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro (Tabela 16). A menor produtividade por hectare foi observada quando não foi feita irrigação (Tratamento A), a qual também não diferiu significativamente das formas de irrigação B, E e D.

A forma de irrigação C foi realizada com os emissores distribuídos superficialmente ao redor do tronco das plantas de figueira, detalhe que pode ter proporcionado melhor distribuição espacial de raízes e exploração da água e nutrientes na área de domínio da planta e, conseqüentemente, resultado na tendência de melhor produção, porém só diferindo significativamente do tratamento sem irrigação (Tabela 16).

**TABELA 16 – Produtividade de frutos medida no subperíodo completo de colheita e no período com precipitação insuficiente, em um experimento com figueiras conduzido sob diferentes formas de irrigação no delineamento blocos ao acaso com quatro repetições, no ano agrícola 2008/2009 em Santa Maria-RS. Santa Maria, 2008-2009.**

Tratamentos (formas de irrigação) <sup>1</sup>	Médias de produtividade de frutos (kg ha <sup>-1</sup> )	
	Subperíodo completo de colheita	Período com precipitação insuficiente
Gotejador superficial (C)	20286,45 a*	4905.40 a1
Fita gotejadora (B)	17533,10 ab	3428.30 a3
Gotejador subsuperficial (PET) (E)	17238,00 ab	3944.05 a2
Gotejador subsuperf. (casca de arroz)	17044,00 ab	3147.20 a4
Sem irrigação (A)	13779,30 b	2570.90 a5

<sup>1</sup> Sem irrigação (A); irrigação superficial com fita gotejadora (B); irrigação superficial com emissores unitários e distribuição pontual ao redor da planta (C); irrigação subsuperficial em covas com distribuição pontual ao redor da planta, com emissores unitários protegidos com casca de arroz (D) e com emissores unitários protegidos com garrafa PET (E); \*Médias não seguidas por mesma letra, diferem significativamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Durante o período com precipitação insuficiente também houve tendência de ocorrer maior produtividade de frutos (kg ha<sup>-1</sup>) nas plantas submetidas ao Tratamento C seguido pelos tratamentos E, B e D com produtividades semelhantes e pelo tratamento sem irrigação (A). O as plantas do tratamento sem irrigação produziram 18 % a menos que as plantas do tratamento D, em que houve intrusão radicular nos emissores, e 25 % a menos que as plantas do tratamento B, que foi o tratamento que menos produziu dentre os três que não tiveram restrição de irrigação durante o período com precipitação insuficiente (Tabela 16). Mesmo assim, ao contrário do esperado, não houve diferença significativa de produtividade de frutos entre os diferentes tratamentos durante o período com precipitação insuficiente.

No entanto, as tendências dos resultados referentes aos componentes de rendimento e à produtividade em si permitem projetar a irrigação pontual como uma das técnicas a ser preferida para a irrigação dos pomares, qualquer que seja a forma de irrigação, desde que o problema da intrusão radicular seja contornado. Observou-se que quase todas as variáveis respostas, tiveram comportamentos semelhantes diante dos tratamentos executados. É possível que na mesma área experimental sob períodos mais drásticos de déficit hídrico ocorram diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes formas de irrigação. Também seria recomendável buscar um maior aprimoramento da precisão experimental, principalmente no que se refere em esclarecer se o número de plantas por parcela não teria de ser aumentado

e se uma avaliação mais rigorosa da variabilidade das propriedades físicas e químicas do solo se faz necessária. De qualquer forma, a ausência de condições adversas, tais como as injúrias por granizo ocorridas no atual experimento, também pode levar a obtenção resultados mais diferenciados entre os tratamentos aplicados.

Nas Tabelas 7, 9, 11, 13 e 15, observa-se que o coeficiente de variação (CV) de todos os componentes de produção foi alto (GOMES, 1990). Nóbrega (2008), em trabalho com 10 genótipos de mamoneira observou para variáveis produtivas, valores de CV entre 4,04% para a variável “dias para o florescimento”, até 28,5% para a variável rendimento. É referenciado ainda por Nobrega (2008), que na maioria das culturas, os coeficientes de variação para variáveis relativas a produção são elevados devido a grande influência ambiental sobre essas variáveis.

Considerando todas as variáveis analisadas, pode-se inferir que a insuficiência de suprimento hídrico durante o período de colheita tende a afetar mais o tamanho dos frutos, sendo o número de frutos afetado apenas em parte, pelo menos sob condições similares às ocorridas no período final desse experimento, em que o estresse, embora prolongado, não possa ser classificado como severo. A afirmação de McEachern (1996), de que sob estresse hídrico ocorre queda de frutos, permite inferir que, primeiramente a produtividade pode ser afetada pela qualidade dos frutos, pois tendem a apresentar menor tamanho, o que pode desclassificar um maior número de frutos para o comércio “in natura”. No entanto, no atual trabalho não houve a classificação dos frutos em comerciais e não comerciais com base no diâmetro apresentado.

#### 4.4 Massa seca de raízes

Os resultados da massa seca de raízes foram primeiramente analisados separadamente, por camadas individuais de 10 cm, conforme haviam sido coletadas a campo. Por fim, são apresentados também os resultados da análise da soma da massa seca das raízes feita para toda profundidade coletada (0 a 40 cm).

Nas Tabelas 17 e 18 pode ser observado que não houve diferença significativa de massa seca de raízes entre as diferentes formas de irrigação em qualquer uma das profundidades avaliadas, isto é, a massa seca de raízes da



figueira não foi afetada pelas diferentes formas de irrigação em todas as profundidades estudadas, seja em análise separada por camadas (Tabela 17), seja em análise única para a massa seca presente em toda camada de solo de 0 a 40 cm de profundidade (Tabela 18). Observa-se também que não houve diferença significativa entre blocos para qualquer das camadas de solo analisadas em separado (Tabela 17) e também para a camada completa de zero a 40 cm de profundidade (Tabela 18). Esse resultado permite inferir que em experimentos futuros para a avaliação de distribuição de raízes em função de diferentes formas de irrigação poderia ser utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado.

Os valores médios de concentração de massa seca de raízes na camada superficial dos primeiros 20 cm de solo (Tabela 17) foram próximos ao dobro dos valores médios observados nas camadas de solo de 20 a 30 cm (28,43 g em 16000 cm<sup>3</sup> de solo) e de 30 a 40 cm de profundidade (27,77 g em 16000 cm<sup>3</sup> de solo), seguindo a tendência observada com outra. Houve apenas uma pequena redução da concentração de raízes na camada de 10 a 20 cm ( $\approx$  9%) em relação a camada de zero a 10 cm de profundidade, porém nas camadas de solo mais profundo (20 a 30 cm e de 30 a 40 cm) a redução de concentração de raízes foi expressiva em relação as camadas de solo mais próximas da superfície (Tabela 17).

Os coeficientes de variação para a massa seca de raízes nas quatro diferentes camadas variaram de 8,30% na camada de zero a 10 cm de profundidade, para cerca de 19% nas camadas 20 a 30 cm e de 30 a 40 cm, até 25,48% na camada de 10 a 20 cm de profundidade, mostrando haver variabilidade de precisão experimental em função da camada de solo avaliada. Embora, conforme Gomes (1990), os coeficientes de variação obtidos possam ser classificados como baixo (8,30% para 0-10 cm e 8,45% para 0-40 cm), médio (19,37 e 19,51) e alto (25,48), ressalta-se que a concentração de raízes é uma variável que geralmente apresenta grande variabilidade espacial e assim pode ser assumido que os valores dos coeficientes de variação obtidos indicam boa precisão experimental (GOMES, 1990).

**TABELA 17 – Análise de variância para a variável massa seca de raízes (g de raízes em 16000 cm<sup>3</sup> de solo) nas camadas de solo das profundidades 0 a 10 , 10 a 20, 20 a 30 e 30 a 40 cm, de figueiras sob diferentes formas de irrigação, de um experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso. Santa Maria, 2008-2009.**

Causa de variação	GL	Profundidade de 0 a 10 cm		Profundidade de 10 a 20 cm		Profundidade de 20 a 30 cm		Profundidade de 30 a 40 cm	
		SQ	QM	SQ	QM	SQ	QM	SQ	QM
Bloco	3	1,53	0,51 <sup>ns</sup>	2,73	0,91 <sup>ns</sup>	1,95	0,65 <sup>ns</sup>	0,71	0,24 <sup>ns</sup>
Forma de irrigação	4	0,81	0,20 <sup>ns</sup>	4,68	1,17 <sup>ns</sup>	1,63	0,41 <sup>ns</sup>	1,75	0,44 <sup>ns</sup>
Erro	12	1,25	0,10	9,62	0,80	4,44	0,37	4,49	0,37
Total	19	3,60	-	17,03	-	8,01	-	6,96	-
Média Geral		53,79		49,33		28,43		27,77	
Coeficiente de variação (%)		8,30		25,48		19,37		19,51	

GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

**TABELA 18 – Análise de variância para a variável massa seca de raízes (g de raízes em 64000 cm<sup>3</sup> de solo) na profundidade 0 a 40 cm, em figueiras sob diferentes formas de irrigação em um experimento conduzido no delineamento blocos ao acaso. Santa Maria, 2008-2009.**

Causa de variação	Graus de liberdade	Soma de quadrado	Quadrado médio
Bloco	3	1,13	0,38 <sup>ns</sup>
Forma de irrigação	4	0,91	0,23 <sup>ns</sup>
Erro	12	2,11	0,18
Total	19	4,15	-
Média Geral		159,33	
Coeficiente de variação (%)		8,45	

<sup>ns</sup>: Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Diante dos resultados obtidos na análise de variância e sabendo que a fita gotejadora irrigava o solo apenas em um lado da planta, aplicou-se o “*Teste t*”, no caso para duas amostras presumindo variâncias equivalentes entre parcelas irrigadas (do lado da fita gotejadora) e não irrigadas (lado oposto da planta ao da fita gotejadora). Mesmo assim, observou-se que não houve diferença significativa da massa seca de raízes em nenhuma profundidade entre as duas situações de irrigação (com e sem irrigação) pelo “*Teste t para duas amostras presumindo variâncias equivalentes*”, em nível de 5% de probabilidade de erro (Tabela 19).

**TABELA 19 – Massa seca de raiz de figueira (g) de dois pontos de amostragem (lado com irrigação por fita gotejadora e lado sem irrigação), retiradas em diferentes profundidades, no tratamento de irrigação com fita gotejadora. Santa Maria, 2008-2009.**

Massa seca de raízes	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm	0 - 40 cm
Média no lado sem irrigação	63,2 a	41,0 a	27,7 a	22,17 a	154,1 a
Média no lado com irrigação	45,9 a*	27,4 a	13,6 a	20,07 a	106,9 a
Variância com irrigação	665,1	474,9	273,0	285,9	3847,8
Variância sem irrigação	578,8	483,0	599,12	295,10	4135,3
Stat t	-1,39	-1,24	-1,35	-0,25	-1,49
P(T ≤ t) bi-caudal	0,19	0,23	0,20	0,81	0,16
t crítico bi-caudal	2,14	2,14	2,14	2,14	2,14
Decisão	ns	ns	ns	ns	ns

<sup>ns</sup>: Não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. \*Médias não seguidas por mesma letra, na coluna, diferem significativamente pelo “*Teste t* para duas amostras considerando variâncias equivalentes”, em nível de 5% de probabilidade de erro.

Embora os dados não apresentem diferença significativa, observa-se tendência de ocorrer maior valor, do lado oposto da colocação da fita gotejadora (Tabela 19), ou seja, a 40 cm da colocação da fita gotejadora, a 20 cm do caule da planta de figueira, lado oposto a localização da fita. Esse resultado poderia ser explicado pelas observações anteriores de Mead (2010), que constataram que as raízes não se direcionam a solos saturados, observação comum junto à fita, nesse experimento, onde o tratamento foi a fita gotejadora. Esse fato também foi observado anteriormente por Resende et al. (2004), que verificaram que o manejo da irrigação pode influenciar a probabilidade de ocorrer intrusão de raízes e que a umidade da irrigação, influencia o ambiente imediatamente adjacente ao emissor. Observaram ainda, que a alta frequência de irrigação, mantém o solo adjacente ao emissor próximo a saturação e assim, o avanço das raízes em direção ao orifício é estagnado. Nesse caso, no atual trabalho, poderia ser atribuído esse efeito ao local de instalação e de emissão de água pela fita gotejadora.

Ressalta-se a alta capacidade da espécie *Ficus carica* L. em emitir raízes em busca da água, desde que não haja excesso hídrico ao qual essa frutífera não é tolerante (McEachern, 1996). Déficit hídrico no solo associado a irrigação pontual oferecida por gotejadores cria uma condição que pode levar as plantas a direcionarem suas raízes em direção a fonte de água artificial (irrigação) (SCHAWANKL, 1996). Os atuais resultados, no entanto, não permitem definir qual foi o real efeito do(s) ponto(s) de emissão da água sobre a distribuição das raízes,

provavelmente por que houve déficit hídrico apenas nos últimos 40 dias do experimento e, portanto, esse tempo com diferença de concentração de água entre o lado irrigado e não irrigado não foi suficiente para desencadear diferenças na concentração de raízes.

Fora da área experimental, porém junto à área de bordadura desse experimento, observaram-se fatos, embora aleatoriamente, que contradizem a tendência dos resultados obtidos no experimento (Tabela 19), embora estes não apresentem diferença estatística. Observaram-se plantas adultas tombadas pelo vento (Figura 17a e 17b) devido às raízes estarem concentradas somente do lado onde foi instalada a fita gotejadora. Nas bordaduras do experimento, na área do pomar de figueiras, é usado o sistema tradicional (fita gotejadora) desde a implantação do sistema de irrigação por gotejamento (há quatro anos), estando os gotejadores sempre do mesmo lado das plantas. Assim, foi feita a avaliação da distribuição das raízes no entorno de uma planta tombada, e comprovou-se uma grande concentração de raízes próxima a fita gotejadora, havendo, portanto, direcionamento das raízes em direção a maior umidade do solo e/ou maior concentração de nutrientes. A provável explicação para esse fato é a de que nessa área de bordadura a irrigação é realizada sem o devido controle de volume, com possíveis sucessivas irrigações deficitárias (RESENDE et al., 2004).

Diante dos resultados obtidos e observações adicionais na área adjacente ao experimento, não ficou esclarecido como a forma de irrigação influencia a distribuição da massa seca de raízes da planta da figueira, principalmente em se tratando de um local com clima subtropical úmido sem estação seca definida, em que os períodos de deficiência hídrica são aleatórios e muitas vezes alternados por excessos hídricos (BURIOL et al., 1980; CARDOSO, 2005). Assim, são necessários estudos mais detalhados e aprofundados para uma descrição mais precisa do que acontece em termos de distribuição e massa seca de raízes nas condições de solo e clima da região central do Rio Grande do Sul.



**FIGURA 17 – Planta de figueira irrigada com fita gotejadora lateral, tombada pela ação do vento (a), raízes expostas da planta da figueira tombada pelo vento (b), junto área de bordadura do experimento. Santa Maria, 2008 -2009.**

## 5 CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos geral e específicos propostos e nas condições em que esta pesquisa foi realizada pode-se concluir que:

O uso da garrafa PET como protetor de emissores em irrigação subsuperficial impede sua obstrução pelo processo de intrusão radicular.

O uso da casca de arroz como protetor de emissores em irrigação subsuperficial é uma técnica inadequada para esse fim, propiciando condições favoráveis ao processo de intrusão radicular, que em geral é suficiente para comprometer significativamente a vazão dos emissores.

A intrusão radicular, decorrente do uso de casca de arroz em torno dos emissores em irrigação subsuperficial, pode afetar negativamente as variáveis resposta da planta da figueira, o que em períodos de insuficiência de precipitação não permite obter produtividade maior do que a obtida sem irrigação.

A falta de irrigação complementar no período com precipitação insuficiente durante o subperíodo da colheita dos frutos tende a diminuir o diâmetro e o peso médio dos frutos, o número de frutos colhidos por planta e, dependendo do tempo da falta de precipitação, pode diminuir a produção de frutos das figueiras.

A massa seca de raiz por planta não é influenciada significativamente em figueiras por nenhuma forma de irrigação, sendo similar aos valores encontrados em solo não irrigado em qualquer nível até 40 cm de profundidade do solo.

A irrigação por gotejamento superficial, distribuída pontualmente ao redor dos caules das plantas de figueira, não resulta em melhora de rendimento dessa cultura em as demais formas de irrigação utilizadas.

A hipótese de que a garrafa PET poderia proteger os emissores ao processo de intrusão radicular na irrigação subsuperficial foi confirmada, no entanto para a Casca de Arroz não, e...

As hipóteses de que, irrigação por gotejamento subsuperficial, protegidos pelas garrafas PET e casca de arroz e a irrigação pontual superficial, poderiam resultar em melhorias de rendimento da cultura da figueira não foram confirmadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, L. E. C. et al. Influência de diferentes períodos de estratificação, concentração de ácido indol-butírico e substratos no enraizamento de estacas de figueira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 307-314, jul./set.1996.

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO 1998 297 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ANDRADE, C. L. T. et al. **Viabilidade e manejo da irrigação da cultura do Milho.**, [Belo Horizonte, MG]: Ed 01, 2006. (EMBRAPA, CT, 85).

ANSHUTZ, J.D. Efficient and economical drip irrigation systems designer's considerations. In: ZOLDOSKE D.F.; MIYASAKI M.Y. **Microirrigations methods and materials update**. Fresno: California Agricultural Technology Institute, 1986. p.1-3.

ARAÚJO, F. et al. Um estudo comparativo das jovens "Thompson Seedless" videiras sob irrigação por sulco e gotejamento. I. Raiz e distribuição de água no solo. **Scientia Horticulturae** v. 60, p. 235-249, 1995.

AYARS, J. E. et al. [Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory](#) **Agricultural Water Management**, v. 42, p. 1-27, 1999.

AYERS, R.S; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1985.

BARROS, A. C. et al. Distribuição de água no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial,: Manejo de solo água e planta. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, Campina Grande, nov./dez. 2009.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 5. ed. Viçosa: UFV, 1989. 596 p.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: UFV 1995. 657 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 7. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 611 p.

BRAZ, V. B. **Produção e qualidade de Frutos da Limeira ‘TAHITI’ irrigada com diferentes frequências e Lâminas de água.** 2007. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

BUENO, JUNIOR M. V. **Variação de teores de fósforo disponível em solos cultivados com cafeeiros na região de Muzambinho.** 2008. 29f. – Trabalho de Conclusão de Curso (TCC do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho Muzambinho/MG, 2008.

BURIOL, G.A. et al. Cartas mensais e anuais das temperaturas médias das médias das temperaturas máximas e das médias das temperaturas mínimas do estado do RS. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 9, p.1979. Suplemento.

BURIOL, G.A. et al. Disponibilidades hídricas do solo possíveis de ocorrerem no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 10, n., p. 1- 141, 1980. Suplemento.

BURT, C. **Strategies for high emission uniformity design.** In: ZOLDOSKE, D.F.; MIYASAKI Microirrigations methods and materials update. Fresno: California Agricultural Technology Institute 1986. p.73-78.

BURT, C.; O'CONNOR, K.O.; RUEHR, T. **Fertigation.** San Luis Obispo: California Polytechnic State University 1995. 320 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul.** Recife, 1973. 431 p. (Boletim, n. 30).

BRITO, L. T. de L. **Velocidades de infiltração determinadas por simulador de chuvas e por infiltrômetro de anel.** Viçosa: UFV. 1994. 43f. Dissertação (Mestrado em ) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa: 1994.

CAMP, C. R. Subsurface drip irrigation: a review. **USDA ARS Transactions of the ASAE**, v. 41, n. 5, p. 1353-1367, Sept/Oct 1998.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 4, p. 355-365, 1998.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, n. 68, p. 135–149, 2004.



CARDOSO, C. D. V. **Probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica nos solos da região central do Estado do Rio Grande do Sul**. 2005. 165f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria-RS, 2005.

CARLESSO, R. Absorção de água pelas plantas: água disponível versus extraível e a produtividade das culturas. **Ciências Rurais**, v. 25, n.1, p. 183-188, 1995. ISSN 0103-8478.

CALHEIROS, C. B. M. et al. Definição da taxa de infiltração para dimensionamento de sistemas de irrigação por aspersão, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 665–670, 2009.

CHARLESWORTH, P. B.; MUIRHEAD, W. A. Crop establishment using subsurface drip irrigation: a comparison of point and area sources. **Irrigation Science**, v. 22, p.: 171–176, 2003.

CHARLESWORTH, P. B. MUIRHEAD, W. A. Crop establishment using subsurface drip irrigation: a comparison of point and area sources in. MICRO-IRRIGATION: ADVANCES IN SYSTEM DESIGN AND MANAGEMENT. **Irrigation Science**, v. 22, p. 171–176, 2003.

CHOI, C. Y; REY SUAREZ E. M. Subsurface drip irrigation for bermudagrass with reclaimed water. **Transactions of the ASAE**, v. 47, n.6, 1943-1951, 2004.

CHRISTOFIDIS, D. Irrigação a fronteira hídrica na produção de alimentos. **Revista ITEM** (Irrigação & Tecnologia Moderna), n. 54, v. 2, p. 46-55, 2002.

CHRISTOFIDIS, D. Água na produção de alimentos: o papel da academia e da indústria no alcance do desenvolvimento sustentável **Revista de ciências exatas**, Taubaté, v. 12, n. 1, p. 37-46, 2006.

CLOTHIER, B. E.; GREEN, S. R. Rootzone processos e a utilização eficiente da água de irrigação. **Agrícolas dos Recursos Hídricos**, v. 25 p. 1-12, 1994.

CLOTHIER, B. E.; GREEN S. R. Roots: os motores grandes de água e produtos químicos no solo. **Ciência do Solo**, v. 162, p. 534-543, 1997.

COELHO, R. D.; FARIA, L. F.; MÉLO, R. F. de. Variação de vazão em gotejadores convencionais enterrados por intrusão radicular na irrigação de citrus. **Irriga**. v.11, n.2, P.230-245, Botucatu, abr./jun. 2006.

COELHO E. F. et al. Distribuição de laranja “Pera” sob sequeiro e irrigação por microaspersão em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 603-61, maio 2002.

CORDEIRO, E. de A. **Influência do tratamento de água ferruginosa no desempenho de sistema de irrigação por gotejamento**. 2002. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W. et al. (Eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSAJ, 1994. p. 3-22. (Publication Number 35).

DOURADO NETO, D. et al. Programa computacional para modelagem de curvas de retenção de água no solo (SWRC versão 2.00). **Ciência Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 191-192 jan./mar. 2000.

ELLIES, S. C. H. A.; GREZ, R.; RAMIREZ, C. L. A Conductividad hidraulica en fase saturada como herramienta para el diagnostico de la estructura del suelo. **Agro Sur**, v. 25, n. 1, p. 51-56, jun. 1997.

ELOI, W. M. et al. Efeitos da fertirrigação de N e K<sub>2</sub>O na distribuição do sistema radicular da Gravioleira **Caatinga** (Mossoró Brasil) UFERSA, v. 20, n. 2, p. 50-58, abr./jun., 2007.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: EMBRAPA – SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA – Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA. Semiárido. Sistema de Produção da Bananeira Irrigada. Sistemas de Produção 5 ISSN 1807-0027 Versão Eletrônica Jul/2009. Disponível em <[HTTP://www.cpatas.embrapa.br](http://www.cpatas.embrapa.br)>. Acesso em 20 de mar. 2010. EMBRAPA. **Ambiente de software NTIA versão 4.2.2** : manual do usuário - ferramental estatístico. Campinas: Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura 1997. 258 p.

ENCISO, J.; JIFON, J. A.; WIEDENFELD, B. Subsurface drip irrigation of onions: Effects of drip tape emitter spacing on yield and quality. In: **Texas: A&M University Agricultural Research and Extension Center** Weslaco Texas, , United States, Jul. 2007.

FAGUNDES, M. C.; BORGES, P. A. P. Modelagem matemática do crescimento e absorção da água do solo pela raiz vegetal. **Anais do XXXI CNMAC**, Belém do Pará – PA, 2008. p. 1-919.

FARIA, L. F. **Variação de vazão de gotejadores enterrados na irrigação de citrus e café.** 2002. 124f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - ESALQ. Piracicaba-SP. 2002.

FARIA, L. F.; COELHO, R. D.; RESENDE, R. S. Variação de vazão de gotejadores de fluxo normal enterrados na irrigação de café<sup>1</sup> **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, Jaboticabal, set./dez. 2004.

FAO. Aquastat. Disponível em: <[www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/aglw/aquastat](http://www.fao.org/waicent/faoinfo/agricult/agl/aglw/aquastat)>. Acesso em: 03 out. 2002.

FEITOSA, H. de O. et al. Influência da adubação orgânica e da cobertura viva em figueira com irrigação suplementar. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 2, p. 88–94, 2009.

FRONZA, D. **Fruticultura comercial:** destaque para pequenas áreas. 3. Santa Maria: Colégio Politécnico da UFSM, 2008. 411 p.

FRONZA, D. et al. Produtividade da cultura da figueira (*ficus carica* L.) em diferentes condições de fertirrigação. In: II JORNADA NACIONAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA EM EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA São Luís/MA, 2007. p. 39 MDT

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental.** 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação:** hidráulica dos sistemas pressurizados aspersão e gotejamento. 3. ed. Campina Grande: UFPB 1999. 412 p.

GONÇALVES, F. C. **Formas de acondicionamento a frio de estacas e mudas de figueira (*Ficus carica* L.)** 2002. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

GORNAT, B.; NOGUEIRA, L.C. **Analysis of Water Savings achieved through Localized Conventional and Subsoil Irrigation on Tropical Fruit Trees.** II CA Publications. Uruguay. Electronic Publication, <http://www.ica.org.uy/p2-4.htm> . 1999. (II CA – URUGUAI) p. 44

HERNANDEZ, F.B.T.; LEMOS FILHO, M.A.F. Irrigação na figueira. In: I SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA FIGUEIRA Ilha Solteira FEIS-UNESP/FEPIA, 1999. HERNANDEZ, F.B.T. et al. Resposta da figueira ao uso da irrigação e nitrogênio na região de Ilha Solteira. **Ciências Agrícolas**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 99-104, 1994.

HERNANDEZ, F.B.T. et al. Função de resposta da figueira (*Ficus carica* L.) à aplicação de doses de nitrogênio e lâminas de água. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.16, n. 2, p. 22-30, 1996.

HOWELL, T. A.; HILLER, E. A. Designing trickle irrigation laterals for uniformity. In: INTERNATIONAL DRIP IRRIGATION CONGRESS II. San Diego. **Proceedings...** Riverside: Department of Soil Science and Agricultural Engineering, 1974. p. 299-304.

KLEIN, V. A. Uma proposta de irrigação automática controlado por tensiômetros **Revista Brasileira de Agrocência**, v. 7, n 3, p.231-234, set-dez, 2001.

KRAMER, P.J. **Water relations of plants and soils**. London: Academic Press, 1995.

LAMM, F. R.; AYARS, J. E; NAKAYAMA, F. S.(Ed.). **Microirrigation for Crop Production – Developments in Agricultural Engineering** 1.ed., v.13, 2007. 618 p.

LAMM, F.R.; TROOIJEN, T.P. Surface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. **Irrigation Science Heidelberg**, v. 22, n. 3-4, p. 195-200, 2003.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. 2. ed. Piracicaba, 1999. 497 p.

LUDWICK, A. Principios de la fertigación. **Agricultura de las Américas**, New York, v. 51, n. 4, p. 223, 2002.

MANTOVANI, E.C.; COSTA, L.C.; LEAL, B.G. SISDA - Sistema de Suporte a Agrícola DECISÃO . In: **Encontro das Águas** . Fortaleza, SRH – MMA, 1997.

McEACHERN, G. R. **Figs** Extension Horticulturist Texas A & M University College Station Texas v. 9, Dez.1996.

MEAD, R. **Root intrusion prevention**. Disponível em: <[www.microirrigationforum.com/new/archives/rootpre.html](http://www.microirrigationforum.com/new/archives/rootpre.html)>. Acesso em: 26 fev. 2010.[ [Links](#) ].

MEDEIROS, A. R. M. de. **Figueira (*Ficus carica* L.) do plantio ao processamento caseiro**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2002. (Circular técnica, n. 35).

MESSING, I.; JARVIS, N. J. A Comparison of near-saturated hydraulic properties measured in small cores and large monoliths in a clay soil. **Soil Technology**, v. 7, n. 4, p. 291-302, mar.1995.

MELLO, C. R. de et al. Estimativa da capacidade de campo baseada no ponto de inflexão da curva característica. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n.4, p. 836-841, 2002b.

MONTEIRO, R.O. C. et al. Net melon performance as affected by the drip irrigation depth and mulching. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 447-451, 2008.

MORANO, L.; KLIEWER, W.M. Root distribution of three grapevine rootstocks grafted to Cabernet sauvignon grown on a very gravelly clay loam soil in Oakville California. **American Journal of Enology and Viticulture Davis**, v. 45, p. 345-348, 1994.

NIENOW, A. A. et al. Produção em ambiente protegido da figueira submetida a diferentes épocas de poda e número de ramos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p. 421-424, 2006.

NOBREGA, M. B. de M. **Avaliação de genótipos de mamona (*Ricinus communis* L.) em cruzamentos dialélicos parciais**. 2008. Piracicaba 77f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

NOGUEIRA, C.C.P; COELHO, E.F.; LEÃO M. C. S. Características e dimensões do volume de um solo molhado sob gotejamento superficial e subsuperficial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, Campina Grande, set./dez. 2000.

ORON, G. et al. Pear response to saline water application under subsurface drip irrigation. **In: International Microirrigation Congress V**, St. Joseph. Proceedings... St. Joseph: ASAE 1991. p.97-103.

PEREIRA, et al. Influência de solos de diferentes texturas no desenvolvimento de plantas de *Eucalyptus urograndis* submetidas a déficit hídrico. **Irriga**. Botucatu, v. 13, n. 2, p. 249-260. 2008.

PIO, R et al. Propagação de estacas apicais de figueira: diferentes ambientes Ácido Indol Butírico e tipos de estacas. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 30, n. 5, p.1021-1026, set/out. 2006.

PIZARRO, C.F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) goteo, microaspersión, exudación**. 3. ed. [S.l.]: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 513 p.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação efeitos limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA L. S.; REICHERT J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: SBCS, v. 5, 2007.

REINERT D.J.; REICHERT J.M. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. **Ciência Rural**, v. 36, n. 6, p. 1931-1935, 2006.

RESENDE, R.S. et al. Suscetibilidade à intrusão radicular de gotejadores convencionais na irrigação de Cana-de-açúcar. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 2, p. 150-165, 2004.

RIBEIRO, T. A. P.; AIROLDI, R. P. da S.; PATERNIANI, J. E. S. Efeito da qualidade da água na perda de carga em filtros utilizados na irrigação localizada, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 9, n.1 p.1-6, jan./mar, 2005.

RICHTER, I. U.; RICHTER, R. L. Análise histórica da precipitação pluvial para a cultura da soja. **Revista Plantio Direto**, Ed. 111, Passo Fundo RS, 2009.<  
[http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont\\_int&id=923](http://www.plantiodireto.com.br/?body=cont_int&id=923)>. Acesso em: 28 jul. 2010.

ROSA, G. M; PETRY, M.T; CARLESSO, R. Disponibilidade eficiência e racionalidade na utilização de recursos hídricos. **Revista Ciência e Ambiente**, Santa Maria, jul./dez, 2000

RUSKIN, R.; FERGUSON, K. R. **Protection of subsurface drip irrigation systems from root intrusion**. Disponível em: <[http://www.geoflow.com/rootfn/IApaperFNapplications final.html](http://www.geoflow.com/rootfn/IApaperFNapplications_final.html)>. Acesso em: 21 maio 2000.

SANCHES, A. C. et al. Impacto do cultivo de citros em propriedades químicas, densidade do solo e atividade microbiana de um podzólico vermelho-amarelo, **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 23, p. 91-99, 1999.

SANDRI D.; MATSURA E. E.; TESTEZLAF R. Manejo de água e solo: desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 1, n. 1, jan./fev., 2007.

SANTOS, R. A et al. Avaliação do desempenho de dois sistemas de irrigação localizada: microaspersão e gotejamento subsuperfície durante o primeiro ano de produção de palmito pupunha (*bactris gasipaes* h.b.k.) na região noroeste paulista. In: **Anais do XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**. Foz do Iguaçu – 2001.

SANTOS, R. A. et al. Uniformidade de distribuição de água em irrigação por gotejamento em subsuperfície instalado na cultura de pupunheiras (*Bactris gasipaes* H.B.K.). In: **Anais do XXXII – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**, Goiânia - GO 2003.

SARITA, L. L.; ERVAL, R. D. J. Perfil radicular da figueira sob efeito de níveis de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n.1, Jaboticabal, Abr. 2007.

SCHAWANKL, L. Fertirrigation. In: OILIVEIRA, M. V. A. M. et al. **Drip irrigation for row crops. California**. Davis: Cooperative Extension Departmente of Land Air and Water Resource University of California Davis, 1996. 234 p.

SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R., In: LCE 306 – Meteorologia agrícola: Evapotranspiração. ESALQ/USP – 2007. Disponível em: < [www.lce.esalq.usp.br/aulas.html](http://www.lce.esalq.usp.br/aulas.html) > Acesso em: 09 Jul. 2010.

SILVA, V. R. da et al. Intervalo hídrico ótimo para três solos em sistema de plantio direto. In: XIV REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DE SOLO E DA ÁGUA. "Os (des) caminhos do Uso da Água na Agricultura Brasileira. Cuiaba BRASIL, 2002.

SILVA, A. L. da; FARIA, M. A. de; REIS, R. P. Viabilidade técnico-econômico do uso do sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 37-44, 2003.

SILVA, J. G. F. da; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Irrigação localizada. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (Ed.). **Irrigação** (Série Engenharia Agrícola). Piracicaba-SP: FUNEP, 2003<sup>a</sup>. v. 2, p. 259-309.

SIMÃO, S. **Tratado de Fruticultura**. Piracicaba: FEALQ 1998. 760 p.

SIQUEIRA, O. J. F.; DENARDIN, J. E. Equipamento para medir a taxa de infiltração de água no solo utilizando anéis concêntricos em um sistema com água constante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo Campinas**, v. 9, n. 1, p. 73-75, jan. 1985.

SKAGGS, R. K. Predicting drip irrigation use and adoption in a desert region. **Agricultural Water Management**, n. 51, p. 125–142, 2001.

SOARES, J. M. NASCIMENTO, T. Distribuição do sistema radicular da videira em vertissolo sob irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 142-147, 1998.

SOUZA, M. B. A. de et al. Uniformidade de aplicação de água de sistemas do tipo pivô central utilizados na cafeicultura irrigada das regiões norte do Espírito Santo e extremo sul da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA. v. 4, 2001. Araguari. **Resumos expandidos** Viçosa MG: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais, 2001a., p. 90-95.

SOUSA, V. F. de et al. Distribuição de fertilizantes em um sistema de fertigação por gotejamento, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 186-189, Campina Grande- PB, 2003.

SOUZA, A. P, et al. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314-322, Jaboticabal - SP, jun. 2009.

STORCK, L.; LOPES S. J.; LÚCIO A. D. C. **Experimentação II**. 2004. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Apostila).

SUAREZ-REY, E.; CHOI, C.Y.; WALLER, P.M. **Feasibility of subsurface drip irrigation on turf in Arizona**. In: ASAE Annual International Meeting 1999. Toronto, St. Joseph: ASAE, 1999. (Paper 992251).

TERUEL, D. A et al. Modelagem Matemática como Metodologia de Análise do Crescimento e Arquitetura de Sistemas Radiculares. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 4, Piracicaba, SP, 2000.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Visão do Brasil em recursos hídricos**. [S.I.]: Unesco, 2001. 200 p.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.

VAN ZYL, J. L. **Resposta da videira a regimes de água no solo e sistemas de irrigação**. In: VAN Zyl J.L. (Ed.) **A raiz da videira e seu ambiente**. Pretoria: Ministério da Agricultura e Abastecimento de Água, 1988. p. 30-43.

VENEGA, M.F.; CORRÊA, L. de S. Distribuição do sistema radicular da figueira (*Ficus carica* L.) cultivada num Latossolo Vermelho Escuro, na região de Selvíria-MS. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.7, n.1, p.65-72, 1998.



VIEIRA, G. H. S. et al. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 6., 2003, Araguari. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2003a. p. 157-163.

VOSSSEN, P.M.; SILVER, D. **Growing temperate tree fruit and nut crops in home garden**. 2000. Disponível em: <http://homeorchard.ucdavis.edu/varieties.pdf>. Acesso em: 17 ago 2006.

WREGGE, M. S. et al. **Zoneamento agroclimático para a cultura dos citros no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2004. 23 p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos 117).

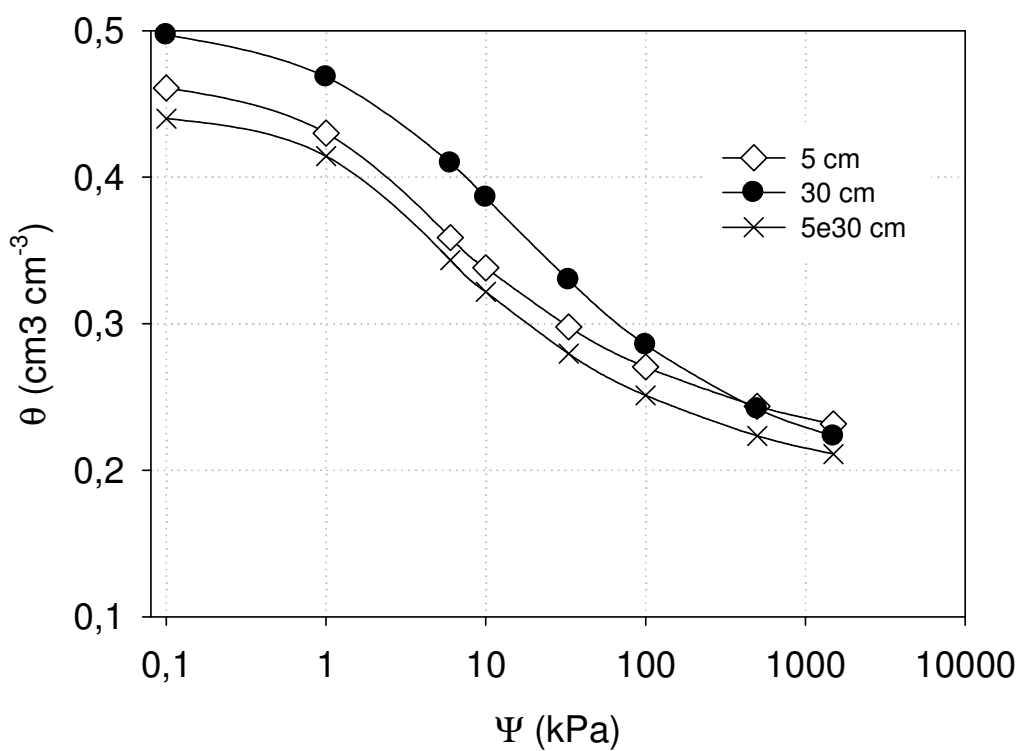
ZAMBERLAN, J. F. **Caracterização de águas de reservatórios superficiais para microirrigação**. 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS. 2007 p. 42 MDT

ZOLDOSKE, D. et al. **Evaluation of trellis system and subsurface drip irrigation for wine grape production: a progress report**. 1998: Center for Irrigation Technology. Disponível em: <[www.cati.csufreno.edu/cit](http://www.cati.csufreno.edu/cit)>. Acesso em: 10 out.. 2009.

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A – Dados para construção da curva característica de água no solo de 0 a 30 cm da área experimental obtida na Mesa de Tensão e extrator de Richards com amostras não deformadas. Santa Maria, 2008-2009.**

Santa Maria			
	5 cm	30 cm	5 e 30 cm
alpha	0,8124	0,1737	0,6927
m	0,2234	0,4718	0,2204
n	1,3314	0,8259	1,3874



**APÊNDICE B – Resultados das análises químicas das amostras de solo coletadas na profundidade de 0-20 cm, nos tratamentos A, B, C, D e E, com os diagnósticos para acidez do solo e calagem, macro (NPK-S) e micro nutrientes. Santa Maria, 2008-2009.**

### LAUDO DE ANÁLISE DE SOLO

Nome: POMAR FIGUEIRA(Ficus Carica L.)  
 Solicitante: COLÉGIO POLITÉCNICO- UFSM  
 Município: SANTA MARIA- RS  
 Endereço: CAMPUS  
 Localidade: Camobi  
 Profundidade: 0-20 cm  
 Emissão: 2008/2009  
**DIAGNÓSTICO PARA ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM**

Tratamento	pH água	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efet.	Saturação (%)		Índice SMP
		.....cmol/dm <sup>3</sup> .....					Al	Bases	
A	5,33	6,69	3,14	0,64	4,01	11,20	5,63	71,13	6,11
B	5,29	7,11	3,33	1,10	5,86	12,41	11,00	64,88	5,86
C	5,33	5,14	2,45	0,78	4,65	8,69	10,63	62,00	6,01
D	5,04	5,74	2,69	1,25	5,64	9,99	17,38	57,25	5,83
E	5,10	6,63	3,23	1,35	7,24	11,80	15,25	57,13	5,65

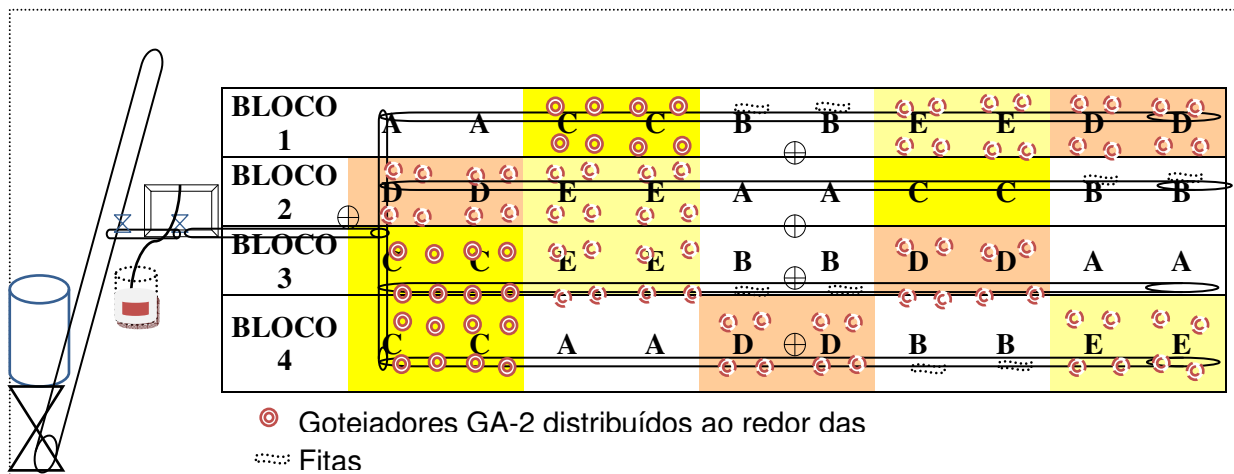
### DIAGNÓSTICO PARA MACRO NUTRIENTES NPK-S

Tratamento	% MO	% Argila		S	P- Mehlich	K CTC Ph7	K
	.....m/v.....		Textura	mg/dm <sup>3</sup>		cmol/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>
A	2,56	20,00	3,50	6,65	42,15	14,58	289
B	2,58	24,63	3,25	7,45	44,19	17,18	345
C	2,49	21,25	3,50	6,06	36,79	12,56	127
D	3,79	21,13	3,50	6,25	22,01	14,38	121
E	2,36	25,00	3,13	6,84	24,29	17,70	243

### DIAGNÓSTICO PARA MICRO NUTRIENTES






Tratamento	Cu	Zn	B	Relações Molares		
	.....mg/dm <sup>3</sup> .....			Ca/Mg	(Ca+Mg)/K	K/(Ca+Mg) <sup>1/2</sup>
A	6,04	3,90	0,40	2,16	16,86	0,24
B	3,91	3,38	0,46	2,16	20,01	0,27
C	4,55	3,86	0,30	2,16	25,74	0,12
D	3,38	2,80	0,34	2,25	35,69	0,11
E	3,29	3,28	0,33	2,10	22,18	0,20

**APÊNDICE C – Desenho esquemático da disposição das tubulações e acessórios de irrigação junto a área experimental detalhes fotográficos do: cabeçal de controle de irrigação e fertirrigação (a) e pressão (b e c) da distribuição dos emissores em irrigação subsuperficial com proteção da garrafa pet (d) na área experimental (Pomar de Figueiras) Colégio Politécnico – UFSM. Santa Maria, 2008-2009.**

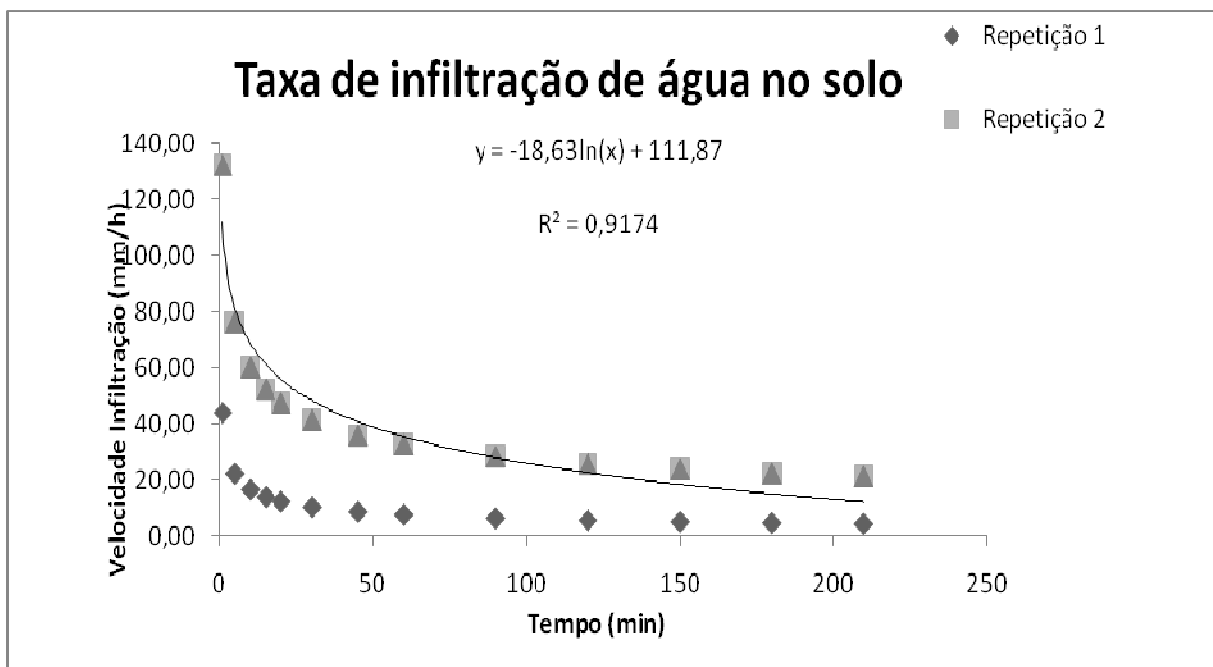


## LEGENDA DO APÊNDICE C

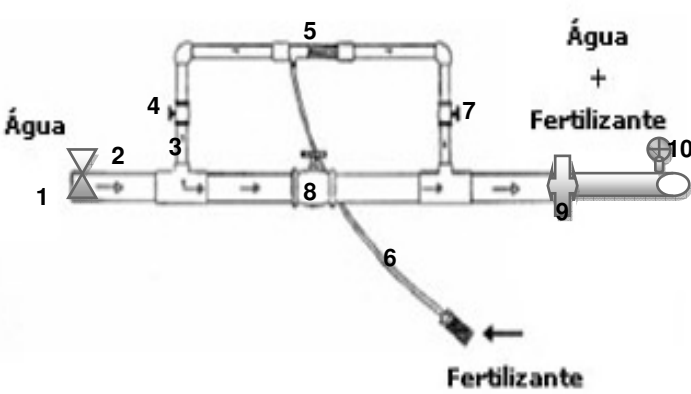


### DESENHO ESQUEMÁTICO

-  Registros
-  Manômetros no início da lateral e ao centro de cada linha de derivação;
-  Gotejadores pontuais ao redor do caule das plantas
-  Balde de diluição e mistura dos nutrientes para fertirrigação
-  Fita gotejadora

**APÊNDICE D – Curva característica de água no solo da área experimental obtida com cilindros concêntricos. Santa Maria, 2008–2009.**

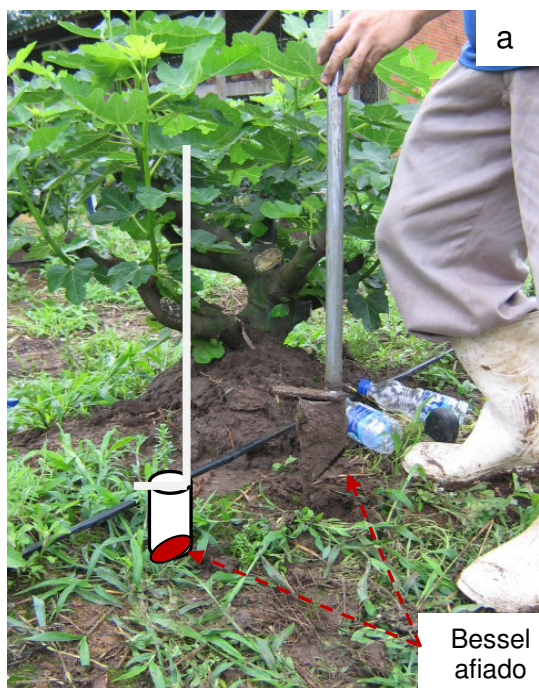


**APÊNDICE E – Representação dos constituintes do cabeçal de controle de irrigação e fertirrigação do experimento Colégio Politécnico – UFSM (Pomar de Figueiras). Santa Maria 2008-2009.**

 <p>Água + Fertilizante</p> <p>Água</p> <p>Fertilizante</p> <p>Cabeçal de controle</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Registro principal</li> <li>2. Tubulação principal</li> <li>3. Tubulação derivação ao Venturi</li> <li>4. Registro no início da derivação</li> <li>5. Venturi</li> <li>6. Micro tubo e mini filtro</li> <li>7. Registro no final da derivação</li> <li>8. Registro na tubulação principal regulador de fluxo</li> <li>9. Filtro Principal</li> <li>10. Manômetro</li> </ol>
	<p>5 - 6 Detalhes do tubo Venturi micro tubo e mini filtro</p>
	<p>Cabeçal de controle instalado no experimento e tonel das misturas e diluição dos nutrientes.</p>



**APÊNDICE F – Extrator de Solo (a e b) com suas partes construtivas e as covas feitas com o extrator. Covas para localização dos emissores e suas proteções (garrafas de plástico (pet) e casca de arroz). Santa Maria, 2008-2009.**



**APÊNDICE G – Tabelas da Análise de Variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) nas datas de coleta de vazões e determinação do IIR. Santa Maria, 2008-2009.**

**TABELA APG1 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) na data de 05/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,11	0,04
Formas de Proteção	1	2,85	2,85*
Erro	3	0,11	0,04
Total corrigido	7	3,07	
Média Geral		0,60	
CV (%)		32,01	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

**TABELA APG2 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) na data de 13/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,21	0,07
Formas de Proteção	1	2,95	2,95*
Erro	3	0,22	0,07
Total corrigido	7	3,38	
Média Geral		0,61	
CV (%)		44,08	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

**TABELA APG3 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) na data de 21/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,23	0,08
Formas de Proteção	1	2,67	2,67*
Erro	3	0,23	0,08
Total corrigido	7	3,13	
Média Geral		0,58	
CV (%)		47,73	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

**TABELA APG4 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) na data de 10/Mar/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,42	0,14
Formas de Proteção	1	4,16	4,16*
Erro	3	0,42	0,14
Total corrigido	7	5,01	
Média Geral		0,72	
CV (%)		52,14	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

**TABELA APG5 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) na data de 07/Abr/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,60	0,20
Formas de Proteção	1	6,38	6,38*
Erro	3	0,60	0,20
Total corrigido	7	7,59	
Média Geral		0,89	
CV (%)		50,14	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

**TABELA APG6 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR) dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa PET (E) e casca de arroz (D) na data de 11/Mai/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,60	0,30
Formas de Proteção	1	8,38	8,38*
Erro	3	0,90	0,30
Total corrigido	7	9,59	
Média Geral		1,19	
CV (%)		55,14	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste t.

**APÊNDICE H – Tabelas da Análise de Variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os BLOCOS do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) nas datas de coleta de vazões e determinação do IIR. Santa Maria, 2008-2009.**

**TABELA API1 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os blocos do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa Casca de arroz na data de 05/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,40	0,20
Formas de Proteção (D)	3	0,56	0,56 <sup>ns</sup>
Erro	9	1,06	1,06
Total corrigido	15	12,44	
Média Geral		1.19	
CV (%)		86,80	

<sup>\*</sup> Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA API2 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os blocos do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa Casca de arroz na data de 13/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	5,25	1,75
Formas de Proteção	3	2,25	0,75 <sup>ns</sup>
Erro	9	6,25	0,70
Total corrigido	15	13,75	
Média Geral		1,13	
CV (%)		74,07	

<sup>\*</sup> Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA API3 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os blocos do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa Casca de arroz na data de 21/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	1,69	0,56
Formas de Proteção	3	1,19	0,39 <sup>ns</sup>
Erro	9	2,06	0,23
Total corrigido	15	4,93	
Média Geral		1,06	
CV (%)		45,06	

<sup>\*</sup> Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA API4 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os blocos do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa Casca de arroz na data de 10/Mar/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	1,25	0,41
Formas de Proteção	3	0,75	0,25 <sup>ns</sup>
Erro	9	5,75	0,64
Total corrigido	15	7,75	
Média Geral		1,38	
CV (%)		58,13	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA API5 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os blocos do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa Casca de arroz na data de 07/Abr/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	2,69	0,89
Formas de Proteção	3	1,69	0,56 <sup>ns</sup>
Erro	9	3,56	0,39
Total corrigido	15	7,94	
Média Geral		1,38	
CV (%)		40,27	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA API6 – Análise de variância para os Índices de Intrusão Radicular (IIR), entre os blocos do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de garrafa Casca de arroz na data de 07/Abr/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	1,00	0,33
Formas de Proteção	3	4,50	1,50 <sup>ns</sup>
Erro	9	5,50	0,61
Total corrigido	15	11,00	
Média Geral		2,25	
CV (%)		34,74	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**APÊNDICE I – Tabelas da Análise de Variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular (IR), entre os BLOCOS do tratamento de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) nas datas de coleta de vazões e determinação do IIR. Santa Maria, 2008-2009.**

**TABELA APJ1 – Análise de variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) na data de coleta de vazões e determinação do IIR, de 05/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,06	0,019*
Emissor (Formas de Proteção (D))	3	0,22	0,073 <sup>ns</sup>
Erro	9	0,44	0,049
Total corrigido	15	0,72	
Média Geral		0,366	
CV (%)		60,62	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA APJ2 – Análise de variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) na data de coleta de vazões e determinação do IIR, 13/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,24	0,08 <sup>ns</sup>
Formas de Proteção	3	0,84	0,28 <sup>ns</sup>
Erro	9	0,99	0,110
Total corrigido	15	2,07	
Média Geral		0,49	
CV (%)		67,57	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA APJ3 – Análise de variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) na data de coleta de vazões e determinação do IIR, 21/Jan/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,006	0,0019
Formas de Proteção	3	0,005	0,0017 <sup>ns</sup>
Erro	9	0,005	0,0005
Total corrigido	15	0,016	
Média Geral		0,19	
CV (%)		12,59	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA APJ4 – Análise de variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) na data de coleta de vazões e determinação do IIR, 10/Mar/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,707	0,24
Formas de Proteção	3	0,16	0,055 <sup>ns</sup>
Erro	9	0,87	0,098
Total corrigido	15	1,75	
Média Geral		0,70	
CV (%)		44,38	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA APJ5 – Análise de variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) na data de coleta de vazões e determinação do IIR, 07/Abr/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,61	0,21
Formas de Proteção	3	0,09	0,031 <sup>ns</sup>
Erro	9	0,38	0,042
Total corrigido	15	1,09	
Média Geral		0,922	
CV (%)		22,43	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.

**TABELA APJ5 – Análise de variância para as vazões reduzidas, provocadas pela Intrusão Radicular dos tratamentos de irrigação subsuperficial com proteção de casca de arroz (D) na data de coleta de vazões e determinação do IIR, 07/Abr/2009. Santa Maria, 2008-2009.**

Causas da variação	Graus de Liberdade	Soma de Quadrado	Quadrado Médio
Bloco	3	0,42	0,141
Formas de Proteção	3	0,12	0,043 <sup>ns</sup>
Erro	9	0,50	0,056
Total corrigido	15	1,06	
Média Geral		1,12	
CV (%)		21,24	

\* Significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro. <sup>ns</sup> Não significativo, em nível de 5% de probabilidade de erro, pelo teste Tukey.