

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CARACTERIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR SULCOS NA
CULTURA DO TOMATEIRO E DA DISPONIBILIDADE
HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS
PEDRAS, SP**

CHRISTIANE COLETTI

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CARACTERIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO POR SULCOS NA
CULTURA DO TOMATEIRO E DA DISPONIBILIDADE
HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS
PEDRAS, SP**

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

CHRISTIANE COLETTI

Orientador: Prof. Dr. Roberto Testezlaf

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2005

UNIDADE BC
Nº CHAMADA UNICAMP
C679c
V _____ EX _____
TOMBO BC/ 70601
PROC. 16-P.00123-06
C _____ B _____
PREÇO 11.00
DATA 17/11/06
BIB-ID _____
Bib ID 391307

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

C679c Coletti, Christiane
Caracterização da irrigação por sulcos na cultura do
tomateiro e da disponibilidade hídrica da Bacia
Hidrográfica do Rio das Pedras, SP / Christiane Coletti
.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: Roberto Testezlaf.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Bacias hidrográficas. 2. Irrigação por sulcos. 3.
Água - Qualidade. 4. Água - Consumo. 5. Tomate -
Cultivo. 6. Água na agricultura. I. Testezlaf, Roberto.
II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. III. Título.

Titulo em Inglês: Evaluation of furrow irrigation and water availability in fresh market
tomatoes production at Rio das Pedras watershed.

Palavras-chave em Inglês: Watershed, Furrow irrigation, Water quality, Water
consumption, Tomatoe's crop, Water availability.

Área de concentração: Água e Solo.

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: José Teixeira Filho, João Antonio Galbiatti, Rubens Duarte
Coelho e Rinaldo de Oliveira Calheiros.

Data da defesa: 23.02.2005.

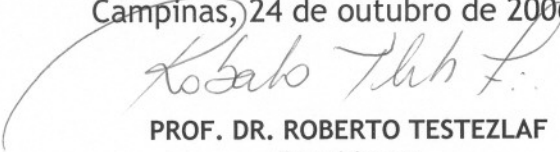


PARECER

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da Tese de Doutorado defendida por **CHRISTIANE COLETTI**, aprovada pela Comissão Julgadora em 23 de fevereiro de 2005.

Campinas, 24 de outubro de 2006.



PROF. DR. ROBERTO TESTEZLAF
Presidente

Aos meus pais Maria das Graças e Eurotides, exemplos de amor e carinho e pelo apoio e dedicação.

OFEREÇO

Ao meu marido Eduardo T. Sabugosa pelo amor, carinho, incentivo e compreensão e a minha filha Maria Clara amor da minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus por estar sempre presente em todos os passos de minha vida.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Roberto Testezlaf, pela motivação, pela amizade e carinho e por todos os ensinamentos profissionais e pessoais, que sempre terei como exemplos na minha vida, agradeço.

Aos membros da banca Professores Doutores José Teixeira Filho, João Antonio Galbiatti, Rubens Duarte Coelho e Rinaldo de Oliveira Calheiros, pela valiosa colaboração.

Ao Sr. Luverci Vasconcelos e seus funcionários, pela valiosa colaboração na condução do experimento.

À CATI de Mogi-Guaçu/SP pelo apoio ao projeto na pessoa do engenheiro agrônomo José Roberto de Campos e da Prefeitura Municipal de Estiva Gerbi/SP através do engenheiro agrônomo Murilo Avary de Campos.

À aluna de iniciação científica Renata T. G. de Souza, pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo e de laboratório, e à Daniela pela ajuda com os trabalhos estatísticos.

À Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão da bolsa de estudo e apoio financeiro através da reserva técnica de bolsa (Processo nº 01/00566-7). Ao meu avaliador pela colaboração no projeto de pesquisa.

Ao Dr. Túlio Assunção Pires Ribeiro, funcionário do Laboratório de Irrigação pelos ensinamentos, amizade incondicional e pelo impulso dado a minha carreira, nunca esqueerei.

A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, através da Coordenadoria de Pós- Graduação, em especial a Ana Paula, Rosângela e Marta.

Aos funcionários dos Laboratórios de Solos, Hidráulica e Qualidade de Água da FEAGRI, em especial Célia, Gelson, Sérgio e Angélica pelo apoio técnico e serviços prestados.

A todos os funcionários da FEAGRI que sempre estiveram presentes no meu dia à dia, em especial Dna Cida, Terezinha, Vanessa, Leal, Suzi e Tuca.

Aos amigos de pós-graduação Fernanda, Marcio, Eder, Délvio, Claudinei, Luciana, Marcão, Camila, Tereza, Anderson, Jane, Rojane, Junior e Marcelo, pela amizade e convívio.

Aos amigos de hoje e sempre, Silvia, Ruy, Juliana e Patrícia pela amizade e carinho.

À todos aqueles, que direta ou indiretamente contribuirão para a realização deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS	iv
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A QUESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	4
2.1.1 <i>No mundo</i>	4
2.1.2 <i>No Brasil</i>	5
2.2 ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.....	6
2.3 IMPACTOS QUANTITATIVOS DA IRRIGAÇÃO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS	8
2.4 IMPACTOS QUALITATIVOS DA IRRIGAÇÃO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS.....	10
2.4.1 <i>Nitrogênio</i>	10
2.4.2 <i>Fósforo</i>	12
2.4.3 <i>Poluição de origem agrícola</i>	13
2.4.4 <i>Avaliação da qualidade da água</i>	17
2.5 BALANÇO HÍDRICO NA IRRIGAÇÃO.	22
2.5.1 <i>Métodos de monitoramento da umidade do solo</i>	24
2.6 IRRIGAÇÃO POR SULCOS	26
2.6.1 <i>Desempenho da irrigação por sulcos</i>	28
2.7 TOMATICULTURA	31
3 MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA.....	36
3.2 MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO.	37
3.2.1 <i>Escolha da área experimental</i>	39
3.2.2 <i>Características de cultivo na área experimental</i>	39

3.2.3	<i>Caracterização do solo da propriedade.</i>	42
3.2.4	<i>Monitoramento climático.</i>	45
3.2.5	<i>Monitoramento da umidade do solo</i>	48
3.2.6	<i>Medição da vazão de recalque.</i>	52
3.2.7	<i>Tempo de irrigação.</i>	53
3.2.8	<i>Coleta de água do canal secundário.</i>	54
3.2.9	<i>Avaliação da eficiência de irrigação.</i>	55
3.3	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.	56
3.3.1	<i>Coletas de amostras de água na Bacia Hidrográfica.</i>	57
3.3.2	<i>Parâmetros de qualidade de água avaliados e métodos de análise</i>	61
3.3.3	<i>Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA).</i>	62
3.3.4	<i>Mapa de uso e ocupação do solo.</i>	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1	MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR SULCOS.	65
4.1.1	<i>Caracterização do solo</i>	65
4.1.2	<i>Monitoramento climático.</i>	68
4.1.3	<i>Monitoramento da umidade do solo</i>	71
4.1.4	<i>Escoamento Superficial</i>	78
4.1.5	<i>Vazão de recalque.</i>	79
4.1.6	<i>Avaliação da eficiência de irrigação.</i>	80
4.2	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA.	83
4.2.1	<i>Mapa da ocupação agrícola na bacia hidrográfica.</i>	83
4.2.2	<i>Parâmetros de qualidade de água monitorados.</i>	86
4.2.3	<i>Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA).</i>	96
5	CONCLUSÕES	105
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	106
7	ANEXOS	113
	ANEXO 1: DADOS CLIMÁTICOS OBTIDOS NAS SAFRAS DE 2002 E 2003.	114
	ANEXO 2: DADOS OBTIDOS NO MONITORAMENTO DA IRRIGAÇÃO POR SULCOS.	122
	ANEXO 3: DADOS DOS PARÂMETROS MONITORADOS NA QUALIDADE DA ÁGUA.	154

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema do sistema de irrigação por sulcos utilizado na propriedade experimental.....	38
Figura 2: Fotografia aérea da propriedade experimental, onde estão locadas as áreas experimentais em 2002 e 2003 e a estação meteorológica.	40
Figura 3: Croqui da área experimental (safra 2003).	41
Figura 4: Instalação das hastes da sonda, usando uma guia de PVC.	49
Figura 5: Destaque do perímetro molhado e sonda instalada no sulco.	49
Figura 6: Duas linhas de sondas instaladas nas laterais do sulco.....	50
Figura 7: Reservatório para coleta de água no canal secundário.	54
Figura 8: Vista geral do sistema de coleta de água no canal secundário.	54
Figura 9: Mapa hidrológico da bacia hidrográfica do Rio das Pedras e pontos de coleta de amostras de água.	58
Figura 10: Secção do Rio das Pedras dividida em partes para o cálculo da área do canal e pontos de leitura da velocidade da água no canal.	60
Figura 11: Evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}) e Evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1}) para período de safra de 2002.	69
Figura 12: Evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}) e Evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1}) para a safra de 2003.	70
Figura 13: Precipitação na área experimental no período de safra em 2002 e 2003.....	71
Figura 14: Gráficos de isolinhas de Umidade média no solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), medida no sulco de irrigação em um dos eventos de 2002, sendo (A) dia 19/09/02 antes da irrigação, (B) dia 20/09 depois da irrigação, (C) dia 21/09, (D) dia 22/09.	73
Figura 15: Gráficos de isolinhas de Umidade média no solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), medida no sulco de irrigação em um dos eventos de 2003, sendo (A) dia 02/10/03 antes da irrigação, (B) dia 03/10 depois da irrigação, (C) dia 04/10, (D) dia 05/10.	74
Figura 16: Mapa de ocupação agrícola na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras no ano de 2004.....	84
Figura 17: Mapa de ocupação da tomaticultura na bacia hidrográfica do Rio das Pedras em 2004.....	85

Figura 18: Resultados das análises de nitrogênio amoniacal na forma $\text{NH}_3\text{-N}$, no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	87
Figura 19: Resultados das análises de amônia livre na forma NH_3 , no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	87
Figura 20: Resultados das análises de nitrogênio-nitrato na forma de $\text{NO}_3\text{-N}$, no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	88
Figura 21: Resultados das análises de fósforo total (P), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	89
Figura 22: Foto do ponto P5, localizado no córrego Matão, mostrando o crescimento excessivo de plantas aquáticas.	90
Figura 23: Resultados das análises de pH, no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	91
Figura 24: Resultados das análises de turbidez (UNT), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	92
Figura 25: Resultados das análises de sólidos suspensos (mg.L^{-1}), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	93
Figura 26: Resultados das análises de CE (mS.cm^{-1}), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.	94
Figura 27: Contribuição de sais totais dissolvidos (ton) no ponto P6, para os 13 meses de amostragem relacionado com as chuvas durante o período.	96
Figura 28: Variação do IQA e da precipitação nos pontos amostrados.	101
Figura 29: Variação do IQA e da precipitação nos pontos P1 e P6 situados no Rio das Pedras.	102
Figura 30: Variação do IQA e da precipitação nos pontos P2 e P3 situados no córrego do Itaqui.	103
Figura 31: Variação do IQA e da precipitação nos pontos P4 e P5 situados no córrego do Matão.	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Taxas de exportação de nitrogênio e fósforo para classes de uso do solo.	17
Tabela 2: Classificações do índice de qualidade de água bruta (IAP), proposto pela CETESB.....	18
Tabela 3: Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água no solo.....	43
Tabela 4: Valores de umidade do solo (θ), para diferentes potenciais matriciais (Ψ_m).	43
Tabela 5: Valores de coeficiente de cultivo k_c para tomate de mesa.	48
Tabela 6: Medidas realizadas em campo e área da secção transversal do canal utilizadas para o cálculo da vazão no ponto 6.	60
Tabela 7: Características Físicas do solo, composição granulométrica (%) e densidade do solo(g.cm^{-3}), para o ano de 2002 e 2003; e densidade de partículas (g.cm^{-3}), para 2002.	65
Tabela 8: Resultados da análise de agregados do solo.....	66
Tabela 9: Dados de porosidade total, macro e microporosidade para os anos experimentais de 2002 e 2003.	66
Tabela 10: Análise de fertilidade do solo. (Fonte: UNITHAL análises nº 77839 a 77854). ..	68
Tabela 11: Evapotranspiração calculada para as fases fenológicas do tomateiro, na safra 2002.....	69
Tabela 12: Evapotranspiração calculada para as fases fenológicas do tomateiro, na safra 2003.....	70
Tabela 13: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 17 a 20 de agosto de 2002.....	75
Tabela 14: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 22 a 25 de agosto de 2002.....	75
Tabela 15: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 05 a 08 de setembro de 2002.	75
Tabela 16: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 19 a 22 de setembro de 2002.	76
Tabela 17 Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 19 a 22 de setembro de 2003.	76
Tabela 18: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 26 a 29 de setembro de 2003.	77

Tabela 19: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 02 a 05 de outubro de 2003.....	77
Tabela 20: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 16 a 19 de outubro de 2003.....	77
Tabela 21: Volume (L) de água escoada superficialmente no canal secundário, tempo de irrigação e vazão calculada, para os dois anos de experimento.	78
Tabela 22: Vazão de recalque calculada para a safra de 2002.....	79
Tabela 23: Vazão de recalque calculada para a safra de 2003.....	80
Tabela 24: Lâminas bombeada (mm), armazenada (mm), percolada (mm) e escoada pelo canal secundário (mm) para a safra de 2002.....	81
Tabela 25: Eficiência irrigação (%), perdas por percolação e escoamento superficial (%), perdas por condução (%) e perdas totais do sistema (%) para a safra 2002.	81
Tabela 26: Lâminas bombeada (mm), armazenada (mm), percolada (mm) e escoada pelo canal secundário (mm) para a safra de 2003.....	81
Tabela 27: Eficiência irrigação (%), perdas por percolação e escoamento superficial (%), perdas por condução (%) e perdas totais do sistema (%) para a safra 2003.	82
Tabela 28: Valores calculados de salinidade, a vazão (Q) obtida e os sais totais dissolvidos (STD) para o ponto P6, para os 13 meses de amostragem, nos anos de 2003 e 2004.	95
Tabela 29: Estatística descritiva básica das oito variáveis estudadas, nos seis pontos de amostragem durante o período de setembro/03 a setembro/04.....	97
Tabela 30: Matriz de Correlação entre as oito variáveis de qualidade de água estudadas.	97
Tabela 31: Matriz das cargas fatoriais, variância observada e comunalidade das variáveis de qualidade de água.	99
Tabela 32: Dados climáticos coletados pela estação meteorológica para o período da safra de 2002.....	114
Tabela 33: Dados climáticos coletados pela estação meteorológica para o período da safra de 2003.....	118
Tabela 34: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 17/08/02 antes da irrigação.	122

Tabela 35: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 18/08/02 depois da irrigação.	123
Tabela 36: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/08/02 depois da irrigação.	124
Tabela 37: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 20/08/02 depois da irrigação.	125
Tabela 38: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 22/08/02 antes da irrigação.	126
Tabela 39: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 23/08/02 depois da irrigação.	127
Tabela 40: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 24/08/02 depois da irrigação.	128
Tabela 41: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 25/08/02 depois da irrigação.	129
Tabela 42: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 05/09/02 antes da irrigação.	130
Tabela 43: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 06/09/02 depois da irrigação.	131
Tabela 44: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 07/09/02 depois da irrigação.	132

Tabela 45: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 08/09/02 depois da irrigação.	133
Tabela 46: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/09/02 antes da irrigação.	134
Tabela 47: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 20/09/02 depois da irrigação.	135
Tabela 48: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 21/09/02 depois da irrigação.	136
Tabela 49: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 22/09/02 depois da irrigação.	137
Tabela 50: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/09/03 antes da irrigação.	138
Tabela 51: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 20/09/03 depois da irrigação.	139
Tabela 52: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 21/09/03 depois da irrigação.	140
Tabela 53: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 22/09/03 depois da irrigação.	141
Tabela 54: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 26/09/03 antes da irrigação.	142

Tabela 55: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 27/09/03 depois da irrigação.	143
Tabela 56: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 28/09/03 depois da irrigação.	144
Tabela 57: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 29/09/03 depois da irrigação.	145
Tabela 58: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 02/10/03 antes da irrigação.	146
Tabela 59: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 03/10/03 depois da irrigação.	147
Tabela 60: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 04/10/03 depois da irrigação.	148
Tabela 61: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 05/10/03 depois da irrigação.	149
Tabela 62: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 16/10/03 antes da irrigação.	150
Tabela 63: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 17/10/03 depois da irrigação.	151
Tabela 64: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 18/10/03 depois da irrigação.	152

Tabela 65: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/10/03 depois da irrigação.	153
Tabela 66: Dados de qualidade da água das oito variáveis monitoradas de setembro de 2003 a setembro de 2004.	154

RESUMO

No Brasil, a produção de tomate de mesa é realizada, em sua maioria, utilizando-se a irrigação por sulcos, apesar da baixa eficiência e o potencial de contaminação dos recursos hídricos apresentados por esse sistema. Assim, o presente trabalho teve como objetivo quantificar os impactos da irrigação por sulcos, utilizada na cultura de tomate de mesa, que possam comprometer a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio das Pedras, situada nos municípios de Mogi-Guaçu e Estiva Gerbi, SP. Foram avaliados parâmetros relacionados com o desempenho da irrigação em uma propriedade agrícola, onde foram monitoradas: lâmina de irrigação, água percolada, armazenamento de água no solo, evapotranspiração de referência, escoamento superficial e precipitação. Com o intuito de expressar de forma objetiva e integrada as alterações da qualidade da água na bacia hidrográfica, estabeleceu-se um índice de qualidade da água, a partir da determinação dos níveis de concentração de oito contaminantes físicos e químicos presentes na água superficial. Para a avaliação dos impactos na qualidade da água, foram realizadas coletas de amostras de água em seis pontos ao longo da bacia durante treze meses, que permitissem a identificação do carreamento de nutrientes e de sedimentos provocados pela erosão. De acordo com os resultados obtidos a eficiência de irrigação na propriedade foi da ordem de 26%, considerada baixa quando comparada a outros sistemas de irrigação. As perdas por percolação foram estimadas em 11%, aproximadamente, as perdas por escoamento superficial no sistema calculado em torno de 1,5%, e as perdas por condução em 61%. Desta forma as perdas totais foram de aproximadamente 74%. No entanto, o uso de sulcos curtos e o manejo realizado na irrigação geraram valores aceitáveis de uniformidade de distribuição de água no solo. Apesar disso, a irrigação por sulcos, da maneira que é realizada, foi considerada ineficiente e com potencial para a redução da disponibilidade dos recursos hídricos. Quanto à qualidade da água, observou-se por meio do índice de qualidade de água (IQA), condições de deterioração na bacia do Rio das Pedras, relacionados com a produção do tomate de mesa na bacia. Observou-se também a presença de $\text{NH}_3\text{-N}$ e NH_3 , originados no processo de fertilização utilizado na cultura. A principal conclusão desse estudo foi a comprovação da ineficiência da irrigação por sulcos praticada pelo produtor, com perdas excessivas de água que afetam a disponibilidade de água da bacia pela presença de contaminantes físicos e químicos.

ABSTRACT

Furrow irrigation is the mostly used system in the production of fresh market tomato in Brazil, although, its low application efficiency and the potential to contaminate water resources. The object of this study was to quantify the impacts of furrows irrigation management in the tomato crop, which can compromise the water availability (quantity and quality) at the Rio das Pedras Watershed, located in the cities of Mogi-Guaçu and Estiva Gerbi - SP. It were evaluated the irrigation performance parameters that could affect the readiness of watershed water resources. The following irrigation components were monitored: irrigation depth applied, furrow runoff and water percolation, soil water storage, reference evapotranspiration, and precipitation. Using the concentration levels of eight physical and chemical superficial water contaminants in six sample points during thirteen months, a water quality index was estimated to express the alterations of the watershed water quality. The water index was used to identify the nutrients and sediments transported inside the watershed. The results showed that the irrigation efficiency was around 26% in the farm; value considered low when compared to others irrigation system. The percolation loss was approximately 11%, and the runoff near to 1.5%. The water conduction loss (pipe and soil channels) was estimated in 61%, resulting in an overall irrigation loss of approximately 74% in the farm. However, the irrigation management applied in short length furrows generated acceptable water distribution uniformity. The water quality index showed agricultural chemical contaminations along the watershed, highly related to the fresh market tomato production, the major agricultural exploration in the watershed. It was observed the presences of $\text{NH}_3\text{-N}$ and NH_3 , mainly originated in the fertilization process used in the tomato crop production. The main research conclusion showed that the furrow irrigation is inefficiently operated in the fresh market tomato production, with excessive water loss affecting the watershed water quality with physical and chemical contaminants.

1 INTRODUÇÃO

Uma das práticas mais antigas e importantes, utilizadas nas áreas agrícolas para a produção de alimentos, é a irrigação. Esta prática, quando utilizada corretamente, além de garantir a produção, aumenta a produtividade das culturas; diminui os riscos de quebra de safra pela seca; propicia condições para o plantio na entressafra, com obtenção de melhores preços para os produtos no mercado; melhora a qualidade dos produtos, beneficiando a exportação, e ainda, cria e aumenta a oferta de empregos nas áreas rurais.

No entanto, o manejo inadequado dessa técnica associada à utilização cada vez mais intensa e freqüentemente incorreta de agroquímicos nas lavouras tem causado sérios problemas de disponibilidade hídrica no Brasil. Um exemplo disso é o caso do Rio Verde Grande, um afluente do Rio São Francisco, que enfrenta graves problemas de conflitos pelo uso da água, além de problemas de assoreamento e poluição de suas águas, provocado por anos de uso predatório principalmente pela irrigação (ANA, 2004).

A questão da disponibilidade dos recursos hídricos é uma preocupação mundial. A projeção de cientistas para 2025 é que 3,3 bilhões de pessoas não terão água para a irrigação, atividade humana que mais consome o recurso, respondendo no Brasil, por aproximadamente 61% de todo o consumo. Isso se deve à irrigação acarretar uma redução efetiva da disponibilidade dos mananciais, devido a sua característica de consumir parte da água utilizada não havendo retorno ao seu curso original, fazendo-se, portanto o uso consuntivo da água.

A preocupação com a disponibilidade e a demanda da água, no território nacional, fez com que leis e regulamentações federais e estaduais fossem estabelecidas determinando as políticas de uso e conservação dos recursos hídricos. Uma das providências adotadas pelo governo brasileiro, para garantir uma melhor utilização da água nas propriedades agrícolas, foi instituir a cobrança pelo seu uso. O Estado de São Paulo foi quem liderou o processo de estudos no sentido de estabelecer alternativas para a cobrança, bem como desenvolver tecnologias de gestão de recursos hídricos, amparado legalmente pela Lei Nº 7.663/91. Os estudos foram pautados pelo fato da cobrança pelo uso da água não ser considerada uma penalidade, mas um instrumento de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, bem como elemento educativo, capaz de propiciar a racionalidade e uso eqüitativo.

Juntamente com as políticas públicas de uso dos recursos hídricos, a utilização correta da irrigação de forma a manejar eficientemente a água, os fertilizantes e outros insumos, é essencial para a manutenção do suprimento de alimentos, em equilíbrio com a sua crescente demanda, garantindo a conservação do meio ambiente. Dessa forma, o estudo de princípios básicos para a realização de um bom manejo de água e fertilizantes é imprescindível para que a agricultura irrigada possa ser sustentada pelo meio ambiente. A irrigação e a fertilização, assim como o uso de pesticidas, fungicidas e outros produtos químicos usados no controle fitossanitário, quando utilizados com planejamento adequado e em quantidades necessárias, ao invés de constituir um problema ambiental, tornar-se um aliado para aumentar os rendimentos das culturas e melhorar a qualidade dos produtos agrícolas.

Nesse contexto, a utilização da irrigação na produção agrícola deve procurar sempre atingir altas eficiências de uso da água, mediante a seleção de sistemas eficientes e de um manejo adequado. Entretanto, a irrigação de algumas culturas tem características bastante contrárias. Um exemplo disso é o uso de sistemas com baixa eficiência de irrigação nas lavouras de tomate de mesa do Brasil, que, em sua maioria, são irrigadas por sulcos, sistema conhecido pela elevada perda de água e com potencial para carrear sedimentos e produtos químicos aos corpos d'água. A opção de uso desse sistema de irrigação nessa cultura deve-se, principalmente, ao seu baixo custo de investimento e às questões fitossanitárias da produção. No entanto, é inerente ao próprio método perdas de água por percolação no início do sulco e escoamento superficial no final, sendo, portanto, um dos métodos de menor eficiência de aplicação da água. No Estado de São Paulo, o uso desse sistema é mais preocupante por ser explorado em áreas declivosas, o que não é recomendável para esse tipo de irrigação.

O tomate de mesa é um produto de grande relevância econômica no Brasil. O segundo maior produtor brasileiro é o Estado de São Paulo, que em 2002 obteve uma produção de 19.898.164 de caixas de 25kg de tomate envarado, em uma área plantada de 8.197 ha, e em 2003 teve uma diminuição na produção, chegando a 18.697.396 de caixas de 25kg, com área plantada de 7.811 ha (IEA & CATI, 2004). De todos os produtos hortifrutícolas, o tomate representa 23% de todo o volume comercializado no Entrepósito Terminal de São Paulo (CEAGESP).

É necessário, portanto, conhecer a amplitude dos impactos causados pelo uso desse sistema de irrigação nessa cultura, qualificando e quantificando as principais formas de

impacto, permitindo definir possíveis medidas mitigadoras de seus efeitos, evitando a degradação dos recursos hídricos, permitindo uma agricultura irrigada sustentável e a conservação da qualidade de vida da população.

Desta forma o objetivo geral deste trabalho foi quantificar os impactos da irrigação por sulcos, utilizada na cultura de tomate de mesa, que possam comprometer a disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio das Pedras. Dessa maneira, foram avaliados diversos fatores relacionados com a irrigação por sulcos utilizada na cultura do tomate de mesa e que podem afetar a disponibilidade dos recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Para se estabelecer um índice de qualidade da água para a bacia hidrográfica, de modo a expressar de uma forma objetiva e integrada as alterações da qualidade da água na bacia hidrográfica, determinou-se a concentração de contaminantes físicos e químicos presentes na água superficial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A disponibilidade de água se transformou, nos últimos anos, em um problema mundial. Mesmo em países onde há fartura de água, como é o caso do Brasil, já existem regiões onde a disponibilidade já está comprometida pelo aumento populacional desordenado e pela necessidade de acréscimo na produção de alimentos.

De acordo com a ANA (2004) no Brasil, a agricultura irrigada representa cerca de 5% de toda a área cultivada. Apesar disso consome 61 % dos recursos hídricos, desta maneira, uma pequena redução do consumo significar altas quantias de água, que podem ser utilizadas nas cidades e na produção adicional de alimentos.

Segundo a FAO (2004), nosso país tem 30 milhões de hectares aptos à irrigação e utiliza cerca de 10% do potencial. Assim é necessário disciplinar e conscientizar os agricultores para diminuição dos desperdícios e da contaminação da água, e criar regras para que a expansão da irrigação seja feita de maneira ordenada e eficiente.

2.1 A questão dos recursos hídricos

2.1.1 No mundo

Com relação aos recursos hídricos a preocupação atual gira em torno da sua demanda e disponibilidade (quantidade e qualidade). Com o rápido crescimento populacional, a demanda de água vem aumentando, e, em contrapartida, a sua disponibilidade tem diminuído velozmente.

Estima-se que o volume total de água no planeta é de aproximadamente $1,386 \cdot 10^6 \text{ km}^3$. No entanto, apenas 2,5% são de água doce, sendo que 68,9% disso está armazenado em geleiras e calotas polares; 29,9% são de água doce subterrânea; 0,9% está contida em reservatórios diversos e somente 0,3% escoa por rios e lagos e está facilmente disponível (REBOUÇAS, 1999).

De acordo com POSTEL (2000) de toda a água da Terra apenas 0,008% é renovada anualmente, o que compreende aproximadamente 110.300 km^3 . Destes, apenas 40.700 km^3 é água doce escoada por rios, riachos e aquíferos subterrâneos. Embora esta quantidade de água disponível pareça enorme, a sua distribuição é bastante desuniforme, como exemplo disso, tem-se que 36% dessa água está concentrada na Ásia, onde se encontra 60% da população mundial; por outro lado a América do Sul recebe 26%, concentrando apenas 6% da população

mundial. O Rio Amazonas escoa 15% da água doce disponível e só é acessível para 0,4% da população mundial.

Em muitos países o uso da água subterrânea tem aumentado e já é causa de grande preocupação, como na Ásia, onde o crescimento populacional é elevado, na Índia, no norte da China e oeste dos Estados Unidos. Semelhantes a água subterrânea, muitos dos maiores rios do planeta têm sofrido com a exploração descontrolada (POSTEL, 2000).

Segundo o mesmo autor, um dos motivos do desperdício de água nas áreas rurais de alguns países é o subsídio dado a irrigação, o que desencoraja os usuários à investir em eficiência e acabam tendo a falsa idéia de que a água é abundante. Agricultores da Tunísia pagam US\$0,05 por metro cúbico da água de irrigação, o que não chega a 1/7 do custo para seu fornecimento. Na Jordânia os agricultores pagam US\$0,03 por metro cúbico. Embora os subsídios oferecidos nos Estados Unidos e em outros países sejam uma forma de diminuir a pobreza e tenham outras finalidades sociais, os níveis de auxílio dados são um convite ao desperdício.

2.1.2 No Brasil

O Brasil tem 12% da água doce corrente do mundo, mas mesmo assim os conflitos pelo seu uso tem aumentado dia a dia, isso porque a distribuição entre as regiões é bastante desigual. A Região Amazônica detém 68,5% dos recursos hídricos do país, que embora detenha 45,3% do território nacional, acolhe apenas 6,98% da população de 169 milhões de habitantes. Em segundo lugar vem o Centro-Oeste, com 15,7% dos recursos hídricos, para 18,8% do território brasileiro e apenas 6,41% da população. No Sul, no Sudeste e no Nordeste a situação se inverte. Apenas 6,5% dos recursos hídricos estão concentrados no Sul, que detém 6,8% do território nacional e 15,5% da população. No Sudeste, que tem 42,65% da população do país e 10,8% do seu território, há apenas 6% da água existente no Brasil. Finalmente, o grave quadro do Nordeste: 28,9% da população, 18,3% do território e somente 3,3% dos recursos hídricos. E o mais grave: cerca de 60% da água consumida alimenta projetos de irrigação, essenciais à oferta de alimentos, sobretudo ao semi-árido nordestino, uma das regiões mais secas do mundo (LOPES, 2000).

No país, ocorre falta de disponibilidade quantitativa nas regiões semi-áridas e limitações quanti-qualitativa nas regiões de grande adensamento urbano e de uso agrícola da

água (TUCCI, 2004). Alguns problemas de conflito pelo uso da água têm surgido, um exemplo disso é o rio Verde Grande, que abastece uma parte da região norte de Minas. Nos últimos três anos, o trecho do rio que passa em Jaíba tem ficado seco por três meses. O crescimento da irrigação, a partir dos anos 80, levou a região a uma situação contraditória. Garantiu a vitalidade agrícola e empregos, mas provocou o assoreamento do Verde Grande e de outros rios, causando problemas para os mais pobres que vivem às suas margens. Por quase todos os 300 km que o rio percorre antes de desaguar no São Francisco, falta água para o consumo humano (PRATES, 2000).

A demanda de água tem crescido nos últimos anos e um dos motivos é o aumento das áreas irrigadas em todo o território nacional. Segundo o relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo apresentado pelo SIGRH – SP (2004), a Bacia do Rio Mogi-Guaçu (UGRHI 9) é considerada crítica em termos de disponibilidade hídrica superficial, com demandas elevadas devido à irrigação e ao setor sucroalcooleiro, principalmente no Alto Mogi e Jaguari-Mirim. Segundo os dados apresentados no relatório a bacia tem uma demanda total de água superficial de $39,65 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ e uma disponibilidade de $49 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, sendo o índice de utilização de 80,9 %. Desta demanda superficial $18,74 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (47%) são utilizados para irrigação. Estes números mostram que se nenhuma providência for tomada, nos próximos anos teremos uma situação caótica na Bacia do Rio Mogi-Guaçu, com o aumento da disputa pela água.

2.2 Administração dos recursos hídricos no Brasil

O marco legal da cobrança pelo uso dos recursos hídricos está definido pelo Código Civil Brasileiro de 1916, pelo Código de Águas de 1934, pelas Leis Federais Nº 6.938/81 e Nº 9.433/97, bem como pelas leis e decretos estaduais. Apoiando-se em disposição contida na Constituição Federal, alguns estados elaboraram as suas leis de organização administrativa para o setor, estabelecendo os princípios, os instrumentos e o arcabouço institucional para a promoção do gerenciamento dos recursos hídricos de seus domínios.

O Estado de São Paulo liderou esse processo, discutindo amplamente e promulgando em 30 de dezembro de 1991 a sua Lei Nº 7.663. Logo em seguida veio o Estado do Ceará, que pressionado pela escassez absoluta de água, também desenvolveu com rapidez o debate sobre a natureza da organização que deveria ser estruturada no estado com o objetivo de permitir

uma gestão racional de uso da água. Na sequência, outros estados vieram a promulgar suas leis, estabelecendo assim um marco importante para o desenvolvimento da atividade de gerenciamento de seus recursos hídricos (FERNANDEZ & GARRIDO, 2000).

A partir do Decreto Estadual 27.576 de 1987, criou-se o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CRH, composto exclusivamente por órgãos e entidades do Governo do Estado, que tinham a incumbência de propor a Política de Governo relativa aos Recursos Hídricos do Estado. Para a realização da Política Estadual de Recursos Hídricos foi implantado o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SIGRH, e elaborado o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH, além de instituído o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO para suprir as necessidades dos recursos financeiros necessários ao sistema (SRH – SP, 2000).

A Lei Estadual nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), estabeleceu as normas de orientação para o gerenciamento descentralizado, participativo e integrado dos recursos hídricos do Estado de São Paulo e adotou a bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento. Posteriormente, a Lei Federal nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos que, como a lei estadual, definiu o Comitê de Bacias – com participação do Estado, Municípios e sociedade civil – como órgão consultivo e deliberativo de nível regional para a questão dos recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água é um instrumento de gestão fundamental para o equilíbrio entre a oferta e a demanda desses recursos na bacia ou região hidrográfica. Além de ser utilizada com a finalidade de racionalizar o uso, a cobrança pelo uso da água atua também como mecanismo eficiente de redistribuir os custos sociais de forma mais equitativa; disciplinar a localização dos usuários; promover o desenvolvimento regional integrado nas suas dimensões social e ambiental; e incentivar à melhoria nos níveis de qualidade dos efluentes lançados nos mananciais (FERNANDEZ & GARRIDO, 2000).

A valorização econômica da água e a implementação do instrumento de cobrança pelo uso em sistemas de bacias hidrográficas são temas bastante complexos que, além das questões econômicas, envolvem também questões legais, institucionais, técnicas, e sociais. A escolha da metodologia mais apropriada para estabelecer um valor para a água é uma das

tarefas mais difíceis, pois além de requerer um amplo conhecimento das várias teorias e modelos econômicos disponíveis, é necessário também conhecer as vantagens e desvantagens das mesmas (FERNANDEZ & GARRIDO, 2000).

Com todo esse suporte administrativo e normativo relacionado aos recursos hídricos o Brasil tem dado passos importantes para a conservação de suas águas. No entanto, esse processo de planejamento necessita para sua total implantação e funcionalidade, apoio técnico e científico, recursos humanos imprescindíveis para a realização de diagnósticos que podem beneficiar a população a nível regional, estadual e nacional.

2.3 Impactos quantitativos da irrigação sobre os recursos hídricos

A agricultura irrigada é atualmente o uso consuntivo de água mais representativo em termos de média mundial, enquanto o consumo total mundial de água, em 1990 foi de 4.130km^3 , somente para irrigação foram derivados 2.680km^3 (CHRISTOFIDIS, 2000). Em muitos cenários de irrigação, até 60% desta água é desperdiçada no caminho da fonte até a estação, necessitando-se de práticas mais eficientes para que existam economias substanciais de água doce.

As atividades agrícolas usam intensivamente os recursos hídricos para a produção de alimentos. Para se produzir uma tonelada de grãos são necessárias, aproximadamente, mil toneladas de água (1.000 m^3), no mínimo, pois esse valor não considera as perdas devido a ineficiência dos sistemas de irrigação. Em contrapartida, a irrigação permite a obtenção de até três safras por ano em uma mesma área, o que faz com que essa prática tenha grande importância para a produção mundial de alimentos (SETTI et al., 2001).

As terras irrigadas, que atualmente representam aproximadamente 16% das terras cultivadas no mundo, são responsáveis pela produção de cerca de 40% dos alimentos (ITURRI, 1999).

Em 1995, o mundo consumia, direta ou indiretamente (produtos pecuários), cerca de 300 kg de grãos por habitante por ano. Com base nesse nível de consumo, para se produzirem grãos suficientes para uma população atual de cerca de 6 bilhões de habitantes são necessários, aproximadamente, 1.800 km^3 de água por ano. Volume considerável diante da estimativa de que hoje são consumidos, considerando-se todos os usos cerca de 4.000 km^3 de água por ano (ITURRI, 1999).

Nesse impasse pelos múltiplos usos da água, não há dúvidas de que, em uma situação de competição, a irrigação seria o último beneficiário. Contudo, as tecnologias atuais de irrigação podem reduzir o consumo da água em até 50% com relação aos métodos tradicionais. Nos Estados Unidos resultados mostraram que novas tecnologias obtêm de 30 a 70% de redução do consumo com aumento de 20 a 90% na produção, com relação aos métodos tradicionais de inundação.

Segundo POSTEL (1998) estima-se que em 2025 a irrigação mundial utilizará 4.600 km³.ano⁻¹ assumindo um uso consuntivo de 3.500 km³.ano⁻¹, e isto prevendo que a irrigação vai ser bem mais eficiente do que é hoje. No Brasil, de acordo com TELLES (1999), a demanda de água para irrigação foi estimada em 1996 em cerca de 25 km³.ano⁻¹ podendo chegar em 2010 a 30 km³.ano⁻¹. Para o Estado de São Paulo o SIGRH (2000) relata que a demanda de água superficial para irrigação é de 4,45 km³.ano⁻¹.

Desta forma, um dos objetivos do Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) de São Paulo é o “Desenvolvimento Racional da Irrigação” cujas diretrizes incluem o disciplinamento da utilização da água para irrigação, a racionalização do uso da água para irrigação, o monitoramento de áreas irrigadas e, obras e serviços de sistemas coletivos de irrigação e drenagem.

De acordo com a SRH – SP (2000), a outorga de usos para abastecimento urbano, industrial e irrigação e o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras deverão prever mecanismos institucionais, técnicos e econômico-financeiros que assegurem a utilização da água de modo a evitar e inibir perdas e desperdícios, visando atingir níveis de consumo compatíveis com o balanço entre disponibilidade e demanda, na área geográfica em consideração.

Sendo a agricultura um dos grandes contribuintes para a degradação dos recursos hídricos, o incentivo ao manejo e conservação desses recursos e o estímulo na adoção, pelos agricultores, de técnicas e tecnologias que possam recuperar áreas degradadas ou conservar as mesmas, é prioridade de âmbito nacional e deve ser trabalhada com intensificação e seriedade.

2.4 Impactos qualitativos da irrigação sobre os recursos hídricos

Para o aumento na produção de alimentos e obtenção de maiores lucros, os agricultores tem aumentado as áreas irrigadas e tem intensificado o uso de elementos químicos, dessa forma os efluentes agrícolas da irrigação por sulcos têm se constituído um grave problema para os recursos hídricos.

2.4.1 Nitrogênio

De acordo com ONGLEY (1996), a dinâmica ambiental do nitrogênio e do fósforo é bem conhecida, mas é difícil estudar e documentar as transformações detalhadas do nitrogênio que se produz no solo e na água.

O nitrogênio é constituinte natural de proteínas, clorofila e vários outros compostos biológicos, podendo também ser encontrado em despejos domésticos, despejos industriais, excrementos de animais e em fertilizantes. O nitrogênio altera-se entre várias formas e estados de oxidação, sendo as de maior interesse, em ordem decrescente do estado de oxidação, nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3 ou NH_4^+) e nitrogênio orgânico (dissolvido ou em suspensão).

A amônia está naturalmente presente em águas superficiais e águas residuárias. Ela é produzida largamente pela amonificação de nitrogênio orgânico e pela hidrólise da uréia. O nitrato geralmente ocorre em pequenas quantidades em águas superficiais, mas podem alcançar altos níveis em algumas águas subterrâneas. O nitrito é um estado de oxidação intermediário do nitrogênio, obtido tanto da oxidação da amônia a nitrato como da redução do nitrato. O processo de amonificação consiste na transformação de nitrogênio orgânico em amônia, na forma de íon (NH_4^+) ou livre (NH_3), por intermédio de bactérias heterotróficas. Tanto o processo de hidrólise como de amonificação tem início no sistema de coleta e interceptação fazendo com que a amônia já se encontre presente no esgoto afluyente à estação de tratamento.

Em seguida, a amônia é transformada em nitritos e estes em nitratos, fenômeno denominado de nitrificação. Neste processo, os microrganismos envolvidos são autótrofos quimiossintetizantes, isto é, utilizam o gás carbônico como fonte de carbono e como fonte de energia química a amônia (MEDEIROS et. al., 2002).

Segundo ONGLEY (1996), do ponto de vista da qualidade de água o íon amônio (NH_4) pode adsorver-se as partículas de argila e deslocar-se como consequência da erosão. O mais importante é que o NH_4 e o NO_3 são solúveis e se movimentam através do perfil do solo até as águas superficiais e subterrâneas, principalmente durante as chuvas, por lixiviação. O NO_3 se encontra também no escoamento superficial. A prevenção da contaminação das águas pelo nitrogênio depende em grande parte da capacidade de manter o NO_3 do solo em um nível que possa ser absorvido nos cultivos, e reduzir a quantidade de NO_3 retida no solo depois da colheita.

CHAPMAN & KIMSTACH (1996) relatam que as formas para análise de nitrogênio em água para fins de avaliação de sua qualidade são preferencialmente, $\text{NO}_3\text{-N}$ (nitrogênio do nitrato) e $\text{NH}_4\text{-N}$ (nitrogênio da amônia), quando comparadas com NO_3^- ou NH_4^+ . Outra forma que pode ser encontrada em águas naturais é a amônia (NH_3), que quando encontrada em altas concentrações pode ser derivada de processos industriais ou do arraste de fertilizantes para água.

O mesmo autor relata que, em águas superficiais com concentrações acima de 5 mg.L^{-1} de $\text{NO}_3\text{-N}$ podem indicar contaminações por poluição humana, animal ou por escoamento de fertilizantes. Em casos extremos a contaminação pode chegar a 200 mg.L^{-1} de $\text{NO}_3\text{-N}$. O limite máximo recomendado pela Organização Mundial da Saúde (WHO) de NO_3^- é de 50 mg.L^{-1} e de $\text{NO}_3\text{-N}$ é de $11,3 \text{ mg.L}^{-1}$ para água potável. Em lagos com águas naturais concentrações de $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de $\text{NO}_3\text{-N}$ estimulam o crescimento de algas indicando possível estado de eutrofização. As concentrações de amônia em águas não poluídas usualmente são menores do que $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ como N. Em águas superficiais as concentrações devem ser menores do que $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ de N, mas podem atingir até 2 a 3 mg.L^{-1} de N.

De acordo com o CONAMA 20/86, que classifica as águas, doces, salobras e salinas no Brasil, o limite máximo de nitrato em águas para as classes 1, 2 e 3 é de 10 mg.L^{-1} de N. Para nitrogênio amoniacal o limite para águas de classe 3 é de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ de N. O limite de amônia não ionizável, para águas de classes 1 e 2 é de $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$ de NH_3 .

As amostras para detecção de amônia devem ser analisadas em até 24 horas. Se isso não for possível podem ser congeladas ou conservadas em solução com 0,8 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) para cada litro de amostra e estocada a 4°C . Para a análise há muitos métodos disponíveis para medir íons da amônia. O mais simples e apropriado para águas com

quase nenhuma poluição, são os métodos colorimétricos usando o reagente Nessler (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

Amostras para detecção de nitrito e/ou nitrato devem ser analisadas imediatamente após a coleta, se não for possível podem ser conservadas de 3 a 4 °C ou usando uma solução de 2 a 4 mL de clorofórmio por litro de amostra. As determinações de nitrato são difíceis, devido a interferências de outras substâncias presentes na água, a escolha precisa do método pode variar de acordo com a concentração prevista do nitrato. Algumas determinações simples de campo, com exatidão limitada, podem ser feitas usando os métodos colorimétricos disponíveis em kits (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

2.4.2 Fósforo

O fósforo ocorre em águas naturais e em efluentes domésticos e industriais, quase exclusivamente na forma de fosfatos. Estes são classificados como ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta- e outros polifosfatos) e fosfatos orgânicos. As formas podem estar solubilizadas, em partículas, ou em corpos de organismos aquáticos.

O fósforo, na água, apresenta-se principalmente na forma de ortofosfatos, que estão diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples. Dentre os principais ortofosfatos tem-se: PO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- e H_3PO_4 . Quanto à origem, os fosfatos presentes nas águas podem ser divididos em:

- Origem natural: devido à dissolução de compostos do solo, carregados pela chuva (lixiviação) e pela decomposição de matéria orgânica;
- Origem antropogênica: devido aos despejos industriais e domésticos, aos detergentes, fertilizantes e excrementos animais (MEDEIROS et. al., 2002).

Em estudos realizados sobre o deslocamento de fósforo das áreas agrícolas, se observou que a parte mais importante se incorpora a matéria argilosa e é transportada como produto da erosão. A mobilização do fósforo é maior em solos arenosos do que em solos argilosos, pela baixa sorção e capacidade de retenção de solos arenosos. Cada solo tem uma capacidade de sorver fósforo, que pode ser excedida em longos períodos de aplicação ou grandes quantidades aplicadas (LOEHR, 1984).

De acordo com PRADO (1991), se em um solo há predominância de cargas positivas ele tem maior capacidade de reter ânions (sulfato, nitrato, fosfato, cloreto, etc.), se tem

predominância de cargas negativas tem maior capacidade de reter cátions. Para se determinar as cargas dos colóides de um solo, pode se utilizar o pH em água relacionando-o com o pH em KCl, encontrados na análise química do solo, utilizando-se a Equação 1.

$$\Delta pH = pH_{KCl} - pH_{H_2O} \dots\dots\dots \text{Equação 1}$$

Em águas naturais ou águas residuárias, muitas vezes o fósforo pode ocorrer como ortofosfato, polifosfatos e fosfato. O equilíbrio das diversas formas de fosfato pode ocorrer com diferentes valores de pH em água pura. É recomendado que as concentrações sejam expressas em fósforo, ou mg.L^{-1} de $\text{PO}_4\text{-P}$ (e não como PO_4^{3-}). O fósforo raramente é encontrado em concentrações elevadas em águas frescas. Em águas superficiais naturais, o fósforo pode ser encontrado em limites de 0,005 a 0,02 mg.L^{-1} de $\text{PO}_4\text{-P}$. Concentrações mais baixas em torno de 0,001 mg.L^{-1} de $\text{PO}_4\text{-P}$ podem ser encontradas em águas puras e altas concentrações de 200 mg.L^{-1} em águas salinas (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

O limite máximo estabelecido pelo CONAMA 20/86 para fosfato total em águas de classes 1, 2 e 3, é de 0,025 mg.L^{-1} de P. Segundo SPERLING (1996), para interpretação de resultados em termos de corpos d'água os seguintes valores de P total são utilizados: (a) $P < 0,01\text{-}0,02 \text{ mg.L}^{-1}$: não eutrófico; (b) P entre 0,01-0,02 e 0,05 mg.L^{-1} : estágio intermediário e (c) $P > 0,05 \text{ mg.L}^{-1}$: eutrófico.

A fertilização de culturas é uma das maiores responsáveis por contribuições de nutrientes à água superficial. Geralmente, somente 10 a 30% do fósforo adicionado as culturas pela fertilização é realmente aproveitado. Raramente o fósforo de fertilizantes comerciais ou de material orgânico chega a águas subterrâneas, a não ser em solos muito porosos em áreas onde ocorrem chuvas ou irrigações intensas (LOEHR, 1984).

As amostras para análise de fosfato podem ser preservadas com clorofórmio e estocadas de 2 a 4 °C por 24 horas. As determinações de fosfato envolvem a conversão para ortofosfato e pode ser medido por colorimetria (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

2.4.3 *Poluição de origem agrícola*

A contaminação hídrica em áreas agrícolas tem sido tema de muitos trabalhos científicos, no entanto, muitas dificuldades tem sido enfrentadas para o monitoramento e

avaliação dos impactos na qualidade da água. Ao mesmo tempo, dos trabalhos realizados na área de qualidade da água, são raros os desenvolvidos em países tropicais, sendo que a maioria são resultados de pesquisas feitas em países de clima temperado, que mostram muitas diferenças principalmente em relação à temperatura, índices pluviométricos e aos tratos culturais, dificultando a sua utilização nas avaliações de trabalhos realizados em países com clima diferenciados.

A poluição gerada pela agricultura é quase sempre de origem difusa, ou seja, as cargas são distribuídas ao longo da superfície do solo por vários agentes poluidores, que convergem aos corpos d'água preferencialmente por ocasião dos eventos de chuva ou irrigações.

De acordo com SILVA (2003) um dos principais limitantes em estudos de cargas poluidoras de origem difusa é a natureza dessa poluição e a maneira como deve ser mensurada. Primeiramente, a poluição difusa (não pontual) não implica na avaliação de um simples parâmetro, mas normalmente em vários, e nem sempre tradicionais como oxigênio dissolvido (OD) e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Os principais processos responsáveis pelo arraste de nutrientes para a água nas áreas agrícolas são a lixiviação e o escoamento superficial, que muitas vezes ocorre como consequência de precipitações naturais. No entanto, em muitas áreas agrícolas o manejo irracional do solo e da água potencializam estas perdas de nutrientes para águas superficiais e subterrâneas, principalmente devido a dependência da agricultura pelo suprimento de água, fazendo com que as áreas escolhidas para o desenvolvimento das atividades sejam localizadas próximas de rios e lagos.

PEKÁROVÁ *et al.* (1996) analisaram o impacto de atividades florestais e urbanas e de cultivo agrícola na qualidade da água superficial. Dados diários de qualidade de água foram monitorados em 15 bacias pelo Instituto de Hidrologia da Eslováquia. Os resultados mostraram que as concentrações de nitrato estavam relacionadas principalmente às atividades agrícolas. Em 1950 as concentrações de nitrato foram de $0,7 \text{ mg.L}^{-1}$ com um consumo de $6 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ de fertilizantes nitrogenados, nos anos de 1986/87 foi de $11,7 \text{ mg.L}^{-1}$ com consumo de $168 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$. Nos anos de 1988/89 a concentração de nitrato diminuiu resultado do decréscimo do consumo de fertilizantes nitrogenados inorgânicos. A concentração média anual de fosfato atingiu valores de $0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ em uma microbacia

florestal e $0,03 \text{ mg.L}^{-1}$ em uma microbacia agrícola, sendo a concentração máxima encontrada de $0,068 \text{ mg.L}^{-1}$ resultante de contribuição municipal.

Através do ajuste do modelo de simulação de qualidade de água, QUAL2E-UNCAS, aos dados históricos existentes de vazão e qualidade de água, em ponto de controle da sub-bacia hidrográfica do ribeirão Demétrio, a qual integra a bacia do rio Gravataí, PEREIRA et al. (2003) simularam a capacidade assimilativa atual e futura dos recursos hídricos da sub-bacia para chegar a níveis de tratamentos compatíveis com a preservação ambiental e que garantam o suprimento atual e futuro de água. Os valores de algumas das variáveis de qualidade da água simulados para os cenários, atual (2000) e futuro (2010) foram: para o ano 2000 Nitrogênio amoniacal ($0,01 - 1,58 \text{ mg.L}^{-1}$); NO_3 ($0,05 - 0,18 \text{ mg.L}^{-1}$); fósforo total ($0,01 - 0,38 \text{ mg.L}^{-1}$). Quanto ao cenário de 2010 pode-se verificar as seguintes faixas de variação: Nitrogênio amoniacal ($0,01 - 1,78 \text{ mg.L}^{-1}$); NO_3 ($0,05 - 0,18 \text{ mg.L}^{-1}$); fósforo total ($0,01 - 0,45 \text{ mg.L}^{-1}$). A comparação entre os resultados simulados atuais e futuros dos parâmetros da qualidade da água demonstraram que não se prevêem acréscimos acentuados na contaminação orgânica do arroio Demétrio, com os níveis de crescimento de atividades projetados

Em um trabalho realizado por MAILHOL et al. (2001) foi avaliada a eficiência de dois sistemas de irrigação, por sulcos e aspersão, visando a redução de impactos da irrigação sobre o meio-ambiente. Foram feitos diferentes tratamentos para irrigação e fertilização para a identificação das melhores estratégias de irrigação e fertilização, para cada técnica (aspersão e sulcos), assegurando bons rendimentos da cultura do milho e baixa lixiviação de NO_3^- . Foi encontrada diferença significativa entre a lixiviação do N para os dois tratamentos de irrigação. Onde foram observadas maiores perdas de N para irrigação por sulcos, em duas dimensões na infiltração, e alta influência na distribuição do N no solo. Mas, quando ocorreram chuvas ou irrigações por aspersão intensas as perdas por lixiviação foram maiores para esse tipo de irrigação, isso porque a aspersão molha a superfície toda do solo, levando para camadas mais inferiores o N. O autor diz também que se o N fosse incorporado ao solo, ao invés de lançado na superfície, haveria menores perdas por lixiviação e uma melhora na distribuição do fertilizante no solo.

Muitos trabalhos tem sido realizados com o intuito de encontrar a relação direta entre a aplicação de fertilizantes em campo e a contribuição para os recursos hídricos. Nesse sentido alguns autores de vários países desenvolveram tabelas com coeficientes de exportação,

principalmente para fósforo e nitrogênio, com os quais são realizados cálculos estimados para perdas de nutrientes em áreas agrícolas. Os coeficientes de exportação são valores estimados de cargas anuais de poluentes, que são carregados por escoamento difuso, estes valores são geralmente calculados através de um balanço de massas.

Dados de pequenas bacias agrícolas no Kansas mostraram que há uma relação entre a concentração de fosfato total e nitrato com a vazão de córregos. A concentração de fosfato total foi de 0,2 a 0,4 mg.L⁻¹ durante baixas vazões mas aumentou até um máximo de 2,4 a 4,0 mg.L⁻¹ durante o escoamento superficial em uma chuva intensa. A carga de fosfato seguiu o padrão da turbidez. A faixa da concentração de nitrato foi de 0,2 a 4,2 mg.L⁻¹ em baixas vazões mas atingiu de 40 a 45 mg.L⁻¹ durante fortes chuvas (LOEHR, 1984).

O Centro Panamericano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente (CEPIS), tem realizado desde 1981, um programa regional para o desenvolvimento de metodologias simplificadas para a avaliação da eutrofização de lagos e represas tropicais da América Latina e Caribe. Para a formação da base de dados do projeto, foram requeridas amostras mensais de campo no período de um ano, onde foram analisados para rios: vazão, área de drenagem e temperatura, fósforo total (P), ortofosfato (PO⁻³₄), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), nitrogênio amoniacal (NH⁺₄), nitrito-nitrato (NO⁻₂-NO⁻₃) e condutividade; e para lagos: além destes, área superficial, pH, precipitação, clorofila “a”, oxigênio dissolvido (OD) e outros. Para estimar a contribuição de nutrientes para os rios foi utilizada uma tabela de coeficientes de exportação adquirida de RAST & LEE (1978) e validados com dados brasileiros. Os coeficientes de exportação propostos nesta tabela para áreas agrícolas são: 0,5 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de fósforo total e de 5 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de nitrogênio total.

Outros trabalhos se referem a coeficientes de exportação para a estimativa de cargas de nutrientes, LOEHR (1984) cita trabalhos realizados em áreas rurais no Canadá, Suécia e Estados Unidos onde os coeficientes propostos são de 4,3 a 31 kg.ha⁻¹.ano⁻¹; 16 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e 0,1 a 13 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de nitrogênio total, respectivamente e 0,15 a 1,7 kg.ha⁻¹.ano⁻¹; 0,2 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e 0,06 a 2,9 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de fósforo total, respectivamente. DIOGO et al. (2003) utilizaram coeficientes propostos por TANIK (1999) os quais apresentam taxas de exportação para áreas agrícolas com culturas anuais, permanentes e áreas com heterogeneidade, além de florestas, pastagens e outras. A Tabela 1 mostra resumidamente as taxas de exportação

propostas no trabalho, para classes de uso do solo nas Cartas digitais de Corine Land Cover (Corine) e da Direção Geral de Florestas (DGF) em Portugal:

Tabela 1: Taxas de exportação de nitrogénio e fósforo para classes de uso do solo.

Corine			DGF		
Classes de uso do solo	N total (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	P total (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	Classe de uso do solo	N total (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	P total (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
Áreas agrícolas com culturas anuais	5,0	1,0	Agricultura	10,0	0,3
Áreas agrícolas com culturas perenes	2,7	0,3	Águas interiores	0,0	0,0
Áreas agrícolas heterogêneas	3,9	0,7	Florestas	2,0	0,05
Florestas	2,0	0,1	Improdutivos	0,0	0,0
Pastagem	1,5	0,9	Incultos	10,0	0,3
Zonas com vegetação arbustiva ou herbácea	2,7	0,3			

Fonte: TANIK (1999).

Todos estes trabalhos realizados no sentido de estimar a contribuição das cargas difusas aos corpos d'água são importantíssimos para que se possa buscar o entendimento das relações do homem com o meio ambiente, colaborando com os ideais propostos no desenvolvimento sustentável, sobretudo no que se refere às múltiplas formas de uso da água.

2.4.4 Avaliação da qualidade da água

Para a avaliação de impactos ambientais existe na literatura um número amplo de metodologias e instrumentos, dos mais complexos aos mais simples, sendo que estes têm suas limitações e potencialidades, dependendo sistematicamente da disponibilidade de dados, de recursos financeiros e dos resultados esperados. Muitos trabalhos têm utilizado para essas avaliações modelos matemáticos, dos quais muitos são desenvolvidos em países de clima temperado, que têm sido validados com dados nacionais de campo e desta maneira possibilitando sua utilização para nossas condições climáticas.

Alguns modelos têm sido desenvolvidos no Brasil com características para clima tropical, mas muitos ainda se encontram em fase de desenvolvimento, ou ainda, são pouco abrangentes e impossibilitam sua utilização para grandes áreas, onde são necessários uma complexidade de dados de campo para a avaliação dos impactos à qualidade das águas.

Outro procedimento utilizado para esse tipo de avaliação é o cálculo de índices de qualidade de água, que possibilitam a interação das variáveis obtidas. Esses índices permitem o acompanhamento de possíveis deteriorações que ocorram nos recursos hídricos, em bacias hidrográficas ao longo do tempo ou do espaço.

Um dos índices de qualidade de água mais utilizados é o que foi desenvolvido pelo National Sanitation Foundation Institution dos Estados Unidos. No Brasil ele foi adaptado e é utilizado pela CETESB a fim de servir de informação básica de qualidade de água para o público em geral, bem como para o gerenciamento ambiental das 22 UGRHs - Unidades de Gerenciamento dos Recursos Hídricos em que se divide o Estado de São Paulo. Tal índice incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público, entre eles: Oxigênio dissolvido, Coliformes Totais, pH, DBO, Nitratos, Fosfatos, Temperatura da amostra, Turbidez e Sólidos Totais; a falta de uma dessas variáveis inviabiliza o cálculo do índice (CETESB, 2004).

De acordo com CETESB (2004), o índice é composto por três grupos principais de parâmetros: IQA - grupo dos 9 parâmetros básicos e o ISTO - que inclui os parâmetros que indicam a presença de substâncias tóxicas (teste de mutagenicidade, potencial de formação de trihalometanos, cádmio, chumbo, cromo total, mercúrio e níquel) e o grupo de parâmetros que afetam a qualidade organoléptica (fenóis, ferro, manganês, alumínio, cobre e zinco). O IAP (Índice de Qualidade de Água Bruta) será o produto da ponderação dos resultados atuais do IQA (Índice de Qualidade de Águas) e do ISTO (Índice de Substâncias Tóxicas e Organolépticas). O índice descreve cinco classificações, relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2: Classificações do índice de qualidade de água bruta (IAP), proposto pela CETESB.

Qualidade Ótima	$79 < \text{IAP} \leq 100$
Qualidade Boa	$51 < \text{IAP} \leq 79$
Qualidade Regular	$36 < \text{IAP} \leq 51$
Qualidade Ruim	$19 < \text{IAP} \leq 36$
Qualidade Péssima	$\text{IAP} < 19$

DIAS et al. (2003) em um estudo realizado na Bacia do Rio Dourados utilizou-se o índice aplicado pela National Sanitation Foundation para avaliar a qualidade das águas superficiais. Foram coletadas 160 amostras em 10 pontos de 1999 a 2002, em 67,5% dos

pontos amostrados foi encontrada boa qualidade para a água. Mas alguns pontos mostraram uma piora na qualidade da água.

NEGRI et al. (2003) avaliaram a qualidade de uso da água em uma Microbacia Rural para três anos agrícolas. A base dos procedimentos para determinação do índice (IQUA) está na sistematização de relações entre quantidades e a qualidade de água, tendo como resultado um intervalo numérico entre [zero e um], permitindo-se avaliar a qualidade da água em diferentes sistemas produtivos. Ou seja, esse índice visa avaliar o desempenho ambiental do ser humano em usar a água e o significado de implicações desse uso sobre o interesse para outros usos. Quanto mais próximo de 1 for o valor do IQUA, melhor o desempenho ambiental no uso da água. Constatou-se que a qualidade da água não diminuiu de forma gradativa à medida que se aumentavam as contribuições para o rio. Pelo contrário, existem pontos a montante com qualidade inferior a outros pontos a jusante.

PINHEIRO & LOCATELLI (2003) utilizaram o índice de qualidade de água proposto por Rodrigues de Bascarón (IQA de Bascarón), pois este permite a utilização das variáveis disponíveis, permitindo uma mobilidade para a escolha das de maior peso para a região a ser avaliada. O índice foi aplicado em duas diferentes condições. A primeira condição considera as concentrações extremas, ou seja, as concentrações mínimas e as máximas, de cada ano. A segunda condição considerou a média das concentrações em cada ano. A bacia do Rio Itajaí apresentou uma taxa de melhoria ao longo dos anos de 0,429, mostrando que os mananciais estão melhorando as suas condições de qualidade das águas. Isto se deve a uma desaceleração da expansão de áreas agrícolas e regeneração de florestas na região.

NORONHA et al. (2003) realizaram o cálculo de um índice de qualidade de água como parte de um diagnóstico ambiental da bacia do rio Jacarandá no Espírito Santo. Para tal, utilizaram o IQA proposto pela CETESB, relacionando os valores encontrados com algumas características físicas, de uso e ocupação e tipo de solo da região. Foram realizadas análises físico-químicas e biológica para a obtenção dos valores dos parâmetros a serem utilizados. A água nos pontos monitorados foi considerada de aceitável a boa para abastecimento após tratamento de água convencional, conforme a metodologia aplicada pela CETESB, mostrando também que a metodologia foi coerente com as situações encontradas na bacia.

Dentre os vários métodos estatísticos citados por DEMAYO & STEEL (1996) para a avaliação da qualidade da água estão as análises de correlação. Essas análises são usadas em

estudos de qualidade de água para avaliar a padrões de associação ou semelhança entre amostras, ou entre duas ou mais variáveis. O intervalo numérico dos valores dos coeficientes de variação (r) é -1 e 1 . Um valor -1 indica uma correlação negativa, ou seja, enquanto o valor de y diminui o x aumenta. Quando o r for 1 indica que há uma forte correlação positiva entre x e y , ambos variam juntos aumentando ou diminuindo. Quando o valor de r é zero indica que há baixa correlação entre os fatores. Quando se assume que os dados são independentes e tendem a normalidade, usa-se normalmente o coeficiente de correlação de Pearson para estes cálculos.

PIMENTEL (2003) utilizou a análise multivariada exploratória empregando uma análise de componentes principais, técnica que reduz a dimensionalidade e permite projetar o máximo de informação no menor número possível de dimensões não correlacionadas. Analisando-se os gráficos dos escores e dos pesos resultantes dessa análise, pode-se identificar facilmente padrões de associação e similaridade tanto entre amostras quanto entre variáveis. Esses padrões serviram de base para estabelecer relações espaciais e/ou temporais entre os parâmetros de qualidade de águas monitoradas, bem como entre as estações de monitoramento.

O método de Análise Fatorial, por estar enquadrado na técnica de análise multivariada, onde são efetuadas mensurações múltiplas sobre a amostra, fornece um melhor entendimento na razão direta do número de variáveis utilizadas e permite considerar simultaneamente a variabilidade existente nas diversas propriedades medidas. A utilização de modelos multivariados pode ser feito numa diversidade de áreas de estudo, mas dada à multiplicidade de características existentes nos ecossistemas hídricos, sua aplicação tem sido cada vez maior, pois esses ambientes representam sistemas complexos nos quais aparecem os mais diferentes efeitos isolados (OLIVEIRA, 2001).

CARVALHO et al. (2000) realizaram um trabalho onde foi feita uma amostragem limnológica e microbiológica sazonal em dois ribeirões na região de São Carlos (SP): ribeirão da Onça e ribeirão do Feijão. Como as microbacias tinham intensa atividade pecuária e agrícola, a qualidade da água desses ambientes foi estimada por um Índice de Qualidade da Água para avaliar os riscos destas atividades à potabilidade e balneabilidade de corpos aquáticos. As variáveis analisadas foram: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, nitrogênio total, fosfato total, temperatura, turbidez e resíduo total. A Análise de Variância

Multivariada foi usada para separar as variáveis dependentes em duas matrizes de dois grupos distintos: ribeirão X estação do ano X ambiente (24x24) e ribeirão X estação do ano X ponto amostral (32x32). Foi testada também a correlação entre as variáveis pela correlação de Pearson. A Análise Multivariada evidenciou mudanças significativas por ambiente (1,...4; I,...IV) nos parâmetros: temperatura da água, pH, turbidez e coliformes totais, para os demais parâmetros não houve significância estatística ($p < 0,05$). Há correlação de algumas variáveis com a pluviosidade. A relação mais intensa foi com o pH para o Ribeirão da Onça. No Ribeirão do Feijão houve correlação da pluviosidade com condutividade elétrica, que pode ser resultado de pouca cobertura vegetal que favorece o aporte de materiais do solo para o ambiente aquático, aumentando a concentração de sólidos suspensos que acabam favorecendo esta característica limnológica.

HAASE et al. (1989) necessitavam uma técnica que propiciasse a maior informação possível sobre o corpo hídrico com o menor número de variáveis, sendo assim, estudaram a viabilidade da utilização da técnica de análise fatorial como um instrumento para a seleção de variáveis e usando como um critério de interpretação dos resultados, um índice de qualidade de água (IQA) para a bacia hidrográfica do Guaíba. O índice obtido através da técnica de análise fatorial demonstrou ser representativo da qualidade da água, sendo, portanto, um instrumento útil na interpretação dos resultados.

Seguindo a mesma idéia, TOLEDO & NICOLELLA (2002) desenvolveram um índice de qualidade de água utilizando procedimentos estatísticos. No trabalho em questão, avaliaram a qualidade da água em Guaíra (SP) sob diferentes usos utilizando-se técnicas estatísticas multivariadas, através de análise fatorial e do método de Bartlett. Neste trabalho realizou-se o monitoramento da qualidade da água em uma microbacia de uso agrícola e urbano com 9600 ha, foram coletadas amostras a cada 21 dias em 5 pontos, sendo determinadas 10 variáveis (fósforo total e dissolvido, pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitrato, condutividade elétrica turbidez, sólidos totais em suspensão e clorofila). Os resultados obtidos indicaram uma diferença entre os valores de IQA para as três estações a montante da cidade de Guaíra e as duas estações a jusante, com valores médios de -1,757 e 2,35; respectivamente. Pela análise fatorial o oxigênio dissolvido, fósforo total, amônia e condutividade elétrica foram as variáveis que mais contribuíram na determinação do IQA. Os três primeiros fatores

explicaram 71% da variância dos dados. A influência climática foi pouco significativa no IQA, apresentando uma pequena deterioração no período chuvoso.

Desta maneira os índices de qualidade da água, que vem sendo aplicados em diversos trabalhos, têm se mostrado como uma ferramenta matemática eficaz para explicar as modificações ocorridas nos corpos d'água.

2.5 Balanço hídrico na irrigação.

O estudo das necessidades hídricas das culturas é de grande importância, sendo que uma das metodologias utilizadas para sua determinação é a do balanço hídrico. O balanço de água no solo é um método que estima a disponibilidade hídrica para as plantas, pela contabilização das entradas e saídas de água no sistema solo-água-planta. Ele está fundamentado no princípio da conservação de massa, em que a transferência da massa de água, em determinado volume de controle, com capacidade finita de armazenamento e em determinado intervalo de tempo, pode ser determinada pelas variáveis nos fluxos de água no solo (BERGAMASCHI, 1992).

Os vários processos que envolvem fluxo de água, isto é, infiltração, redistribuição da água no solo, evaporação e absorção pelas plantas, são processos interdependentes, e, na maioria das vezes, ocorrem simultaneamente (REICHARDT, 1985).

Há dois tipos distintos de balanço hídrico, o Balanço Hídrico Real e o Balanço Hídrico Climatológico. O primeiro é a contabilidade de todas as adições e retiradas de água que realmente ocorrem em dada área utilizada na produção agrícola. O segundo é uma estimativa do que ocorreria em dada área, sendo a estimativa estritamente baseada em séries de dados climatológicos coletados durante anos em uma certa localidade. O balanço hídrico real nos mostra a situação hídrica pela qual uma cultura realmente passa e nos fornece critérios para definir quando e quanto irrigar. O balanço hídrico climatológico é mais uma previsão do que vai ocorrer em dada localidade no que se refere à situação hídrica (REICHARDT, 1987).

Para o cálculo do balanço hídrico real é necessário o conhecimento das seguintes componentes: Precipitação (mm) e/ou irrigação (mm), a evapotranspiração (mm) e escoamento superficial (mm), as perdas por drenagem profunda (mm) e algumas vezes ganhos por ascensão capilar da água (mm). A contabilidade de todos estes componentes, reflete a quantidade de água que fica contida na camada de solo, medida através do armazenamento de

água no solo (mm).

Para o cálculo do balanço hídrico, a equação proposta por REICHARDT (1987) é:

$$P + I - ET - RO - DP + AC = \Delta A_L \text{ Equação 2.}$$

que indica, simplesmente, que a adição dos componentes é a variação do armazenamento de água na camada 0-L. Onde: precipitação (P), irrigação (I), evapotranspiração (ET), enxurrada (RO), drenagem profunda (DP), ascensão capilar (AC) e Armazenamento (A_L).

As observações meteorológicas de superfície são de suma importância na determinação da necessidade hídrica, ou seja, evapotranspiração (ET), da maioria das culturas. A ET é um processo combinado de transferência de água, na forma de vapor, de uma superfície coberta com vegetação para a atmosfera, incluindo a evaporação direta das superfícies do solo e das plantas e a transpiração das plantas. Nessa transferência de vapor d'água, os elementos do clima controlam a força de demanda hídrica da atmosfera, atuando, no contínuo solo-planta-atmosfera, como “dreno”. A automação dessas medições, em tempo real, facilita a obtenção da ET e, conseqüentemente, permite estabelecer a programação da irrigação e definir estratégias de uso e manejo de água, determinar o volume de água necessário aos sistemas agrícolas, principalmente os irrigados, e dimensionar sistemas de distribuição e de armazenamento de água (GOMIDE, 2001).

A evapotranspiração, medida geralmente em mm.dia^{-1} , em regiões tropicais, quando existe água disponível no sistema solo-planta, o fluxo pode chegar a 10 mm.dia^{-1} em dia ensolarado, com umidade relativa do ar baixa e com vento razoável. Este fluxo obedece à equação de Darcy nas camadas superficiais do solo e é, portanto, dependente do gradiente de potencial e da condutividade hidráulica do solo (REICHARDT, 1987).

A deficiência de água no solo é, normalmente, o fator mais limitante para a obtenção de produtividades elevadas e produtos de boa qualidade, mas o excesso também pode ser prejudicial, principalmente nas hortaliças que são sensíveis as condições de umidade ambiental. Assim, a reposição de água no solo através da irrigação na quantidade adequada e no momento oportuno é decisiva para o sucesso da produção. Sendo assim, se faz necessário, um rigoroso controle da umidade do solo e/ou da evapotranspiração durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura.

Os métodos mais comumente empregados para o manejo da irrigação em condições de campo, utilizando métodos de irrigações superficiais e aspersão, por exemplo, são os

baseados no turno de rega calculado, no balanço e na tensão de água no solo. O método do turno de rega pré-calculado, apesar de menos criterioso, é um dos mais utilizados. Os métodos do balanço e da tensão de água no solo são os mais eficientes e racionais para o controle da irrigação (SILVA & MAROUELLI, 1998).

Desta forma, a irrigação por sulcos, tradicionalmente de baixa eficiência, unida à produção de hortaliças, sensível ao déficit hídrico, requerem o conhecimento das relações água-solo-planta, para que possa haver uma boa produção sem haver o prejuízo ambiental, promovendo o equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água.

2.5.1 Métodos de monitoramento da umidade do solo

Para indicar o momento de irrigar geralmente utilizam-se dados de solo-água e dados de clima e de planta para determinar a lâmina líquida de água a aplicar. Dessa forma, além do monitoramento da umidade ou do potencial matricial da água do solo, parâmetros de solo-água como a capacidade de armazenamento de água na zona das raízes e o potencial matricial mínimo (crítico) para retorno da irrigação para as culturas devem ser conhecidos. O monitoramento do potencial matricial ou da umidade do solo, na parte inferior da zona das raízes, é imprescindível para controlar as perdas de água por percolação profunda, com risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos (ANDRADE et al., 1998).

Novos sensores para determinação da umidade de água no solo têm sido desenvolvidos nos últimos anos empregando-se conceitos de física e de engenharia de materiais, mecânica e eletrônica. Muitos apresentam excelente precisão, como é o caso do TDR, porém tem custo ainda elevado. Outros, embora de custo mais baixo, podem ser altamente imprecisos e levar a grandes erros, com conseqüente frustração dos seus usuários. Vale ressaltar que até o momento, não existe um instrumento simples, confiável, com precisão razoável e custo compatível, que seja aceito pelos irrigantes para indicar o momento de irrigar. Boa parte dos sensores, para potencial matricial da água do solo, não operam com precisão razoável em toda a faixa de interesse, necessitando de mais de um tipo de instrumento para se obter a informação completa (ANDRADE et al., 1998).

A determinação da umidade no campo em solos não saturados é tradicionalmente feita pela aplicação da sonda de neutrons ou ainda, pela coleta de amostras de solo ao longo de um perfil. Estas técnicas são freqüentemente questionadas em sua validade ou precisão. No

caso da sonda de neutrons, as críticas são dirigidas principalmente ao processo de calibração da sonda no campo, mas também por introduzir um certo grau de amolgamento no solo ao longo do tubo guia que é instalado no local. Além disso, a sonda emprega um processo radioativo que requer cuidados de segurança e treinamentos especiais para operadores. A utilização de técnicas convencionais podem também não ser adequadas quando houver uma variação substancial da umidade durante os trabalhos de amostragem. A evaporação, ou escoamento (processos dinâmicos), durante os trabalhos de amostragem podem também alterar os valores de umidade (CONCIANI et al., 1996).

A reflectometria do domínio do tempo (TDR), como método de medida de umidade e condutividade elétrica do solo, vem se destacando no cenário das técnicas empregadas para medidas de parâmetros físicos do solo (GOMIDE, 1998). Esta técnica mede a propagação de um pulso eletromagnético ou, o tempo que um pulso leva para retornar ao sistema após percorrer uma sonda instalada no solo. A velocidade de propagação do sinal está relacionada com a constante dielétrica do meio. A água tem constante dielétrica 80, o ar 1 e o solo seco o valor da constante dielétrica varia entre 2,5 e 7. Assim, pequenas variações de umidade podem ser observadas pela variação da constante dielétrica (CONCIANI et al., 1996).

As variáveis que afetam a resposta dielétrica do solo são: textura, estrutura, quantidade de sais solúveis, conteúdo de água, temperatura, densidade e a frequência eletromagnética do sinal da medida. TOPP et al. (1980) consideram que, para frequências entre 1 e 20 GHz (frequências da reflectometria de microondas), a variável que mais afeta a resposta dielétrica do solo é o conteúdo de água do solo, com um peso relativo de cerca de 93%.

Em termos de Brasil, HERRMANN JR. (1993) desenvolveu um sistema de medidas de umidade do solo baseado em um testador de cabos e mostrou a necessidade de se estudar os efeitos dos óxidos de Ferro na constante dielétrica dos solos e TOMMASELLI & BACCHI (1995) estudaram vários modelos de calibração aplicados a cinco tipos de solo e mostraram que a curva de calibração do aparelho de TDR não se ajustou aos dados e que as calibrações empíricas deverão ser feitas uma para cada tipo de solo. Mostraram, ainda, que os modelos de calibração devem ser melhor alimentados para retornarem resultados de melhor qualidade.

TOMMASELLI & BACCHI (1997) mostram que os ajustes empíricos são quase sempre efetuados utilizando-se uma equação polinomial cúbica, no entanto, não há um

questionamento e nem uma análise que demonstre a necessidade de tal grau de ajuste.

SOUZA (2001) desenvolveu um trabalho que teve como objetivo determinar a calibração da curva de leitura do TDR para um Latossolo Roxo distrófico. A partir de um procedimento experimental, onde se obteve dados em laboratório e campo, determinou-se uma equação, a qual relaciona a umidade (θ) e a constante dielétrica aparente (K_a). Esta equação foi comparada com três outras equações encontradas na literatura, entre elas a de TOPP et al. (1980) e que é reconhecida como universal. A equação de calibração obtida diferenciou-se da equação de Topp em até 20% na determinação da umidade do solo.

SOUZA et al. (1999) realizou um estudo onde verificou a possibilidade de utilização de sondas multihaste com diferentes segmentações, em um equipamento de TDR – Trase System I. As sondas possuíam 4 hastes com 0,675m de comprimento, sendo que uma delas foi dividida em 7 segmentos (0,10m) e outra em 4 segmentos. Utilizaram-se colunas de areia em laboratório. Conclui-se neste trabalho, que existe viabilidade no uso do equipamento com as sondas estudadas na estimativa da umidade do perfil de um meio poroso. Entretanto, a utilização da sonda segmentada em 0,10m ficou limitada à profundidades inferiores a 0,40m, pois o número excessivo de segmentos provocou fontes de reflexão do sinal e conseqüente queda deste.

CONCIANI et al. (1997), relatou o emprego de uma sonda multihaste segmentada, para a medida da umidade do solo em diversas profundidades. As sondas possuíam 4 hastes com segmentos de 15cm e trechos demarcadores de 5cm, com comprimento total de 80cm. A medida da umidade volumétrica do solo em seu perfil natural mostrou valores variando entre 12% e 24%, sendo medidas compatíveis com outras já realizadas no mesmo local. Em medida realizada na superfície do solo, mostrou que a umidade volumétrica foi de aproximadamente 13,5%, mostrando uma diferença de quase 1,5% de umidade em relação aos valores lidos pelo TDR, concluindo-se que a técnica e o equipamento apresentaram-se eficientes na realização de medidas em processos dinâmicos.

2.6 Irrigação por sulcos

A irrigação por superfície é um dos métodos mais utilizados no Brasil e no mundo. Segundo VILAS BOAS (1998) as terras cultivadas no mundo representam cerca de 1,46 bilhões de hectares, das quais, aproximadamente, 16% são irrigadas. Desse total cerca de 80%

são irrigados por superfície e os 20% restantes por outros métodos. Nos EUA, em 57% da área irrigada utilizam-se os métodos por superfície, principalmente sulcos.

Segundo TYAGI (1984) os métodos de irrigação por superfície, destacando-se os por sulcos, muito raramente alcançam uma eficiência de uso da água de irrigação ultrapassando a marca de 50%, dada a não uniformidade da aplicação da água e a sua lixiviação. Para esses sistemas, a prática mais importante para melhorar a eficiência da irrigação e da fertilização é a do nivelamento topográfico preciso, sendo que o necessário não é o nivelamento do terreno e sim o nivelamento da superfície a um declive uniforme. A precisão do nivelamento beneficia a cultura ao permitir uma aplicação uniforme de menor lâmina de irrigação em intervalos mais freqüentes.

SILVEIRA (2004) em trabalho realizado no município de Estiva Gerbi/SP relatou que as áreas tomateiras na região estão em declives na faixa de 6 a 12%, que para o caso da irrigação por sulcos deve ser tomado alguns cuidados como sistematização de terreno mais criteriosa. Algumas áreas estão bem próximas de declives mais acentuados de 12 a 20 %, não sendo recomendadas para implantação do sistema de irrigação por sulcos.

O excesso de água que geralmente ocorre na irrigação por sulcos resultará em perdas d'água por percolação e, ou, por escoamento no final do sulco ("runoff"), e perdas de nutrientes por lixiviação para as camadas abaixo da zona radicular das culturas, bem como causará problemas de afloração de lençol freático nas áreas abaixo da que está sendo irrigada ou na própria área de irrigação, criando problemas potenciais de salinização e por consequência resultará em baixo rendimento da cultura e baixa eficiência da irrigação (BERNARDO,1995).

Relatando as desvantagens do sistema de irrigação por sulcos, alguns destaques são dados: a desuniformidade natural do terreno, que quanto maior, mais cara e maiores problemas haverá com a sistematização; aos solos com alta capacidade de infiltração que dificultam o uso de irrigação por superfície por causar grandes perdas por percolação; áreas a serem irrigadas que apresentam diferentes tipos de solos, dificultando o projeto e manejo desse sistema, e a dependência com relação à experiência do irrigante para distribuição da água do canal secundário para os sulcos e no controle da vazão durante a irrigação (BERNARDO, 1987).

2.6.1 Desempenho da irrigação por sulcos

A análise do desempenho de um projeto de irrigação por superfície é realizada com balanço de volumes de água aplicado, útil e perdido por percolação profunda e por escoamento superficial no final da área (ELLIOT et al., 1982). De acordo com recomendação feita por SCALOPPI (1983) são necessários os seguintes parâmetros para a determinação do desempenho de projetos de irrigação: eficiência de aplicação, que expressa a razão entre os volumes de água armazenado na zona radicular e o total aplicado no sistema; perda por percolação, dada pela razão entre os volumes de água perdida por percolação e o total aplicado no sistema; perda por escoamento, que expressa a razão entre o volume perdido por escoamento no final da área e o total aplicado no sistema; e eficiência de armazenamento, definido como a razão entre o volume de água útil armazenado na zona radicular e o requerido pelo sistema.

Segundo FRIZZONE (1999) a avaliação dos sistemas de irrigação tem por objetivo determinar através de amostragens, parâmetros de uniformidade de distribuição de água e parâmetros de eficiência de irrigação, conseguindo informações para tomadas de decisão. O termo “uniformidade” refere-se aos parâmetros de desempenho associados à variabilidade da quantidade de irrigação, já o termo “eficiência” é utilizado para identificar parâmetros que expressam uma razão de balanço entre volumes de água.

De acordo com BERNARDO (1995) o valor da eficiência de distribuição de água em um projeto de irrigação por sulcos deve ser de 70%, exceto para solos muito permeáveis. O valor mínimo aceitável da eficiência de aplicação em um projeto é de 60%, sendo que o ideal é que este valor esteja acima de 70%. O valor máximo aceitável de perdas por percolação depende das condições locais do projeto. Em áreas cujo lençol freático esteja próximo à superfície do solo, as perdas por percolação não devem passar de 10%.

A Unidade de Investigação de Solos e Águas do Ministério da Agricultura, nos Emirados Árabes, junto a FAO e a UNESCO, iniciaram em 1976 um programa extensivo para melhorar as práticas de irrigação. Este programa identificou várias práticas para aumentar os rendimentos utilizando-se águas salinas, onde uma das quais foi: a substituição da irrigação por sulcos pela irrigação por gotejamento para um plantio de tomate, onde houve melhora no desenvolvimento geral das plantas e a produção com a irrigação por gotejamento foi de 109.000 kg.ha⁻¹ em comparação com a irrigação por sulcos que foi de 65.000 kg.ha⁻¹ (AYERS

& WESTCOT, 1985).

PRUSKI et al. (1994) verificaram para um Latossolo Vermelho Escuro, a influência da área adequadamente irrigada por sulcos nas eficiências de aplicação (E_a), de armazenamento (E_r) e na lâmina percentual aplicada na extremidade final da área (Z_p). O estudo foi realizado utilizando sulcos de comprimento (L) 50; 100; 150 e 200 m, percentagens de área adequadamente irrigadas (L_p) de 70; 80; 90 e 100 % e lâminas requeridas (Z_r) de 0,02; 0,04; 0,06 e 0,08 m. Concluiu-se que a E_a aumentou de 60,5 % para 72,9 %; a E_r diminuiu de 100 % para 96,0 % e que houve uma redução no volume de água aplicado de 25,6 % quando a L_p passou de 100 para 70 %.

Com relação à mudança no sistema de irrigação, SILVA (2001) reporta sobre alguns produtores de tomate que optaram pelo gotejamento. Esse sistema, no entanto tem um custo bastante elevado, mas que, segundo os usuários faz uma economia de 70% em volume de água em relação aos sulcos. Outro fator que os levaram a mudar de sistema foi à necessidade de se adaptar a novas áreas com baixa disponibilidade de água e também pela comparação entre os métodos por sulcos e gotejamento, sendo que o volume de água utilizada em 8 hectares por semana no primeiro método era de 7200 m³ enquanto que no outro o volume de água necessário para irrigar a mesma área fica entre 1250 e 1400 m³.

Na irrigação por sulcos algumas modificações possibilitam o aumento da eficiência de irrigação tais como: variação da vazão utilizada, fazer irrigações com redução da vazão inicial, reutilizar a água escoada no final do sulco, melhorar a uniformização do terreno e semi-automatizar a irrigação. ELLIOT & WALKER (1982) redigiram que, embora os valores da eficiência de aplicação em irrigação por superfície bem dimensionada fiquem entre 50 a 70%, é possível alcançar valores de 85 a 90%, quando se adotam a automação e um cuidadoso monitoramento da umidade do solo.

Segundo VIEIRA (1983), a baixa eficiência do sistema de irrigação por sulcos está relacionada, sobretudo, aos principais aspectos ligados ao solo, água, topografia, planta e clima. A topografia assume importante papel uma vez que toda a movimentação da água se faz em função do desnível do terreno, sendo que a declividade ideal seria terrenos relativamente planos (0,1 a 1% de declive). Em áreas planas é preciso estar mais atento a uma menor vazão, sendo que altos declives implicam em maior dificuldade no manejo da água. Em relação ao solo, aqueles de textura média são os mais favoráveis a esse método, pois os arenosos

aumentam as perdas por lixiviação, percolação e abaixa a eficiência de uso da água aumentando os custos.

TESTEZLAF & GARTON (1987) desenvolveram um sistema automático de irrigação por sulcos para canais abertos, viabilizando a utilização do fluxo intermitente. Nesta técnica a água é aplicada em pulsos periódicos, com a intenção de reduzir as perdas de água por percolação e escoamento superficial. O sistema desenvolvido permitiu uma automação total da irrigação, reduzindo a mão-de-obra e aumentando a eficiência de aplicação de água, além de controlar tanto o tempo como a quantidade de água aplicada nos sulcos.

AZEVEDO et al. (1990) estudaram o efeito da irrigação intermitente sobre as equações de avanço e infiltração da água no solo, comparando os resultados encontrados com os obtidos para escoamento contínuo. Um dos resultados apresentados mostrou que a proporção que se aumentou a vazão, os valores de eficiência de aplicação decresceram. Por outro lado, elevaram-se os valores de uniformidade de distribuição. Com a aplicação de uma vazão de $0,65 \text{ l.s}^{-1}$ para escoamento contínuo, a eficiência de aplicação obteve valores de até 74% e uma uniformidade de aplicação de 73%. Para a mesma vazão e escoamento intermitente, com tempos cíclicos de 60 e 30 minutos os valores foram mais baixos apresentando eficiência de aplicação de 67% e 47%, respectivamente e uniformidade de distribuição de 31% e 28%, respectivamente.

SOUZA & SCALLOPPI (1999) avaliaram a operação de um equipamento redutor de vazão utilizado na irrigação por sulcos e definiram possíveis critérios para o dimensionamento operacional nesse tipo de irrigação com vazão continuamente reduzida. Os tratamentos de escoamento testados no trabalho foram: contínuo, intermitente e continuamente reduzido em duas e três fases durante o avanço. Os resultados mostraram que o regime de vazão continuamente reduzido proporcionou os melhores resultados com eficiência de aplicação de 81%, eficiência de armazenamento de 92%, perdas por percolação de 14% e por escoamento no final dos sulcos de 5%, mostrando ser um sistema bastante vantajoso para aplicação de água aos sulcos em relação aos métodos tradicionais.

SOARES (1987) mostrou as vantagens da utilização de sulcos parcialmente fechados, os quais são caracterizados pela utilização de um vertedor triangular colocado no final dos sulcos de modo à formar uma lâmina de água com aproximadamente 8cm de altura. As principais vantagens do sistema são o aumento das eficiências aplicação e distribuição de

água, redução de perdas por escoamento superficial no final dos sulcos de até 70%, aumento do tempo de recessão no trecho final e/ou ao longo dos sulcos e a redução do volume de água bombeada por irrigação.

Na região de Campinas e Mogi-Guaçu um dos métodos que vem sendo utilizado por tomateiros para melhorar a eficiência de uso da água na irrigação por sulcos, é a utilização de uma mangueira que conduz a água do canal principal, até os sulcos de irrigação, melhorando assim as perdas por escoamento superficial e infiltração existentes no canal secundário. Segundo os usuários este sistema tem diminuído problemas como: erosão, desperdício de água, economia de combustível e energia elétrica, como também melhora o desempenho da mão-de-obra. É utilizado também nesse sistema uma espécie de chuveiro na ponta da mangueira diminuindo o impacto da água no solo. Uma das vantagens da implantação da mangueira, segundo seus usuários é o baixo custo, e uma economia em torno de 20% entre água e combustível, em relação ao método antigo (SILVA, 2001).

Portanto, existem técnicas que possibilitam melhorar o desempenho do sistema de irrigação por sulcos, tornando-o mais eficiente e minimizando os desperdícios de água, possibilitando ao agricultor e irrigante a utilização dos recursos hídricos com melhores critérios e mantendo a sua sustentabilidade no meio ambiente.

2.7 Tomaticultura

Dentre as olerícolas mais importantes em todo o mundo destaca-se o tomate. Todos os povos consomem tomate tanto “in natura” ou industrializado. A planta é originária do continente americano, provavelmente da região Andina e da América Central, tendo sido introduzida posteriormente no México e sendo levada à Europa na época do descobrimento da América.

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de tomate. Em 1999, a produção mundial foi superior a 107,45 milhões de toneladas e o Brasil colheu aproximadamente 3,305 milhões de toneladas, o que lhe garantiu a nona posição no ranking mundial de produção de tomates, com aproximadamente 3,08 % da produção. Segundo dados do AGRIANUAL (2004) a produção estimada em 2003 foi de 3,443 milhões de toneladas, sendo que o Estado de São Paulo contribuiu com aproximadamente 22% desta produção.

De todos os produtos hortifrutícolas o tomate de mesa ou consumido “in natura”, representa 23% de todo o volume comercializado no Entrepasto Terminal de São Paulo

(CEAGESP). Em nível mundial, GAYET et al. (1995) citam que dentre as hortaliças, o tomate registra o segundo maior volume de produção/consumo, sendo precedido pela batata e um pouco à frente da alface, com volume duas vezes maior que o da cebola. De acordo com o AGRIANUAL (2004) em 2002 o volume de tomate salada comercializado no CEAGESP em São Paulo foi de 189.405 toneladas e em 2003 até o mês de junho haviam sido comercializados 88.488 toneladas.

O tomateiro é uma solanácea herbácea, com caule flexível e incapaz de suportar o peso dos frutos e manter a posição vertical. Desta maneira o tomate é cultivado de duas formas: estaqueado, para o consumo “in natura” ou rasteiro, cuja produção é, em sua maioria utilizada para a indústria. Embora sendo planta perene, a cultura é anual: da sementeira até a produção de novas sementes, o ciclo varia de quatro a sete meses, incluindo-se 1-3 meses de colheita, em estufa o ciclo e a colheita podem prolongar-se. A floração e a frutificação ocorrem juntamente com o crescimento vegetativo. As folhas, pecioladas, são compostas por números ímpares de folíolos (FILGUEIRA, 2000).

O sistema radicular do tomateiro, é condicionado pelo tipo de plantio. Na sementeira direta, há maior desenvolvimento no sentido vertical, em detrimento da largura, podendo a raiz principal ultrapassar dois metros de profundidade. Contrariamente, em cultura transplantada, as raízes tornam-se mais ramificadas, ocorre maior desenvolvimento lateral e a profundidade atingida é menor. Nessa cultura, mais de 60% das raízes localizam-se nos primeiros 10 cm do perfil do solo, em razão das lesões no transplante, que originam denso conjunto de raízes laterais, superficiais. A raiz principal, pivotante, destaca-se na planta jovem apenas, e as raízes laterais e adventícias ao caule desenvolvem-se mais que a principal (FILGUEIRA, 2000). De acordo com COELHO et al. (1994) em um trabalho para avaliação do efeito de quatro regimes de irrigação na cultura do tomateiro, a concentração de raízes se localizou em até 0,20m de profundidade.

A cultura do tomateiro é capaz de produzir acima de 200 t.ha⁻¹ de frutos, em cultivo tutorado, e até 100 t.ha⁻¹, em cultivo rasteiro, sendo elevada a exigência de água. A irrigação influencia não apenas a produtividade, mas também a qualidade dos frutos, inclusive reduz a incidência de anomalias fisiológicas. As raízes necessitam encontrar um teor mínimo de 80% de água útil no solo, ao longo do ciclo cultural, inclusive durante a colheita (FILGUEIRA, 2000).

Nas condições edafoclimáticas da região de cerrados do Brasil Central avaliou-se a resposta do tomateiro industrial, irrigado por gotejamento, a diferentes tensões de água no solo. Os tratamentos resultaram da combinação de três tensões no estágio vegetativo e três no reprodutivo (15, 30 e 70 kPa), mais dois tratamentos adicionais, um irrigado diariamente por gotejamento e outro irrigado por aspersão. As variáveis não foram afetadas pelo fator tensão de água no estágio vegetativo. O número de frutos por unidade de área e a produtividade comercial foram reduzidos com o aumento da tensão no estágio reprodutivo. A produtividade do tratamento por aspersão foi 22% menor que a do tratamento por gotejamento mais produtivo (70 kPa.15 kPa⁻¹). A porcentagem de frutos podres na aspersão foi pelo menos três vezes maior que nos tratamentos irrigados por gotejamento (MAROUELLI & SILVA, 2001).

PHENE (1974) relata que para boas produções de hortaliças em solos arenosos o potencial matricial deve estar entre – 8 e – 40 kPa. MAROUELLI et al. (1991) com o objetivo de avaliar o comportamento do tomate industrial em diferentes regimes de umidade do solo, realizaram um experimento com 27 tratamentos onde foram combinados três tensões de água no solo (30, 10 e 460 kPa) e três estádios de desenvolvimento da cultura (vegetativo, reprodutivo e maturação). A produtividade de frutos comerciáveis não foi afetada por tensões máximas entre 30 e 460 kPa durante os estádios vegetativo e de maturação. Durante o estágio reprodutivo houve redução significativa da produtividade quando a tensão foi mantida em níveis acima de 100 kPa. A acidez dos frutos e o teor dos sólidos solúveis não foram afetados pelas tensões estudadas.

MEEK et al (1983) não encontraram diferenças significativas na produtividade de tomate submetidas à irrigação sulcos em diferentes frequências de irrigação. As frequências de irrigação por sulcos utilizada foi a cada 5 e 10 dias. A lâmina de irrigação foi igual a evaporação total do tanque classe A, resultando em uma produtividade de 55 t.ha⁻¹ e uma eficiência de uso da água de 5,7 kg.m⁻³.

SOARES & FARIA (1983) estudaram a influência de sistemas de irrigação na produção de tomates para processamento em um latossolo. Eles obtiveram produção de frutos comercializáveis similares para os sistemas de irrigação por sulcos superficiais e aspersão. Entretanto, a eficiência do uso da água no sistema de aspersão foi aproximadamente duas vezes superior. Contudo, a irrigação por aspersão favoreceu alta ocorrência de frutos podres e 2,5 vezes mais frutos com podridão do final do florescimento.

COELHO et al. (1994) com o objetivo de avaliar o efeito de quatro regimes de irrigação na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill), conduziram em Parnaíba/PI, um experimento cujos tratamentos equivaleram aos regimes de irrigação, em que a lâmina diária aplicada foi a evaporação do tanque Classe A multiplicada por um fator (K) cujo valor era dado em função da fase de desenvolvimento da cultura. Em valores absolutos, o regime de irrigação 4, onde foi aplicada a maior lâmina de irrigação, e cujo potencial matricial médio foi de $-4,7$ kPa, foi o que apresentou maior produtividade total ($84,79 \text{ t.ha}^{-1}$), comercial ($75,62 \text{ t.ha}^{-1}$) e de frutos grandes ($34,62 \text{ t.ha}^{-1}$). Os regimes 1, 2 e 3 apresentaram produtividade total entre $74,48 \text{ t.ha}^{-1}$ e $75,75 \text{ t.ha}^{-1}$ e produtividade de frutos comerciais entre $65,72 \text{ t.ha}^{-1}$ e $69,07 \text{ t.ha}^{-1}$. O regime 4 foi o que apresentou menor eficiência no uso da água, enquanto os demais regimes tiveram comportamentos similares, com destaque para o regime 1. O regime 4 foi o que apresentou maior viabilidade econômica de uso, superando a receita líquida correspondente ao regime 1 em 17,98 %.

YOHANNES & TADESSE (1998) conduziram um experimento por dois anos em Dire Dawa - Etiópia, e obtiveram produções médias de $15,3 \text{ t.ha}^{-1}$ e $10,3 \text{ t.ha}^{-1}$, respectivamente nos sistemas de irrigação por gotejamento e sulcos. A eficiência de uso da água (EA) para os respectivos sistemas foram de $3,1 \text{ kg.m}^{-3}$ e $1,7 \text{ kg.m}^{-3}$. No gotejamento a irrigação foi feita a cada três dias, enquanto nos sulcos, a cada 10 dias.

Estudos sobre o efeito de diferentes sistemas de irrigação na produção e qualidade de frutos de tomate para processamento no sudeste da Espanha (região semi-árida) foram realizados por PRIETO et al. (1999). Sob as condições experimentais, a irrigação por sulcos teve a menor produtividade quando um alto nível de umidade no solo foi mantido. O uso de estratégias de irrigação produzindo déficit hídrico moderado permitiu uma economia de água significativa, e também proporcionou um aumento no valor do Brix. Esse aumento em sólidos solúveis foi mais claramente observado usando irrigação por gotejamento. O déficit hídrico induzido nestes ensaios produziu alguma perda na produção de frutos vermelhos (maduros).

SINGANDHUPE et al (2003), conduzindo experimentos de campo com tomate durante dois anos em Rahuri – Índia, obtiveram no primeiro ciclo, uma produção de $24,4 \text{ t.ha}^{-1}$ na irrigação por sulco e de $29,5 \text{ t.ha}^{-1}$ no segundo ciclo. A lâmina de irrigação aplicada, foi estimada através de um tanque classe A, porém com diferentes frequências. A menor produção através do sulco, no primeiro ciclo, deve-se ao fato da baixa frequência de irrigação adotada,

16 a 18 dias. O mesmo critério foi adotado no segundo ciclo, porém a ocorrência de uma melhor distribuição das chuvas igualou a produção naquele período e ainda aumentou a eficiência de uso da água (EUA) nos dois sistemas. No primeiro ciclo, a EUA foi de $7,4 \text{ kg.m}^{-3}$ na irrigação por sulcos, já no segundo ciclo a EUA foi de $16,4 \text{ kg.m}^{-3}$.

HEBBAR et al (2004), conduzindo experimentos de campo com tomate durante dois anos em Bangalore – Índia, obtiveram através da irrigação uma produção média de $59,5 \text{ t.ha}^{-1}$ na irrigação por sulcos. Essa produção se deve a irrigação realizada a cada 6 dias. A EUA foi de $10,5 \text{ kg.m}^{-3}$ na irrigação por sulcos.

Segundo a FAO (2004) o total de água requerida pelo tomate após o transplântio das mudas, aos 90 a 120 dias, é de 400 a 600 mm, dependendo do clima. O comportamento da cultura é sensível às práticas de irrigação. Em geral, severos déficits hídricos limitam o crescimento e reduzem a produtividade e não podem ser corrigidos com irrigações tardias. As maiores exigências de água ocorrem na floração, mas recomenda-se um déficit hídrico neste período quando se necessita o florescimento de plantas com amadurecimento tardio, a fim de obter melhor uniformidade no amadurecimento de frutos. Molhamentos excessivos na época do florescimento podem aumentar as flores e reduzir o tamanho dos frutos. Isso pode causar também o crescimento vegetativo excessivo e atrasar o amadurecimento.

Assim, o cultivo do tomate de mesa além de ser exigente em água, ainda requer um manejo cultural adequado para uma boa produção e uma boa qualidade de frutos. Da mesma maneira, a sustentabilidade do cultivo de tomateiro no meio ambiente necessita deste manejo apropriado para o controle da poluição difusa ocasionada pelas características e condições de cultivo, onde se utiliza uma adubação e controle fitossanitário intenso combinado, na maioria dos casos, a uma irrigação cuja eficiência de uso da água é baixa, tendo, portanto, alto potencial para causar impactos negativos aos recursos hídricos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a quantificação dos impactos da irrigação por sulcos, utilizada na cultura do tomate de mesa, que possam afetar a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica, monitorou-se, a nível de propriedade agrícola o sistema de irrigação, com o intuito de avaliar a demanda de água pelo sistema. Em outra etapa, realizou-se o monitoramento da qualidade da água a nível de bacia hidrográfica, avaliando-se oito variáveis de qualidade e estabelecendo-se um Índice de Qualidade da Água (IQA).

3.1 Caracterização da bacia hidrográfica

Selecionou-se como área de estudo a bacia do Rio das Pedras, situada no Município de Mogi-Guaçu e Estiva Gerbi – SP e pertencente a bacia do Rio Mogi-Guaçu (UGRHI 9). A bacia do Rio das Pedras foi eleita pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo como sendo a unidade de estudo, onde será desenvolvido um Projeto de Planejamento Agro-ambiental dentro do Programa Estadual de Bacias.

A Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras foi escolhida como área de estudo, por conter alta exploração da tomaticultura, onde se realizam constantes aplicações de agroquímicos, associada a irrigação por sulcos, conhecida por baixas eficiências e perdas de água, combinação considerada, como potencial geradora de cargas difusas e prejudicial a disponibilidade dos recursos hídricos.

O Conselho Municipal de Desenvolvimento Rural de Mogi-Guaçu, município incluído no Programa Estadual de Microbacias Hidrográficas – Programa Terra Amiga, aplicando critérios de priorização de bacias constantes no Manual Operativo do Programa, classificou a Bacia do Rio das Pedras como prioridade de trabalho no âmbito da degradação ambiental, concentração de pequenos produtores, explorações predominantes, mananciais de abastecimento de água, receptividade por parte dos produtores, área da bacia dentro ou próxima de unidades de conservação de uso indireto e maior porcentagem de área de preservação permanente na bacia.

A bacia apresenta similaridade e abrangência regional em termos de solo, tipo de produtor e produção, condições climáticas assemelhadas, além de peculiaridades e complexidades adicionais ocasionadas pela alta concentração da exploração de hortícolas, consideradas como geradoras de cargas difusas, caracterizando-se, portanto, como poluidora

de alto risco para o meio ambiente.

A bacia do Rio das Pedras ocupa uma área de aproximadamente 12.053 ha; sendo composta de aproximadamente 139 unidades de produção agrícola, abrangendo uma área de 10.000 ha, a atividade econômica mais importante é a tomaticultura de mesa, com aproximadamente 600 ha distribuídos em pequenos produtores.

Suas coordenadas geográficas são: latitude 75° 35' e 75° 50' e longitude de 38° 60' e 30° 20' e a uma distância de 16 km da cidade de Mogi-Guaçu/SP. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso. A precipitação pluviométrica média do período (1992-2002) de 10 anos foi de 1.262 mm.ano⁻¹.

Na ocupação de seus 12.053,5 ha encontram-se inseridas 156 nascentes, com 84 ha de preservação ao seu redor, com rios e córregos cuja extensão de 168 km ocupa uma área de 807 ha, resultando numa área de preservação permanente ao longo dos recursos hídricos, que devem ser mantidos e preservados. Os afluentes diretos do Rio das Pedras são sete: Córrego da Paiorra, Córrego Pedregulho, Córrego do Itaqui, Córrego das Antas, Córrego das Palmeiras, Córrego São João e Córrego do Matão.

Além da tomaticultura, outras atividades agrícolas realizadas na bacia são plantio de: cana-de-açúcar, pastagem, citricultura, milho, olericultura e reflorestamento.

3.2 Monitoramento da irrigação.

Para o monitoramento da irrigação por sulcos selecionou-se uma propriedade experimental localizada na área da bacia hidrográfica do Rio das Pedras, onde foram realizadas avaliações dos seguintes parâmetros: umidade do solo (antes e depois os eventos de irrigação), perdas de água no canal secundário, vazão de recalque, tempo de irrigação e microclima.

O monitoramento da irrigação foi feito em duas safras, o primeiro experimento realizado em 2002 e o segundo no ano de 2003, sendo que em cada ano agrícola foram monitorados quatro eventos de irrigação. O monitoramento foi conduzido em campo em 2002 nos seguintes períodos: de 17 a 20/08, de 22 a 25/08, de 05 a 08/09 e de 19 a 22/09; e em 2003 nos períodos: de 19 a 22/09; de 26 a 29/09; de 02 a 05/10 e de 16 a 19/10.

A Figura 1 mostra um croqui da irrigação por sulcos realizada na propriedade experimental.

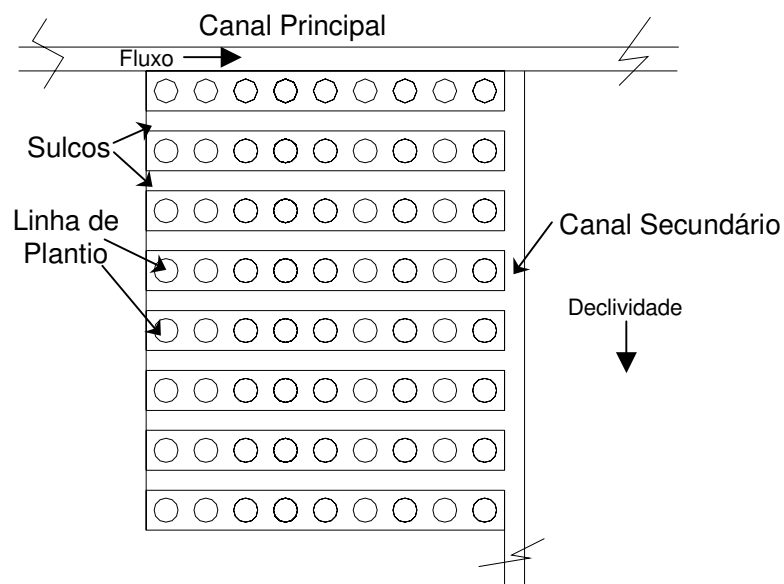


Figura 1: Esquema do sistema de irrigação por sulcos utilizado na propriedade experimental.

O sistema de irrigação utilizado na propriedade era constituído de um conjunto moto-bomba, com motor elétrico trifásico Weg, modelo 2255MO786 com potência de 75 cv e 1775 rpm e bomba Mark Peerless, modelo HE4-4A de 1750 rpm. A captação da água era feita em uma represa localizada na propriedade e enviada primeiramente para um canal principal de irrigação. A água chegava até o canal principal por tubulação fechada de alumínio de 127 mm de diâmetro.

O canal principal era construído em solo nu e suas dimensões em torno de 300 m de comprimento, 1 m de largura e 40 cm de profundidade. Localizava-se em posição longitudinal aos sulcos de irrigação e transversal ao canal secundário, o qual apresentava aproximadamente 175 m de comprimento, 70 cm de largura e declividade média de 4 %. Os sulcos de irrigação eram de 20 m de comprimento, com espaçamento de 1,1 m e com declividade quase zero, sendo que na primeira irrigação de ajuste do sistema, os sulcos eram ajustados para ficarem em nível.

A água é conduzida pelo canal secundário no sentido da declividade do terreno. Deste canal, a água é desviada para o sulco, utilizando o que o irrigante chama de “bandeira”, que nada mais é que um plástico, preso a uma madeira, que é arrastado do início ao final do canal secundário represando a água.

3.2.1 Escolha da área experimental

Utilizando-se mapas e fotografias aéreas, e realizando visitas ao local de estudo, selecionou-se uma bacia hidrográfica de primeira ordem, com o intuito de se ter uma área de drenagem conhecida, nesta foi escolhida uma propriedade experimental para a realização do balanço hídrico da irrigação e monitoramento do consumo de água pelo sistema de irrigação por sulcos.

Para ajudar na escolha da área foram tiradas fotos e realizadas filmagens em diferentes propriedades na região de Estiva Gerbi com o intuito de identificar os principais problemas de impactos ambientais na bacia e buscar uma similaridade entre as propriedades. Com o auxílio das fotos vários problemas com o uso da irrigação por sulcos foram identificados, dentre eles, as perdas de água no canal secundário de irrigação que conduz a água do canal principal para o sulco de irrigação da cultura. A condução da água no canal secundário é feita no sentido da declividade do terreno, isso faz com que, a água ganhe velocidade, provocando erosão nas paredes do canal, carreamento de sedimentos e o desperdício da água.

Para a escolha da propriedade alguns critérios foram utilizados: 1) O tamanho da área: trata-se de uma pequena propriedade que caracteriza o tipo de produtor mais comum na região; 2) Relevo: é representativa da região, no entanto a condução da água pelo canal secundário de irrigação é feita no sentido da declividade do terreno (declividade média de 8%), e no ponto mais baixo da área está localizado um córrego e duas lagoas. Situação que pareceu ser crítica do ponto de vista ambiental, principalmente por se utilizar a irrigação por sulcos, cujas características impedem o seu uso em áreas muito declivosas, juntamente com a alta aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas; 3) A localização da propriedade com relação a área da bacia: a propriedade está localizada numa bacia de primeira ordem, praticamente no divisor de águas da Bacia do Rio das Pedras; 4) Receptividade por parte do produtor na realização do trabalho científico em sua propriedade; 5) Tempo de exploração da cultura.

3.2.2 Características de cultivo na área experimental

O proprietário divide a área total de plantio em quatro partes iguais de 5 ha aproximadamente, onde é realizado um rodízio de quatro anos com o plantio de tomate. Dessa

forma, a cada safra, a área plantada de tomate é de 5 ha ,e, no restante, planta-se milho, para que o solo possa ser recuperado, após o uso excessivo de defensivos agrícolas na lavoura de tomate o que causa a deterioração física e biológica do solo, além de problemas fitossanitários, que podem contaminar o cultivo na safra seguinte, se esta for implantada no mesmo local. A Figura 2 mostra uma fotografia aérea da propriedade experimental, onde estão demarcadas as áreas de plantio na safra 2002 e em 2003.

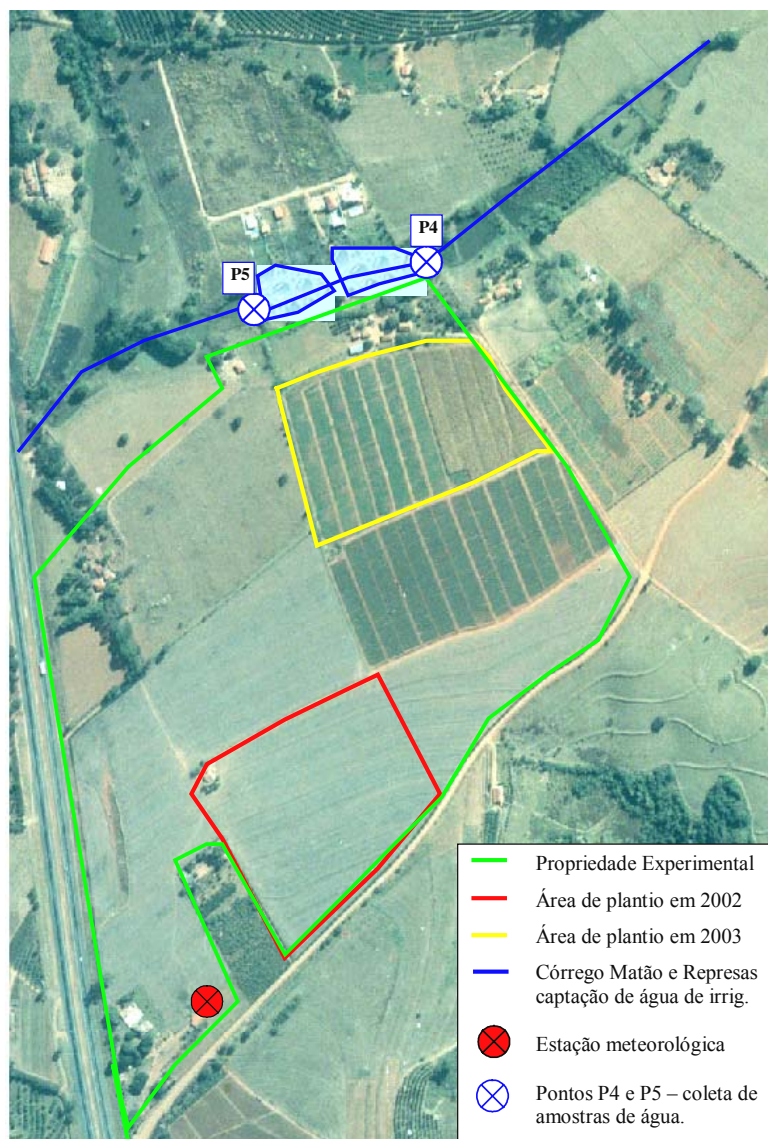


Figura 2: Fotografia aérea da propriedade experimental, onde estão localizadas as áreas experimentais em 2002 e 2003 e a estação meteorológica.

A variedade de tomate plantada na propriedade nas safras 2002 e 2003 foi a Débora. O transplântio das mudas é realizado geralmente em abril, sendo que a colheita ocorre nos meses de julho a setembro. A produtividade média na propriedade é de aproximadamente 300 caixas/1000 pés, ou seja, aproximadamente 86 t.ha^{-1} , sendo também esta a produtividade média aproximada da região.

Em 2002 o transplântio das mudas foi realizado de 25 de abril a 03 de maio e a colheita nos meses de setembro e outubro; em 2003 o transplântio atrasou iniciando em 01 julho, sendo que a colheita foi realizada em outubro e novembro.

Na Figura 3 é apresentado o croqui da área experimental no ano de 2003. Os pontos usados para a confecção do croqui foram marcados com um aparelho de GPS da marca Garmin e depois tratados utilizando o software AutoCAD 2000.

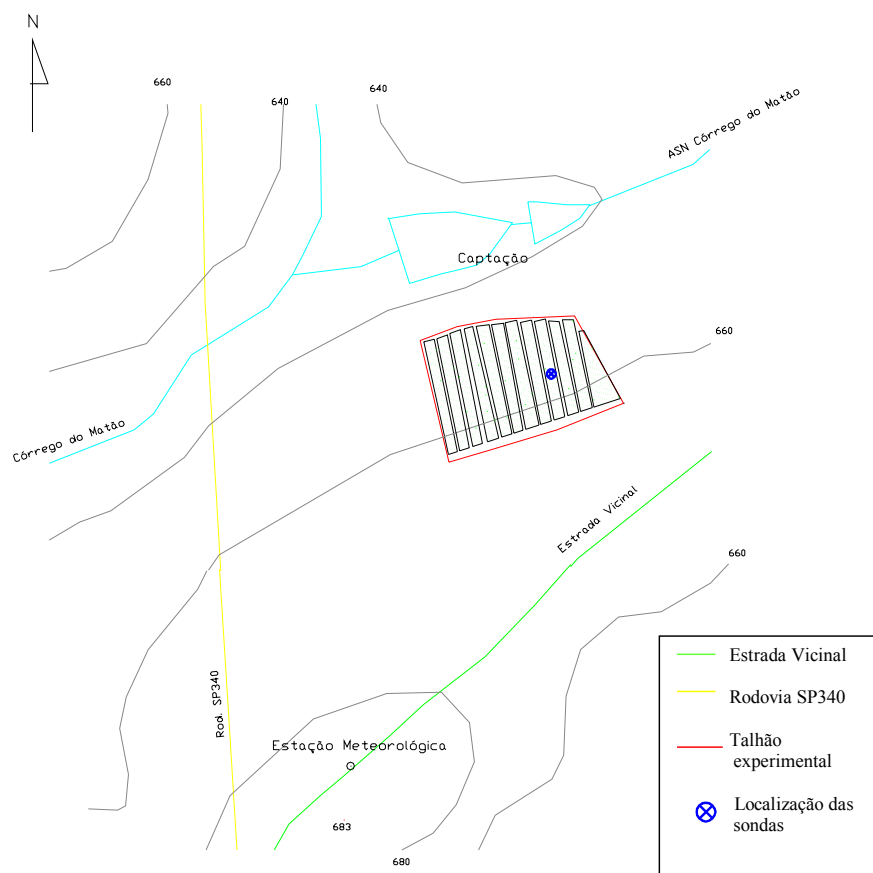


Figura 3: Croqui da área experimental (safra 2003).

Na Figura 3 observa-se o talhão experimental com o ponto onde foram instaladas as

sondas (para monitoramento da umidade do solo em 2003), o córrego Matão e as represas onde está localizada a captação de água para irrigação, as estradas que dão acesso à propriedade, o local onde foi instalada a estação climática e as linhas de cota de nível no local. A área de plantio em 2002 foi de 4,9 ha e continha 10 quadras de tomate com, aproximadamente, 145 sulcos por quadra totalizando 1450 sulcos de irrigação; em 2003 a área possuía 4,2 ha com 12 quadras de tomate e ao todo 1708 sulcos de irrigação, ou seja, aproximadamente 140 sulcos por quadra e 45000 pés de tomate (informação adquirida com o agricultor).

3.2.3 Caracterização do solo da propriedade.

Para a caracterização do solo na área de estudo para o experimento do ano de 2002, realizaram-se análises químicas e físicas. As coletas das amostras de solo foram realizadas nos dias 12/12/01 e 31/01/02. Em 2003, foram coletadas amostras na gleba onde seria realizado o plantio somente para realização de análises físicas.

As análises físicas do solo, realizadas no Laboratório de Solos da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP), foram as seguintes: densidade de partículas, granulometria, estabilidade de agregados, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. Para a caracterização química do solo, as amostras foram encaminhadas a um laboratório certificado, onde foi realizada análise de fertilidade do solo dos seguintes itens: macronutrientes, micronutrientes e nitrogênio.

3.2.3.1 Coleta de Amostras

Para a coleta das amostras de solo em 2002, a área de plantio foi dividida em 4 partes iguais de aproximadamente 1,25 ha. As amostras foram coletadas de 0 a 80 cm de profundidade, em quatro camadas de 20 cm. Em 2003 foram retiradas amostras em 3 pontos da gleba, em frações no início, meio e final. O perfil amostrado desta vez foi de 0 a 60 cm, devido a decisão tomada de fazer o monitoramento da umidade do solo apenas nesta camada.

Foram coletadas amostras deformadas do solo para análise dos seguintes itens: densidade de partículas, granulometria, fertilidade do solo e de estabilidade de agregados. Para a retirada das amostras foi utilizado um enxadão e posteriormente as amostras foram colocadas em sacos plásticos, devidamente identificadas e transportadas de forma a se alterar o menos

possível às condições estruturais das mesmas.

Coletou-se o seguinte número de amostras: densidade de partículas, agregados do solo e granulometria foi feita a coleta em 1 ponto/área nas camadas de interesse, resultando num total de 16 amostras; para fertilidade a coleta foi feita em 4 pontos/área, formando uma amostra composta, nas camadas de 20 cm dando um total de 16 amostras.

Retirou-se amostras indeformadas de solo para a análise da densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total, utilizando para tal um amostrador metálico onde se encaixa o anel volumétrico, para a retirada da amostra.

Para a densidade do solo coletou-se amostras em 3 pontos/área em apenas 2 camadas (0-20 e 20-40 cm) totalizando 24 amostras e em mais 1 ponto/área nas camadas de 40-60 e 60-80 cm, dando mais 8 amostras. A diminuição da quantidade de amostras na camada de 40 a 80 cm foi definida depois de analisar a granulometria do solo, constatando-se que não havia diferença granulométrica abaixo dos 40 cm de profundidade.

As curvas de retenção de água no solo foram adquiridas do trabalho de CAMPOS (2004) realizado na mesma área experimental. Os parâmetros de ajuste da equação de van Genuchten (Tabela 3), foram obtidos através do uso do software Soil Water Retention Curve (DOURADO NETO et al., 2001).

Tabela 3: Parâmetros de ajuste da curva de retenção de água no solo.

Profundidade(cm)	α	m	n	θ_r (cm ³ .cm ⁻³)	θ_s (cm ³ .cm ⁻³)
0-20	4,1278	0,0191	4,7903	0,000	0,434
20-40	5,4570	0,0185	4,3389	0,000	0,405
40-60	2,3420	0,0285	5,5814	0,073	0,421

Utilizando as equações ajustadas de Van Genuchten, calculou-se as umidades do solo na capacidade de campo (CC), no ponto crítico (PC) para a irrigação e no ponto de murcha permanente (PMP), conforme Tabela 4 .

Tabela 4: Valores de umidade do solo (θ), para diferentes potenciais matriciais (Ψ_m).

	$\Psi_m = 8$ kPa (CC)	$\Psi_m = 30$ kPa (PC)	$\Psi_m = 1.500$ kPa (PMP)
θ (0-20 cm)	31,52%	27,93%	19,52%
θ (20-40 cm)	29,91%	26,90%	19,65%
θ (40-60 cm)	29,13%	24,99%	16,80%

3.2.3.2 Métodos de Análise

Análise granulométrica

A análise granulométrica, para fins de caracterização do solo, foi realizada através do método da pipeta, descrito pelo Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo (SNLCS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1979).

Densidade do solo e de partículas

Determinou-se a densidade do solo (ρ_{solo}) usando o método do anel volumétrico, que consiste na retirada de amostras com um anel de volume conhecido, secando-as em estufa a 105°C por 24 horas, sendo o valor da densidade do solo a razão entre o peso seco da amostra e o volume do anel (KIEHL, 1979 e CAMARGO et al., 1986).

A avaliação da densidade de partículas (ρ_{part}) foi realizada através do método do balão volumétrico com álcool etílico, seguindo o procedimento descrito por KIEHL (1979).

Estabilidade de agregados em água

A agregação do solo foi avaliada por meio do índice de estabilidade, pelo método de porcentagem de agregados por via úmida, descrito por CAMARGO et al. (1986). Esta análise baseia-se no princípio de que o umedecimento da amostra causa uma expansibilidade diferencial interna, provocando ruptura nos locais de menor força de união entre as partículas.

As amostras passaram por peneiras de 6,35 e 2,00 mm, restando-se o que ficou entre as duas. Da fração retida, colocou-se 20 g em um béquer e adicionou-se água para o seu total umedecimento. Esperados 5 minutos foi colocada para agitação em água no topo de um jogo de peneiras com malhas de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,125 mm, adaptada a um dispositivo mecânico que efetua um movimento de oscilação vertical (40 rpm), sendo agitado durante 30 minutos. O conteúdo de cada peneira foi coletado e seco em estufa a 105 °C durante 24 horas, sendo, então, pesado. Obteve-se por diferença o peso dos agregados menores que passaram pela peneira de 0,125 mm.

O índice de estabilidade (*IE*) em água foi obtido através da equação 3, que calcula o diâmetro médio ponderado (DMP) da amostra, expresso em milímetros, ou seja, é a somatória do produto do peso da fração que ficou retida na peneira (*P_i*) e o centro de classe(*CC*) ou diâmetro médio do agregado retido entre duas peneiras.

$$IE = \sum_{i=1}^n (CC \times Pi) \dots\dots\dots \text{Equação 3.}$$

Análises químicas

As análises químicas foram realizadas, no laboratório particular UNITHAL. Foram determinados: pH, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, fósforo, carbono, matéria orgânica, soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%), enxofre, sódio, boro, ferro, manganês, cobre e zinco, e ainda foi feita uma análise especial para a determinação de nitrogênio.

3.2.4 Monitoramento climático.

Para a coleta de dados meteorológicos, foi utilizada uma estação climática automatizada da marca Campbell com datalogger modelo CR10X, que foi instalada na propriedade em fevereiro de 2002, a aproximadamente 200 m de distância do local de experimento, e retirada de campo em novembro de 2004. Sua instalação foi feita em solo nu e seguiu características pré-estabelecidas por normas técnicas, onde se recomenda uma distância mínima de prédios, cercas, árvores e rede elétrica.

Os dados na estação eram registrados a cada 10 segundos e automaticamente transformados em médias e totais, horários e diários, sendo que em sua saída de dados mostra sempre o dia, a hora e o minuto em que ocorreu o evento. Os dados registrados foram os seguintes: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (UR %), radiação global (KW.m⁻²), velocidade do vento (m.s⁻¹), direção do vento (graus em relação ao norte verdadeiro), precipitação atmosférica (mm.h⁻¹) ou (mm.dia⁻¹), evapotranspiração de referência (mm.h⁻¹) ou (mm.dia⁻¹). O método utilizado para o cálculo da evapotranspiração de referência foi o de Penman-Monteith, que pode ser utilizado para locais com diferentes climas para se obter uma boa estimativa da evapotranspiração. Os dados de evapotranspiração de referência foram recalculados através de planilha eletrônica, para que pudesse ser alterado no cálculo da radiação líquida de ondas curtas, o coeficiente de reflexão de cobertura para solo nu (0,05), ao invés da grama que é o padrão (0,23).

A equação de Penman-Monteith é expressa matematicamente pela Equação 4 e seus parâmetros complementares nas equações de 5 a 9:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \dots\dots\dots \text{Equação 4}$$

sendo:

- ET₀ - evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹);
- R_n - radiação líquida na superfície da grama (MJ m⁻².dia⁻¹);
- G – densidade do fluxo de calor do solo (MJ m⁻².dia⁻¹);
- T - temperatura média do ar a 2 metros do solo (°C);
- u₂ - velocidade do vento a 2 metros do solo (m.s⁻¹);
- e_s - pressão de saturação de vapor (kPa);
- e_a - pressão de vapor atual (kPa);
- (e_s - e_a) – déficit de pressão de vapor (kPa);
- Δ - declive da curva de pressão de vapor (kPa.°C⁻¹);
- γ - constante psicrométrica (kPa.°C⁻¹).

A radiação líquida na superfície foi calculada pela seguinte expressão:

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \dots\dots\dots \text{Equação 5}$$

em que:

- R_n - Radiação líquida (MJ.m⁻².dia⁻¹);
- R_{ns} - Radiação de onda curta (MJ.m⁻².dia⁻¹);
- R_{nl} - Radiação de onda longa (MJ.m⁻².dia⁻¹).

$$R_{ns} = (1 - \alpha)R_s \dots\dots\dots \text{Equação 6}$$

onde:

- R_{ns} - Radiação líquida de onda curta (MJ.m⁻².dia⁻¹);
- α - Albedo ou coeficiente de reflexão de cobertura (cobertura de referência - grama = 0,23 e para solo nu = 0,05);
- R_s - Radiação global ou solar (MJ.m⁻².dia⁻¹).

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{(T_{max}, K)^4 + (T_{min}, K)^4}{2} \right] \left(0,34 - 0,14 \sqrt{e_a} \right) \left(1,35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0,35 \right) \dots \text{Equação 7}$$

em que:

R_{nl} - Radiação líquida de onda longa ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);

σ - Constante de Stefan-Boltzmann ($4,903.10^{-9} MJ.K^{-4}.m^{-2}.dia^{-1}$);

T_{max}, K - Temperatura máxima absoluta no período de 24 horas ($K = ^\circ C + 273,16$);

T_{min}, K - Temperatura mínima absoluta no período de 24 horas ($K = ^\circ C + 273,16$);

e_a - Pressão de saturação de vapor atual (kPa);

R_s - Radiação global ou solar ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);

R_{so} - Radiação solar em céu limpo ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$).

Quando os valores para a_s e b_s estão disponíveis:

$$R_{so} = (a_s + b_s) R_a \dots \text{Equação 8}$$

em que:

R_{so} - Radiação Solar em Dia Limpo ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);

$a_s + b_s$ - fração da radiação extraterrestre que chega a terra em dias limpos ($n = N$) (tabelado).

R_a - radiação extraterrestre ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$) - (tabelado).

$$G = 0,38(T_i - T_{i-1}) \dots \text{Equação 9}$$

onde:

G - fluxo de calor do solo ($MJ.m^{-2}.dia^{-1}$);

T_i - temperatura do ar no tempo i ($^\circ C$);

T_{i-1} - temperatura do ar no tempo $i-1$ ($^\circ C$);

Para calcular a evapotranspiração da cultura (ET_c), necessária para a estimativa da lâmina de água necessária para a cultura, o período de produção nas safras de 2002 e 2003 foi dividido em cinco estádios de acordo com o desenvolvimento da cultura, denominados de: Inicial (E1), desenvolvimento (E2), intermediário (E3), final (E4) e colheita (E5). Utilizou-se para tal a Equação 10 proposta por DOORENBOS & KASSAM (1979), onde a ET_c é produto da evapotranspiração de referência (ET_o) e do coeficiente da cultura (k_c).

$$ET_c = ET_o \cdot k_c \dots\dots\dots \textbf{Equação 10}$$

em que,

ET_c : evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹);

ET_o : evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹);

k_c : coeficiente da cultura.

A Tabela 5 mostra os valores do coeficiente da cultura k_c propostos por DOORENBOS & KASSAM (1979) e onde para cada estágio da cultura há um valor corresponde de k_c .

Com os dados de evapotranspiração da cultura, calculou-se a evapotranspiração da cultura acumulada entre as irrigações, tomando-se como base para os cálculos as últimas irrigações que ocorreram antes dos períodos experimentais no dia 24/07 em 2002 e em 05/09 em 2003. Assim foi obtida a lâmina de irrigação requerida para os períodos monitorados.

Tabela 5: Valores de coeficiente de cultivo k_c para tomate de mesa.

Estádio	Valores de Kc	Período (dias)
E1	0.5	15
E2	0,8	23
E3	1,2	37
E4	0,9	40
E5	0,6	22

3.2.5 Monitoramento da umidade do solo

Nos eventos de irrigação foi monitorada a umidade do solo antes da irrigação, para se obter o ponto inicial de umidade do solo, e em três dias sucessivos após o evento, com o intuito de conhecer a movimentação da água no perfil do solo.

Para tal monitoramento, foi utilizado um equipamento de TDR da marca Tektronix modelo 1502C com sondas multihaste segmentadas. Este equipamento mede o tempo de passagem de um pulso eletromagnético através de um meio. Um sinal eletromagnético é

enviado para a sonda e ao se deparar com uma haste de inox mais fina, produz um sinal de impedância e um pico em um gráfico produzido pelo equipamento, marcando assim o começo e o final de um trecho de 20 cm da haste, gerando-se assim leituras do intervalo de tempo (t), no qual o sinal caminha pela na haste da sonda. Utilizando a Equação 11 pode-se calcular o valor da constante dielétrica aparente (k_a), que é correlacionada com a umidade do solo.

$$k_a = \left(\frac{t * c}{L} \right)^2 \quad \text{..... Equação 11}$$

em que:

k_a – Constante dielétrica aparente (adimensional)

t – Tempo de passagem do pulso (ns)

c – Velocidade da luz (30cm.ns⁻¹)

L – Comprimento da haste (cm).

As sondas foram instaladas em campo, no primeiro experimento (2002), no dia 24 de julho e testadas no mesmo dia para avaliar o seu funcionamento em campo. Dentre os dez talhões existentes na área escolheu-se um talhão intermediário, para realizar o trabalho e um sulco de irrigação para instalação das sondas. No segundo experimento (2003) as sondas foram instaladas no dia 04 de setembro. As Figuras de 4 e 5, mostram como foi feita a instalação das sondas.



Figura 4: Instalação das hastes da sonda, usando uma guia de PVC.



Figura 5: Destaque do perímetro molhado e sonda instalada no sulco.

Ao todo foram instaladas 12 sondas, espaçadas a cada 1,5 m de distância, de cada lado do sulco, totalizando 24 sondas (Figura 6). A profundidade de instalação das sondas foi

de 80 cm, sendo as leituras realizadas para cada 20 cm. O perfil de leitura utilizado foi de 60cm, sendo que o último segmento de 20 cm foi descartado por ocorrer perda de sinal, o que acarreta em leituras não confiáveis.



Figura 6: Duas linhas de sondas instaladas nas laterais do sulco.

3.2.5.1 Calibração do equipamento TDR.

A técnica do TDR é um método indireto de medição da umidade do solo, que se baseia em propriedades físicas ou físico-químicas do solo, que estão relacionadas com o conteúdo de água no meio. Portanto, houve a necessidade de se fazer a calibração do equipamento para o solo da propriedade, antes de ser utilizado nas condições reais de campo.

A calibração das sondas foi realizada em laboratório, para que houvesse uma melhor abrangência do intervalo de umidade do solo, conseguindo-se pontos em solo totalmente seco e saturado, o que seria difícil de realizar no campo experimental, já que este se localiza em uma propriedade com produção comercial e as mudanças no cotidiano agrícola são bastante complexas.

A calibração foi conduzida no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, utilizando-se a metodologia proposta por TOMMASELLI (1997) e utilizada por SOUZA et al. (2001), onde foram calibradas sondas de TDR para um Latossolo Roxo distrófico. O solo da propriedade foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) de textura Franco-Argilo Arenosa, sendo as amostras coletadas na camada de 0-40cm.

Para as determinações da constante dielétrica aparente (K_a) utilizou-se uma sonda multihaste de 20 cm de comprimento, desenvolvida para essa finalidade, acoplada a um equipamento TDR, e para o tratamento das leituras foi usado o programa WinTDR'99.

A amostra de solo coletada em campo foi peneirada em malha de 2 mm e seca em estufa a uma temperatura de 105°C, durante 72 horas. Após esfriar, separou-se uma amostra de 10,23 kg que foi colocada em um recipiente plástico de 6,8L, sendo compactada até a obtenção da densidade média do solo da propriedade experimental (1,5 g.cm⁻³). As etapas umedecimento, com adição de 100 mL de água por etapa, foram continuamente repetidas, até se atingir umidades próximas à da saturação.

A amostra foi dividida ao meio e colocada em dois recipientes separados, adicionando com um pulverizador, cerca de metade da água desejada (50 mL) em cada uma das partes e mexendo bem até a homogeneização da umidade. Logo em seguida misturava-se todo o solo e colocava-se no recipiente plástico aos poucos, até adquirir a densidade desejada (1,5 g.cm⁻³). O recipiente com o solo foi pesado, o que permitia a obtenção do valor de densidade do solo úmido, valor este a ser utilizado na determinação da umidade do solo.

Para a obtenção da leitura de K_a , a sonda era introduzida no solo e a leitura feita através do programa WinTDR'99. Foram realizadas três repetições para cada valor de umidade. Com a média dos valores lidos de K_a e umidade volumétrica, obteve-se uma curva de calibração utilizando-se o modelo empírico de calibração descrito por TOMMASELLI (1997), onde a relação entre as variáveis é melhor representada por uma equação polinomial cúbica.

Desenvolveu-se para essa regressão polinomial uma análise de variância, a nível de 1% de significância, utilizando os valores de K_a e da umidade volumétrica. A validade do uso dessa equação foi analisado por uma regressão linear com os dados de umidade obtidos a partir curva de calibração e da umidade volumétrica calculada, a nível de 1% de significância.

A partir da curva de calibração foram realizados os cálculos de lâmina armazenada (mm) na camada de 0 a 40cm e de lâmina percolada (mm) na camada de 40 a 60cm, considerando uma profundidade radicular efetiva de 40 cm. O armazenamento de água no solo foi calculado para todos os eventos de irrigação monitorados, sendo quatro eventos em 2002 e quatro em 2003 e os quatro dias consecutivos de coleta de dados. O cálculo da eficiência de irrigação foi feito para todos os dias monitorados, relacionando a lâmina armazenada (mm) na camada de 0 a 40 cm e a lâmina recalçada (mm).

3.2.6 *Medição da vazão de recalque.*

Para a medição da vazão de recalque, utilizou-se um medidor de vazão por ultrassom da marca Dynamic Fluid Systems modelo HFM. O equipamento oferece leituras de velocidade da água na tubulação em m.s^{-1} e através da equação 12 calcula-se a vazão em L.s^{-1} .

$$Q_c = (0,08) * (V) * (DI)^2 \dots\dots\dots \textbf{Equação 12}$$

Onde:

Q_c = vazão calculada [L.s^{-1}]

V = velocidade [m.s^{-1}]

DI = diâmetro interno da tubulação [cm].

As leituras para o cálculo da vazão no recalque foram feitas nos dias 24/07, 17/08, 22/08, 05/09 e 19/09, para o primeiro experimento (2002) e 06/07, 18/07, 04/08, 13/08, 19/09, 26/09 e 15/10 no segundo experimento (2003).

O sensor do medidor foi acoplado à tubulação, respeitando-se uma faixa de distância do conjunto moto-bomba de aproximadamente 9 m e para promover uma maior aderência do sensor com a tubulação, sem que o ar ficasse aprisionado entre os sensores, foi usada graxa branca, que funcionou como uma pasta sônica.

Para que houvesse confiabilidade das leituras realizadas em campo, o medidor de vazão foi calibrado no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da FEAGRI, onde foi utilizado um “módulo didático de hidráulica para estudo de escoamento em condutos forçados”, que estava acoplado a um medidor de diafragma, já calibrado.

No módulo, a água era recalçada do reservatório e enviada para um segundo reservatório de $0,47\text{m}^3$ de capacidade, onde foram realizadas medidas do nível da água (cm)

pelo tempo (min), calculando-se a vazão ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$). Portanto, a vazão foi calculada por dois métodos.

Com as leituras de diferencial de pressão, obtidas através do medidor de diafragma, calculou-se a vazão no sistema através da Equação 13. Juntamente com essas medidas foram realizadas com o medidor de vazão por ultrassom leituras de velocidade da água na tubulação de PVC com diâmetro de 50mm do módulo. De acordo com as especificações do equipamento a faixa de velocidade limite é de 0,3 a 6 m.s^{-1} , portanto, a calibração foi feita usando 5 pontos de leitura da velocidade: 0,5; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 m.s^{-1} . Para cada ponto foi feita a leitura da vazão, como explicado acima, realizando-se 3 ensaios para a obtenção de uma média.

$$Q = 0,0023\sqrt{\Delta H} \dots\dots\dots \text{Equação 13}$$

Sendo:

Q = vazão ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)

ΔH = diferencial de pressão (cm de Hg).

A Equação 14 foi obtida pela calibração para a correção das medições de vazão de recalque:

$$Q_R = (1,0883 * Q_C) - 0,2945 \quad (R^2 = 0,997) \dots\dots\dots \text{Equação 14}$$

em que:

Q_R = Vazão corrigida (L.s^{-1})

Q_C = Vazão calculada (L.s^{-1}).

A vazão de recalque foi utilizada para os cálculos realizados na avaliação do sistema de irrigação, relacionando-se com as perdas de água por percolação profunda, por escoamento no canal secundário e com as perdas por condução de água até a área de cultivo..

3.2.7 Tempo de irrigação.

Para o monitoramento do tempo total de irrigação durante a fase experimental, foi instalado no conjunto moto-bomba um totalizador de horas eletromecânico da marca COEL, tipo DH com precisão de 36 segundos. O totalizador realiza contagem progressiva e

cumulativa, isto é, a contagem não retorna a zero após desenergizada a moto-bomba.

A instalação foi feita dia 24 de junho de 2002, quando foi realizada a primeira leitura, após isso, as leituras foram feitas em todos os eventos de irrigação em que se realizou coleta de dados em campo, nos dois anos de experimento, retirando o equipamento de campo após a safra de 2003. Os dados adquiridos com o contador de horas foram utilizados para o cálculo da lâmina de água bombeada nos eventos de irrigação, já que o valor de vazão de recalque obtido era dado em $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

3.2.8 Coleta de água do canal secundário.

Para estimar o volume da água que escoava superficialmente no canal secundário de irrigação, realizou-se a coleta desta água em cinco eventos de irrigação em 2002 e em três eventos em 2003. A água que escoava no canal secundário era resultado de uma perda de água que passava embaixo da bandeira, que é o método utilizado pelo irrigante para represar a água no canal secundário, fazendo com que ela seja conduzida para o sulco.

O material utilizado para a coleta da água foi: uma calha, um tubo de 100 mm de diâmetro, uma abraçadeira com rosca sem fim, um adaptador de polietileno, 1 m de mangote de 100 mm de diâmetro, 10 m de mangote de 50 mm de diâmetro, um registro de PVC de 50 mm de diâmetro, dois tanques de 120 L, graduado em laboratório a cada 5 L e um cronômetro, instalados (Figuras de 7 e 8).



Figura 7: Reservatório para coleta de água no canal secundário.



Figura 8: Vista geral do sistema de coleta de água no canal secundário.

No dia 27 de junho de 2002 foi realizado um primeiro teste com o sistema para avaliar seu funcionamento. Enterrou-se um tanque, no final do canal secundário, com a calha e a tubulação conduziu-se a água para o tanque. Para retirada desta água usou-se um mangote de 10 m de comprimento e um registro, que funcionou como sifão.

Foram utilizados dois tanques para a coleta da água, para que quando o primeiro enchesse, a água fosse direcionada para o segundo, enquanto o primeiro era esvaziado com o sifão. O intervalo de tempo decorrido para completar 100 L era marcado com o cronômetro e assim foi estimada a vazão de escoamento superficial, nos eventos de irrigação dos dias: 24/07, 17/08, 22/08, 05/09 e 19/09 em 2002; e 26/09, 02/10 e 16/10 em 2003. Essa vazão foi subestimada, porque ao retirar a bandeira no final da irrigação a água transbordava e estourava a lateral do canal impossibilitando sua coleta (Figura 8).

Com a relação entre a lâmina de água escoada pelo canal secundário e a lâmina bombeada obteve-se a porcentagem de perdas por escoamento superficial no canal secundário.

3.2.9 Avaliação da eficiência de irrigação.

Utilizando-se os valores do armazenamento de água, calculado (mm) para as camadas de 0 a 40cm e de 40 a 60 cm, a vazão de recalque ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$), o tempo de irrigação (h), a área irrigada (m^2), o volume de água escoada superficialmente no canal secundário, calculou-se então os valores de eficiência de irrigação, das porcentagens de perdas por percolação e por escoamento superficial, e a uniformidade de distribuição de água no sulco. Permitindo, assim, a estimativa das perdas de água por condução e as perdas totais no sistema, sempre relacionadas a vazão bombeada.

Os parâmetros avaliados foram:

- Eficiência de irrigação (E_i): definida pela razão entre a lâmina (mm) de água armazenada na zona radicular (L_A) e a lâmina (mm) de água bombeada (L_B), portanto:

$$E_i = \frac{L_A}{L_B} \dots\dots\dots \text{Equação 15}$$

- Perdas por escoamento superficial no canal secundário (P_e): este parâmetro é

avaliado apenas nos sistemas de irrigação por sulcos, determinado pela razão entre a lâmina (mm) de água bombeada à parcela (L_B) e a lâmina (mm) de água escoada no final do canal (L_e), logo:

$$P_e = \frac{L_e}{L_B} \dots\dots\dots \textbf{Equação 16}$$

- Perdas por percolação (P_p): são definidas pela razão entre a lâmina (mm) de água percolada (L_p) e a lâmina (mm) de água bombeada à parcela (L_B), logo:

$$P_p = \frac{L_p}{L_B} \dots\dots\dots \textbf{Equação 17}$$

- As perdas de água por condução (P_C) foram estimadas pela diferença entre a lâmina (mm) bombeada (L_B), a lâmina (mm) armazenada (L_a), a lâmina (mm) percolada (L_p) e a lâmina (mm) escoada pelo canal secundário (L_e):

$$P_C = L_B - L_a - L_p - L_e \dots\dots\dots \textbf{Equação 18}$$

- As perdas totais no sistema (P_T) foram estimadas pela soma da porcentagem de perdas por condução, de perdas por percolação e perdas por escoamento:

$$P_T = P_C + P_p + P_e \dots\dots\dots \textbf{Equação 19}$$

- Uniformidade de distribuição (UD): dividindo um sulco em quatro partes iguais, representa a razão entre o trecho com menor umidade média armazenada ($L_{25\%}$) e a média total das lâminas (mm) amostradas ($\overline{L_m}$), portanto:

$$UD = \frac{L_{25\%}}{\overline{L_m}} \dots\dots\dots \textbf{Equação 20}$$

3.3 Monitoramento da qualidade da água.

Para o ano de 2003 e 2004 realizou-se o monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica. Com a ajuda da Casa da Agricultura de Mogi-Guaçu, obteve-se as informações requeridas sobre a Bacia do Rio das Pedras e uma maior facilidade para locomoção nas propriedades e na região, o que contribuiu com o trabalho de coletas em

campo.

3.3.1 Coletas de amostras de água na Bacia Hidrográfica

Foram definidos seis pontos para a coleta de amostras de água na bacia, os quais foram locados com o objetivo de conhecer possíveis contaminações de água decorrentes da agricultura ou da tomaticultura. Sendo assim, os pontos foram situados a montante de qualquer núcleo urbano existente, para que não houvesse contribuições dos mesmos nas cargas difusas.

Com o auxílio do Engº Agrônomo José Roberto de Campos (Casa da Agricultura de Mogi-Guaçu), que tem um conhecimento prático da região e com as fotografias aéreas da Bacia, decidiu-se pelos seguintes pontos para as coletas de água (Figura 9):

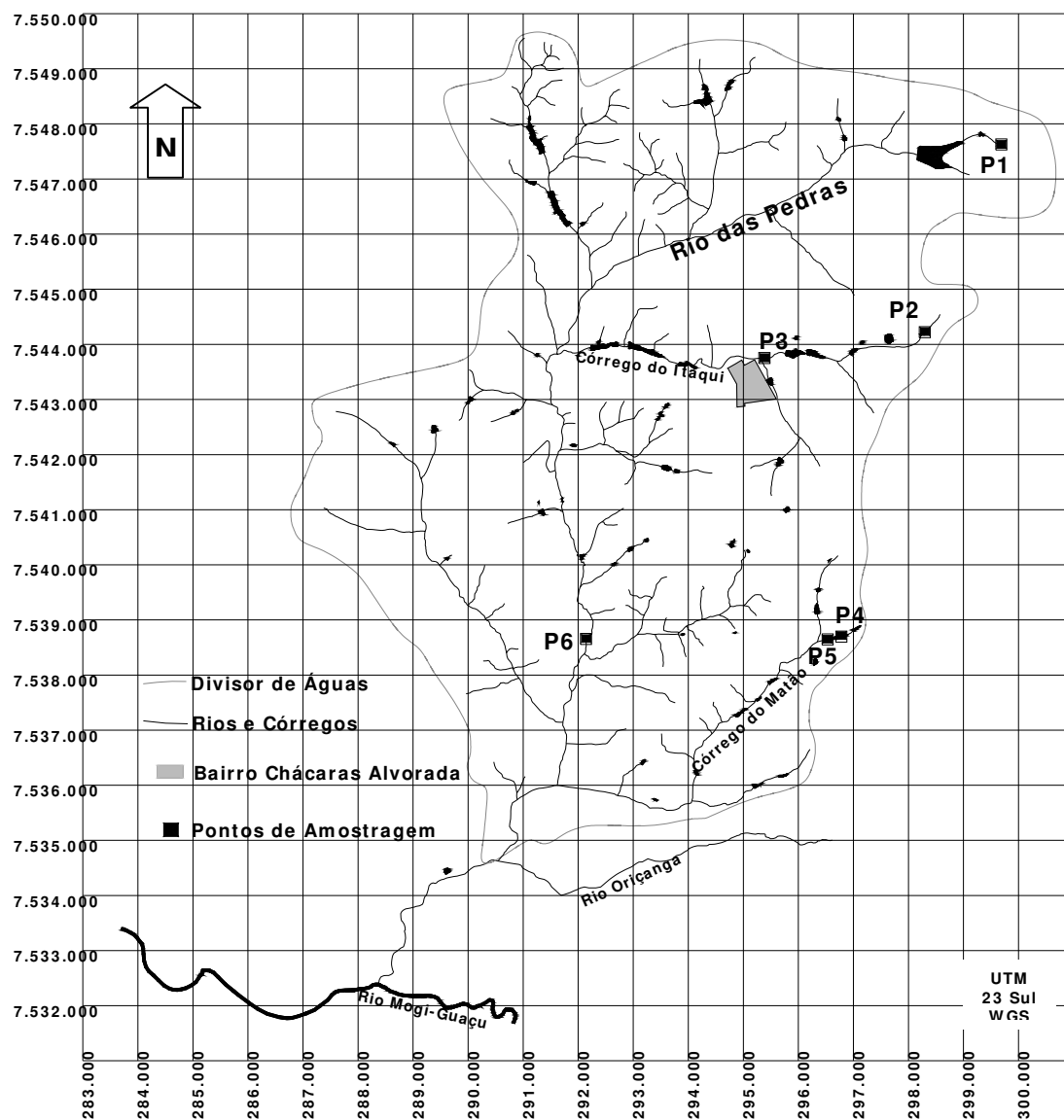


Figura 9: Mapa hidrológico da bacia hidrográfica do Rio das Pedras e pontos de coleta de amostras de água.

- Dois pontos no Córrego Itaqui (P2 e P3), sendo um na nascente e outro a montante do bairro “Chácaras Alvorada”. Neste córrego já existe conflito pelo uso da água por causa da alta concentração de tomaticultores;
- Dois pontos no Córrego Matão (P4 e P5), localizado no final da Bacia Hidrográfica, sendo um próximo as nascentes e o outro após o plantio de tomate, na mesma propriedade experimental onde está sendo realizado o monitoramento da irrigação por

sulcos;

- Dois pontos foram alocados no Rio das Pedras - rio principal (P1 e P6), sendo um na nascente e outro próximo a sessão de controle da Bacia, ponto de afluência de toda a malha hidrográfica.

As coletas das amostras foram realizadas mensalmente, utilizando-se frascos plásticos novos de 500 mL de volume total, sendo sempre coletadas três amostras por ponto. As amostras eram conservadas refrigeradas, desde a coleta, conforme indicado no Standard Methods (APHA, 1995), e as análises laboratoriais realizadas no dia seguinte. Somente no caso da turbidez e dos sólidos suspensos eram realizadas no mesmo dia, e o pH e a condutividade elétrica eram realizados em campo.

Juntamente com a coleta das amostras, foram realizadas leituras da velocidade da água no ponto P6 utilizando um medidor de vazão marca Geopacks, modelo 94305. O medidor de vazão utilizado na pesquisa utiliza o princípio do molinete, realizando as medidas em rotações por minuto, que eram convertidos para valores de velocidade (m.s^{-1}) através da equação 21. Os valores de velocidade eram multiplicados pela área (m^2) da secção do canal e então era obtido o valor da vazão ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$).

$$V = (0,000854 * C) + 0,05 \dots\dots\dots \text{Equação 21}$$

Onde:

V - Velocidade da Água (m.s^{-1})

C – rotações por minuto da hélice.

O cálculo da área do canal, no ponto P6, foi feita para todos os dias de monitoramento. A secção foi dividida, tal como mostra a Figura 10, em dois trapézios (áreas 1 e 4) e dois retângulos (áreas 2 e 3) cujas áreas eram somadas para o cálculo da área total do canal.

Como o ponto P6 estava localizado em baixo de uma ponte, a largura do canal era sempre de 4m e a altura foi medida sempre em cinco pontos distanciados de 1m, sendo localizados nas margens e no centro do canal. As leituras da velocidade da água eram feitas nos três pontos centrais do canal, fazendo-se cinco leituras por ponto para a obtenção de uma média. A altura de colocação da hélice do medidor dependia da altura da lâmina d'água, sempre optando por um ponto central na coluna d'água. Quando o rio estava cheio a leitura era

feita em seis pontos na altura do canal (Figura 10) e quando estava baixo, a leitura era feita em apenas três pontos.

Para a determinação das rotações (C), a hélice do equipamento era posicionada no ponto da secção transversal, sempre na direção do fluxo da água e na profundidade determinada e, a partir deste momento, ligava-se o contador.

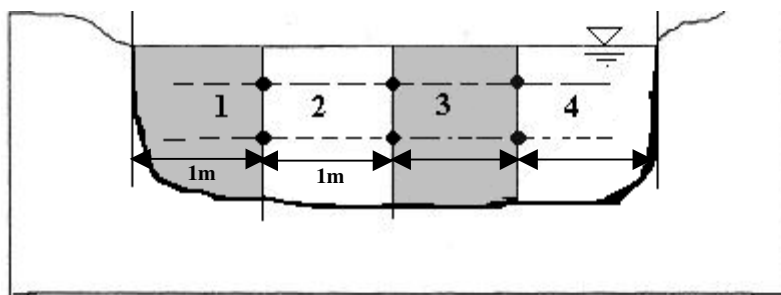


Figura 10: Secção do Rio das Pedras dividida em partes para o cálculo da área do canal e pontos de leitura da velocidade da água no canal.

Os dados obtidos em campo, para a determinação da vazão, a partir dos valores de área da secção no ponto P6, estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Medidas realizadas em campo e área da secção transversal do canal utilizadas para o cálculo da vazão no ponto 6.

<i>Ponto 6</i>	<i>C (rpm)</i>	<i>v (m·s⁻¹)</i>	<i>A (m²)</i>	<i>vazão (m⁻³·s⁻¹)</i>	<i>vazão (m⁻³·h⁻¹)</i>
set/03	338	0,34	0,89	0,30	1090,0
out/03	346	0,35	0,99	0,34	1228,0
nov/03	277	0,29	1,48	0,42	1524,7
dez/03	450	0,43	1,33	0,58	2085,7
jan/04	254	0,27	0,92	0,25	883,1
fev/04	471	0,45	4,80	2,17	7810,1
mar/04	270	0,28	3,01	0,84	3039,5
abr/04	241	0,26	2,42	0,62	2231,6
mai/04	365	0,36	3,17	1,14	4121,5
jun/04	337	0,34	0,92	0,31	1126,7
jul/04	322	0,33	2,57	0,83	3003,5
ago/04	322	0,32	1,23	0,40	1433,5
set/04	262	0,27	0,99	0,27	978,2

3.3.2 *Parâmetros de qualidade de água avaliados e métodos de análise*

Os parâmetros avaliados, os métodos e os equipamentos utilizados nas análises laboratoriais para esta pesquisa estão descritos a seguir. As variáveis foram escolhidas de acordo com o objetivo do trabalho de visualizar possíveis contaminações, que possam estar relacionadas com a agricultura local. A turbidez e os sólidos suspensos estão relacionados com a perda de solos por erosão. A condutividade elétrica está relacionada à perda de sais dissolvidos, que podem ser originários de fertilizantes dissolvidos em água. O pH indica a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água e influência em alguns processos químicos e biológicos. As variáveis nitrogênio e fósforo analisadas estão diretamente relacionadas às perdas de fertilizantes vindos da agricultura.

Os seguintes métodos foram utilizados na análise dos parâmetros:

Turbidez – realizado em laboratório com turbidímetro da HACH modelo 2100AN, fornecendo leituras em NTU (unidade de turbidez nefelométrica);

Condutividade Elétrica – realizado em campo com sonda de qualidade multiparâmetros da YSI Incorporated modelo 6280 fornecendo leituras em mS.cm^{-1} ;

pH – realizado em campo com sonda de qualidade multiparâmetros da YSI Incorporated modelo 6280. Método eletrométrico segundo Standard Methods (APHA, 1995). O sensor de pH foi calibrado em laboratório antes das idas a campo;

Sólidos Suspensos – realizado através da filtração da amostra em filtros da marca Whatman GF/C de 47mm de diâmetro, medindo sua massa antes e depois de seco em uma temperatura padronizada ($103 - 105\text{ }^{\circ}\text{C}$), segundo o Standard Methods (APHA, 1995), fornecendo leituras em mg.L^{-1} .

Nitrogênio-Amônia e Amônia – análise realizada pelo método Nessler - HACH (sem digestão), com posterior determinação colorimétrica no espectrofotômetro DR/2010 (HACH), com resultados de 0 a 50 mg L^{-1} . O espectrofotômetro fornece valores em NH_4^+ , NH_3 e $\text{NH}_3\text{-N}$. Os procedimentos experimentais estão descritos em HACH (1996);

Nitrogênio-Nitrato – análise realizada pelo método do reagente NitraVer5 (HACH) e posterior determinação colorimétrica no espectrofotômetro DR/2010 (HACH), com resultados de 0 a 5mg L^{-1} . O espectrofotômetro fornece valores de NO_3^- e $\text{NO}_3\text{-N}$. Os procedimentos experimentais estão descritos em HACH (1996).

Fósforo Total – análise realizada pelo método do reagente PhosVer3 (HACH) com

digestão em persulfato ácido no reator HACH para DQO e posterior determinação colorimétrica no espectrofotômetro DR/2010 (HACH) que concede leituras em PO_4^{3-} , P e P_2O_5 ; fornecendo leituras em mg.L^{-1} . Este método é aceito pelo USEPA dos Estados Unidos para monitoramento de corpos receptores e de lançamentos de ETE e seus procedimentos encontram-se em HACH (1996);

Todas as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP.

3.3.3 Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA)

A partir dos valores obtidos para os oito parâmetros monitorados, realizou-se a análise estatística com o auxílio do software MINITAB 12 (1998), utilizando o procedimento *Factor Analysis* e considerando-se valores médios dos dados coletados nos 6 pontos georreferenciados.

3.3.3.1 Análise Fatorial

O objetivo principal da análise fatorial é estudar a estrutura de correlação de um conjunto inicial de “p” variáveis ($X_1, X_2 \dots X_p$), substituindo este por um conjunto menor de variáveis hipotéticas, fatores comuns, que em menor número e com uma estrutura mais simples explicam a maior parte da variação das variáveis originais (HAASE et al., 1989).

Assume-se então que cada x_i é uma variável padronizada, i.e., $x_i = (X_i - \bar{X}_i) / S_i$. Na análise fatorial os x_i 's são chamados variáveis originais ou variáveis de resposta. O modelo de análise fatorial assume que cada variável original X_i pode ser expressa como uma função linear de um menor número de *fatores comuns*, por serem comuns às variáveis, mais uma componente de variação residual, ou seja:

$$X_i = \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} f_j + e_i \quad \dots\dots\dots \textbf{Equação 22}$$

onde:

λ_{ij} = a carga fatorial da i-ésima variável no j-ésimo fator comum, refletindo a importância do

j-ésimo fator na composição da i-ésima variável;

f_j = os fatores comuns;

e_i = fatores específicos, que descrevem a variação residual específica da i-ésima variável.

O modelo foi ajustado a partir dos valores obtidos para os oito parâmetros monitorados, considerando-se valores médios, resultantes das três amostras simples coletadas nos seis pontos de amostragem.

O desenvolvimento do IQA por essa técnica demandou a realização de três etapas: a) Preparação da matriz de correlação; b) Extração dos fatores comuns e a possível redução do espaço e c) rotação dos eixos relativos aos fatores comuns, visando uma solução simples e de fácil interpretação.

Primeiramente, construiu-se a matriz básica sem nenhuma lacuna, requisito exigido pela técnica fatorial utilizada, utilizando-se os dados dos oito parâmetros analisados em treze meses de experimento, com a média dos resultados de três amostras simples coletadas nos seis pontos distribuídos pela bacia hidrográfica.

A partir da matriz dos dados originais, referentes às oito variáveis estudadas, obteve-se a matriz de correlação utilizando-se o Coeficiente de Correlação de Pearson, que mostrou a dependência entre as variáveis estudadas.

Utilizando-se então o procedimento denominado “*factor analysis*” encontrou-se os fatores comuns, cuja determinação do número é baseada na percentagem da variância total das variáveis que é explicada pelo conjunto de fatores, associada à representatividade destes à realidade da situação em estudo.

Com o intuito de obter uma matriz de cargas fatoriais mais facilmente interpretável, os eixos foram rotacionados através do procedimento *varimax*. Como os resultados obtidos não foram eficientes, foram utilizados os eixos sem rotação (“*no rotate*”).

Após isso calculou-se o valor de cada fator para cada estação de amostragem, valor esse denominado de escore fatorial, que vem a compor o Índice de Qualidade da Água (IQA).

3.3.4 Mapa de uso e ocupação do solo.

Para a construção do mapa de uso e ocupação do solo foram adquiridas juntamente com a CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) em Campinas, 19 fotografias

aéreas, as quais cobrem a totalidade da área da bacia hidrográfica. As fotos possuem resolução de 600 dpi e 1 m de precisão, sendo, portanto, de excelente qualidade.

A próxima etapa para a construção do mapa de uso e ocupação foi a escolha dos pontos de controle nas fotografias, ou seja, foram identificados pontos que poderiam servir de referência para o georreferenciamento das imagens em campo.

Foi necessário fazer uma visita à área da bacia hidrográfica para a obtenção das coordenadas geográficas de 14 pontos de controle escolhidos e, para a marcação dos seis pontos de coleta de amostras de água, utilizando um equipamento GPS da marca GARMIN modelo E-trex summit.

Montou-se um mosaico com as fotografias utilizando-se somente as fotos que continham a área da bacia hidrográfica do Rio das Pedras, eliminando as que não eram necessárias. Desta forma foram utilizadas apenas 12 fotografias das 19 adquiridas anteriormente. Usando-se o software AUTOCAD 2000, foi feita a montagem do mosaico, já georreferenciado em coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator).

Em seguida, a imagem foi digitalizada, separando-se visualmente por cores, áreas com diferentes plantios, a malha hidrográfica, matas, carreadores, estradas e construções. Para a digitalização da malha hidrográfica e do divisor de águas da bacia foram utilizadas as cartas em escala 1:50000 que compunham a área da bacia, tendo como base o mosaico montado. Foram utilizadas quatro cartas: Rio Capetinga (Folha: SF – 23 – Y – A – II – 2), Aguai (Folha: SF – 23 – Y – A – III – 1), Mogi-Guaçu (Folha: SF – 23 – Y – A – III – 3) e Conchal (Folha: SF – 23 – Y – A – II – 4).

A etapa final para a conclusão do mapa de ocupação do solo foi um reconhecimento de área, onde foram identificados na imagem os diferentes tipos de cultivos existentes na região, tais como: culturas anuais (batata, feijão, milho, sorgo, arroz, soja e painço), olericultura (berinjela, vagem, tomate, abobrinha, pimentão, pepino, cará) e culturas perenes (citros, cana-de-açúcar e café).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o intuito de ter uma melhor compreensão e organização das análises e discussões dos resultados obtidos, separou-se a apresentação em dois experimentos distintos e complementares: o primeiro experimento se refere à avaliação do sistema de irrigação realizado na propriedade agrícola e, o segundo, consiste na avaliação da qualidade da água realizado na bacia hidrográfica. Ambos tem o objetivo de avaliar os impactos da irrigação por sulcos, utilizada na cultura de tomate de mesa, que possam afetar a quantidade e a qualidade da água superficial disponível na bacia hidrográfica do Rio das Pedras.

4.1 Monitoramento da irrigação por sulcos.

A propriedade escolhida como área experimental é o sítio Rancho Novo de propriedade do Sr. Luverci Vasconcelos, situado no município de Estiva Gerbi no bairro Anhumas. Geograficamente localizado a 22°16'135" de latitude, 46°57'61" de longitude e 660m de altitude. Possui uma área de aproximada de 24 ha, sendo a área total de plantio de aproximadamente 20 ha.

4.1.1 Caracterização do solo

As análises de agregados do solo, granulometria, densidade de partículas e fertilidade do solo foram realizadas no mês de dezembro/2001 e o restante das análises em fevereiro/2002. Os resultados das análises físicas do solo estão apresentados nas Tabelas 7 a 8.

Tabela 7: Características Físicas do solo, composição granulométrica (%) e densidade do solo (g.cm^{-3}), para o ano de 2002 e 2003; e densidade de partículas (g.cm^{-3}), para 2002.

2002							
Camada solo (cm)	Composição Granulométrica (%)					Densidade do solo (g.cm^{-3})	Densidade partículas (g.cm^{-3})
	Argila	Silte	Areia fina	Areia grossa	Areia total		
0-20	23	4	58	15	73	1,66	2,64
20-40	25	4	55	16	71	1,64	2,54
40-60	26	5	55	14	69	1,56	2,62
2003*							
0-20	35	11	36	18	54	1,46	-
20-40	37	11	35	17	52	1,43	-
40-60	38	13	34	15	49	1,31	-

* Dados 2003: FONTE (CAMPOS, 2004).

O solo em questão foi classificado como um Latossolo Vermelho Amarelo de acordo

com OLIVEIRA & MENK (1999) e sua classe textural é Franco-argilo arenosa segundo classificação do IAC, CAMARGO et al. (1986).

Pela análise de densidade de partículas, realizada em 2002, nota-se que as partículas do solo possuem densidade próxima a do quartzo, que é de $2,63 \text{ g.cm}^{-3}$, estando de acordo com os resultados de granulometria, onde se tem um solo bastante arenoso.

A densidade do solo se mostrou elevada em 2002 levando em consideração o limite médio para solos arenosos de $1,25$ a $1,40 \text{ g.cm}^{-3}$, segundo KIEHL (1979). Em 2003 a densidade se apresenta um pouco acima do normal nas duas primeiras camadas do solo e normal na última camada.

Através da análise de agregados do solo (Tabela 8) constatou-se que as áreas mais baixas do terreno (áreas 1 e 2), apresentam valores menores de agregados até a profundidade de 60 cm de solo, mostrando ser mais instáveis e portanto mais susceptíveis a erosão, do que as áreas 3 e 4, que apresentam uma melhor estruturação e maior estabilidade de agregados, a não ser na última camada do solo onde ocorre o contrário.

Tabela 8: Resultados da análise de agregados do solo.

Camada solo (cm)	Área 1 DMP (mm)	Área 2 DMP (mm)	Área 3 DMP (mm)	Área 4 DMP (mm)
0-20	0,32	0,44	0,52	0,71
20-40	0,42	0,43	0,49	0,59
40-60	0,53	0,42	1,18	0,49

A Tabela 9 mostra os dados de porosidade total, macro e microporosidade para os anos de 2002 e 2003, na área experimental.

Tabela 9: Dados de porosidade total, macro e microporosidade para os anos experimentais de 2002 e 2003.

2002			
Camada do solo (cm)	POROSIDADE (%)		
	TOTAL	MACRO	MICRO
0-20	0,32	0,05	0,28
20-40	0,33	0,06	0,27
40-60	0,38	0,11	0,28
2003*			
0-20	0,41	0,10	0,31
20-40	0,42	0,11	0,30
40-60	0,45	0,14	0,29

* Dados 2003: FONTE (CAMPOS, 2004).

A porosidade total do solo nas camadas amostradas, para o ano de 2002 está um pouco abaixo do normal para as duas primeiras camadas de solo, segundo KIEHL (1979), que afirma que a porosidade deve variar entre 35 e 50% para solos de textura arenosa e entre 40 e 60% para solos de textura argilosa. Em 2003 a porosidade total encontra-se dentro da média para solos de textura arenosa.

Quanto a macro e microporosidades, segundo KIEHL (1979), um solo ideal deveria ter um terço de macroporos para dois terços de microporos, isso garantiria suficiente aeração, permeabilidade e capacidade de retenção de água. Sendo assim, no solo estudado para o ano de 2002 e 2003 a quantidade de macroporos está abaixo do desejado em todas as camadas. Em compensação a quantidade de microporos se mostrou acima do desejado em todas as camadas, para os dois anos de estudo.

A Tabela 10 apresenta os resultados da análise de fertilidade do solo. Através da análise nota-se que o solo em questão apresenta baixa acidez na camada superficial (0 a 20 cm), acidez média na camada de 20 a 40 cm e alta nas camadas inferiores, isso se deve ao fato de que a calagem do solo é realizada somente na camada superficial.

Quanto ao alumínio, os valores encontrados foram abaixo dos limites de detecção. O teor de cálcio do solo apresenta deficiência a partir dos 20 cm de profundidade. O magnésio também apresenta-se deficiente a partir da segunda camada do solo.

O teor de potássio apresentou um valor médio nas duas primeiras camadas de solo e baixo nas outras duas. O fósforo apresentou valores médio e baixo na primeira e segunda camada, respectivamente, e deficiência na camada de 40 a 60 cm. O teor de matéria orgânica do solo apresenta-se baixo na camada de 0 a 20 cm e deficiente nas camadas inferiores, diminuindo a capacidade de retenção de água pelo solo. A saturação de bases apresenta valor alto na primeira camada do solo, médio na segunda camada e baixo de 40 a 60 cm de solo.

Quanto aos micronutrientes do solo, o enxofre mostrou baixo valor na primeira camada e alto nas camadas mais inferiores. O boro apresentou valores baixos em todo o perfil do solo. O ferro e o cobre mostraram valores médios em todas as camadas do solo. O manganês apresentou baixo teor na camada de 0 a 20 cm e deficiência nas camadas inferiores. E o zinco apresentou teor médio na primeira camada de solo e baixo nas próximas camadas analisadas.

Tabela 10: Análise de fertilidade do solo. (Fonte: UNITHAL análises nº 77839 a 77854).

Análises realizadas		Camadas de solo amostradas				
		0-20 cm	20-40 cm	40-60 cm	60-80 cm	
Macronutrientes	pH (CaCl ₂)	5,9	5,1	5,0	4,7	
	pH (H ₂ O)	6,6	5,9	5,7	5,5	
	pH (SMP)	6,94	6,76	6,73	6,64	
	H+Al	cmol	1,6	1,9	2,0	2,2
	Alumínio (Al)	cmol	ALD*	ALD	ALD	ALD
	Cálcio (Ca)	cmol	3,5	1,5	1,3	1,1
	Magnésio (Mg)	cmol	1,0	0,5	0,4	0,4
	Potássio (K)	cmol	0,24	0,17	0,15	0,13
	Fósforo (Mehlich)	mg.dm ⁻³	28,3	5,5	2,8	2,3
	Fósforo (Resina)	mg.dm ⁻³	34,3	8,3	4,3	3,8
	Carbono (C)	g.dm ⁻³	9,0	5,3	4,3	3,3
	Matéria Orgânica	%	1,6	0,9	0,7	0,5
	Soma de Bases	cmol	4,69	2,14	1,80	1,60
	CTC	cmol	6,26	4,02	3,75	3,78
	Saturação bases	%	73,02	52,65	47,93	42,73
Micronutrientes	Enxofre (S)	mg.dm ⁻³	8,5	20,7	26,7	30,5
	Sódio (Na)	mg.dm ⁻³	2,2	1,4	1,3	1,7
	Boro (B)	mg.dm ⁻³	0,3	0,4	0,4	0,4
	Ferro (Fe)	mg.dm ⁻³	65,1	68,4	61,5	56,5
	Manganês (Mn)	mg.dm ⁻³	6,3	1,7	1,1	1,3
	Cobre (Cu)	mg.dm ⁻³	5,1	3,1	2,7	2,4
	Zinco (Zn)	mg.dm ⁻³	10,1	5,7	5,0	4,5
Especial	Nitrogênio (N)	%	0,13	0,15	0,13	0,09
	Relação C/N		7/1	3/1	3/1	3/1

* ALD = Abaixo dos limites detecção.

4.1.2 Monitoramento climático.

Os dados de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (UR %), radiação global (MJ.m⁻²), velocidade do vento (m.s⁻¹), precipitação atmosférica (mm.dia⁻¹), evapotranspiração de referência (mm.dia⁻¹), para as duas safras monitoradas, estão demonstrados nas Tabelas 32 e 33 no Anexo 1.

Durante o período de produção da cultura do tomate de mesa nos anos de 2002 e 2003 foram calculados, a partir dos dados coletados pela estação meteorológica, os valores de

evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}) e a evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1}). Os valores foram calculados para o período de 137 dias, desde o transplantio até a colheita, para a safra de 2002 estão apresentados na Figura 11.

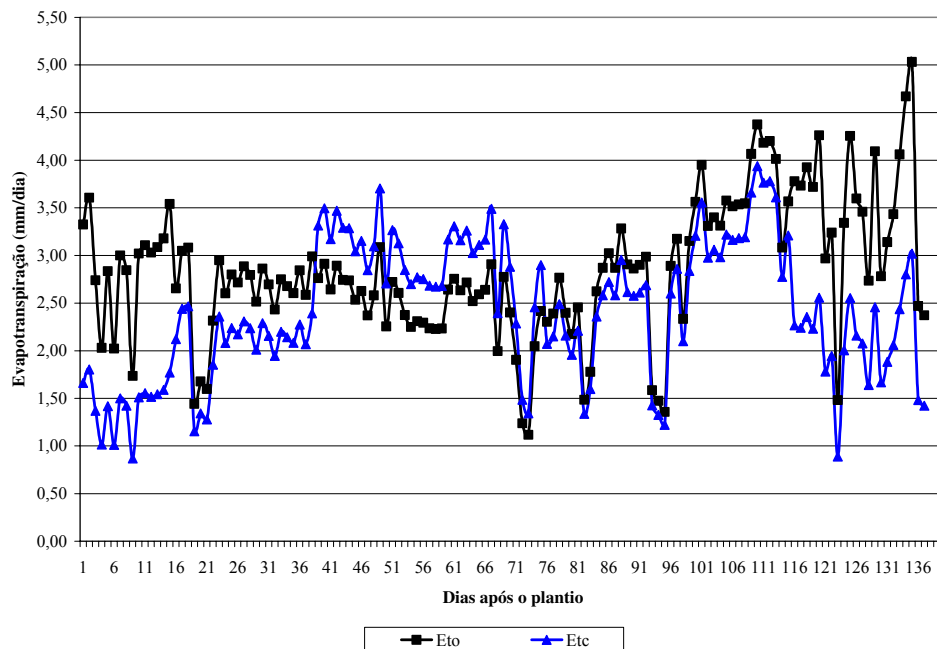


Figura 11: Evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}) e Evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1}) para período de safra de 2002.

A Tabela 11 mostra os dados calculados de evapotranspiração da cultura acumulada nos estádios fenológicos de desenvolvimento, de acordo com os períodos apresentados por DOORENBOS & KASSAM (1979), mostrando a necessidade hídrica em cada uma das fases.

Tabela 11: Evapotranspiração calculada para as fases fenológicas do tomateiro, na safra 2002.

Período	Dias	Estádio	Kc	ETc (mm)
01/05 a 15/05	15	E 1	0,5	21,5
16/05 a 07/06	23	E 2	0,8	47,6
08/06 a 14/07	37	E 3	1,2	108,8
15/07 a 23/08	40	E 4	0,9	107,3
24/08 a 14/09	22	E 5	0,6	45,9
Total =				331,1

Desta forma, caracteriza-se como crítica em termos de déficit hídrico, a fase E3 e E4 que são as fases intermediária e final de desenvolvimento, que conforme cita MAROUELLI et

al. (1996), seriam os períodos de desenvolvimento dos frutos do tomateiro. A evapotranspiração acumulada da cultura no período de produção foi de 331,1 mm, que são próximos aos dados apresentados por DOORENBOS & PRUITT (1977), entre 300 e 600 mm e pela FAO (2004) entre 400 e 600 mm.

A Figura 12 mostra a evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penmam-Monteith e a evapotranspiração da cultura para a safra de 2003.

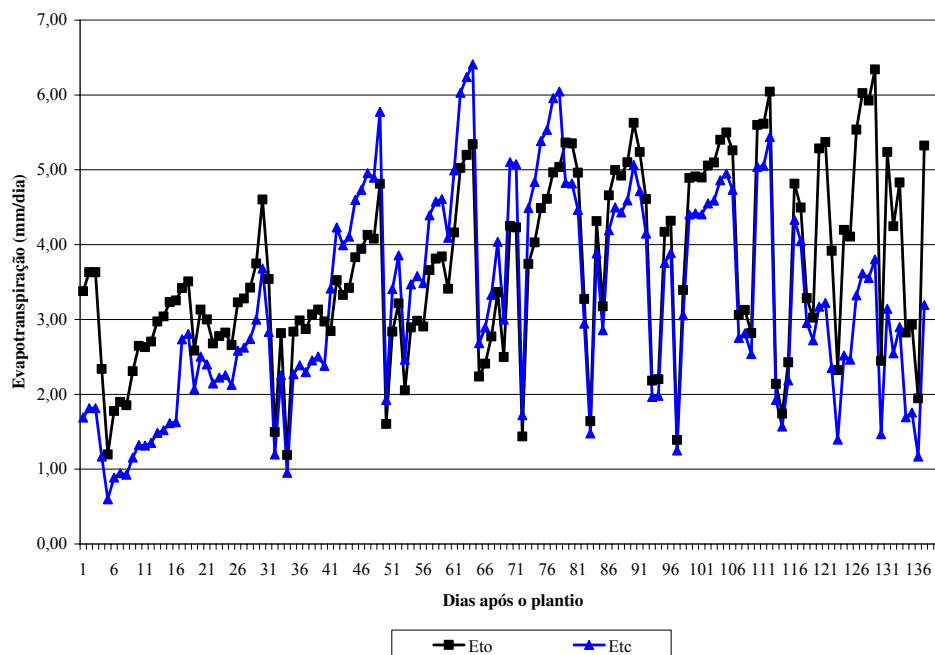


Figura 12: Evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}) e Evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1}) para a safra de 2003.

Na Tabela 12 estão apresentados os dados calculados de evapotranspiração da cultura acumulada nos estádios fenológicos de desenvolvimento, de acordo com os períodos apresentados por DOORENBOS & KASSAM (1979).

Tabela 12: Evapotranspiração calculada para as fases fenológicas do tomateiro, na safra 2003.

Período	Dias	Estádio	Kc	ETc (mm)
07/07 a 21/07	15	E 1	0,5	19,6
22/07 a 13/08	23	E 2	0,8	55,1
14/08 a 18/09	37	E 3	1,2	152,8
19/09 a 28/10	40	E 4	0,9	151,4
29/10 a 19/11	22	E 5	0,6	56,7
Total =				435,6

Assim as fases de maior necessidade de água pela cultura são novamente as fases E3 e E4. A evapotranspiração da cultura acumulada no período todo de produção foi de 435,6 mm, que são semelhantes aos apresentados por DOORENBOS & PRUITT (1977), entre 300 e 600 mm e pela FAO (2004) entre 400 e 600 mm.

Os dados de precipitação mensal para as duas safras estudadas estão apresentados na Figura 13. A precipitação total para o período de produção de 2002 foi de 243,5 mm e para 2003 foi de 229,2 mm.

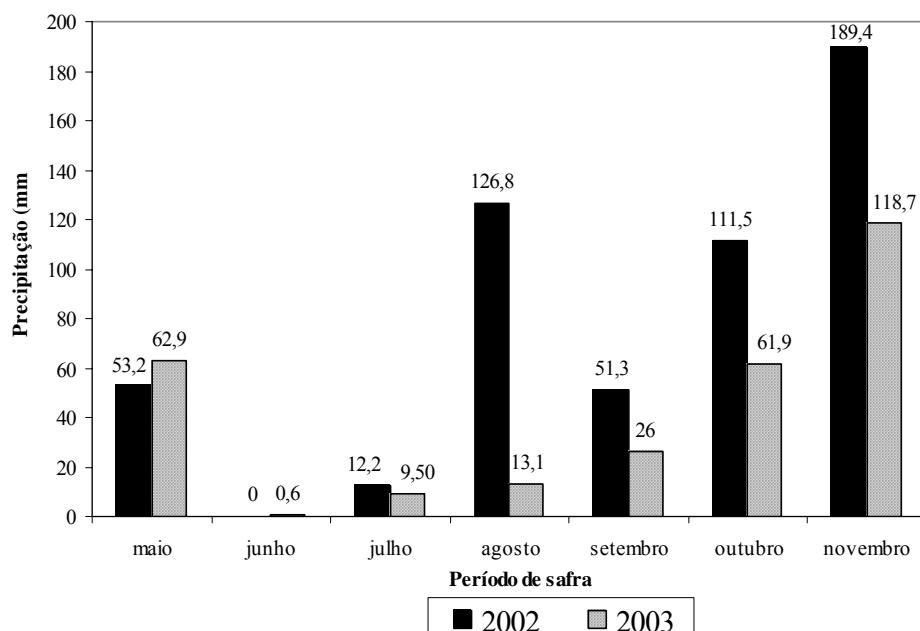


Figura 13: Precipitação na área experimental no período de safra em 2002 e 2003.

4.1.3 Monitoramento da umidade do solo

Os resultados do monitoramento da umidade do solo utilizando o TDR com sondas segmentadas estão apresentados nas Tabelas 34 a 65, no Anexo 2, onde estão calculados as médias de umidade do solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão, coeficiente de variação e a lâmina média (mm) calculada no sulco de irrigação monitorado. Estes resultados mostraram baixos valores de desvio padrão, observando-se que em vários pontos o desvio padrão foi zero.

4.1.3.1 Armazenamento de água no solo

A Figuras de 14 e 15 mostram graficamente umidade no perfil do solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) na camada de 0 a 40 cm e de 40 a 60 cm de profundidade e também os valores de uniformidade

de distribuição (UD), calculados em porcentagem, para as mesmas camadas e em dois eventos monitorados nas duas safras estudadas.

Pelos valores de UD% obtidos, pode-se verificar que a uniformidade de distribuição da umidade no solo foi alta. Em 2002 a média para a camada de 0 a 40 cm foi de 92%, aproximadamente, e de 94% na camada de 40 a 60cm. Em 2003, para a camada de 0 a 40 cm a UD% foi de 95% e na camada de 40 a 60 cm foi de 93%, mostrando uma maior uniformidade no último ano experimental.

A boa uniformidade da umidade do solo é resultado do tipo de irrigação adotada pelo agricultor, pois os sulcos de irrigação são curtos, em média de 20m nos dois anos experimentais, fazendo com que a água caminhasse rapidamente até o final do canal. Como o sulco era fechado no final, uma parte da água retornava ao canal secundário, fazendo com que a água fosse bem distribuída. Outro motivo para a boa uniformidade, é a preocupação do irrigante em esperar o enchimento completo do canal para mudar a bandeira, havendo assim uma preocupação com a uniformidade de aplicação mais não com a eficiência, ocorrendo muitas vezes o estouro do sulco causando o escoamento da água superficialmente no final do sulco.

Avaliando-se os eventos monitorados, na camada de 0 a 40 cm, a uniformidade melhorou do segundo para o terceiro dia após a irrigação, isso se deve a redistribuição da água no perfil do solo. E a uniformidade diminuiu na camada de 40 a 60 cm, em três dos quatro eventos monitorados, do segundo para o terceiro dia após a irrigação. Essas rotinas só não se repetiram nos dia 07/09 e 21/09 porque ocorreram chuvas de 10,2 mm e 31,5mm; respectivamente modificando a redistribuição da água no perfil do solo.

Observa-se o mesmo comportamento que ocorreu em 2002. Na camada de 0 a 40 cm, do segundo para o terceiro dia após a irrigação, ocorreu um aumento da UD e para o quarto dia uma diminuição, só não ocorrendo o mesmo no evento de 02/10 a 05/10. Na camada de 40 a 60cm a tendência foi de haver um aumento da UD do segundo para o terceiro dia após a irrigação e do terceiro para o quarto, não ocorrendo o mesmo somente no evento de 19/09 a 22/09.

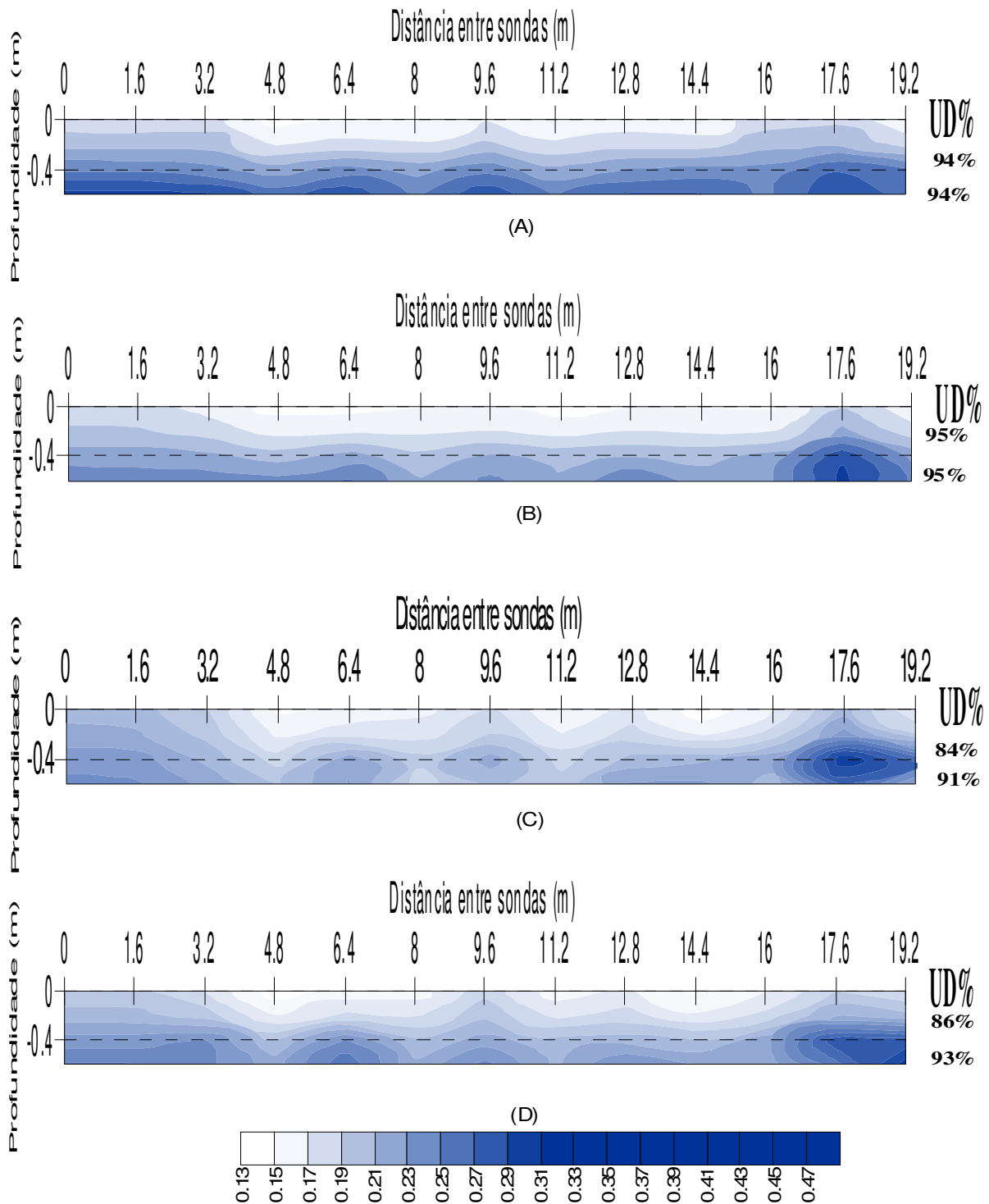


Figura 14: Gráficos de isolinhas de Umidade média no solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), medida no sulco de irrigação em um dos eventos de 2002, sendo (A) dia 19/09/02 antes da irrigação, (B) dia 20/09 depois da irrigação, (C) dia 21/09, (D) dia 22/09.

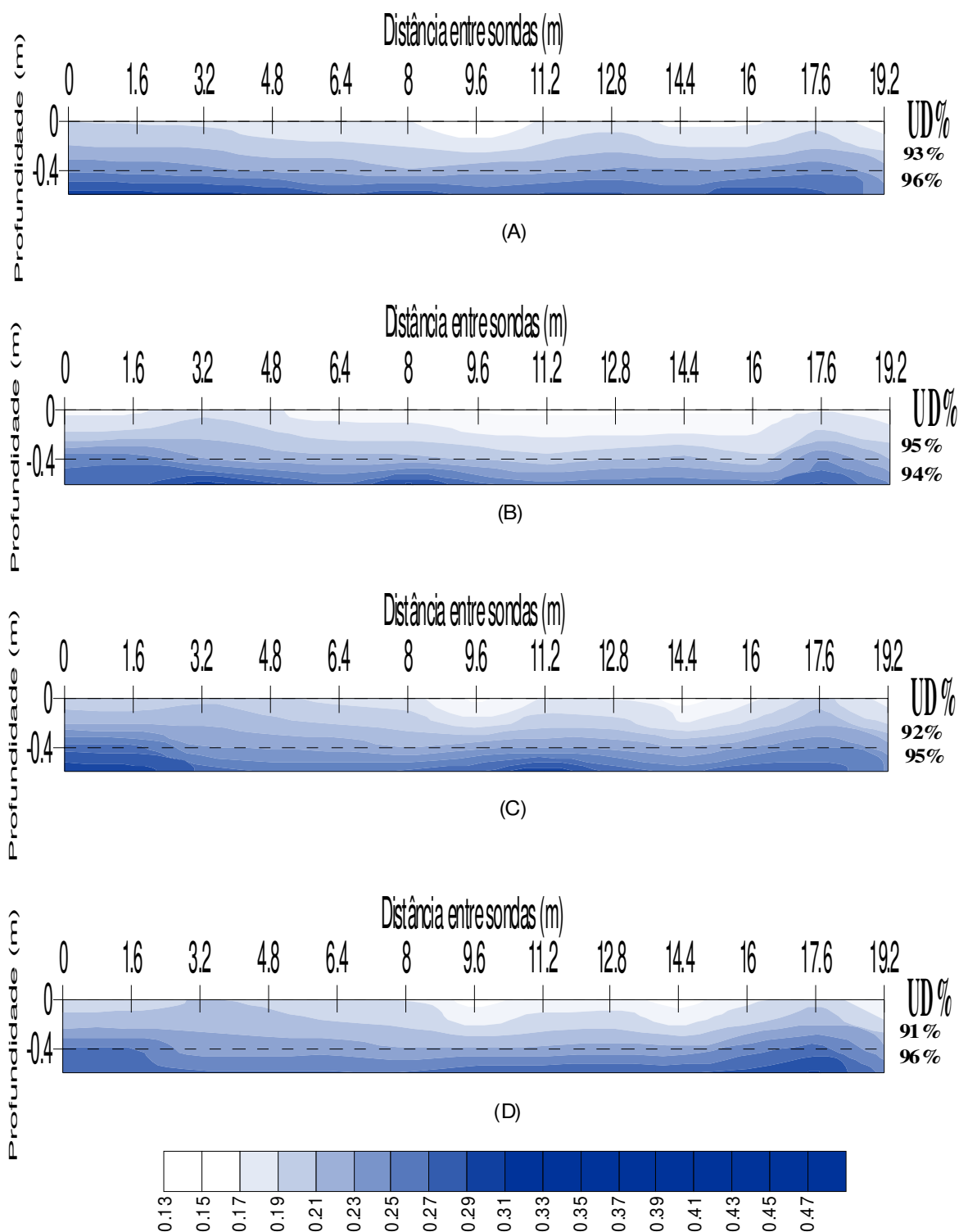


Figura 15: Gráficos de isolinhas de Umidade média no solo ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), medida no sulco de irrigação em um dos eventos de 2003, sendo (A) dia 02/10/03 antes da irrigação, (B) dia 03/10 depois da irrigação, (C) dia 04/10, (D) dia 05/10.

Com os dados obtidos do monitoramento da umidade do solo, apresentados no Anexo 2, foram realizados cálculos da lâmina de água armazenada no solo. Os resultados do armazenamento de água no solo podem ser observados nas Tabelas de 13 a 20 que apresentam estes cálculos para os dois períodos de monitoramento da umidade do solo em campo.

Tabela 13: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 17 a 20 de agosto de 2002.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0,40 m			Camada de 0,40 a 0,60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
18/ago*	84,4	97,8	13,4	55,7	55,8	0,1
19/ago	97,8	90,6	-7,1	55,8	56,9	1,1
20/ago	90,6	88,4	-2,2	56,9	61,5	4,6

(*) antes da irrigação

Tabela 14: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 22 a 25 de agosto de 2002.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0,40 m			Camada de 0,40 a 0,60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
23/ago*	82,8	93,9	11,0	51,8	55,3	3,5
24/ago	93,9	89,6	-4,3	55,3	54,7	-0,6
25/ago	89,6	85,5	-4,1	54,7	52,7	-2,0

(*) antes da irrigação

Tabela 15: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 05 a 08 de setembro de 2002.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0,40 m			Camada de 0,40 a 0,60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
06/set*	82,2	99,6	17,3	52,2	63,3	11,10
07/set	99,6	104,5	4,9	63,3	56,7	-6,60
08/set	104,5	99,3	-5,2	56,7	57,7	1,00

(*) antes da irrigação

Tabela 16: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 19 a 22 de setembro de 2002.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0,40 m			Camada de 0,40 a 0,60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
20/set*	83,0	93,9	10,9	54,3	55,7	1,4
21/set	93,9	123,3	29,4	55,7	62,0	6,3
22/set	123,3	112,8	-10,5	62,0	65,4	3,4

(*) antes da irrigação

Observa-se que há sempre armazenamento de água na camada de 0 a 40 cm no dia após a irrigação mantendo uma média aproximada de 13 mm. Já no segundo dia após a irrigação há uma diminuição desta lâmina, mostrando que a água está caminhando para outras camadas e evapotranspirando, com exceção do dia 21/09, quando ocorreu uma chuva de 31,5 mm, facilmente observada pela lâmina de 29,4 mm armazenada neste dia.

Na camada de 40 a 60cm a lâmina armazenada, ou perdida por percolação por estar abaixo do sistema radicular efetivo, foi em média de 4mm, porém não mostra a mesma constância da armazenada na camada superior, tendo uma discrepância em 06/09, com uma lâmina armazenada de 11,1 mm, o que talvez possa ser explicada pela modificação no manejo da irrigação onde o irrigante utilizou barreiras de terra no canal secundário, para diminuir as perdas por debaixo da bandeira, fazendo com que o tempo de irrigação aumentasse e uma lâmina maior fosse aplicada no sulco.

Tabela 17 Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 19 a 22 de setembro de 2003.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0,40 m			Camada de 0,40 a 0,60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
20/set*	76,3	87,8	11,5	62,9	66,5	3,6
21/set	87,8	77,5	-10,3	66,5	61,6	-4,9
22/set	77,5	78,3	0,8	61,6	60,3	-1,3

(*) antes da irrigação

Tabela 18: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 26 a 29 de setembro de 2003.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0.40 m			Camada de 0.40 a 0.60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
27/set*	85,4	100,1	14,7	59,3	70,8	11,5
28/set	100,1	83,3	-16,8	70,8	59,6	-11,2
29/set	83,3	84,1	0,8	59,6	58,0	-1,6

(*) antes da irrigação

Tabela 19: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 02 a 05 de outubro de 2003.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0.40 m			Camada de 0.40 a 0.60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
03/out*	78,9	89,2	10,3	56,2	65,5	9,3
04/out	89,2	85,2	-4,0	65,5	61,8	-3,7
05/out	85,2	78,6	-6,6	61,8	53,6	-8,2

(*) antes da irrigação

Tabela 20: Componentes do balanço hídrico para irrigação por sulcos no período de 16 a 19 de outubro de 2003.

Datas de leitura	ARMAZENAMENTO (mm)					
	Camada de 0 a 0.40 m			Camada de 0.40 a 0.60 m		
	inicial	final	Δ	inicial	final	Δ
17/out*	79,7	90,1	10,4	58,8	60,1	1,3
18/out	90,1	80,0	-10,1	60,1	56,6	-3,5
19/out	80,0	80,7	0,7	56,6	53,9	-2,7

(*) antes da irrigação

Em 2003 o armazenamento de água na camada de 0 a 40 cm, foi em média de 12 mm, aproximadamente, mostrando uma constância na lâmina armazenada, que foram muito próximas umas das outras. Na camada de 40 a 60 cm o comportamento foi o mesmo do experimento anterior mostrando lâminas inconstantes, destacando-se o dia 27/09 onde houve um armazenamento de 11,5 mm, que talvez possa ser explicado pela chuva que ocorreu de 2,6

mm. A lâmina média armazenada nesta camada foi de 6,5mm, para o período.

4.1.4 Escoamento Superficial

A Tabela 21 mostra o volume de água coletado no canal secundário no ano de 2002 em cinco eventos de irrigação e em 2003 em três eventos.

Tabela 21: Volume (L) de água escoada superficialmente no canal secundário, tempo de irrigação e vazão calculada, para os dois anos de experimento.

Ano	Data	Volume (L)	Tempo (min)	Tempo (s)	Q (L.s ⁻¹)	Q (m ³ .h ⁻¹)
2002	24/jul	1155,0	93,8	5629,2	0,205	0,739
	17/ago	1726,0	96,0	5758,8	0,300	1,079
	22/ago	1025,0	76,7	4602,0	0,223	0,802
	5/set	1850,0	53,4	3204,6	0,577	2,078
	19/set	1300,0	50,1	3004,2	0,433	1,558
2003	26/set	2710,0	186,6	11198,4	0,242	0,871
	2/out	2785,0	177,4	10642,8	0,262	0,942
	16/out	4760,0	168,3	10099,2	0,471	1,697

O volume total de água coletado em um canal secundário em 2002 foi de 7,0 m³ nos cinco eventos de irrigação monitorados, sendo que a perda média estimada foi de 1,4 m³ por canal secundário. Em 2003 o volume de água coletado foi de 10 m³ em um canal em três eventos monitorados, sendo a perda média estimada de 3,4 m³ por irrigação. Multiplicando-se pelo número de canais secundários contidos na área se tem que: em 2002 houve uma perda média estimada de água no canal secundário de 14 m³ de água por irrigação e em 2003 de 41 m³ de água por evento de irrigação.

Em 2002 houve aproximadamente 14 eventos de irrigação na propriedade, sendo assim foram perdidos no canal secundário, aproximadamente, 196 m³ de água em toda a safra. Em 2003 foram 16 eventos de irrigação estimando-se então um desperdício de 656 m³ de água durante a safra.

Desta maneira observa-se que em 2003 houve um excedente no escoamento da água pelo canal secundário, de aproximadamente 460 m³ de água. Isso se deve ao fato que em 2002 o irrigante preocupado com a cobrança pelo uso da água na região manejou a irrigação da seguinte maneira: no dia 24/07 conduziu da forma tradicional, ou seja, utilizando somente uma bandeira para represar a água no canal. Depois desta data ao notar que a água perdida estava

sendo monitorada, o irrigante passou a conduzir a irrigação de forma diferente, sendo que no dia 17/08 ele passou a usar duas bandeiras, para que uma menor perda de água ocorresse. No dia 22/08 usou outra forma para represar essa água que escoava superficialmente, empregando uma barreira de terra à jusante da bandeira e diminuindo as perdas de água no canal. Já na safra de 2003 o irrigante não se preocupou com desperdícios e utilizou somente uma bandeira em todos os eventos de irrigação. Esse fato pode ser notado também pela variação no tempo de coleta de um ano para outro, em 2002 a água escoada pelo canal secundário demorava muito mais tempo para chegar aos tanques coletores do que em 2003.

Calculando-se a porcentagem de perdas por escoamento superficial em relação a água bombeada para a cultura obteve-se uma perda estimada de 0,74% de água em 2002 e de 2,2% em 2003, o que é considerada baixa. No entanto, esse escoamento superficial causa demasiados prejuízos na área de plantio, como erosões no canal secundário ocasionada pela velocidade da água escoada e empossamentos de água por toda a propriedade, principalmente nos carreiros, prejudicando o tráfego de veículos.

4.1.5 Vazão de recalque

As Tabelas 22 e 23 mostram a vazão de recalque calculada ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$) com a equação original do equipamento e depois a corrigida com a equação de calibração. Desta forma a vazão média utilizada na safra 2002 foi de $126,2 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ e para 2003 foi de $156,8 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

Tabela 22: Vazão de recalque calculada para a safra de 2002.

Leituras vazão	Q (L.s^{-1})	Q ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$)	Q _{corrigida} ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$)
24/jul	32,3	116,3	126,2
17/ago	32,3	116,3	126,2
22/ago	32,3	116,3	126,2
5/set	32,3	116,3	126,2
19/set	32,3	116,3	126,2
		Média =	126,2

A vazão medida no recalque foi sempre a mesma para todos os dias monitorados em 2002, porque o irrigante abria o registro até o final em todas as irrigações, fazendo com que a velocidade da água na tubulação fosse praticamente igual em todas as leituras.

Tabela 23: Vazão de recalque calculada para a safra de 2003.

Leituras	Q vazão ($L.s^{-1}$)	Q ($m^3.h^{-1}$)	$Q_{corrigida}$ ($m^3.h^{-1}$)
6/jul	39,7	143,1	155,4
18/jul	38,5	138,6	150,6
4/ago	41,0	147,6	160,3
13/ago	39,7	143,1	155,4
19/set	41,0	147,6	160,3
26/set	41,0	147,6	160,3
15/out	39,7	143,1	155,4
Média =			156,8

As vazões recalçadas para os dois anos de produção foram diferentes, pois em 2002 a área de plantio estava a uma distância de aproximadamente 500 m do recalque, tendo que vencer 40 m de altura de recalque, já que a área possuía 8% de declividade. Enquanto que em 2003 a distância foi de 290 m aproximadamente, com altura de recalque de 23 m aproximadamente, fazendo com que a vazão fosse maior em 2003, e, permitindo ao agricultor irrigar três talhões de uma só vez, ao invés de dois como em 2002.

Assim para efeito de cálculos a vazão recalçada foi dividida em duas partes em 2002 e em três partes em 2003, para que pudesse ser feito o cálculo da vazão bombeada para cada talhão.

4.1.6 Avaliação da eficiência de irrigação.

Os resultados das lâminas estimadas para a avaliação da irrigação, em todos os eventos monitorados em 2002 e 2003, estão apresentadas nas Tabelas 24 e 26. Os resultados dos cálculos de eficiência de irrigação (E_i) e das perdas de água no sistema (P_p , P_e , P_C e P_T), em 2002 e 2003, estão apresentados nas Tabelas 25 e 27.

Tabela 24: Lâminas bombeada (mm), armazenada (mm), percolada (mm) e escoada pelo canal secundário (mm) para a safra de 2002.

Eventos Irrigação	Lâmina Bombeada (mm)	Lâmina Armazenada (mm)	Lâmina Percolada (mm)	Lâmina Escoada Canal Secundário (mm)
17/08 – 20/08	50,34	13,42	0,07	0,38
22/08 – 25/08	50,34	11,09	3,50	0,38
05/09 – 08/09	50,34	17,35	11,10	0,38
19/09 – 22/09	50,34	10,86	1,40	0,38
Médias	50,34	13,18	4,02	0,38

Tabela 25: Eficiência irrigação (%), perdas por percolação e escoamento superficial (%), perdas por condução (%) e perdas totais do sistema (%) para a safra 2002.

Eventos Irrigação	E _i (%)	P _p (%)	P _e (%)	P _c (%)	P _T (%)
17/08 – 20/08	27,00	0,14	0,74	72,00	73,00
22/08 – 25/08	22,00	7,00	0,74	70,30	78,00
05/09 – 08/09	34,50	22,00	0,74	43,00	66,00
19/09 – 22/09	21,60	2,80	0,74	75,00	78,00
Médias	26,28	8,00	0,74	65,08	73,75

Tabela 26: Lâminas bombeada (mm), armazenada (mm), percolada (mm) e escoada pelo canal secundário (mm) para a safra de 2003.

Eventos Irrigação	Lâmina Bombeada (mm)	Lâmina Armazenada (mm)	Lâmina Percolada (mm)	Lâmina Escoada Canal Secundário (mm)
19/09 – 22/09	44,80	11,50	3,60	0,98
26/09 – 29/09	44,80	16,03	11,50	0,98
02/10 – 05/10	44,80	10,26	9,30	0,98
16/10 – 19/10	44,80	10,43	1,30	0,98
Médias	44,80	12,06	25,70	0,98

Tabela 27: Eficiência irrigação (%), perdas por percolação e escoamento superficial (%), perdas por condução (%) e perdas totais do sistema (%) para a safra 2003.

Eventos Irrigação	E _i (%)	P _p (%)	P _e (%)	P _C (%)	P _T (%)
19/09 – 22/09	26,00	8,00	2,20	64,00	74,20
26/09 – 29/09	32,00	26,00	2,20	36,40	64,60
02/10 – 05/10	23,00	21,00	2,20	54,00	77,20
16/10 – 19/10	23,00	3,00	2,20	72,00	77,20
Médias	26,00	14,50	2,20	56,60	73,30

De acordo com os resultados obtidos, a eficiência de irrigação do sistema foi muito baixa, sendo da ordem de 26%, valor obtido para os dois anos experimentais. SILVEIRA (2004) relatou em seu trabalho que a eficiência da irrigação por sulcos com bandeira utilizada para a cultura do tomate na região de Estiva Gerbi foi de 30%, sendo considerada pela autora como muito baixa.

As perdas por percolação no sistema são altas, aproximadamente, 8% de água foi perdido por percolação na safra de 2002 e de 14,5% em 2003, como foi também verificado por SOUZA & SCALLOPPI (1999) que também obtiveram perdas por percolação de 14%, mesmo operando o sistema com vazão reduzida.

As perdas de água por escoamento superficial no canal secundário, estimadas, foram de 0,74% em 2002 e de 2,20% em 2003, estas foram relativamente baixas com relação à água bombeada, nos períodos experimentais, no entanto, é preciso evitar tais desperdícios. As perdas em 2002 foram mais baixas devido ao uso em algumas irrigações de uma segunda bandeira ou de uma pequena barragem de terra feita pelo irrigante no canal secundário diminuindo os desperdícios.

As perdas de água por condução, estimadas, são da ordem de 61% em média, sendo considerada bastante elevada. Isso se deve aos diversos vazamentos na tubulação de recalque, as perdas por infiltração nos canais de condução de água e também por evaporação.

Portanto, as perdas totais de água no sistema estudado são da ordem de 74%, que ocorrem devido às perdas por percolação, por escoamento superficial no canal secundário e por condução.

Algumas melhorias no manejo e na operação do sistema podem aumentar a eficiência de uso da água e diminuir as perdas, tais como: melhorar a condução de água pelas tubulações,

onde ocorrem inúmeros vazamentos; revestir os canais principal e secundários com lona plástica ou até mesmo substituir o sistema tradicional pelo já utilizado sistema com mangueiras, no qual a água é colocada diretamente no sulco, o que evitaria o desperdício de água pelo canal secundário.

4.2 Monitoramento da qualidade da água na bacia.

Os resultados do monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica estão demonstrados a seguir e foram divididos da seguinte forma para um melhor entendimento: primeiramente foi demonstrado o mapa da ocupação agrícola na bacia, depois todas as variáveis estudadas foram analisadas separadamente tendo como embasamento as legislações vigentes e as literaturas encontradas sobre o assunto, sendo em seguida, os resultados analisados utilizando-se de um índice de qualidade da água (IQA) calculado com sete das oito variáveis monitoradas.

4.2.1 Mapa da ocupação agrícola na bacia hidrográfica.

A Figura 16 mostra o mapa de ocupação agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras, no ano de 2004. Pela Figura pode-se afirmar que a bacia hidrográfica estudada possui além da tomaticultura outras atividades agrícolas tais como: cana-de-açúcar, café, citros, eucalipto, manga, pastagens, culturas anuais e outras olerícolas. Sua área de 12.053,5 ha é ocupada, principalmente, pelos cultivos de cana-de-açúcar, citricultura e milho, que geralmente é plantado nas mesmas propriedades onde é plantado o tomate, e também existe grandes áreas ocupadas com pastagem.

O rio principal é o Rio das Pedras, que corta a bacia, possuindo uma extensão de 21km. Os seus afluentes diretos são sete, dos quais dois estão indicados na Figura 17, mostrando os seis pontos onde foram realizadas as amostragens de água. O córrego do Itaqui (pontos P2 e P3 de amostragem) tem uma extensão de 7,8km, onde estão inseridas aproximadamente 17 nascentes. Sua área de drenagem é de aproximadamente 1.627,22 ha. Outro córrego onde foram realizadas amostragens é o córrego Matão, que tem uma extensão de 7,5km e 15 nascentes e uma área de drenagem de 1.413,01 ha.

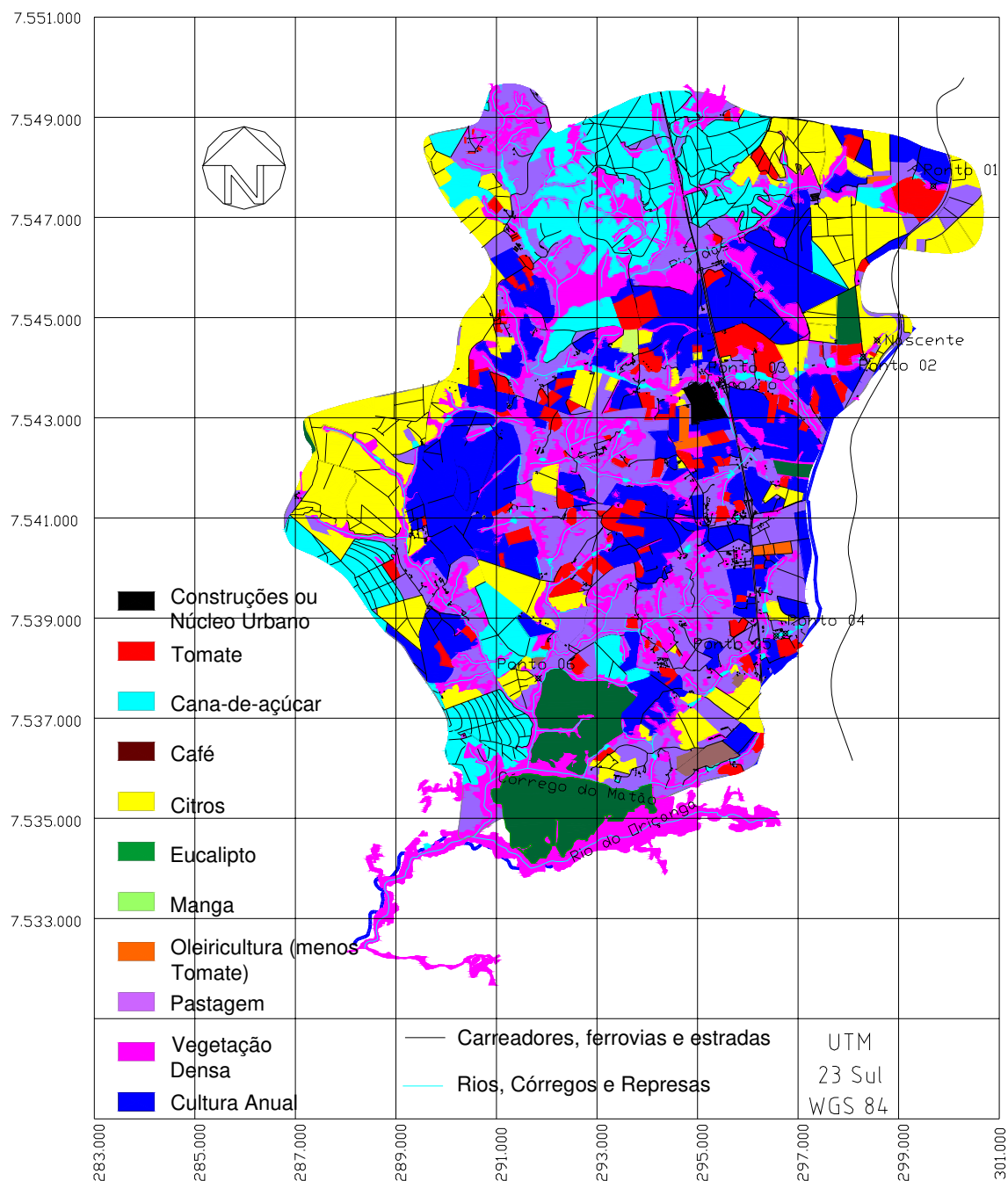


Figura 16: Mapa de ocupação agrícola na Bacia Hidrográfica do Rio das Pedras no ano de 2004.

Na Figura 17 estão apresentadas as áreas ocupadas com a tomaticultura e os pontos de coleta de amostras de água. A tomaticultura ocupa uma área de aproximadamente 600 ha

espalhados por toda a bacia, que representa aproximadamente, 6% da área agrícola total.

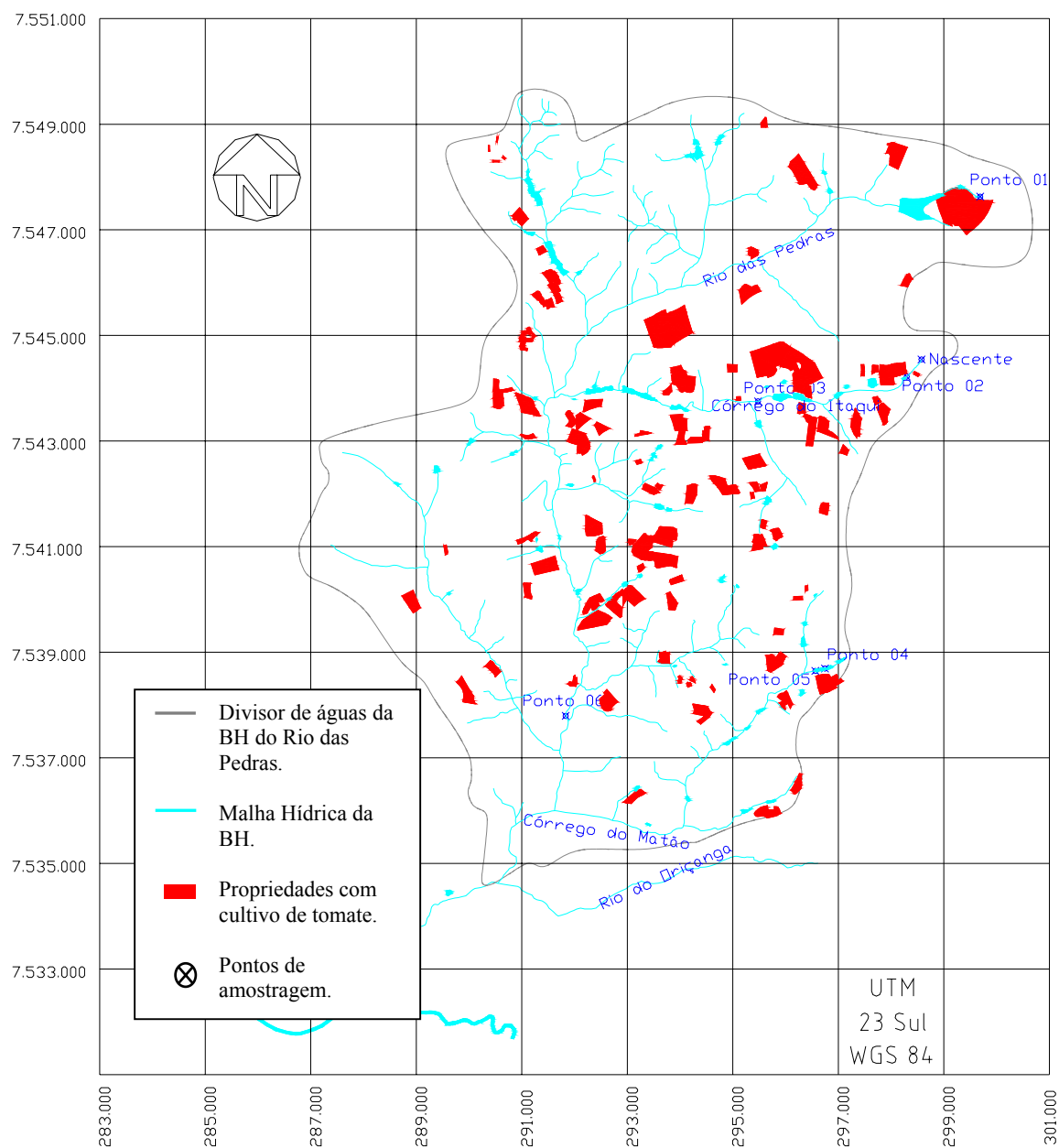


Figura 17: Mapa de ocupação da tomaticultura na bacia hidrográfica do Rio das Pedras em 2004.

Na Figura 17 estão demonstrados também: o divisor de águas da bacia, a sua malha hídrica e as propriedades que cultivam o tomate. Nota-se que uma grande parte dos tomaticultores estão localizados no lado direito da bacia, principalmente próximos ao córrego

do Itaqui, onde há grandes áreas produtoras de tomate e conflitos pelo uso da água pelo cultivo do tomate.

Os pontos para a coleta de amostras foram alocados na bacia de acordo com a presença da tomaticultura. O ponto P1 e o ponto P2 são os mais elevados e são os pontos na nascente do Rio das Pedras e do córrego Itaqui. O ponto P3 é um ponto localizado no córrego Itaqui. Os pontos P4 e P5 são pontos localizados dentro de uma propriedade tomaticultora, sendo o ponto P4 a montante da propriedade e o ponto P5 a jusante, estes pontos estão localizados no córrego Matão.

O mapa de ocupação agrícola na bacia foi de grande valia para a avaliação das contaminações difusas originadas principalmente da tomaticultura. Com os dados de áreas de drenagem, extensão de rios e córregos e localização das principais culturas, se têm dados suficientes para realizar uma avaliação ambiental, juntamente com as análises de água realizadas.

4.2.2 Parâmetros de qualidade de água monitorados

Os resultados das análises das oito variáveis de qualidade da água estudadas, estão demonstrados nas Figuras de 18 a 26 e na Tabela 66 no Anexo 3, são elas: nitrogênio-amoniaco ($\text{NH}_3\text{-N}$), amônia (NH_3), nitrogênio-nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$), fósforo total (P), pH, condutividade elétrica (CE), turbidez e sólidos suspensos.

As Figuras 18 e 19 mostram as concentrações de nitrogênio-amoniaco e amônia na bacia hidrográfica em todo o período de amostragem.

O nitrogênio amoniaco de acordo com o CONAMA 20/86 pode ser analisado de duas formas, ou como nitrogênio-amoniaco ($\text{NH}_3\text{-N}$) ou como amônia livre (NH_3). Através dos resultados apresentados na Figura 18, o nitrogênio-amoniaco encontra-se abaixo do valor permitido de $1,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para águas de classe 3 (abastecimento doméstico, irrigação e dessedentação de animais).

Já a amônia foi encontrada acima do valor máximo permitido ($0,02 \text{ mg.L}^{-1}$) em quase todos os pontos no período monitorado (Figura 19), a não ser no ponto P1 (nascente do Rio das Pedras), mostrando que houve uma contaminação da água ao longo da Bacia Hidrográfica e que provavelmente é decorrente de contaminação recente.

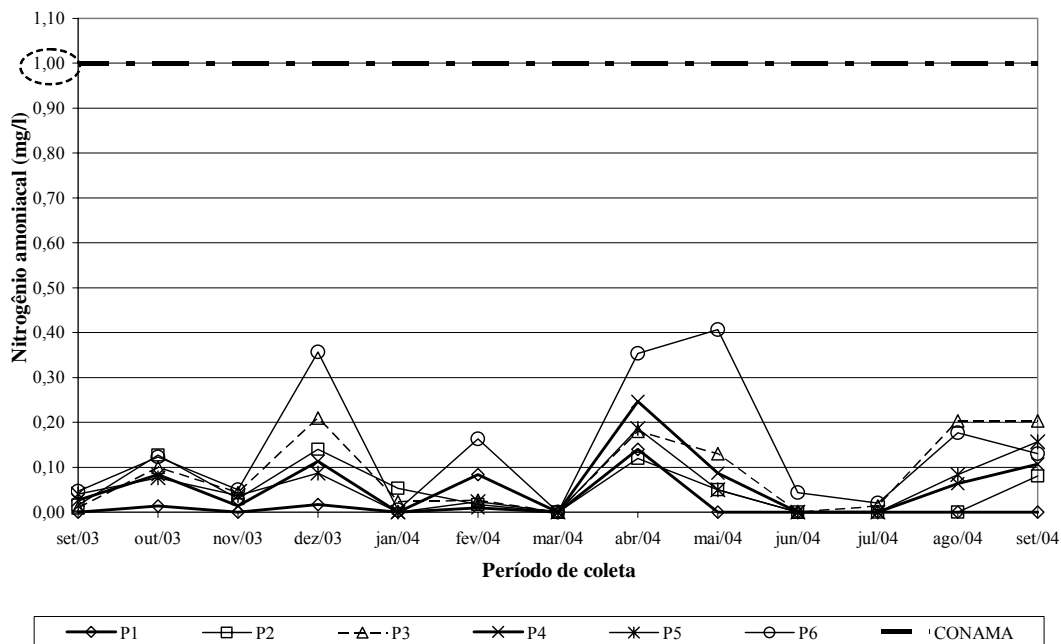


Figura 18: Resultados das análises de nitrogênio amoniacal na forma $\text{NH}_3\text{-N}$, no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

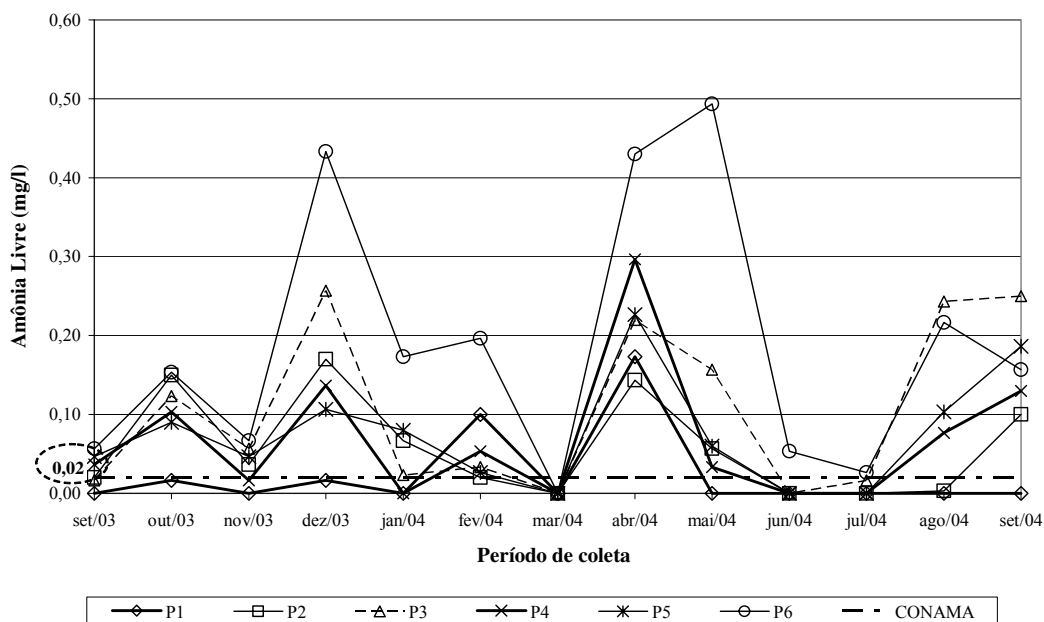


Figura 19: Resultados das análises de amônia livre na forma NH_3 , no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

De acordo com CHAPMAN & KIMSTACH (1996) águas não poluídas possuem concentrações de nitrogênio-amoniacal menores do que $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ e na bacia em diversos

pontos encontramos valores maiores, caracterizando que em alguns períodos do ano há contaminação na bacia, principalmente em abril de 2004, onde observa-se que em todos os pontos as concentrações estão acima deste valor, o qual pode ter originado do fertilizante aplicado no cultivo de tomate na bacia.

Não se observou, no entanto, pelas análises realizadas, nenhum comportamento que demonstre que a contaminação está relacionada ao cultivo do tomate na bacia, a não ser no mês de abril, quando a área de produção de tomate atinge o seu pico. Observou-se, ainda, um aumento na concentração de nitrogênio-amoniacal e amônia, em todos os pontos monitorados.

Na Figura 20 observa-se os resultados das análises de nitrogênio-nitrato realizadas na bacia hidrográfica durante o período de amostragem.

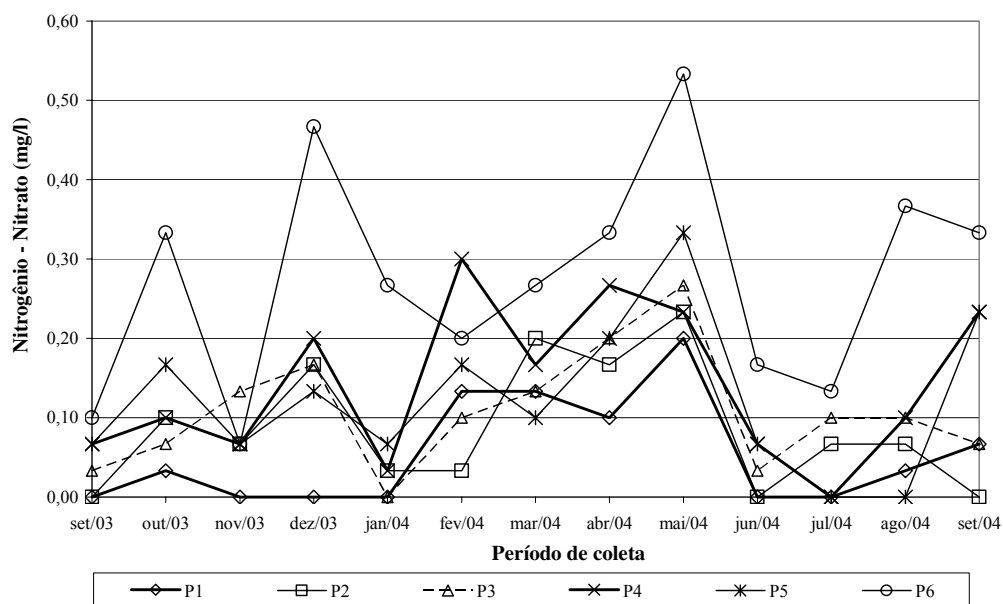


Figura 20: Resultados das análises de nitrogênio-nitrato na forma de $\text{NO}_3\text{-N}$, no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

De acordo com a legislação brasileira para contaminação de corpos d'água CONAMA 20/86, o limite máximo permitido de nitrato em águas de classes 1, 2 e 3 é 10 mg.L^{-1} , sendo que a forma utilizada para análise é o $\text{NO}_3\text{-N}$. Assim pela Figura 20, observa-se que há traços de nitrato na água superficial, com valores de até $0,53 \text{ mg.L}^{-1}$, não estando porém em quantidades preocupantes. No entanto, é preciso evitar maiores contaminações, pois este nitrato pode estar sendo lixiviado para as águas subterrâneas, já que os solos da região são

em sua maioria arenosos, e a irrigação por sulcos aplica elevadas lâminas de água, fazendo com que, o nitrato solúvel em água, possa estar sendo carregado lentamente para as águas superficiais.

Da mesma forma que o nitrogênio-amoniacoal e a amônia, o comportamento do nitrato não demonstra visivelmente ter origem da tomaticultura, a não ser pelos meses de março, abril e maio/04, onde houve um aumento na concentração do nitrato, meses onde há alta produção de tomate na bacia.

A Figura 21 mostra os resultados das análises de fósforo total (P) realizadas na bacia hidrográfica durante o período de coletas de amostras.

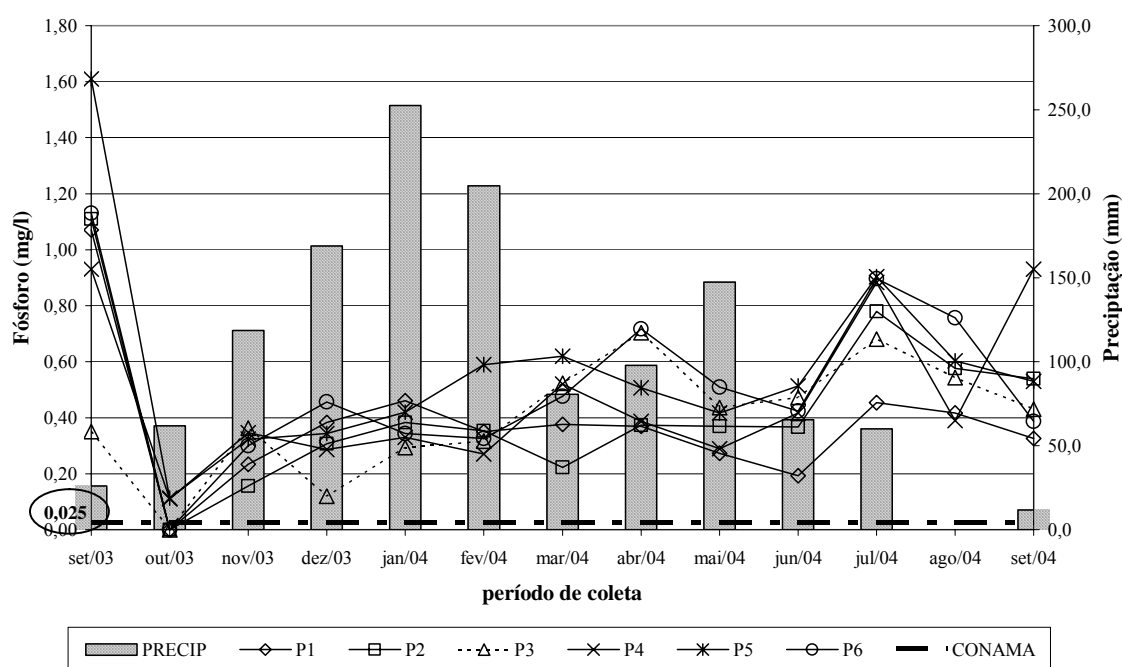


Figura 21: Resultados das análises de fósforo total (P), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

Analisando-se a contaminação da água por fósforo total (P), pela Figura 21, através dos limites impostos pelo CONAMA 20/86, percebe-se que em todos os pontos de coleta e em todo o período analisado há uma contaminação por fósforo na bacia hidrográfica, pois todos os valores encontrados estão acima de $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$, valor máximo permitido na legislação, a não ser para o mês de outubro/03 quando a maioria dos valores encontra-se em zero. Somente os pontos P4 e P5 mostraram valores acima de $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$ no mês de outubro, o que pode ter

ocorrido devido ao cultivo do tomate que ainda continuava neste local, enquanto que no resto da bacia a maioria dos cultivos de tomate já haviam terminado no final de setembro e começo de outubro, meses em que geralmente acontecem as últimas colheitas de tomate na região, não havendo mais aplicação de fertilizantes à lavoura.

No mês de novembro/03 a elevação dos valores pode ter ocorrido devido ao plantio de milho que é realizado após o cultivo do tomate e onde é feita, segundo os produtores, uma única adubação de plantio.

Pela Equação 1, foi realizado o cálculo da ΔpH para o solo da área experimental usada para o monitoramento da irrigação, onde estão localizados os pontos P4 e P5, mostrando que o solo na área não possui características para retenção de fósforo, e este pode estar sendo lixiviado.

A maioria dos pontos apresentou valores acima de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ que de acordo com SPERLING (1996) denota problemas de eutrofização na água, o que fica evidente através da Figura 22, que mostra o crescimento excessivo de plantas aquáticas no ponto P5, levando a problemas tais como entupimentos na captação de água para irrigação e o consumo excessivo de oxigênio dissolvido na água, proporcionado pela decomposição da matéria orgânica.



Figura 22: Foto do ponto P5, localizado no córrego Matão, mostrando o crescimento excessivo de plantas aquáticas.

Uma das maneiras para melhorar os problemas com a eutrofização nos corpos

hídricos seria realizar um melhor manejo do fósforo e do nitrogênio nos cultivos, principalmente do tomate, já que o ponto P5 está localizado dentro de uma propriedade tomaticultora, além de manejar melhor a irrigação, diminuindo as perdas de nutrientes via água de irrigação, por lixiviação e escoamento superficial. Outra maneira para uma melhor conservação dos recursos hídricos seria a adoção de práticas conservacionistas de solo, o que reduziria as perdas de nutrientes que são carregados por sedimentos até os corpos d'água.

A Figura 23 apresenta os resultados de pH monitorados em todo o período de amostragem.

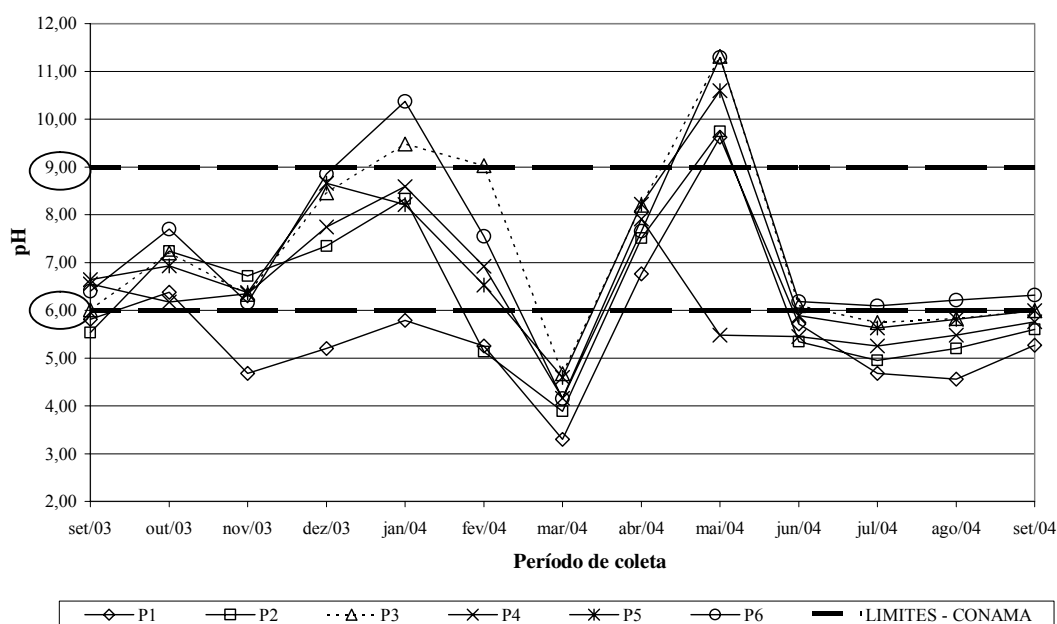


Figura 23: Resultados das análises de pH, no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

De acordo com CONAMA 20/86 os valores de pH, para os corpos d'água das classes 1, 2 e 3, devem estar entre 6,0 e 9,0; pela Figura 23, verifica-se que em houve problemas com o pH da água em alguns meses. Em março de 2004 todos os pontos de coleta apontaram valores de pH inferiores a 5,0; a partir de junho/04, o valor do pH estava abaixo de 6,0 mostrando que pode estar ocorrendo algum processo químico ou bioquímico que está acidificando os corpos d'água. No mês de maio/04, no entanto, a água apresentou valores de pH maiores do que 9,0; o que demonstra segundo CHAPMAN & KIMSTACH (1996) e

SPERLING (1996) que diz que o pH de 10 mg.L⁻¹ pode estar associado a proliferação de algas na água.

A Figura 24 apresenta os valores de turbidez resultante das análises de água realizadas durante o período de amostragem.

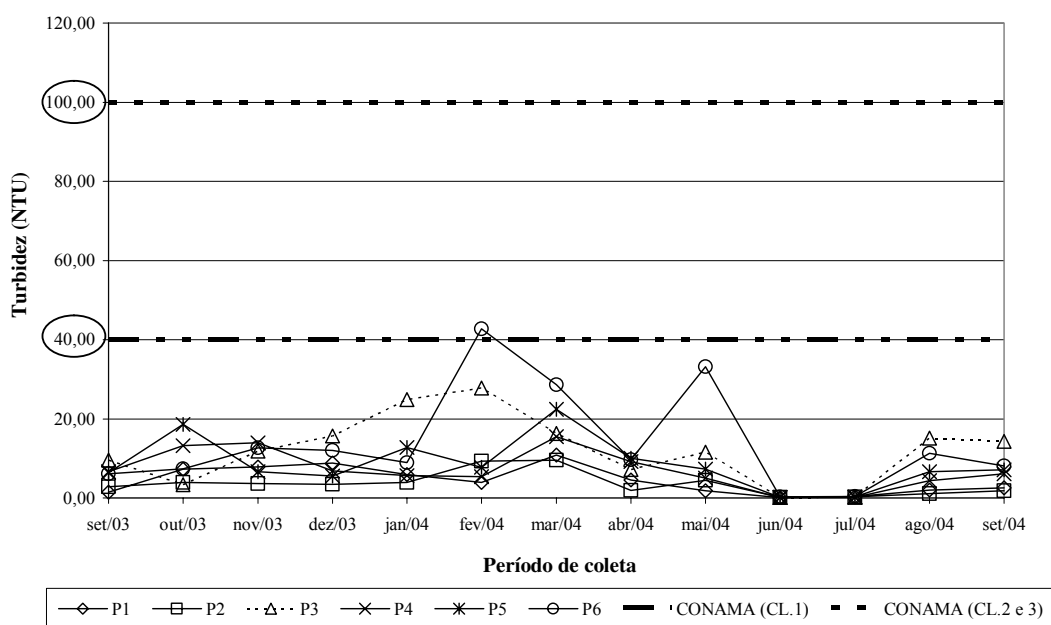


Figura 24: Resultados das análises de turbidez (UNT), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

De acordo com o CONAMA 20 o valor máximo permitido de turbidez para águas de classe 1 é de 40 UNT e para classes 2 e 3 é de 100 UNT. Desta forma todos os resultados apresentados na Figura 24 estão abaixo dos limites exigidos. Nota-se através da mesma Figura que o ponto P2, nascente do córrego Itaqui tem valores sempre abaixo dos outros pontos e que os pontos P3 e P6 apresentam valores mais elevados, mostrando que há um aporte de sedimentos à água ao longo da bacia. ARAUJO et al. (2003) encontraram valores de turbidez na faixa de 6 a 30 UNT, em seu trabalho realizado na sub-bacia do Ribeirão Taquaruçú Grande (TO), concluindo também que houve uma contribuição de sedimentos ao longo da sub-bacia.

A Figura 25 mostra os valores de sólidos suspensos resultantes das análises realizadas no períodos de amostragem.

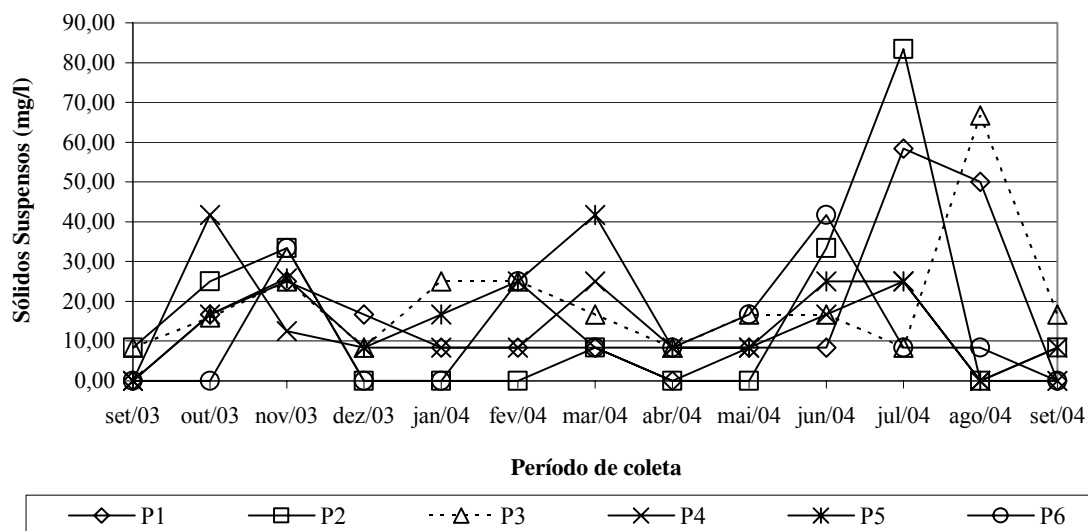


Figura 25: Resultados das análises de sólidos suspensos (mg.L^{-1}), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

Os resultados apresentados na Figura 25 são referentes às análises de sólidos em suspensão (mg.L^{-1}) na bacia hidrográfica. De acordo com LIMA et al. (2003) a concentração de sólidos em suspensão na bacia pode ser classificada de baixa ($< 50 \text{ mg.L}^{-1}$) a muito baixa (de 50 a 100 mg.L^{-1}). Os maiores valores encontrados foram de 82 mg.L^{-1} no ponto P3 em outubro e de 83 mg.L^{-1} no ponto P2 em julho/04, em geral os valores se encontraram abaixo de 40 mg.L^{-1} . O que vem a confirmar os valores baixos de turbidez encontrados.

A Figura 26 apresenta os resultados de condutividade elétrica monitorada durante o período de coletas de amostras.

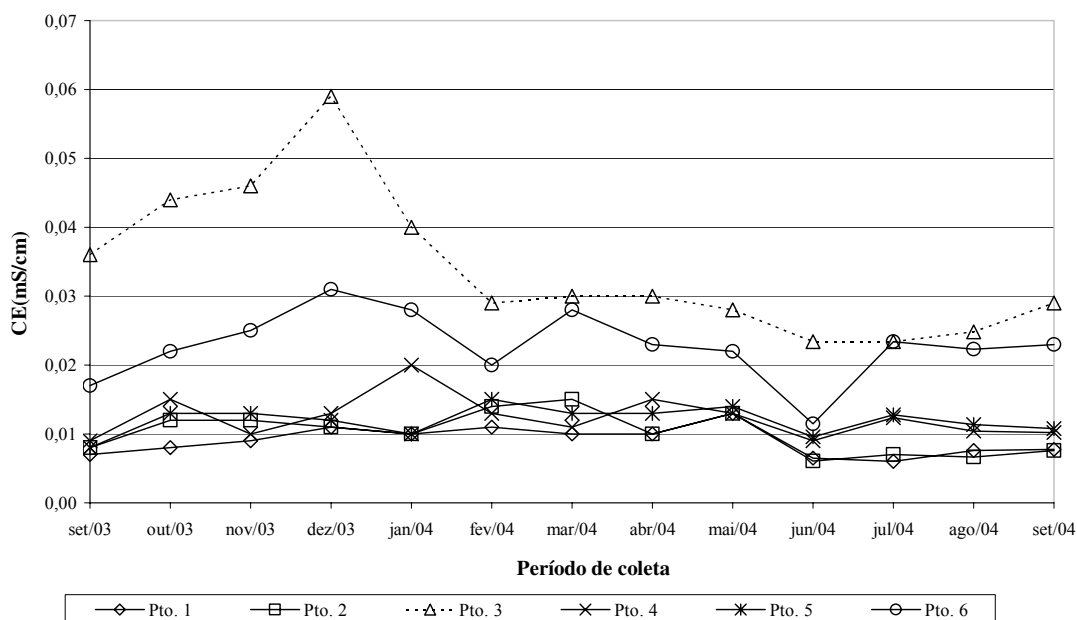


Figura 26: Resultados das análises de CE (mS.cm^{-1}), no período monitorado, para todos os pontos de coleta na bacia.

A condutividade elétrica indica a presença de sais dissolvidos na água, sendo que não há indicativos de valores máximos permitidos para este parâmetro no CONAMA 20/86.

De acordo com CHAPMAN & KIMSTACH (1996) os valores de condutividade elétrica em corpos d'água estão, geralmente, entre $0,01$ e 1 mS.cm^{-1} , em águas poluídas podem exceder 1 mS.cm^{-1} . Nos resultados mostrados na Figura 26, os valores ficaram entre $0,006$ e $0,059 \text{ mS.cm}^{-1}$, estando portanto abaixo dos valores apresentados na literatura, demonstrando não haver problemas de salinidade nos corpos d'água na bacia hidrográfica. ARAUJO et al. (2003) encontraram valores de CE da ordem de $0,008$ a $0,022 \text{ mS.cm}^{-1}$, atribuindo os baixos valores encontrados de condutividade elétrica, principalmente a baixa concentração de sólidos dissolvidos e a profundidade do ribeirão. Segundo WETZEL (1993), a condutividade é influenciada pela profundidade, tendo valores maiores nas águas subterrâneas do que nas águas superficiais.

Com os dados de condutividade elétrica (mS.cm^{-1}) foi estimado, somente para o ponto P6, a concentração de sais totais dissolvidos em água. A conversão de CE (mS.cm^{-1}) para STD (mg.L^{-1}) foi feita mediante um fator de conversão proposto por CHAPMAN & KIMSTACH (1996) e WALKER (2004) que sugerem um valor entre 550 e 900, que

multiplicado pelo valor de CE em mS.cm^{-1} dará um total de sólidos dissolvidos em mg.L^{-1} . Desta forma para os cálculos neste trabalho multiplicou-se a CE por 600, proposto por WALKER (2004), com o qual obteve-se os resultados apresentados na Tabela 28. Juntamente com a vazão calculada no ponto ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$), conforme item 3.3.1, encontrou-se a contribuição em toneladas para cada mês analisado, do qual a somatória foi a concentração de sais totais dissolvidos no ponto P6 para os 13 meses de coleta.

Tabela 28: Valores calculados de salinidade, a vazão (Q) obtida e os sais totais dissolvidos (STD) para o ponto P6, para os 13 meses de amostragem, nos anos de 2003 e 2004.

	Salinidade em P6 (mg.L^{-1})	Q ($\text{m}^3.\text{h}^{-1}$)	STD (ton)
set/03	10,2	1090,0	8,0
out/03	13,2	1227,1	12,1
nov/03	15,0	1524,7	16,5
dez/03	18,6	2085,7	27,9
jan/04	16,8	883,1	11,0
fev/04	12,0	7810,1	63,0
mar/04	16,8	3039,5	38,0
abr/04	13,8	2231,6	22,2
mai/04	13,2	4121,5	40,5
jun/04	6,9	1126,7	5,6
jul/04	14,0	3003,4	31,4
ago/04	13,4	1433,5	14,3
set/04	13,8	978,2	9,7
Total =			300,1

A Figura 27 mostra a contribuição de sais totais dissolvidos para os meses de amostragem, entre setembro de 2003 e setembro de 2004, onde observa-se os maiores picos em fevereiro e maio de 2004.

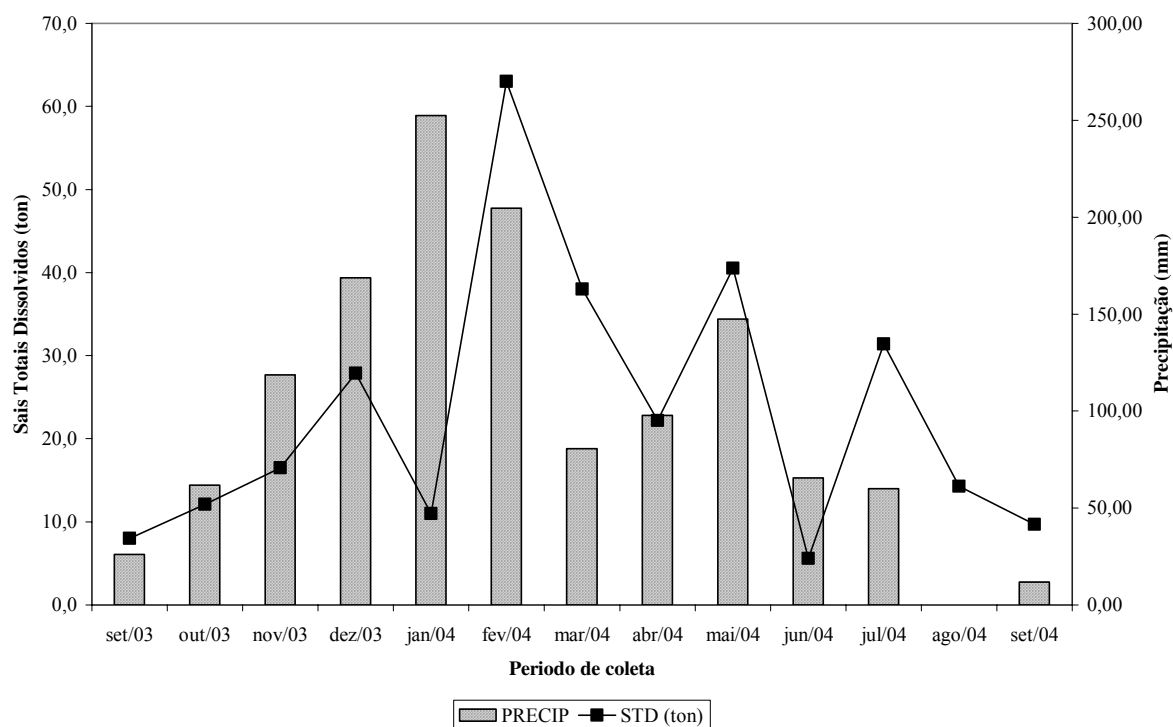


Figura 27: Contribuição de sais totais dissolvidos (ton) no ponto P6, para os 13 meses de amostragem relacionado com as chuvas durante o período.

Pela Figura 27 nota-se uma maior contribuição de sais totais durante os picos de chuvas em fevereiro e maio/04, sendo que a menor contribuição ocorreu no mês de junho/04.

4.2.3 Cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA)

A técnica de análise fatorial é um instrumento importante na construção de índices de qualidade de água, mas sua utilização, se puramente estatística pode acarretar erros de interpretação. Portanto, é indispensável que se verifique se a matriz de correlação e a distribuição de cargas fatoriais explicam o comportamento ecológico do corpo hídrico.

Na Tabela 29 está apresentada a estatística descritiva básica das variáveis estudadas nos seis pontos amostrais, durante treze meses de coleta, entre setembro de 2003 e setembro de 2004. Pela Tabela pode-se verificar o alto valor do coeficiente de variação apresentado pelas variáveis, que pode ser explicado pelas intervenções antrópicas ocorridas na área ao longo da bacia e pelas variações nos valores da precipitação e da vazão durante o período de estudo.

Tabela 29: Estatística descritiva básica das oito variáveis estudadas, nos seis pontos de amostragem durante o período de setembro/03 a setembro/04.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação (%)
Nitrogênio-amoniaco (NIA)	0,07	0,09	128,57
Amônia (AMO)	0,09	0,11	122,22
Nitrogênio-nitrato (NIT)	0,13	0,12	76,92
Fósforo Total (FOT)	0,46	0,28	43,48
Condutividade Elétrica (CE)	0,02	0,01	50,00
pH	6,62	1,71	25,83
Sólidos suspensos (SS)	16,75	18,73	111,82
Turbidez (TU)	8,29	8,00	96,50

A matriz de correlação das variáveis monitoradas se encontra na Tabela 30.

Tabela 30: Matriz de Correlação entre as oito variáveis de qualidade de água estudadas.

	NIA	AMO	NIT	FOT	CE	pH	SS	TU
NIA	1							
AMO	0,978	1						
NIT	0,666	0,683	1					
FOT	-0,041	-0,050	-0,084	1				
CE	0,262	0,295	0,198	-0,176	1			
pH	0,453	0,511	0,478	-0,172	0,280	1		
SS	-0,140	-0,156	-0,266	-0,164	0,076	-0,199	1	
TU	0,335	0,344	0,353	-0,156	0,410	0,238	0,075	1

A observação da Tabela 30 mostra correlação direta para os pares de variáveis (NIA-AMO), (NIA-NIT), (NIT-AMO) e (NIT-pH) com valores 0,978; 0,666; 0,683 e 0,511; respectivamente, demonstrando a dependência entre as variáveis causadas por processos naturais. Essa interação entre as variáveis é explicada por serem derivadas de compostos nitrogenados.

É possível inferir que o acréscimo do nitrogênio amoniacal determinou o aumento das concentrações de amônia e nitrato. Com o aumento do nitrato, eleva-se a quantidade de matéria orgânica fazendo com que a turbidez e os sólidos suspensos também aumentem, no

entanto, a variável SS tem efeito contrário de acordo com a Tabela 30. Como o nitrato possui caráter salino, o seu acréscimo influencia também em um aumento de condutividade elétrica da água.

A elevação do FOT implicou em um aumento na quantidade de algas o que faz com que haja um acréscimo da TU e dos SS. Assim, a matriz de correlação apresentou resultados não satisfatórios para a variável SS já que esta se correlacionou negativamente com os parâmetros NIA, AMO, NIT e FOT. A turbidez e os sólidos suspensos também deveriam ter alta correlação, no entanto a correlação é de apenas 0,075. Optou-se então por realizar o índice de qualidade da água sem o parâmetro sólidos suspensos.

A variável FOT também deixou dúvidas quanto a sua participação no IQA, pois ela deveria ser positiva com relação a CE e a TU e no entanto é negativa, ou seja, pela matriz de correlação quando a um aumento de fósforo há uma diminuição na CE e na TU o que na realidade não acontece, porque geralmente um aumento de FOT implicaria uma maior produção de algas e maior TU e CE. No entanto, como o seu coeficiente de correlação é baixo em relação as outras variáveis e pela sua importância no trabalho, em relação as contaminações de origem agrícola, decidiu-se por incluir o FOT na análise fatorial. Esperava-se que as variáveis que apresentaram coeficientes de correlação relativamente baixos (CE, TU e FOT) tivessem pequena importância na composição dos fatores comuns.

A Tabela 31 mostra a decomposição da matriz de correlação, que condicionada às inter-relações existentes entre os dados originais, resultou em uma redução do espaço das variáveis observadas traduzidos pelos fatores comuns. Pelo método das Componentes Principais foram selecionados três fatores associados aos auto-valores maiores do que a unidade, os quais explicam 64,7% da variância total das variáveis originais, indicando um bom grau de conservação da informação .

Como o primeiro fator explica a maior variabilidade dos dados (41,9%), adota-se este como índice de qualidade da água (IQA).

Observando-se os valores das comunalidades estimadas, percebe-se que 97,1% da variância do parâmetro NIA é explicada pelos três fatores comuns (F1, F2 e F3), enquanto que apenas 5,7% da variância de FOT é explicada por esses fatores. Assim sendo, ao analisar a unicidade (complemento da comunalidade) tem-se que a menor falha em explicar a variância total unitária ocorre na variável NIA (2,9%) e a maior falha é dada por 94,1% na variável

FOT.

Tabela 31: Matriz das cargas fatoriais, variância observada e comunalidade das variáveis de qualidade de água.

Variável	Cargas Fatoriais			Comunalidade Estimada
	F1	F2	F3	
NIA	0,982	0,077	-0,036	0,971
AMO	0,994	0,027	0,005	0,989
NIT	0,692	-0,175	0,015	0,509
FOT	-0,057	0,236	-0,005	0,059
CE	0,301	-0,341	-0,153	0,230
pH	0,527	-0,594	0,513	0,894
TU	0,365	-0,605	-0,611	0,872
Variância explicada para cada fator	2,94	0,93	0,66	
Variância (%)	41,9	13,3	9,5	
Variância Acumulada (%)	41,9	55,2	64,7	

Procurando explicar melhor a variabilidade dos dados associados ao índice de qualidade de água, os eixos foram rotacionados através do procedimento *varimax* (MINITAB,1998). Como os resultados não foram eficientes, foram utilizados os eixos sem rotacioná-los (“no rotate”).

Como foi constatada a existência de determinadas dimensões subjacentes aos dados (F1, F2, F3), os dados amostrais foram analisados sob essas novas dimensões ao invés de avaliá-los separadamente. Assim, construiu-se fatores de escala que minimizam a variância do erro, sendo que os escores (coeficientes das variáveis padronizadas que compuseram o IQA) foram estimados através do modelo de *Barlett* que segue a expressão:

$$\hat{F} = XU^{-2}B(B'U^{-2}B)^{-1} \quad \text{..... Equação 23}$$

onde:

X = vetor das variáveis observadas;

U^{-2} = matriz diagonal das variâncias únicas;

B = matriz das cargas fatoriais

B' = matriz transposta de B .

No caso específico do critério de *Bartlett*, o Índice de Qualidade de Água (IQA) foi representado pela seguinte expressão:

$$IQA = \hat{F} = 0,259 Z_1 + 0,706 Z_2 + 0,011 Z_3 - 0,0 Z_4 + 0,003 Z_5 + 0,038 Z_6 + 0,022 Z_7 \dots\dots\dots \textbf{Equação 24.}$$

sendo:

Z_i = variáveis padronizadas na seguinte ordem NIA, AMO, NIT, FOT, CE, pH, TU com $i = 1, \dots, 7$; 0,259; 0,706; 0,011; -0,0; 0,003; 0,038; e 0,022 = o peso de cada variável no IQA.

De acordo com os coeficientes das variáveis padronizadas Z_i mostrados no IQA, Amônia foi a variável que mais influenciou no índice, seguida de Nitrogênio Amoniacal.

A variável FOT não teve nenhuma contribuição no IQA já que seu peso foi zero, e a CE apresentou um peso pequeno na elaboração do índice, o que já havia sido cogitado através da matriz de correlação (Tabela 30).

O IQA calculado por esse trabalho possui média zero e variância unitária. Ele encontra-se no intervalo de -3 a 3 sendo que valores negativos implicam em uma melhor qualidade de água, o que não é real em relação a variável fósforo (FOT), que implicaria em uma piora da qualidade da água, no entanto, esta variável não influenciou no cálculo do IQA.

A Figura 28 mostra a variação do IQA ao longo do tempo nos 6 pontos de coleta em função dos dados sobre o índice pluviométrico adquiridos da estação climática. Pela Figura observa-se que P1 e P2 possuem, em geral, os melhores índices de qualidade de água enquanto que P3 e P6 possuem o pior entre os pontos de amostragem, conforme já era esperado, visto que P1 e P2 são nascentes e correspondem aos pontos mais altos da bacia e P6 ao ponto de maior contribuição que recebe, inclusive dejetos urbanos.

Em junho e julho de 2004 constatou-se, em geral, os melhores IQA's enquanto que no período de dezembro/03 a maio/04 ocorreram os picos mais elevados. Supõe-se que o baixo índice da qualidade da água nesta época se deva a aplicação de fertilizantes antes do transplântio do tomate na bacia, ou seja, a maioria dos produtores plantam o tomate de fevereiro a abril fazendo a adubação de pré-plantio de janeiro a março, desta forma nota-se uma piora na qualidade da água principalmente nos pontos P3 e P6.

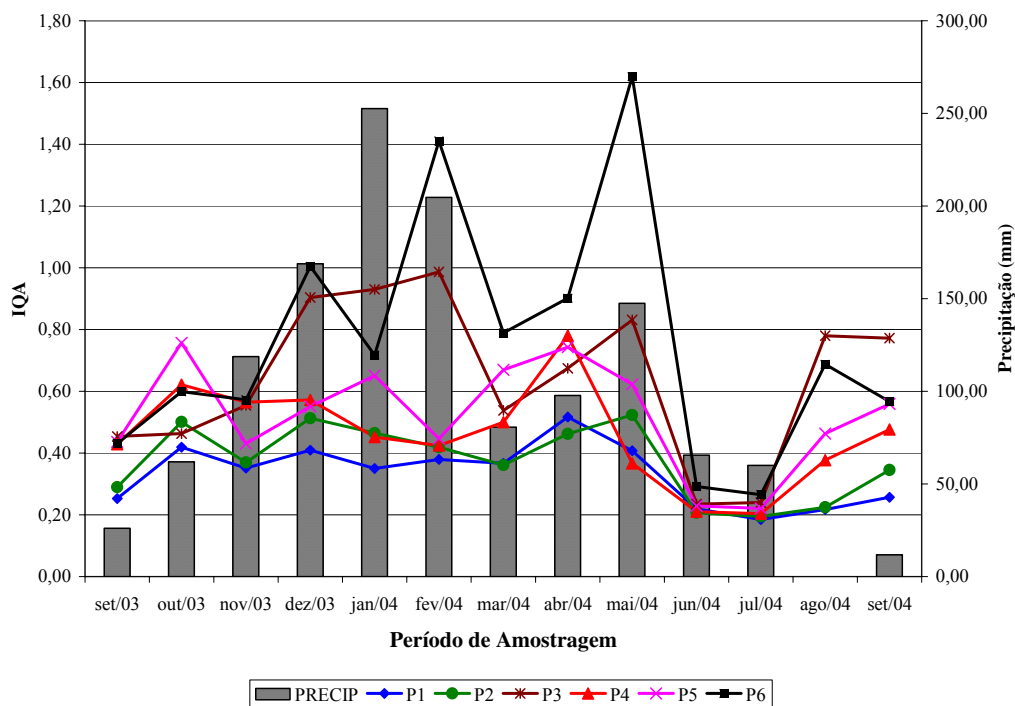


Figura 28: Variação do IQA e da precipitação nos pontos amostrados.

Nas propriedades em que o tomate foi plantado em fevereiro, a colheita foi realizada em junho e para quem plantou em abril a colheita foi realizada até setembro, desta forma a melhora na qualidade da água nos meses de junho e julho/04 podem ser explicadas pela baixa adubação na bacia nesta época do ano.

O plantio do milho na região se inicia na maioria das vezes em outubro, no entanto neste cultivo é utilizada uma menor quantidade de fertilizante sendo que alguns produtores realizam somente uma adubação de plantio, o que pode ter acarretado uma piora na qualidade da água no mês de outubro/03.

A precipitação (somatória das chuvas ocorridas diariamente em cada mês) influenciou no índice de qualidade de água visto que o seu comportamento provocou as alterações nos dados em alguns meses de monitoramento. Deve-se levar em consideração que não foi estudada a relação entre os dias em que ocorreram maiores precipitações e os dias em que foram realizadas as coletas de amostras em campo.

Na Figura 29 é apresentada a comparação do IQA calculado para a nascente do Rio das Pedras (P1) e o ponto de maior contribuição da bacia (P6).

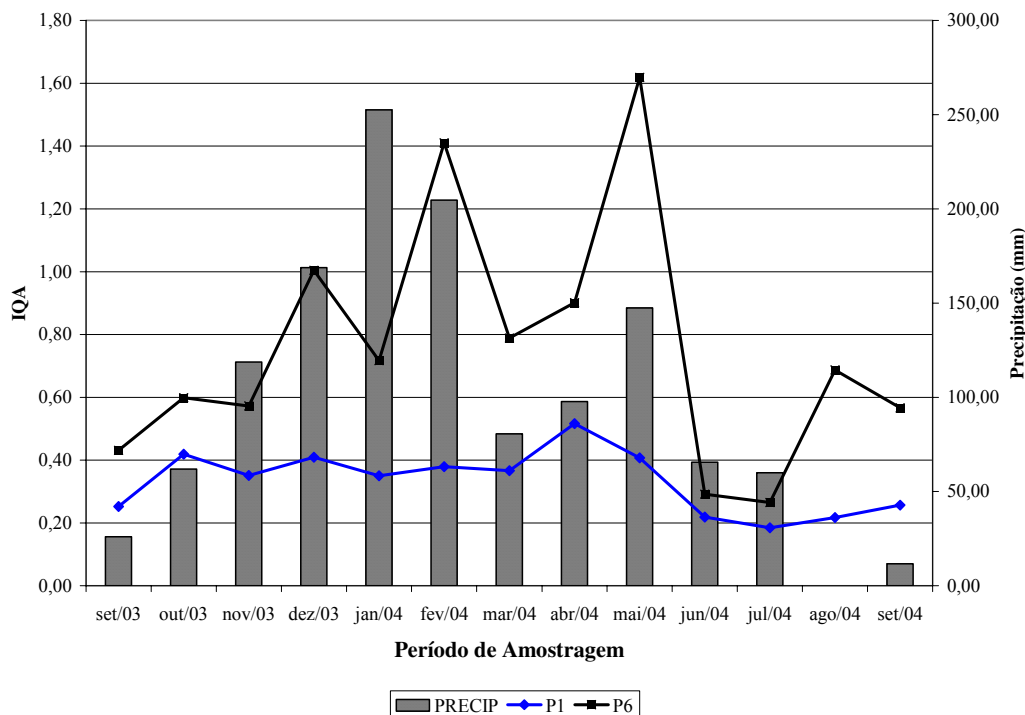


Figura 29: Variação do IQA e da precipitação nos pontos P1 e P6 situados no Rio das Pedras.

Pela Figura verifica-se que a qualidade da água se mostrou inferior no ponto P6 (a jusante da nascente do Rio das Pedras) durante os treze meses de coletas, mostrando que há uma contaminação ao longo do Rio, no entanto, esta contaminação não é apenas de origem agrícola, pois o ponto recebe também efluentes urbanos.

A Figura 30, diferentemente da Figura 29, mostra apenas as contribuições de origem agrícola ao longo do Córrego do Itaqui, onde há influência da tomaticultura de mesa. Desta forma pela Figura 30 observar-se uma piora da qualidade da água ao longo do córrego, sendo esta poluição relacionada à agricultura.

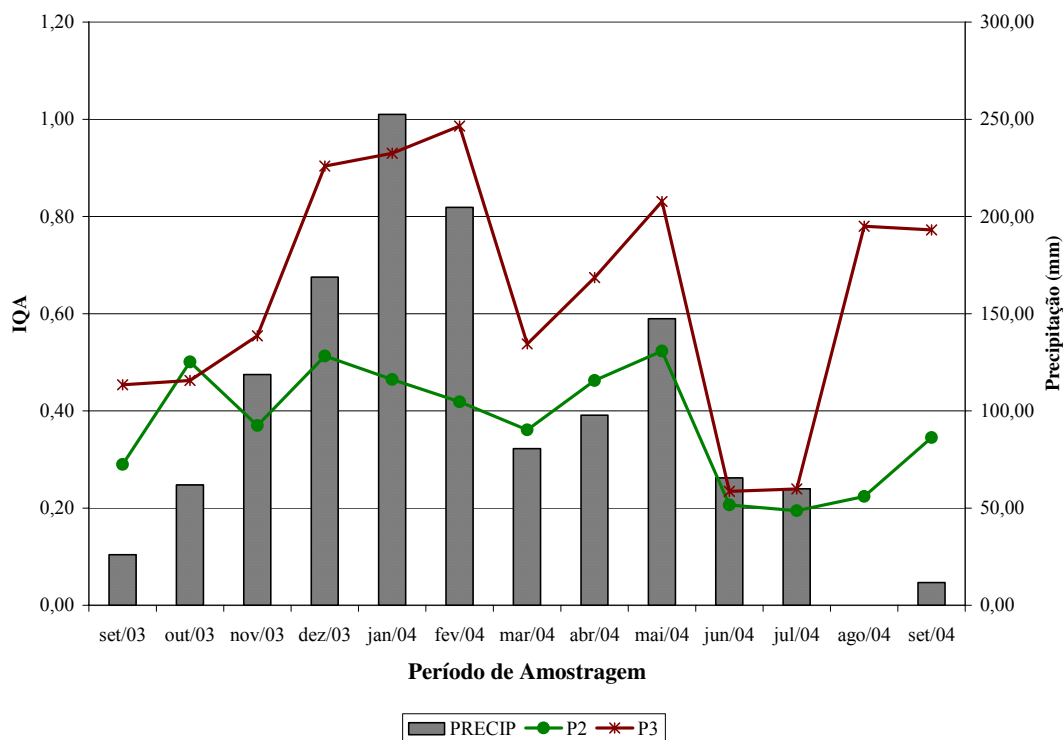


Figura 30: Variação do IQA e da precipitação nos pontos P2 e P3 situados no córrego do Itaquí.

Nesta Figura observa-se também relação da ocorrência de chuvas na qualidade da água pelo comportamento do IQA nos pontos P2 e P3, ficando evidente o arraste de fertilizantes, para o córrego, já que as variáveis que mais influenciaram o IQA foram amônia e nitrogênio amoniacal. Pelos pontos P2 e P3 pertencerem a uma área onde se concentram muitas propriedades tomaticultoras, pode-se dizer que a poluição ao longo do córrego tem origem no cultivo do tomate.

A Figura 31 traz a variação do IQA nos pontos P4 e P5 pertencentes ao córrego Matão, sendo que o ponto P4 está a montante de uma propriedade onde se cultiva tomate consorciado com milho e o ponto P5 está a jusante da mesma propriedade.

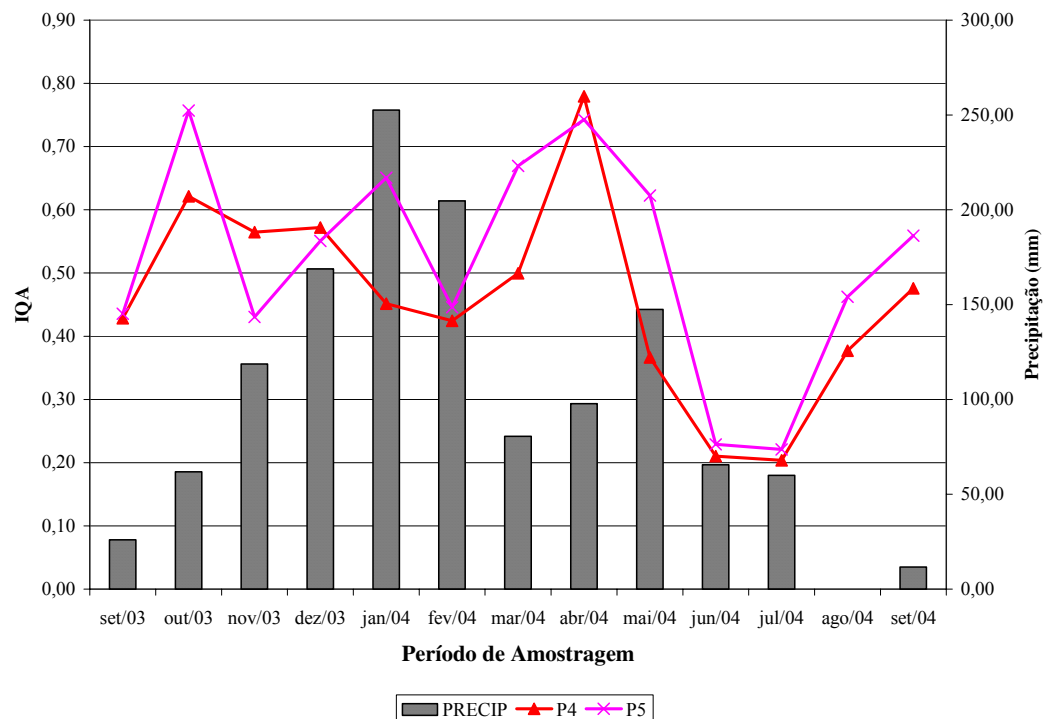


Figura 31: Variação do IQA e da precipitação nos pontos P4 e P5 situados no córrego do Matão.

Pela Figura 31 nota-se que a qualidade da água tem uma piora em alguns meses do ano, mostrando mais uma vez uma contribuição agrícola para a contaminação da água superficial.

Nesta propriedade o cultivo do tomate em 2003 foi realizado em julho e a colheita se realizou até final de novembro, sendo que a ultima adubação foi realizada no dia 19/09/03. O milho foi plantado em outubro e realizada uma adubação de plantio no mesmo mês. Sendo assim o pico no IQA no mês de outubro no ponto P5 talvez se deva a essas adubações do tomate e do milho conjuntamente. No ano de 2004, o tomate foi plantado na propriedade no início de agosto, sendo que a adubação de pré-plantio foi realizada em julho, o que talvez possa explicar a piora na qualidade da água no mês de agosto e setembro. Em agosto/04 não houve chuvas na região, no entanto houve irrigações no cultivo do tomate o que contribui para o arraste de nutrientes para os corpos d'água.

5 CONCLUSÕES

Para as condições de solo, clima, cultura, manejo cultural e irrigação, nas quais foi conduzida a pesquisa na bacia hidrográfica, concluiu-se que:

A forma de distribuição da água do reservatório até os sulcos de irrigação, adotada pelo agricultor, características dos produtores da região, determinou elevadas perdas de água por condução, percolação e escoamento superficial e, conseqüentemente, baixas eficiências (26%). Por outro lado, a forma de cultivo (sulcos curtos) e o manejo realizado geraram ótimos valores de uniformidade de distribuição de água no solo para esse tipo de irrigação. Apesar disso, a irrigação por sulcos, da maneira que é realizada pelo produtor, foi considerada ineficiente e com potencial para a redução da disponibilidade dos recursos hídricos.

A avaliação em separado das variáveis de qualidade da água analisadas, utilizando-se como padrão o CONAMA 20/86, mostrou que as variáveis que mais contribuíram para a alteração na qualidade da água foram o fósforo e a amônia, compostos característicos da adubação utilizada freqüentemente na agricultura local.

O uso da técnica de análise fatorial permitiu o desenvolvimento de um índice de qualidade de água que evidenciou as condições de deterioração da qualidade da água na bacia do Rio das Pedras, viabilizando a obtenção de novos indicadores que poderão ser monitorados ao longo do tempo. A adoção do IQA possibilitou uma análise em conjunto das variáveis, observando-se, assim, que a variável que mais contribuiu para a variabilidade do índice foi a amônia, enquanto que a variável fósforo não teve nenhuma contribuição.

Os valores de IQA para a bacia do Rio das Pedras, mostraram diferenças entre os pontos de coleta de água a montante e a jusante de áreas agrícolas e ao longo de toda a bacia, evidenciando, portanto, a presença de contaminantes na água pelo uso agrícola do solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas - ANA. **Agricultura irrigada - Cartilha de procedimentos para obtenção de outorga de uso da água.**

<http://www.ana.gov.br/Documentos/cartilhaCONRID.pdf>. 23 /11/ 2004.

AGRIANUAL. **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira.** São Paulo: FNP – Consultoria e Comércio. 2004.

ALABURDA J. E.; NISHIHARA L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública.** v.32, n.2, p.160-165. 1998.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION: **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 16. ed. Washington: APHA; AWWA; APCF 1985. 1268p.

ANDRADE, C. L. T.; COELHO, E. F.; COUTO, L.; SILVA, E. L. Parâmetros de solo-água para a engenharia de irrigação e ambiental. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p. 1-132.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Estudos FAO Irrigação e Drenagem. N.29, 1985. Tradução de Gheyi, H.R., Medeiros, J.F. de e Damasceno, F.AV. Campina Grande, UFPB. 1991. 218 p.

AZEVEDO, M. A. S. B.; SOARES, A. A.; COUTO, L.; BERNARDO, S. **Características de avanço e infiltração de água em sulcos para os escoamentos contínuos e intermitentes.** ITEM – Irrigação e tecnologia moderna. Brasília – DF. n.40, 1990, p. 26 – 31.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 4 ed. Viçosa: UFV, 1987. 488p.

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

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária.** 3^a edição. CETESB/ASCETESB, São Paulo/SP, 1986. 640p.

CAMPOS, M. A. de; **Custo da cobrança de água na produção do tomate de mesa sob irrigação por sulcos.** Campinas, 2004. 71 p. Dissertação (Mestrado em engenharia agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Campinas.

CARVALHO, A.R.; SCHLITTER, F.H.M.; TORNISIELO, V.L. Relações das atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**, v.23, n.5, p.618-622. 2000.

CENTRO PANAMERICANO DE ENGIENIERIA SANITARIA E CIENCIAS DEL AMBIENTE – CEPIS. **Parámetros físicos, carga orgânica y nutrientes.** Lima: OPS/CEPIS/PUB, 1995.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. **Selection of water quality variables. Water Quality Assessments**. 2ed. Londres: Deborah Chapman, 1996.

COELHO, E.F.; SOUZA, V.A.B. de; CONCEIÇÃO, M.A.F.; DUARTE, J. de O. Comportamento da cultura do tomateiro sob quatro regimes de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n.12, p. 1959-1968, 1994.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB.
<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/indice.asp>, 10/10/ 2004.

CONCIANI, W.; CARNEIRO, B. J.; SOARES, M. M.; HERRMANN, P. S. P.; CRESTANA, S. Emprego de TDR com sondas multihastes segmentadas para a medida de umidade de um perfil de solo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 1, 1997, São Carlos, **Anais...** São Carlos, EMBRAPA – CNPDIA, p. 169 – 173, 1997.

CONCIANI, W.; HERRMANN, P. S. P.; MACHADO, S.L.; SOARES, M.M. O uso da técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR) para determinação da umidade do solo in situ. **Revista Solos e Rochas**, v.19, n.3, p. 189-199, 1996.

DEMAYO, A.; STEEL A. **Data handling and presentation. Water Quality Assessments**. 2ed. Londres, 1996. 626p.

DIAS, C. A.; OLIVEIRA, D. M.; RIBEIRO, M. L. **Avaliação da qualidade das águas superficiais na microbacia do Rio Dourados utilizando o índice de qualidade das águas IQA-NSF**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.

DIOGO, P. A.; COELHO, P. S.; ALMEIDA, M. C.; MATEUS, N. S.; RODRIGUES, A. C. **Estimativa de cargas difusas com origem agrícola na bacia hidrográfica do rio Degebe**. Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. 6, Cabo Verde, Portugal: INGRH, APRH, ABRH e AMCT, nov. 2003, CD-Rom.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**, FAO 1977; irrigação e drenagem 24, 1997. 306p. Tradução: GHEYI, H. R.; METRI, J. E. C.; DAMASCENO, F. A. V.; MEDEIROS, J. F. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba.

ELLIOT, R. L.; WALKER, W. R. Field evaluation of furrow infiltration and advance functions. **Transaction of the ASAE**, v.25, 1982, p. 396 - 400.

ELLIOT, R. L.; WALKER, W. R.; SKOGERBOE, G. V. Zero-inertia modeling of furrow irrigation advance. **Journal of Irrigation and Drainage Division**, v.108, n.3, 1982, p. 179 – 192.

FERNANDEZ, J. C.; GARRIDO, R. S. **O instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: uma análise dos estudos no Brasil**.
http://www.anpec.org.br/regional_fortaleza/regional_fortaleza.html>, 05/05/2000.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000, 402p.

Food Agriculture Organization, FAO. **Crop Water Management – Tomato**. <<http://www.fao.org/ag/agl/aglw/cropwater/tomato.stm>>, 23/03/2004.

FRIZZONE, J. A. **Anotações de aula: Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Engenharia Rural, Universidade de São Paulo, 1999. 14p.

GAYET, J. P.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; GARCIA, E.E.C.; BORDINT, M. R. **Frupep: Tomate para exportação**. Brasília: Embrapa, 1995, 34p.

GOMIDE, R. L. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p. 133-238.

HAASE, J.; KRIEGER, J.A.H.; POSSOLI, S. Estudo da viabilidade do uso da técnica de análise fatorial como um instrumento na interpretação da qualidade da água da bacia do Guaíba, RS, Brasil. **Ciência e Cultura**. v.41, n.6, p.576-582. 1989.

HEBBAR, S.S.; RAMACHADRAPPA, B.K.; NANJAPPA, H.V.; PRABHACAR, M. Studies on NPK drip fertirrigation in field grown tomato. **Europe Journal Agronomy**. v.21, p. 117-127, 2004.

HERRMANN JR., P. S. P. **Construção de um equipamento para medida de umidade do solo através de técnica de microondas**. São Carlos, 1993. 124 p. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

ITURRI, M. P. **Los recursos de agua y suelo para la agricultura y el desarrollo rural**. <http://www.iicanet.org>, 03/09/1999.

LOEHR, R. C. **Pollution control for agriculture**. 2ed. New York: Department of Agricultural Engineering Cornell University, 1984.

LOPES, M. **Cobrança da Água vai começar pelo sudeste**. Amazônia está fora. In: Folha do meio ambiente. Brasília – DF. <http://www.folhadomeioambiente.com.br/fma-107/recursos107.htm>, 10/05/2000.

MAILHOL, J. C.; RUELLE, P.; NEMETH, I. Impact of fertilization practices on nitrogen leaching under irrigation. **Irrigation Science**, n.20, 2001, p. 139-147.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, H.R. da; OLIVEIRA, C.A.S. Produção de tomate industrial sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.9, p. 1531-1537, 1991.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. Resposta do tomateiro industrial, sob irrigação por gotejamento, a diferentes tensões de água no solo. **Horticultura Brasileira**, v. 19, Suplemento, 2001. CD-rom.

MEDEIROS, M. A. C. de; SOBRINHO, G. D.; ALBUQUERQUE, A. F. De; OLIVEIRA, A. C. de; VENDEMIATTI, J. A. de S. Apostila: **Química sanitária e laboratório de saneamento II**. Limeira: UNICAMP/CESET, 2002. 55p.

MEEK, B.D.; EHLIG, C.F.; STOLZY, L.H.; GRAHAM, L.E. Furrow and trickle irrigation: effects on soil oxygen and ethylene and tomato yield. **Soil Science Society of America Journal**. v. 47, p.631-635, 1983.

MINITAB®, STATISTICAL SOFTWARE. Release 12. Minitab Inc. State College, Pennsylvania: Minitab., 1998.

NEGRI, G.; FRANK, B.; PINHEIRO, A. **Avaliação da aplicação do índice de qualidade do uso da água (IQUA) em uma microbacia rural**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.

NORONHA, L.M.S.; PEREIRA, C.B.; MENDONÇA, A.S.F. **Avaliação da qualidade da água na bacia do Rio Jacarandá utilizando um índice de qualidade de água**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.

OLIVEIRA, C.L.B. **Avaliação da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Riacho Vitória - Petrolina/PE**. 71 p. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências e Tecnologia – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 2001.

ONGLEY, E. D. **Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos**. Boletim, 55. FAO. <http://www.fao.org/docrep/W2598S/w2598s03.htm>, 03/11/2004.

PEKÁROVA, P.; PEKÁR, J. The impact of land use on stream water quality in Slovakia. **Journal of Hidrology**, n.180, p.333-350, 1996.

PEREIRA, D.; PICKBRENNER, K.; DE LUCA, S. J. **Cargas de contaminantes em sub-bacia rural/urbana e industrializada para a simulação de qualidade de água**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.

PHENE, C.J. High-frequency porous tube irrigation for water-nutrient management in humid regions. In: Second Int. Drip Irrigation Congress, **Proceedings...** San Diego, California. p.166-171, jul. 1974. (Copies available from Department of Soil and Environmental Science, University of California, Riverside).

PIMENTEL, M.F. Análise estatística de dados do monitoramento da qualidade das águas do Rio Ipojuca e do reservatório Tapacurá. 80p. **Relatório final consolidado** – Programa Nacional do Meio Ambiente II, Recife, jul.2003.

PINHEIRO, A.; LOCATELLI, N. D. **Avaliação da qualidade das águas dos mananciais da bacia do Itajaí**. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, Curitiba: ABRH, 2003. CD-ROM.

POSTEL, S. L. **Dividing the waters: food security, ecosystem health, and the new politics of scarcity**. <http://www.worldwatch.org/pubs/paper/132.html>, 14/09/2000.

POSTEL, S. L. Water for food production: will there be enough in 2025 ?. **BioScience**. v.48, n.8, 1998, p. 629 – 637.

PRADO, H. de. **Manejo dos solos: descrições pedológicas e suas implicações**. São Paulo: Nobel, 1991.

PRATES, F. **Ano 2000 água, comida e energia. Agricultores e população ribeirinha disputam o Rio Verde Grande**. In: Folha de São Paulo. São Paulo, 2 julho. 1999. Caderno Especial, p.5.

PRUSKI, F. F.; CARVALHO, D. F.; SOARES, A. A.; CECON, P. R. e STAFFEN, G. J. **Influência da área adequadamente irrigada por sulco nas eficiências de aplicação e armazenamento, para um Latossolo Vermelho-Escuro**. **Engenharia na Agricultura/ Série irrigação e drenagem**. Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais. Viçosa: AEAGRI. v.1, n. 1, 1994.

RAST, W.; G. F. LEE. **Summary analysis of the North American (US Portion) OECD eutrophication project: nutrient loading-lake response relationships and trophic state indices**. Corvallis: EPA, OR. 1978.

REBOUÇAS, A. C. **Água doce no mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Editora Manole, 1987.
REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. 4 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1985.

SCALOPPI, E. J. **Modelos matemáticos para simulação da irrigação superficial**. 155p. Tese (Livre Docência), Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista. 1983.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. DE M.; PEREIRA, I. DE C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica e Agência Nacional de Águas. 2001.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, n. 4, p.1019 – 1028, 2003.

SRH – SP. **Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo.** <http://www.recursoshidricos.sp.gov.br/Breg9.htm>, 03/07/2000.

SIGRH – **Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos.** Relatório de Situação dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – Síntese. <http://www.sigrh.sp.gov.br>. 21/10/2004.

SILVA, A. L. **Cargas difusas de poluição e seu impacto em mananciais para abastecimento público.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

SILVA, G. **Conservação: Pode ser a gota d'água.** <http://www.globoruralon.com.br>, 17/08/2001.

SILVA, W.L.C.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas, **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. p.311-348.

SILVEIRA, J. M. de C. **Impactos ambientais da irrigação do tomateiro no Município de Estiva Gerbi/SP.** 171p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2004.

SINGANDHUPE, R.B.; RAO, G.G.S.N.; PATIL, P.S.; BRAHMANAND, P.S. Fertirrigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop. **Europe Journal Agronomy**. v.19, p.327-340, 2003.

SOARES, J. M. **Sistema de irrigação por sulcos parcialmente fechados.** ITEM – Irrigação e tecnologia moderna. Brasília – DF. n.30, 1987, p. 26.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E.E.; TESTEZLAF, R. **Experiência do Laboratório de Hidráulica, Irrigação e Drenagem da Faculdade de Engenharia Agrícola /Unicamp no uso da técnica da TDR.** Aplicações da técnica de TDR na agricultura. Campinas: Edidota da UNICAMP, p.147-177, 2001.

SOUZA, C. F.; SCALLOPPI, E. J. Avaliação do regime de vazão continuamente reduzido em irrigação por sulcos. **Engenharia Agrícola**, v.18, n.4, 1999, p. 71 – 77.

TANIK, A.; BAYAKL, B.B.; GONENC, I.E. The impacts of Agricultural Pollutants in Six Drinking Water Reservoirs. **Water Science and Technology**, v.40, n.2, p.11-17, 1999.

TELLES, D. D. Água na agricultura e na pecuária. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: Escrituras Editora, 1999.

TESTEZLAF, R.; GARTON, J. E. **Sistema automático de irrigação através de canal aberto sob condição de fluxo intermitente.** ITEM – Irrigação e tecnologia moderna. Brasília – DF. n.29, 1987, p. 31 – 35.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**. v.59, n.1, p.181-186. 2002.

TOMMASELLI, J. T. G.; BACCHI, O. O. S. 1997. **Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um aparelho de TDR (Time-Domain Reflectometry)**. Piracicaba, 1997. 109 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Eletromagnetic determination of soil water content: measurements in coaxial transmission lines. **Water Resour. Res.**, v.16, p.574-582. 1980.

TUCCI, C.E.M. **Como reverter o processo de degradação da qualidade e quantidade da água doce no Brasil?** <<http://ebape.fgv.br>>, 17/11/2004.

TYAGI, N. K. Effect of land surface uniformity on some economic parameters of irrigation in sodic soil under reclamation. **Irrigation Science**. v.5, n.3, 1984, p. 151 - 160.

VIEIRA, J. **Irrigação de superfície**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.9 n.100, abril, p.13-23, 1983.

VILAS BOAS, M. A. **Programa computacional para simulação da irrigação por superfície**. 123p. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista.

von SPERLING, M. **Introdução à qualidade de águas e ao tratamento de esgotos**. 2ed. Belo Horizonte: Segrac, 1996. 243p.

WALKER, I. **Using conductivity meters in agriculture**. Bowen Horticultural Research Station, Queensland Horticulture Institute. <http://www.qld.gov.au>, 20/11/2004.

WELCH, E. B. & LINDELL, T. Ecological Effects of wastewater: applied limnology and pollutant effects, 2nd. Ed., Londres, E & FN SPON, 1992. 425p.

YOHANNES, F.; TADESSE, T. Effect of drip and furrow irrigation and plant spacing on yield tomato at Dire Dawa, Ethiopia. **Agricultural Water Management**, v.35, p.201-207, 1998.

7 ANEXOS

ANEXO 1: Dados climáticos obtidos nas safras de 2002 e 2003.

Tabela 32: Dados climáticos coletados pela estação meteorológica para o período da safra de 2002.

	Temp (°C)	UR (%)	Rad Glo (MJ.m ⁻²)	Vel Vento (m.s ⁻¹)	PREC (mm)	ET ₀ (mm.dia ⁻¹)	ET _c (mm.dia ⁻¹)
Maio							
1	23,18	79,70	14,08	0,55	0,00	3,33	1,66
2	22,26	73,30	16,41	0,57	0,00	3,61	1,80
3	21,33	84,90	11,75	0,89	6,10	2,74	1,37
4	20,53	93,00	8,29	0,25	1,10	2,03	1,02
5	21,91	83,60	13,82	0,16	0,10	2,84	1,42
6	21,04	90,40	8,03	0,31	10,10	2,02	1,01
7	21,63	84,60	14,34	0,23	0,00	3,00	1,50
8	21,18	87,20	12,96	0,46	0,00	2,85	1,42
9	19,15	94,40	6,13	0,18	0,00	1,74	0,87
10	20,81	82,90	15,55	0,25	0,20	3,02	1,51
11	22,14	76,90	15,29	0,30	0,00	3,11	1,55
12	21,57	72,50	13,56	0,48	0,00	3,03	1,52
13	21,84	71,90	14,51	0,40	0,00	3,09	1,54
14	21,74	71,90	14,86	0,41	0,00	3,18	1,59
15	22,32	66,81	15,63	1,08	0,00	3,54	1,77
16	20,71	74,40	10,02	0,95	0,10	2,65	2,12
17	21,48	79,60	14,77	0,39	0,00	3,05	2,44
18	22,15	74,40	14,08	0,70	0,00	3,08	2,47
19	18,09	94,40	3,37	0,66	13,90	1,44	1,15
20	18,72	95,70	7,60	0,27	0,40	1,68	1,34
21	18,93	92,60	6,82	1,41	19,10	1,60	1,28
22	18,57	88,80	10,88	0,56	2,10	2,32	1,85
23	17,52	80,20	14,94	0,46	0,00	2,95	2,36
24	16,35	77,20	12,96	0,45	0,00	2,60	2,08
25	15,48	75,90	15,20	0,34	0,00	2,80	2,24
26	17,15	71,00	15,29	0,45	0,00	2,72	2,17
27	16,73	69,19	15,29	0,43	0,00	2,89	2,31
28	17,88	72,90	15,03	0,49	0,00	2,80	2,24
29	18,66	73,90	11,57	0,97	0,00	2,52	2,01
30	18,95	71,10	13,99	0,64	0,00	2,86	2,29
31	19,74	72,20	13,13	0,50	0,00	2,70	2,16
Junho							
1	20,43	75,40	12,96	0,28	0,00	2,43	1,95
2	20,10	72,90	13,30	0,92	0,00	2,75	2,20
3	19,91	71,80	13,82	0,53	0,00	2,68	2,14
4	20,32	72,10	14,25	0,23	0,00	2,60	2,08
5	20,31	67,08	14,25	0,76	0,00	2,84	2,28
6	20,27	66,57	12,35	0,70	0,00	2,59	2,07

Continua...

7	20,99	62,02	13,73	1,16	0,00	2,99	2,39
8	21,31	60,44	13,65	0,61	0,00	2,76	3,31
9	22,00	60,61	13,56	0,87	0,00	2,91	3,49
10	22,27	65,01	12,78	0,47	0,00	2,64	3,17
11	21,62	69,73	13,48	0,74	0,00	2,89	3,47
12	22,27	64,70	13,04	0,67	0,00	2,74	3,29
13	21,90	65,67	13,13	0,48	0,00	2,74	3,29
14	21,48	65,43	13,13	0,13	0,00	2,54	3,04
15	20,09	80,60	12,78	0,35	0,00	2,63	3,15
16	19,75	78,10	12,09	0,24	0,00	2,37	2,85
17	19,57	68,79	12,87	0,65	0,00	2,58	3,10
18	20,24	57,90	13,30	1,44	0,00	3,09	3,70
19	20,69	59,41	12,09	0,19	0,00	2,26	2,71
20	20,19	64,45	13,65	0,54	0,00	2,72	3,27
21	19,11	62,61	13,48	0,38	0,00	2,61	3,13
22	17,95	75,80	11,49	0,74	0,00	2,37	2,85
23	18,69	75,60	12,09	0,48	0,00	2,25	2,70
24	18,44	72,30	12,44	0,24	0,00	2,31	2,77
25	17,54	78,40	11,92	0,40	0,00	2,29	2,75
26	18,07	78,30	12,44	0,32	0,00	2,24	2,68
27	19,91	69,23	12,87	0,23	0,00	2,23	2,67
28	20,50	57,84	12,09	0,21	0,00	2,23	2,68
29	20,06	56,59	13,22	0,50	0,00	2,64	3,17
30	20,50	60,01	13,73	0,70	0,00	2,76	3,31
Julho							
1	20,39	63,38	13,30	0,27	0,00	2,63	3,16
2	19,25	68,54	13,13	0,43	0,00	2,72	3,26
3	19,90	65,56	12,44	0,50	0,00	2,52	3,02
4	20,49	64,94	13,13	0,36	0,00	2,59	3,11
5	20,19	66,96	12,61	0,46	0,00	2,64	3,17
6	20,29	63,57	12,70	1,06	0,00	2,91	3,49
7	17,97	71,70	4,06	1,69	0,00	1,99	2,39
8	13,34	67,79	14,08	0,63	0,00	2,77	3,33
9	13,10	59,89	14,34	0,54	0,00	2,40	2,88
10	14,52	69,79	11,23	0,34	0,70	1,90	2,29
11	15,13	90,90	5,70	0,23	3,40	1,24	1,49
12	16,34	97,90	5,10	0,02	0,50	1,12	1,34
13	16,07	87,70	10,71	0,51	0,10	2,05	2,46
14	14,14	78,90	13,30	0,24	0,20	2,42	2,90
15	15,03	70,80	14,08	0,29	0,00	2,30	2,07
16	16,73	61,59	13,99	0,46	0,00	2,39	2,15
17	15,39	64,37	14,68	0,76	0,00	2,77	2,49
18	16,09	68,05	13,04	0,69	0,00	2,40	2,16
19	18,17	72,50	11,83	0,54	0,00	2,17	1,96
20	20,17	67,07	11,92	0,80	0,00	2,45	2,21

Continua...

21	19,00	71,10	4,58	0,30	0,00	1,48	1,34
22	17,96	84,10	5,79	2,16	0,70	1,78	1,60
23	19,67	75,40	13,99	0,65	0,00	2,62	2,36
24	20,58	61,88	15,29	0,40	0,00	2,87	2,58
25	21,58	44,67	15,63	0,53	0,00	3,02	2,72
26	21,04	51,86	14,94	0,25	0,00	2,87	2,58
27	21,22	54,16	12,96	1,31	0,00	3,28	2,95
28	19,24	66,89	13,82	0,465	0,00	2,91	2,62
29	16,53	70,50	14,86	0,33	0,00	2,86	2,58
30	20,87	61,93	15,29	1,09	0,00	2,90	2,61
31	21,84	63,74	12,61	1,19	6,60	2,99	2,69
Agosto							
1	18,71	96,10	4,75	0,75	27,60	1,59	1,43
2	17,87	98,70	5,53	0,38	12,00	1,47	1,33
3	18,79	95,60	6,05	1,86	7,40	1,36	1,22
4	21,08	81,30	14,34	0,31	0,00	2,89	2,60
5	23,15	67,86	14,08	0,70	0,00	3,18	2,86
6	20,52	81,50	8,03	0,58	9,90	2,33	2,10
7	22,88	69,74	15,20	0,31	0,00	3,15	2,84
8	24,19	58,54	14,94	0,74	0,00	3,56	3,21
9	23,73	53,15	14,34	1,17	0,00	3,95	3,56
10	21,66	66,26	13,65	0,39	0,00	3,31	2,98
11	20,77	71,10	15,29	0,46	0,00	3,40	3,06
12	22,28	57,69	15,29	0,52	0,00	3,31	2,98
13	23,53	52,27	15,20	0,72	0,00	3,58	3,22
14	23,18	52,08	13,91	0,71	0,00	3,52	3,16
15	21,87	67,50	15,12	0,53	0,00	3,54	3,18
16	22,59	56,86	15,81	0,59	0,00	3,55	3,19
17	22,18	53,31	16,41	1,11	0,00	4,07	3,66
18	22,04	56,16	17,36	1,59	0,00	4,38	3,94
19	21,88	53,49	16,33	1,43	0,00	4,18	3,76
20	21,36	56,95	17,36	1,34	0,00	4,20	3,78
21	21,86	51,18	15,63	1,35	0,00	4,01	3,61
22	22,51	56,01	13,73	0,37	0,00	3,08	2,77
23	23,19	56,72	17,02	0,24	0,00	3,57	3,21
24	23,23	50,41	17,45	0,39	0,00	3,78	2,27
25	22,97	51,55	17,19	0,36	0,00	3,73	2,24
26	20,97	60,25	16,93	0,73	5,20	3,92	2,35
27	20,82	61,42	17,19	0,65	0,40	3,72	2,23
28	21,54	50,96	17,45	1,44	0,00	4,26	2,56
29	20,65	65,94	9,76	1,48	5,40	2,97	1,78
30	19,80	84,90	15,03	0,62	4,80	3,24	1,94
31	17,79	96,90	4,92	0,54	54,10	1,48	0,89
Setembro							
1	17,24	73,00	14,17	1,90	0,30	3,34	2,01
Continua ...							

2	13,35	53,99	19,95	1,47	0,00	4,26	2,55
3	14,42	55,55	19,87	0,42	0,00	3,60	2,16
4	17,78	52,90	18,74	0,33	0,00	3,46	2,08
5	20,76	65,90	12,18	0,55	0,00	2,73	1,64
6	24,06	65,27	14,94	2,10	0,00	4,09	2,46
7	19,83	84,70	9,16	1,81	10,20	2,78	1,67
8	17,83	84,00	13,56	0,53	0,00	3,14	1,88
9	20,40	77,40	16,50	0,55	0,00	3,43	2,06
10	22,77	73,00	18,74	0,41	0,00	4,06	2,44
11	22,77	63,62	19,09	1,18	0,00	4,67	2,80
12	23,21	55,75	18,83	1,75	0,00	5,03	3,02
13	22,53	62,58	8,47	0,33	0,00	2,47	1,48
14	21,27	81,10	7,95	0,88	0,80	2,37	1,42
15	22,19	73,90	18,92	0,37	0,00	4,19	2,51
16	19,37	85,90	5,10	0,59	0,00	1,84	1,10
17	24,12	63,36	19,26	0,58	0,00	4,09	2,45
18	24,19	62,66	18,05	0,81	0,00	4,49	2,69
19	24,96	58,70	16,50	1,70	0,00	4,73	2,84
20	21,83	79,80	4,66	1,09	23,80	2,07	1,24
21	17,21	98,70	3,28	0,31	7,70	1,51	0,91
22	14,14	97,70	4,75	0,21	0,90	1,54	0,93
23	17,49	95,00	7,77	0,28	2,50	1,54	0,92
24	16,53	89,10	9,67	0,89	5,10	2,26	1,35
25	18,30	75,10	22,11	0,64	0,00	4,28	2,57
26	20,13	69,80	21,25	0,41	0,00	4,30	2,58
27	20,91	71,70	21,42	0,40	0,00	4,53	2,72
28	22,06	65,97	19,26	0,54	0,00	4,26	2,56
29	23,72	57,08	19,35	0,74	0,00	4,50	2,70
30	25,31	51,54	19,09	1,47	0,00	5,14	3,09

Tabela 33: Dados climáticos coletados pela estação meteorológica para o período da safra de 2003.

	Temp (°C)	UR (%)	Rad Glo (MJ.m ⁻²)	Vel Vento (m.s ⁻¹)	PREC (mm)	ET ₀ (mm.dia ⁻¹)	ET _c (mm.dia ⁻¹)
Julho							
1	16,99	65,08	12,87	0,79	0,00	2,61	plantio
2	16,85	64,70	12,70	0,82	0,00	2,56	plantio
3	16,01	67,71	12,61	0,84	0,00	2,53	plantio
4	17,57	60,96	12,87	1,41	0,00	2,77	plantio
5	18,71	54,93	12,61	1,70	0,00	3,14	plantio
6	19,65	49,80	11,92	2,12	0,00	3,54	plantio
7	20,73	50,72	11,75	1,77	0,00	3,38	1,69
8	20,58	56,66	12,70	2,17	0,00	3,63	1,82
9	21,02	53,63	12,78	1,99	0,00	3,63	1,82
10	17,81	75,80	8,29	1,19	7,90	2,34	1,17
11	15,69	96,60	3,97	1,04	1,60	1,20	0,60
12	14,24	86,70	8,29	1,18	0,00	1,78	0,89
13	16,30	84,30	10,71	0,97	0,00	1,90	0,95
14	17,44	80,40	8,72	0,99	0,00	1,85	0,93
15	18,27	71,60	10,88	0,93	0,00	2,31	1,16
16	18,70	70,90	13,22	0,81	0,00	2,65	1,32
17	18,09	75,30	12,87	0,87	0,00	2,63	1,32
18	19,20	64,59	13,04	0,94	0,00	2,70	1,35
19	19,05	63,98	13,73	1,10	0,00	2,97	1,49
20	19,59	58,70	14,25	1,03	0,00	3,04	1,52
21	20,62	54,60	13,99	1,26	0,00	3,23	1,62
22	20,64	51,94	13,82	1,11	0,00	3,25	1,63
23	20,56	51,66	14,17	1,30	0,00	3,42	2,74
24	20,17	57,95	14,17	1,68	0,00	3,51	2,81
25	20,51	62,12	11,14	0,79	0,00	2,58	2,07
26	21,81	52,88	11,66	1,37	0,00	3,13	2,50
27	19,92	64,23	11,92	1,14	0,00	3,00	2,40
28	18,87	67,89	11,83	0,88	0,00	2,68	2,14
29	19,62	61,23	12,87	0,93	0,00	2,78	2,22
30	21,01	53,33	12,78	0,84	0,00	2,82	2,26
31	20,22	56,93	10,71	0,77	0,00	2,66	2,13
Agosto							
1	19,86	63,97	13,30	1,05	0,00	3,23	2,58
2	20,65	62,88	14,43	0,87	0,00	3,28	2,62
3	20,37	58,87	14,68	0,84	0,00	3,43	2,74
4	19,78	55,97	14,94	1,37	0,00	3,75	3,00
5	21,78	46,83	14,77	2,53	0,00	4,60	3,68
6	21,67	57,51	11,66	1,65	0,00	3,54	2,83
7	18,01	89,10	3,11	1,31	0,60	1,50	1,20

Continua...

8	20,63	74,00	13,30	0,91	0,10	2,82	2,25
9	18,80	95,00	3,02	1,04	2,40	1,19	0,95
10	14,83	85,20	13,48	1,50	0,10	2,84	2,27
11	14,02	73,30	15,89	1,04	0,00	2,99	2,39
12	16,35	71,40	15,63	0,89	0,00	2,87	2,30
13	18,39	72,80	15,38	1,12	0,00	3,07	2,45
14	19,15	73,20	14,25	1,33	0,00	3,13	2,51
15	18,41	65,21	11,40	1,34	0,30	2,97	2,38
16	18,16	70,10	10,88	1,73	0,00	2,84	3,41
17	14,35	60,96	16,93	0,96	0,00	3,53	4,23
18	15,84	51,30	17,19	0,97	0,00	3,33	3,99
19	19,60	44,40	16,93	0,90	0,00	3,42	4,11
20	20,90	40,64	17,10	0,91	0,00	3,83	4,60
21	21,09	40,97	17,36	0,85	0,00	3,94	4,73
22	21,60	40,00	17,36	1,05	0,00	4,13	4,96
23	22,56	37,18	17,02	0,97	0,00	4,08	4,89
24	23,42	41,79	16,24	1,89	0,00	4,81	5,78
25	17,33	84,70	1,81	1,17	8,20	1,60	1,92
26	16,10	84,00	14,17	1,06	0,10	2,84	3,41
27	15,98	77,10	17,02	1,17	0,00	3,21	3,86
28	16,27	84,20	9,33	1,26	1,00	2,05	2,46
29	16,00	80,60	14,86	1,28	0,30	2,89	3,47
30	17,19	74,70	14,51	1,68	0,00	2,98	3,58
31	17,98	78,60	14,17	1,31	0,00	2,90	3,48
Setembro							
1	19,27	70,10	16,24	1,39	0,00	3,66	4,39
2	19,21	68,79	16,33	1,37	0,00	3,81	4,58
3	19,58	67,16	17,10	0,92	0,00	3,84	4,61
4	20,81	67,05	14,51	0,82	0,00	3,41	4,09
5	22,14	51,85	18,05	0,70	0,00	4,16	4,99
6	22,52	49,05	18,40	1,71	0,00	5,02	6,03
7	23,11	46,62	18,31	1,83	0,00	5,20	6,24
8	24,02	45,17	16,76	2,20	0,00	5,34	6,41
9	21,75	65,66	5,18	0,77	0,00	2,24	2,68
10	20,48	80,30	7,77	1,41	11,00	2,41	2,89
11	16,21	87,90	11,40	1,57	1,20	2,77	3,33
12	19,27	77,30	16,58	1,04	0,00	3,37	4,04
13	20,13	77,40	8,72	1,80	0,00	2,50	3,00
14	19,49	70,20	18,83	1,33	0,00	4,25	5,10
15	21,69	63,89	18,49	1,19	0,00	4,23	5,07
16	17,52	94,30	3,02	0,90	9,20	1,44	1,72
17	19,37	78,70	18,23	1,03	0,00	3,74	4,49
18	20,14	72,00	18,40	0,99	0,00	4,03	4,84
19	22,56	63,76	18,57	1,66	0,00	4,49	5,39
20	25,30	48,70	18,92	0,89	0,00	4,61	5,53

Continua...

21	24,73	51,61	19,09	0,95	0,00	4,96	5,96
22	24,88	52,05	19,09	1,16	0,00	5,04	6,04
23	25,37	41,83	18,83	1,43	0,00	5,36	4,83
24	26,89	37,68	17,62	1,48	0,00	5,35	4,82
25	25,04	59,54	17,19	1,42	0,00	4,96	4,46
26	22,35	74,00	10,19	1,54	0,00	3,27	2,95
27	19,52	94,10	4,66	0,99	2,60	1,64	1,48
28	23,20	64,55	19,52	0,95	0,10	4,31	3,88
29	21,43	77,70	10,97	1,72	1,90	3,17	2,86
30	21,96	67,90	20,39	1,09	0,00	4,66	4,19
Outubro							
1	22,25	64,22	20,13	1,10	0,00	5,00	4,50
2	24,01	64,83	19,52	1,10	0,00	4,92	4,43
3	25,91	55,31	19,09	0,99	0,00	5,10	4,59
4	26,47	52,41	20,04	1,14	0,00	5,63	5,06
5	26,48	52,46	17,10	1,31	0,00	5,24	4,71
6	24,55	63,77	14,34	1,64	3,00	4,61	4,15
7	21,27	88,40	6,05	1,16	20,70	2,18	1,97
8	19,63	94,90	8,38	1,51	5,50	2,20	1,98
9	22,66	80,10	17,79	2,69	24,20	4,17	3,75
10	21,83	81,90	17,62	1,06	0,00	4,32	3,89
11	17,26	98,60	2,94	1,04	3,90	1,39	1,25
12	19,12	80,00	15,20	1,15	0,00	3,39	3,06
13	20,50	70,70	21,68	1,25	0,00	4,89	4,40
14	19,79	71,90	21,25	1,26	0,00	4,91	4,42
15	19,58	65,95	21,16	1,12	0,00	4,89	4,41
16	19,74	62,09	22,11	0,98	0,00	5,06	4,55
17	21,07	57,93	22,03	0,89	0,00	5,10	4,59
18	24,39	43,11	21,08	1,13	0,00	5,40	4,86
19	26,84	37,17	19,44	1,09	0,00	5,50	4,95
20	24,77	56,83	17,19	1,43	0,00	5,26	4,73
21	23,76	73,10	8,81	1,42	0,80	3,06	2,75
22	23,11	80,20	10,37	1,72	0,80	3,13	2,81
23	22,12	85,20	10,02	0,91	1,00	2,82	2,54
24	24,06	65,31	22,80	1,33	0,00	5,60	5,04
25	25,50	56,81	20,73	1,38	0,00	5,62	5,05
26	27,26	47,10	17,62	2,24	0,00	6,04	5,44
27	22,40	85,30	4,41	1,11	0,00	2,14	1,93
28	21,46	89,70	5,18	0,80	0,40	1,74	1,57
29	20,99	88,50	8,90	0,86	1,40	2,43	2,19
30	23,33	72,30	20,39	0,95	0,20	4,81	4,33
31	24,06	66,58	17,02	1,04	0,00	4,50	4,05
Novembro							
1	23,25	76,30	10,37	1,62	4,60	3,28	2,96
2	19,89	83,70	10,11	1,79	0,10	3,02	2,72

Continua...

3	19,23	69,37	23,15	1,55	0,00	5,28	3,17
4	19,65	61,19	23,50	1,13	0,00	5,37	3,22
5	20,23	74,30	16,15	1,07	6,10	3,92	2,35
6	19,18	91,50	8,72	1,08	20,00	2,32	1,39
7	20,39	81,80	18,66	1,56	0,00	4,20	2,52
8	22,13	71,20	16,67	0,98	0,00	4,11	2,46
9	24,63	60,37	22,63	0,86	0,00	5,54	3,32
10	26,47	48,58	23,32	0,84	0,00	6,03	3,62
11	27,15	51,84	20,30	1,31	0,00	5,93	3,56
12	28,16	54,25	17,79	2,75	0,00	6,34	3,80
13	21,52	90,60	5,96	2,26	21,10	2,45	1,47
14	23,04	80,20	22,46	1,03	0,10	5,24	3,14
15	24,44	76,60	16,67	0,84	0,00	4,25	2,55
16	25,06	75,40	17,36	2,53	0,00	4,83	2,90
17	22,34	91,20	10,19	3,19	12,40	2,82	1,69
18	23,06	84,80	10,28	2,88	5,00	2,93	1,76
19	21,57	90,80	5,79	2,66	0,20	1,95	1,17
20	22,30	74,00	22,63	0,85	0,00	5,32	3,19
21	22,96	73,30	16,58	0,74	0,00	4,20	2,52
22	24,32	72,40	19,52	0,62	0,00	4,83	2,90
23	23,09	81,10	14,60	1,36	14,10	3,96	2,37
24	21,46	92,40	8,47	0,94	0,80	2,43	1,46
25	22,95	83,40	18,92	2,08	20,50	4,45	2,67
26	22,33	91,80	13,99	1,36	0,40	3,46	2,07
27	24,86	82,30	18,66	2,64	2,30	4,57	2,74
28	22,91	87,60	17,02	1,96	0,00	4,28	2,57
29	24,01	78,00	21,85	0,96	0,00	5,30	3,18
30	23,61	83,70	17,28	1,67	11,00	4,39	2,63

ANEXO 2: Dados obtidos no monitoramento da irrigação por sulcos.

Tabela 34: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 17/08/02 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
1,2	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
3,4	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
5,6	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
7,8	0-20	0,14	0,19	0,17	3,95	23,89	33,05
	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
9,10	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
11,12	0-20	0,14	0,19	0,17	3,95	23,89	33,05
	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
13,14	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
15,16	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
17,18	0-20	0,17	0,10	0,13	4,67	34,78	26,86
	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
19,20	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	20-40	0,25	perdido	0,25	-	-	50,63
	40-60	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
21,22	0-20	0,19	perdido	0,19	-	-	38,64
	20-40	perdido	0,31	0,31	-	-	61,25
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
23,24	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76

Tabela 35: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 18/08/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,31	0,17	0,24	9,82	41,47	47,36
1,2	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
7,8	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	perdido	0,22	-	-	43,85
9,10	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
11,12	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
15,16	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	perdido	0,19	-	-	38,64
17,18	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
19,20	20-40	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
21,22	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
23,24	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,54	0,31	0,42	16,46	38,95	84,53

Tabela 36: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/08/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
1,2	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
3,4	20-40	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
7,8	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
9,10	20-40	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
11,12	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
13,14	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
17,18	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
21,22	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
23,24	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25

Tabela 37: Média ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 20/08/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
1,2	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
3,4	20-40	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
7,8	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,10	0,15	6,50	44,14	29,45
9,10	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
11,12	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
13,14	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
17,18	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
21,22	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
23,24	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55

Tabela 38: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 22/08/02 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	perdido	0,17	0,17	-	-	33,47
1,2	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
3,4	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	perdido	0,25	0,25	-	-	50,63
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
7,8	20-40	0,25	perdido	0,25	-	-	50,63
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,10	0,15	6,50	44,14	29,45
9,10	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
11,12	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
13,14	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
15,16	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,10	0,13	4,67	34,78	26,86
17,18	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
19,20	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	perdido	0,19	-	-	38,64
21,22	20-40	perdido	0,31	0,31	-	-	61,25
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
23,24	20-40	0,25	0,31	0,28	3,76	13,46	55,92
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55

Tabela 39: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 23/08/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,25	0,17	0,21	6,07	28,86	42,05
1,2	20-40	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94
	40-60	0,31	perdido	0,31	--	-	61,25
	0-20	0,25	0,17	0,21	6,07	28,86	42,05
3,4	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
5,6	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
9,10	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
11,12	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,31	0,17	0,24	9,82	41,47	47,36
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
15,16	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
19,20	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
21,22	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
23,24	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55

Tabela 40: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 24/08/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
1,2	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
3,4	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
7,8	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,10	0,15	6,50	44,14	29,45
9,10	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
11,12	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	perdido	0,17	-	-	33,47
13,14	20-40	0,31	perdido	0,31	-	-	61,25
	40-60	0,25	perdido	0,25	-	-	50,63
	0-20	0,14	0,22	0,18	5,79	32,49	35,66
15,16	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
17,18	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
23,24	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55

Tabela 41: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 25/08/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
1,2	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
9,10	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
11,12	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
13,14	20-40	0,25	0,17	0,21	6,07	28,86	42,05
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
15,16	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
17,18	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
19,20	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
21,22	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
23,24	20-40	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63

Tabela 42: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 05/09/02 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
1,2	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
3,4	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
5,6	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
7,8	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
9,10	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
11,12	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
13,14	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
15,16	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
17,18	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
21,22	20-40	perdido	0,25	0,25	-	-	50,60
	40-60	0,25	perdido	0,25	-	-	50,63
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
23,24	20-40	perdido	0,25	0,25			50,63
	40-60	0,22	0,39	0,31	12,39	40,36	61,37

Tabela 43: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 06/09/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
1,2	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
3,4	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
7,8	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	perdido	0,22	-	-	43,85
9,10	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
11,12	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
15,16	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
17,18	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
19,20	20-40	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
23,24	20-40	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76

Tabela 44: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 07/09/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94
1,2	20-40	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
3,4	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
5,6	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
7,8	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
9,10	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
11,12	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
15,16	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
17,18	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
19,20	20-40	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
21,22	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
23,24	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55

Tabela 45: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 08/09/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	perdido	0,19	0,19			38,64
1,2	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
3,4	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
7,8	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,14	0,18	5,79	32,49	35,66
9,10	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
11,12	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,25	0,17	0,21	6,07	28,86	42,05
15,16	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
17,18	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
23,24	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,19	0,31	0,25	7,99	32,01	49,94

Tabela 46: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/09/02 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,81	10,07	36,03
1,2	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,01	0,07	38,62
3,4	20-40	0,22	0,22	0,22	0,02	0,09	43,83
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
7,8	20-40	perdido	0,25	0,25	-	-	50,60
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,10	0,15	6,50	44,14	29,45
9,10	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
11,12	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
13,14	20-40	0,25	0,17	0,21	6,07	28,86	42,05
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,14	0,17	3,95	23,89	33,05
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
17,18	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,25	perdido	0,25	-	-	50,63
	40-60	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
21,22	20-40	0,31	perdido	0,31	-	-	61,25
	40-60	0,39	0,19	0,29	14,23	48,43	58,76
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
23,24	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94

Tabela 47: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 20/09/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
1,2	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,81	10,07	36,03
5,6	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
9,10	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
11,12	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,81	10,07	36,03
13,14	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
15,16	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,01	0,07	38,62
17,18	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
19,20	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
21,22	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
23,24	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94

Tabela 48: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 21/09/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
1,2	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
3,4	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
5,6	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
7,8	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,31	0,14	0,22	11,94	53,84	44,36
9,10	20-40	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	40-60	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	0-20	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
11,12	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
13,14	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94
15,16	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,14	0,18	5,79	32,49	35,66
17,18	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
19,20	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
21,22	20-40	0,77	0,54	0,65	16,16	24,74	130,66
	40-60	0,31	0,54	0,42	16,46	38,95	84,53
	0-20	0,25	0,17	0,21	6,07	28,86	42,05
23,24	20-40	0,77	0,39	0,58	26,39	45,42	116,20
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94

Tabela 49: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 22/09/02 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
1,2	20-40	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
3,4	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
5,6	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
7,8	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,25	0,14	0,20	8,19	41,94	39,05
9,10	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
11,12	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,39	0,19	0,29	14,23	48,43	58,76
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
15,16	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,14	0,18	5,79	32,49	35,66
17,18	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
19,20	20-40	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
21,22	20-40	0,54	0,54	0,54	0,00	0,00	107,81
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,25	0,17	0,21	6,07	28,86	42,05
23,24	20-40	0,54	0,39	0,47	10,23	21,91	93,35
	40-60	0,54	0,39	0,47	10,23	21,91	93,35

Tabela 50: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/09/03 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
1,2	20-40	0,22	perdido	0,22			43,85
	40-60	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
3,4	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
5,6	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
7,8	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
11,12	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
15,16	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
17,18	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
21,22	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60		0,31	0,31			61,25
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
23,24	20-40	0,19	perdido	0,19			38,64
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25

Tabela 51: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 20/09/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
1,2	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
7,8	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
9,10	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
11,12	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
13,14	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	perdido	0,39			78,88
	0-20	perdido	0,19	0,19			38,64
15,16	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
21,22	20-40	0,31	perdido	0,31			61,25
	40-60	perdido	0,39	0,39			78,88
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
23,24	20-40	0,22	perdido	0,22			43,85
	40-60	0,25	perdido	0,25			50,63

Tabela 52: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 21/09/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
1,2	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
3,4	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
5,6	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
7,8	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	perdido	0,25			50,63
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	perdido	0,19	0,19			38,64
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
11,12	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	perdido	0,39	0,39			78,88
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
15,16	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	perdido	0,25	0,25			50,63
	0-20	0,17	perdido	0,17			33,47
21,22	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	perdido	0,19	0,19			38,64
	0-20	0,17	perdido	0,17			33,47
23,24	20-40	0,19	perdido	0,19			38,64
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25

Tabela 53: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$), desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 22/09/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
1,2	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
3,4	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
5,6	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
7,8	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
11,12	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	perdido	0,19			38,64
15,16	20-40	0,22	perdido	0,22			43,85
	40-60	0,25	perdido	0,25			50,63
	0-20	0,17	perdido	0,17			33,47
17,18	20-40	0,25	perdido	0,25			50,63
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	perdido	0,22	0,22			43,85
	40-60	perdido	0,31	0,31			61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
21,22	20-40	0,22	perdido	0,22			43,85
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
23,24	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25

Tabela 54: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 26/09/03 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
1,2	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,17	0,22	0,19	3,67	18,99	38,66
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
7,8	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
9,10	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
11,12	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
15,16	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
19,20	20-40	0,19	0,31	0,25	7,99	32,01	49,94
	40-60	perdido	0,31	0,31			61,25
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
23,24	20-40	0,22	perdido	0,22			43,85
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25

Tabela 55: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 27/09/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
1,2	20-40	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
3,4	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
5,6	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
7,8	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
9,10	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
11,12	20-40	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
13,14	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	perdido	0,39			78,88
	0-20	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
15,16	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
17,18	20-40	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
19,20	20-40	0,22	0,39	0,31	12,39	40,36	61,37
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
21,22	20-40	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
23,24	20-40	0,22	perdido	0,22			43,85
	40-60	0,39	perdido	0,39			78,88

Tabela 56: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 28/09/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
1,2	20-40	0,25	perdido	0,25			50,63
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
3,4	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
7,8	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
9,10	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
11,12	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	perdido	0,31	0,31			61,25
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
21,22	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
23,24	20-40	0,22	perdido	0,22			43,85
	40-60	0,25	perdido	0,25			50,63

Tabela 57: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 29/09/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
1,2	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
5,6	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
7,8	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,22	0,19	3,67	18,99	38,66
9,10	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	perdido	0,17			33,47
11,12	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
17,18	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
19,20	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	perdido	0,31	0,31			61,25
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	perdido	0,22	0,22			43,85
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
23,24	20-40	0,19	perdido	0,19			38,64
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25

Tabela 58: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 02/10/03 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
1,2	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
3,4	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
5,6	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
11,12	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
15,16	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
21,22	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,14	0,19	0,17	3,95	23,89	33,05
23,24	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63

Tabela 59: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 03/10/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
1,2	20-40	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
3,4	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
7,8	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
9,10	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
11,12	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
17,18	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	perdido	0,31	0,31			61,25
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
23,24	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94

Tabela 60: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 04/10/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
1,2	20-40	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
3,4	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
5,6	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,17	0,19	3,67	18,99	38,66
7,8	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,22	0,19	3,67	18,99	38,66
9,10	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
11,12	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	0,19	0,31	0,25	7,99	32,01	49,94
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,14	0,19	0,17	3,95	23,89	33,05
23,24	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63

Tabela 61: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 05/10/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
1,2	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,17	0,22	0,19	3,67	18,99	38,66
	40-60	perdido	0,25	0,25			50,63
	0-20	0,17	0,22	0,19	3,67	18,99	38,66
5,6	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
11,12	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,14	0,19	0,17	3,95	23,89	33,05
13,14	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
15,16	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
17,18	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	0,19	0,31	0,25	7,99	32,01	49,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
21,22	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,39	0,22	0,31	12,39	40,36	61,37
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
23,24	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24

Tabela 62: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 16/10/03 antes da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
1,2	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
3,4	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
11,12	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
15,16	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,14	0,15	2,12	13,92	30,47
17,18	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
19,20	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	perdido	0,25	0,25			50,63
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
21,22	20-40	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
23,24	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63

Tabela 63: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 17/10/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
1,2	20-40	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
3,4	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,31	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,19	0,31	0,25	7,99	32,01	49,94
5,6	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
7,8	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
9,10	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
11,12	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
13,14	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
19,20	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	perdido	0,25	0,25			50,63
	0-20	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
21,22	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
23,24	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63

Tabela 64: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 18/10/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
1,2	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,39	0,39	0,39	0,00	0,00	78,88
	0-20	0,17	0,22	0,19	3,67	18,99	38,66
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,39	0,25	0,32	9,99	30,85	64,76
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
11,12	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
13,14	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	perdido	0,31			61,25
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
15,16	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
17,18	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
19,20	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
21,22	20-40	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
23,24	20-40	0,22	0,25	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55

Tabela 65: Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) , desvio padrão (%) e coeficiente de variação (%) das umidades com base em volume calculadas e a lâmina média (mm) no sulco de irrigação, para o dia 19/10/03 depois da irrigação.

Sondas	Camada (cm)	Umidade Linha 1 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Linha 2 ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Umidade Média ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)	Lâm. Média (mm)
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
1,2	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,31	0,22	0,26	6,15	23,40	52,55
	0-20	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
3,4	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,22	0,19	3,67	18,99	38,66
5,6	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,19	0,17	0,18	1,83	10,13	36,05
7,8	20-40	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	40-60	0,22	0,22	0,22	0,00	0,00	43,85
	0-20	0,17	0,19	0,18	1,83	10,13	36,05
9,10	20-40	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
	40-60	0,31	0,39	0,35	6,24	17,80	70,06
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
11,12	20-40	0,22	0,19	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,25	0,25	0,25	0,00	0,00	50,63
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
13,14	20-40	0,19	0,22	0,21	1,84	8,94	41,24
	40-60	0,25	0,31	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,17	0,17	0,17	0,00	0,00	33,47
15,16	20-40	0,19	0,25	0,22	4,24	19,00	44,63
	40-60	0,31	0,31	0,31	0,00	0,00	61,25
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
17,18	20-40	0,25	0,22	0,24	2,40	10,15	47,24
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,14	0,14	0,14	0,00	0,00	27,47
19,20	20-40	0,19	0,31	0,25	7,99	32,01	49,94
	40-60	0,31	0,25	0,28	3,75	13,42	55,94
	0-20	0,19	0,19	0,19	0,00	0,00	38,64
21,22	20-40	0,25	0,39	0,32	9,99	30,85	64,76
	40-60	0,31	0,19	0,25	7,99	32,01	49,94
	0-20	0,14	0,17	0,15	2,12	13,92	30,47
23,24	20-40	0,22	0,31	0,26	6,15	23,40	52,55
	40-60	0,25	0,19	0,22	4,24	19,00	44,63

ANEXO 3: Dados dos parâmetros monitorados na qualidade da água.

Tabela 66: Dados de qualidade da água das oito variáveis monitoradas de setembro de 2003 a setembro de 2004.

Período de Coleta	Pontos	Nitr. Amon. (mg.L ⁻¹)	Amônia (mg.L ⁻¹)	Nitrato (mg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	CE (mS.cm ⁻¹)	pH	Sól. Sus. (mg.L ⁻¹)	Turb. (UNT)
SETEMBRO/03	1	0,00	0,00	0,00	1,07	0,01	5,81	0,00	1,43
	2	0,02	0,02	0,00	1,11	0,01	5,53	8,33	2,80
	3	0,01	0,02	0,03	0,35	0,04	6,01	8,33	9,56
	4	0,03	0,04	0,07	0,93	0,01	6,55	0,00	6,63
	5	0,04	0,05	0,07	1,61	0,01	6,64	0,00	6,34
	6	0,05	0,06	0,10	1,13	0,02	6,40	0,00	6,11
OUTUBRO/03	1	0,01	0,02	0,03	0,00	0,01	6,38	16,67	7,32
	2	0,13	0,15	0,10	0,00	0,01	7,24	25,00	3,89
	3	0,10	0,12	0,07	0,00	0,04	7,20	81,67	3,42
	4	0,08	0,10	0,10	0,11	0,02	6,17	41,67	13,23
	5	0,08	0,09	0,17	0,11	0,01	6,93	16,67	18,56
	6	0,12	0,15	0,33	0,00	0,02	7,70	0,00	7,38
NOVEMBRO/03	1	0,00	0,00	0,00	0,23	0,01	4,68	25,00	7,87
	2	0,03	0,04	0,07	0,16	0,01	6,72	33,33	3,63
	3	0,04	0,06	0,13	0,36	0,05	6,33	25,00	11,87
	4	0,01	0,02	0,07	0,35	0,01	6,35	65,83	13,97
	5	0,04	0,05	0,07	0,32	0,01	6,37	25,80	6,61
	6	0,05	0,07	0,07	0,30	0,03	6,16	33,33	12,63
DEZEMBRO/03	1	0,02	0,02	0,00	0,38	0,01	5,20	16,67	8,87
	2	0,14	0,17	0,17	0,31	0,01	7,34	0,00	3,45
	3	0,21	0,26	0,17	0,12	0,06	8,46	8,33	15,67
	4	0,11	0,14	0,20	0,29	0,01	7,74	8,33	6,80
	5	0,09	0,11	0,13	0,34	0,01	8,66	8,33	5,56
	6	0,36	0,43	0,47	0,46	0,03	8,85	0,00	12,03
JANEIRO/04	1	0,00	0,00	0,00	0,46	0,01	5,79	8,33	5,90
	2	0,05	0,07	0,03	0,38	0,01	8,33	0,00	3,95
	3	0,02	0,02	0,00	0,29	0,04	9,48	25,00	24,87
	4	0,00	0,00	0,03	0,33	0,02	8,59	8,33	5,67
	5	0,00	0,08	0,07	0,42	0,01	8,21	16,67	12,79
	6	0,01	0,17	0,27	0,34	0,03	10,37	0,00	8,92
FEVEREIRO/04	1	0,08	0,10	0,13	0,35	0,01	5,25	8,33	3,91
	2	0,02	0,02	0,03	0,35	0,01	5,13	0,00	9,31
	3	0,03	0,03	0,10	0,32	0,03	9,03	25,00	27,80
	4	0,01	0,05	0,30	0,27	0,01	6,92	8,33	5,35
	5	0,02	0,03	0,17	0,59	0,02	6,53	25,00	7,78
	6	0,16	0,20	0,20	0,33	0,02	7,55	25,00	42,73

MARÇO/04	1	0,00	0,00	0,13	0,38	0,01	3,30	8,33	10,88
	2	0,00	0,00	0,20	0,22	0,02	3,89	8,33	9,59
	3	0,00	0,00	0,13	0,52	0,03	4,67	16,67	16,30
	4	0,00	0,00	0,17	0,52	0,01	4,16	25,00	15,45
	5	0,00	0,00	0,10	0,62	0,01	4,60	41,67	22,43
	6	0,00	0,00	0,27	0,48	0,03	4,15	8,33	28,57
ABRIL/04	1	0,14	0,17	0,10	0,37	0,01	6,76	0,00	4,55
	2	0,12	0,14	0,17	0,37	0,01	7,51	0,00	1,95
	3	0,18	0,22	0,20	0,70	0,03	8,20	8,33	7,20
	4	0,25	0,30	0,27	0,39	0,02	7,91	8,33	9,22
	5	0,19	0,23	0,20	0,51	0,01	8,22	8,33	9,99
	6	0,35	0,43	0,33	0,72	0,02	7,65	8,33	9,63
MAIO/04	1	0,00	0,00	0,20	0,27	0,01	9,62	8,33	1,79
	2	0,05	0,06	0,23	0,37	0,01	9,74	0,00	4,42
	3	0,13	0,16	0,27	0,44	0,03	11,31	16,67	11,53
	4	0,09	0,03	0,23	0,29	0,01	5,48	8,33	4,98
	5	0,05	0,06	0,33	0,42	0,01	10,60	8,33	7,30
	6	0,41	0,49	0,53	0,51	0,02	11,29	16,67	33,20
JUNHO/04	1	0,00	0,00	0,00	0,19	0,01	5,71	8,33	0,09
	2	0,00	0,00	0,00	0,37	0,01	5,34	33,33	0,17
	3	0,00	0,00	0,03	0,47	0,02	6,10	16,67	0,11
	4	0,00	0,00	0,07	0,42	0,01	5,45	16,67	0,11
	5	0,00	0,00	0,07	0,51	0,01	5,89	25,00	0,20
	6	0,04	0,05	0,17	0,42	0,01	6,18	41,67	0,25
JULHO/04	1	0,00	0,00	0,00	0,45	0,01	4,68	58,33	0,32
	2	0,00	0,00	0,07	0,78	0,01	4,95	83,33	0,27
	3	0,01	0,02	0,10	0,68	0,02	5,74	8,33	0,22
	4	0,00	0,00	0,00	0,88	0,01	5,25	25,00	0,19
	5	0,00	0,00	0,00	0,90	0,01	5,63	25,00	0,32
	6	0,02	0,03	0,13	0,90	0,02	6,09	8,33	0,37
AGOSTO/04	1	0,00	0,00	0,03	0,42	0,01	4,56	50,00	1,97
	2	0,00	0,00	0,07	0,58	0,01	5,20	0,00	1,07
	3	0,20	0,24	0,10	0,54	0,02	5,83	66,67	15,13
	4	0,06	0,08	0,10	0,39	0,01	5,48	0,00	4,42
	5	0,08	0,10	0,00	0,60	0,01	5,81	0,00	6,69
	6	0,18	0,22	0,37	0,76	0,02	6,21	8,33	11,30
SETEMBRO/04	1	0,00	0,00	0,07	0,33	0,01	5,27	0,00	2,54
	2	0,08	0,10	0,00	0,54	0,01	5,60	8,33	1,87
	3	0,20	0,25	0,07	0,43	0,03	5,99	16,67	14,30
	4	0,11	0,13	0,23	0,93	0,01	5,76	0,00	6,14
	5	0,16	0,19	0,23	0,53	0,01	5,99	8,33	7,12
	6	0,13	0,16	0,33	0,39	0,02	6,32	0,00	8,10