

Programa de Pós-graduação em Agronomia

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E MONITORAMENTO
DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO
CÓRREGO DO IPÊ, ILHA SOLTEIRA, SP**

Gilmar Oliveira Santos

Orientador: Fernando Braz Tangerino Hernandez

ILHA SOLTEIRA - SP

FEVEREIRO/2012

Programa de Pós-graduação em Agronomia

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E MONITORAMENTO
DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO
CÓRREGO DO IPÊ, ILHA SOLTEIRA, SP**

Gilmar Oliveira Santos

Orientador: Fernando Braz Tangerino Hernandez

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP - Campus de Ilha Solteira, para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Especialidade: Sistemas de Produção

ILHA SOLTEIRA - SP

FEVEREIRO/2012

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

S237u Santos, Gilmar Oliveira.
Uso e ocupação do solo e monitoramento dos recursos hídricos na microbacia do córrego do ipê, ilha solteira, sp / Gilmar Oliveira Santos. Ilha Solteira : [s.n.], 2012
164 f. : il.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2012

Orientador: Fernando Braz Tangerino Hernandez
Inclui bibliografia

1. Solo-Uso. 2. Qualidade da água. 3. Correlação (Estatística).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

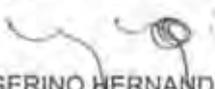
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Uso e ocupação do solo e monitoramento dos recursos hídricos na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP

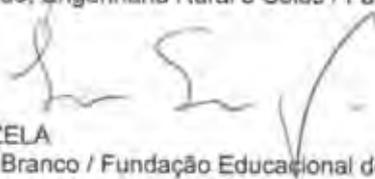
AUTOR: GILMAR OLIVEIRA SANTOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA ,
Área: SISTEMAS DE PRODUÇÃO, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. FERNANDO BRAZ TANGERINO HERNANDEZ
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. MAURÍCIO AUGUSTO LEITE
Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira


Prof. Dr. LUIZ SÉRGIO VANZELA
Universidade Camilo Castelo Branco / Fundação Educacional de Fernandópolis

Data da realização: 03 de fevereiro de 2012.

Dedico

Ao meu Pai Idesi Baltazar dos Santos, minha Mãe Lourdes Aparecida Oliveira Santos, meu Irmão Duílio Júlio Oliveira Santos, minha Cunhada Mariane Santos Ferreira Santos e ao meu Sobrinho e Afilhado Felipe Ferreira Santos, que no período de desenvolvimento deste trabalho tiveram paciência e compreensão, além de muito carinho, amor e atenção, abrindo mão de diversas atividades para assegurar o meu bem estar e ao mesmo tempo me ensinando através de seus exemplos de vida, “Lutar sempre, Desistir nunca”.

Agradecimentos

A DEUS, pelo conhecimento, saúde, força e coragem, principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao Professor, Orientador e amigo Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez, por sua valiosa orientação, apoio, confiança e dedicação.

A todos da família Oliveira e Santos, e aos que de forma direta e indireta contribuíram para a realização deste.

Aos amigos, colegas e professores Luiz Vanzela, Fabiano Barbosa, Angelo Veiga, Rodolfo Gazola, Raíssa Dinalli, Jean Mariano, Renato Franco, Diego Feitosa, Gustavo Barboza, Marcus Damião, Ronaldo Cintra, Adriana Lacerda, Álvaro Salles, Paulo de Tarso, Tamiris Azóia, Emanoele Amendola, Renata Moura, Daniel Gonçalves, Alex Palombo, Daniela Cintra, Atilio Guimarães, Guilherme Santana, Maurício Leite, João Zocoler, Tsunao Matsumoto e principalmente aqueles que tiveram paciência de compartilhar o conhecimento e me auxiliar nas coletas de campo mesmo nos dias em que a temperatura registrava 4,4°C.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq pelo auxílio financeiro, credibilidade e confiança na proposta apresentada.

E a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para que este trabalho se tornasse uma realidade.

“Há momentos em que a maior sabedoria é parecer não saber nada”

Sun Tzu

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO IPÊ, ILHA SOLTEIRA, SP

Autor: Gilmar Oliveira Santos

Orientador: Fernando Braz Tangerino Hernandez

RESUMO

O Brasil possui um grande potencial hídrico, porém, apresenta deficiência em termos de monitoramento qualitativo e quantitativo das águas e conhecimento do entorno que possam acarretar em impactos ambientais. Assim, este trabalho teve como propósito apresentar o uso e ocupação do solo e as áreas com uso em conflito e as respectivas influências no monitoramento qualitativo e quantitativo das águas para fins de irrigação na microbacia do córrego do Ipê, município de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo. Determinou-se o uso e ocupação do solo nos anos de 1978 e 2011 a partir de fotografias aéreas e por fusão de imagens de satélite CBERS 2B HRC e Landsat-5, respectivamente. Os períodos de análise qualitativos das águas foram realizados de 2006 a 2011 e quantitativo de 2009 a 2011. Foram georreferenciados quatro pontos de monitoramento na microbacia. A relação entre uso e ocupação do solo e o monitoramento qualitativo foi obtido através da correlação de Pearson. A microbacia apresentou drástica mudança de uso e ocupação do solo, sendo o predomínio da pastagem ocupada pela cultura da cana-de-açúcar, além de apresentar mais de 62% das áreas de preservação permanente em conflito com uso antrópico. O ferro total foi o parâmetro que apresentou maior potencial de geração de danos aos sistemas de irrigação e os coliformes fecais e totais apresentaram valores preocupantes, principalmente nos pontos 3 e 4 de monitoramento, influenciando o desempenho dos sistemas de irrigação e impactando no consumo e em alimentos *in natura*. O manancial apresentou disponibilidade hídrica acima da vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos durante todo o período de monitoramento. As reduzidas áreas de preservação permanente, a má conservação do solo e a expansão desordenada das áreas urbanas resultaram na deterioração da qualidade e disponibilidade hídrica, gerando impactos sócio-econômico e ambiental a região, uma vez que parte da microbacia é área de interesse estratégico para a expansão urbana prevista pelo Plano Diretor Municipal e ao mesmo tempo potencial de crescimento da agricultura irrigada.

Palavras-chave: Uso do solo. Qualidade da água. Correlação estatística.

USE AND OCCUPATION OF THE SOIL AND MONITORING OF WATER RESOURCES IN THE STREAM OF WATERSHED IPÊ , ILHA SOLTEIRA, SP

ABSTRACT

Brazil has a large hydro potential, although, deficient in terms of qualitative and quantitative monitoring of water and knowledge of the environment that may result in environmental impacts. This study aimed to provide qualitative and quantitative monitoring of water for irrigation purposes and the influences caused by the use and occupation of land in the watershed of the stream of Ipê, city of Ilha Solteira, northwest of São Paulo. It was determined the use and occupation of land in the years 1978 and 2011 from aerial photographs and satellite images fusion of CBERS 2B HRC and Landsat-5, respectively. The periods of analysis of water quality were conducted from 2006 to 2011 and from 2009 to 2011 quantitatively. Four points were georeferenced monitoring in the watershed. To see the influences used the Pearson correlation. The watershed had a drastic change in the use and occupation, and the predominance of grazing leading to culture of cane sugar, which in both tests was obtained over 62% of permanent preservation areas in conflict with anthropic use. The total iron was the parameter with the highest power generation of damage to irrigation systems and fecal coliforms and total values were worrying, especially in sections 3 and 4 monitoring, influencing the performance of irrigation systems and impacting on consumption and fresh food. The spring water availability presented above the $Q_{7,10}$ throughout the monitoring period. The small permanent preservation areas, poor soil conservation and uncontrolled expansion of urban areas resulted in the deterioration of water quality and availability, generating socio-economic and environmental area, since it is part of the watershed areas of strategic interest is to urban expansion planned by director's town while the growth potential of irrigated agriculture.

Keywords: Land use. Water quality. Statistical correlation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Microbacia do córrego do Ipê com os respectivos pontos de monitoramento.....	46
Figura 2- Valores médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento para a região de Ilha Solteira, SP - 1991 a 2011.....	49
Figura 3- Valor médio diário da evapotranspiração de referência e chuva mensal para a região de Ilha Solteira, SP - 1991 a 2011.	49
Figura 4- Estrato do balanço hídrico médio mensal para a região de Ilha Solteira - SP.	50
Figura 5- Microbacia do córrego do Ipê com suas respectivas sub-bacias e pontos de monitoramento.....	52
Figura 6- Sub-bacia 1 da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	53
Figura 7- Ponto 1 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	54
Figura 8- Sub-bacia 2 da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	55
Figura 9- Ponto 2 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	56
Figura 10- Sub-bacia 3 da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	57
Figura 11- Ponto 3 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP e entulhos encontrado no local.	58
Figura 12- Microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	59
Figura 13- Ponto 4 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP....	60
Figura 14- Material utilizado em campo para coleta de água para análise qualitativa e quantitativa.	61
Figura 15- Medição da altura da seção molhada e a espera do flutuador (a) e medição pelo molinete hidrométrico (b).	64
Figura 16- Perfil transversal da galeria no ponto de monitoramento 3 (a) e do canal no ponto de monitoramento 4 (b).	65
Figura 17- Condições normais do leito (18/02/2011) (a) e enchente (01/02/2011) (b) no ponto 4 de monitoramento.	66
Figura 18- Esboço da figura de três eixos obtida através do programa Microsoft Excel.....	68
Figura 19- Análise dos dados estatísticos SPSS através do gráfico <i>boxplot</i>	69
Figura 20- Espacialização do uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.	71
Figura 21- Espacialização das áreas de conflito com APP na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.	73

Figura 22- Espacialização do uso e ocupação do solo na sub-bacia 1 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	75
Figura 23- Espacialização do uso e ocupação do solo na sub-bacia 2 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	77
Figura 24- Espacialização do uso e ocupação do solo na sub-bacia 3 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	79
Figura 25- Espacialização do uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	80
Figura 26- Espacialização das áreas de conflito com APP na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	82
Figura 27- Espacialização das áreas com matas na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.	84
Figura 28- Áreas com matas na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	85
Figura 29- Comportamento dos sólidos dissolvidos na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	88
Figura 30- Concentração de sólidos dissolvidos no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	89
Figura 31- Comportamento dos sólidos suspensos na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	91
Figura 32- Concentração de sólidos suspensos no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	92
Figura 33- Comportamento dos sólidos totais na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	94
Figura 34- Concentração de sólidos totais no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	95
Figura 35- Comportamento da turbidez na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	98
Figura 36- Concentração da turbidez no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	99
Figura 37- Comportamento da temperatura na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	101
Figura 38- Temperatura da água no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	102
Figura 39- Comportamento do pH na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	104

Figura 40- Concentração de pH no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.....	105
Figura 41- Comportamento da condutividade elétrica na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	107
Figura 42- Quantificação da condutividade elétrica no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.....	108
Figura 43- Comportamento do ferro total na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011...	110
Figura 44- Concentração de ferro total no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.....	111
Figura 45- Comportamento do oxigênio dissolvido na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	115
Figura 46- Concentração de oxigênio dissolvido no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.....	116
Figura 47- Comportamento do cálcio na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.....	118
Figura 48- Concentração de cálcio no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	119
Figura 49- Comportamento do magnésio na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011...	120
Figura 50- Concentração de magnésio no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.....	121
Figura 51- Concentração de dureza total no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.....	122
Figura 52- Comportamento do nitrito na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.....	124
Figura 53- Concentração de nitrito no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.	125
Figura 54- Comportamento do nitrato na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.....	127
Figura 55- Concentração de nitrato no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.	128
Figura 56- Comportamento do sulfato na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.....	130
Figura 57- Concentração de sulfato no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.	131
Figura 58- Comportamento dos coliformes totais na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	133
Figura 59- Concentração de coliformes totais no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.....	134

Figura 60- Comportamento dos coliformes fecais na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.	136
Figura 61- Concentração de coliformes fecais no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.....	138
Figura 62- Comportamento da vazão nos pontos de amostragem da microbacia do córrego do Ipê - 2009 a 2011.	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Limites máximos permissíveis de coliformes fecais e totais para água destinadas a irrigação.	41
Tabela 2- Quantificação do uso e ocupação do solo no município de Ilha Solteira no ano de 2001.	47
Tabela 3- Caracterização climática da região de Ilha Solteira - SP.....	48
Tabela 4- Caracterização fisiográfica da sub-bacia 1 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	54
Tabela 5- Caracterização fisiográfica da sub-bacia 2 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	55
Tabela 6. Caracterização fisiográfica da sub-bacia 3 do córrego do Ipê, Ilha Solteira-SP.	57
Tabela 7- Caracterização fisiográfica da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.....	59
Tabela 8- Síntese das metodologias, equipamentos e precisão nas análises de qualidade de água para fins de irrigação.....	63
Tabela 9- Parâmetros avaliados, os limites estabelecidos e os problemas relacionados a classificação da água para irrigação.	67
Tabela 10- Valores mínimos, máximos e médios do parâmetro analisado na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	68
Tabela 11- Quantificação do uso e ocupação do solo na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.	70
Tabela 12- Quantificação das áreas de conflito do uso do solo com as áreas de preservação permanente na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.....	73
Tabela 13- Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia 1 do córrego do Ipê no ano de 2011.	75
Tabela 14- Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia 2 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	76
Tabela 15- Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia 3 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	78
Tabela 16- Quantificação do uso e ocupação do solo na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.	80
Tabela 17- Quantificação das áreas de conflito do uso do solo com as áreas de preservação permanente na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.....	82
Tabela 18- Quantificação das áreas de matas na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.....	84

Tabela 19- Valores mínimos, máximos e médios de sólidos dissolvidos na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	87
Tabela 20- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de sólidos dissolvidos nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	89
Tabela 21- Valores mínimos, máximos e médios de sólidos suspensos na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	90
Tabela 22- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de sólidos suspensos nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	93
Tabela 23- Valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	93
Tabela 24- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de sólidos totais nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	96
Tabela 25- Valores mínimos, máximos e médios de turbidez na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	97
Tabela 26- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de turbidez nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	100
Tabela 27- Valores mínimos, máximos e médios da temperatura na microbacia do córrego do Ipê, período de 2006 a 2011.	100
Tabela 28- Valores mínimos, máximos e médios de pH na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	103
Tabela 29- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações do pH nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	105
Tabela 30- Valores mínimos, máximos e médios de condutividade elétrica na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	106
Tabela 31- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações da condutividade elétrica nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	109
Tabela 32- Valores mínimos, máximos e médios de ferro total na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	109
Tabela 33- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de ferro total nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	113

Tabela 34- Valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	114
Tabela 35- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de oxigênio dissolvido nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	116
Tabela 36- Valores mínimos, máximos e médios de cálcio e magnésio na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	117
Tabela 37- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de cálcio nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	119
Tabela 38- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de magnésio nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	121
Tabela 39- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de dureza total nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	123
Tabela 40- Valores mínimos, máximos e médios de nitrito na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2010 a 2011.	124
Tabela 41- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de nitrito nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	126
Tabela 42- Valores mínimos, máximos e médios de nitrato na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2010 a 2011.	126
Tabela 43- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de nitrato nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	128
Tabela 44- Valores mínimos, máximos e médios de sulfato na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2010 a 2011.	129
Tabela 45- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de sulfato nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	131
Tabela 46- Valores mínimos, máximos e médios de coliformes totais na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	132
Tabela 47- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de coliformes totais nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.	135
Tabela 48- Valores mínimos, máximos e médios de coliformes fecais na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.	136

Tabela 49- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de coliformes fecais nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.....	138
Tabela 50- Valores mínimos, máximos e médios da disponibilidade hídrica na microbacia do córrego do Ipê no período de 2009 a 2011.	139

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	22
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1.	Bacia hidrográfica como unidade de estudo.....	24
2.2.	Degradação das bacias hidrográficas e monitoramento ambiental.....	25
2.3.	Uso e ocupação do solo e sistema de informação geográfica.....	27
2.4.	Uso da água na microbacia	28
2.5.	Disponibilidade de água	29
2.6.	Qualidade de água	30
2.6.1.	Parâmetros físicos.....	32
2.6.1.1.	Sólidos	32
2.6.1.2.	Turbidez.....	33
2.6.1.3.	Temperatura.....	34
2.6.1.4.	Odor	34
2.6.2.	Parâmetros químicos.....	35
2.6.2.1.	Dureza total.....	35
2.6.2.2.	Oxigênio dissolvido	36
2.6.2.3.	Potencial de hidrogênio	37
2.6.2.4.	Condutividade elétrica.....	37
2.6.2.5.	Ferro total	38
2.6.2.6.	Sulfato.....	39
2.6.2.7.	Nitrato.....	40
2.6.2.8.	Nitrito	40
2.6.3.	Parâmetros biológicos.....	41
2.6.3.1.	Coliformes	41
2.7.	Sistemas de irrigação	42
2.8.	Problemática da microbacia do córrego do Ipê	43
3.	MATERIAL E MÉTODOS	46
3.1.	Localização da área de estudo	46
3.2.	Caracterização do uso e ocupação do município em estudo	47
3.3.	Caracterização sócio-econômica	47
3.4.	Caracterização geológica e vegetação remanescente	48
3.5.	Clima	48

3.6.	Uso e ocupação do solo	50
3.7.	Caracterização dos pontos de avaliação	52
3.8.	Coleta e análise de água.....	60
3.9.	Medição de vazão	64
3.10.	Análise dos dados	66
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	70
4.1.	Uso e ocupação da microbacia do córrego do Ipê	70
4.1.1.	Uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê nos anos de 1978.....	70
4.1.2.	Áreas de conflito com área de preservação permanente na microbacia do córrego do Ipêno ano de 1978	72
4.1.3.	Uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê no ano de 2011	74
4.1.4.	Espacialização das áreas de matas.....	84
4.2.	Parâmetros físicos de qualidade de água para fins de irrigação	87
4.2.1.	Sólidos dissolvidos	87
4.2.2.	Sólidos suspensos	90
4.2.3.	Sólidos totais	93
4.2.4.	Turbidez.....	97
4.2.5.	Temperatura.....	100
4.3.	Parâmetros químicos de qualidade de água para fins de irrigação	103
4.3.1.	Potencial hidrogeniônico	103
4.3.2.	Condutividade elétrica.....	106
4.3.3.	Ferro total	109
4.3.4.	Oxigênio dissolvido.....	113
4.3.5.	Cálcio, magnésio e dureza total.....	117
4.3.6.	Nitrito	123
4.3.7.	Nitrato.....	126
4.3.8.	Sulfato.....	129
4.4.	Parâmetros biológicos de qualidade de água para fins de irrigação	132
4.4.1.	Coliformes totais	132
4.3.2.	Coliformes fecais.....	135
4.5.	Disponibilidade hídrica	139
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	142
5.1.	Qualidade de água, uso e ocupação e benefícios hidro-agrícola e ambiental.....	142
6.	CONCLUSÕES	146

7.	REFERÊNCIAS	147
----	-------------------	-----

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o homem vive em um modelo de desenvolvimento econômico baseado na exploração dos recursos naturais, sendo um dos maiores objetivos do século a busca pelo equilíbrio ambiental (YOUNG, 2001). Os ambientes aquáticos, sempre foram e serão um dos recursos naturais mais explorados, devido a suas finalidades, com destaque para o abastecimento urbano, geração de energia, navegação, aquicultura, irrigação e a harmonia paisagística (MORAES; JORDÃO, 2002).

O acompanhamento dos recursos hídricos é uma ferramenta de auxílio na exploração sustentável dos mesmos. Neste contexto, a região noroeste paulista carece de um monitoramento dos recursos hídricos, sendo este, o primeiro passo para a elaboração de um banco de dados confiável e adequado que possa ser útil ao planejamento integrado dos recursos hídricos (TUNDISI, 2003). De acordo com Francisco e Carvalho (2004) o monitoramento de bacias hidrográficas de pequeno porte ainda é pouco usual no Brasil, porém, de extrema necessidade a fins de assegurar o desenvolvimento, principalmente local.

A microbacia do córrego do Ipê tem parte de sua área considerada de interesse estratégico para a expansão urbana prevista pelo Plano Diretor Municipal de Ilha Solteira e ao mesmo tempo potencial para o crescimento da agricultura irrigada.

A disponibilidade dos recursos hídricos foi tratada como prioridade durante muitos anos (POLETO; CARVALHO, 2005), pois, o aspecto qualitativo para uso agrícola começou a ganhar uma nova dimensão devido aos impactos associados ao alto poder de geração de danos aos sistemas de irrigação e principalmente na produção agrícola de consumo *in natura* (MOURA et al., 2011). Sendo assim, mananciais próximos às áreas urbanas merecem atenção especial devido à poluição difusa e lançamentos clandestinos acarretando na degradação dos mesmos (LIMA et al., 2004).

Segundo Lima et al. (2004) e Poleto, Carvalho e Matsumoto (2010) mananciais próximos às áreas urbanas, se tornam muito propícios à degradação ambiental acarretada pelo excesso de nutrientes e matéria orgânica que é carregado para os corpos hídricos, além da intensificação dos processos erosivos, resultando em assoreamento, eutrofização e contaminação das águas na maioria dos casos, assim, reduzindo a disponibilidade e qualidade do manancial.

Dentre os parâmetros qualitativos de maior potencial de geração de danos aos sistemas de irrigação na região noroeste paulista está o ferro total. Para Vanzela, Hernandez e Franco (2010) o parâmetro possui alto poder de obstrução física dos tubos e emissores dos sistemas de irrigação localizada. O ferro no solo, na ausência de oxigênio, se apresenta na forma solúvel (Fe^{2+}) e quando em contato com o ar, passa para a forma insolúvel (Fe^{3+}), alterando a coloração da água e favorecendo a obstrução dos sistemas de irrigação. Barboza et al. (2011) destaca a atenção a estes elementos que poderia comprometer a eficiência dos sistemas de irrigação em especial ao gotejamento e a microaspersão.

A degradação dos corpos hídricos pode limitar a produtividade agrícola e gerar desequilíbrio do ambiente de forma a afetar o crescimento sócio-econômico e ambiental. Para Brito et al. (2005) os recursos hídricos tendem a se tornar mais escassos caso não hajam ações energéticas visando melhorias da gestão da oferta e demanda de água.

Além do monitoramento, Nascimento et al. (2005) destacam o uso de geotecnologias como alternativa viável de se apurar com rigor as agressões ao meio ambiente e a importância das funções ambientais das áreas de preservação permanente (APP), as quais são justificadas por serem ambientes voltados a conservação da paisagem, fluxo gênico da fauna e da flora e por atuar como dissipador de energia erosiva das águas das chuvas.

Para Piroli et al. (2011) mudanças no uso e ocupação do solo, principalmente em APP, podem acarretar diversas consequências ambientais e econômicas, devido a redução na qualidade e disponibilidade hídrica. De acordo com Vanzela, Hernandez e Franco (2010) a ausência de planejamento do uso e ocupação do solo pode influenciar no aporte de sedimentos de uma determinada área.

Contudo, o planejamento integrado dos recursos hídricos é uma ferramenta indispensável para compatibilizar os diversos usos da água, nos diferentes setores produtivos e sendo necessário o monitoramento monitorando da disponibilidade e a qualidade hídrica, tornando o recurso disponível durante o ano todo (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Assim, este trabalho teve como propósito apresentar o uso e ocupação do solo e as áreas com uso em conflito e as respectivas influências nas variáveis qualitativas e quantitativas das águas para fins de irrigação na microbacia do córrego do Ipê, município de Ilha Solteira, noroeste do Estado de São Paulo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Bacia hidrográfica como unidade de estudo

O princípio da gestão dos recursos hídricos parte de uma unidade de gerenciamento conhecida como a bacia hidrográfica. Para Tucci (2004) a bacia hidrográfica é composta por um conjunto de vertentes e da rede de drenagem que se confluem até formar um único leito na foz. Garcez e Alvarez (1988) definem como um conjunto de áreas com declividade que converge a um único ponto do curso de água, ou seja, há a concentração de toda a vazão em uma única seção.

A bacia hidrográfica se constitui de um processo dinâmico onde envolve vários ciclos (água, carbono, entre outros), processos de formação, conservação e degradação do solo, evolução da biodiversidade (animais e plantas) e *habitats* de diversos seres vivos.

Os impactos ambientais gerados principalmente sobre os recursos hídricos, fez com que crescesse o valor da bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento e planejamento como um todo (NASCIMENTO; VILAÇA, 2008). Assim, desde 1997 com a implantação da Lei Federal de nº 9.433/97, as bacias hidrográficas se tornaram unidades de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos.

De acordo com Vilaça et al. (2009) as bacias hidrográficas tem sido adotadas como unidade de reconhecimento, caracterização e avaliação, a fim de facilitar a abordagem sobre os recursos hídricos. Os autores explicam ainda que estas podem passar por um processo de degradação natural, sendo na maioria das vezes, acelerado pela ação antrópica.

Um dos principais problemas gerados nas bacias hidrográficas é o uso e ocupação desordenado das áreas de preservação permanente e o uso clandestino deste recurso, o que acarreta na mínima conservação dos mesmos (BARBOZA, 2010). Com isso, o gerenciamento dos recursos hídricos deve envolver desde o poder público, os usuários e até a comunidade, onde possam levantar problemas, propor soluções e realizar as readequações ambientais.

Para Vilaça et al. (2009) a subdivisão de uma bacia hidrográfica em microbacias, possibilita uma melhor identificação, controle e estabelecimento de prioridades para atenuação ou mitigação dos impactos ambientais.

Além do conhecimento qualitativo e quantitativo de uma bacia hidrográfica, Lima e Santos (2009) explicam que é necessário o conhecimento dos componentes físicos e

climáticos, sejam eles naturais ou artificiais, constituindo um planejamento hidro-agrícola e ambiental.

2.2. Degradação das bacias hidrográficas e monitoramento ambiental

Os recursos hídricos representam um grande recurso ecológico, econômico e social para uma região (BARBOZA, 2010). De acordo com Hernandez (2007) a degradação dos corpos hídricos pode ser entendida como qualquer alteração do meio natural de forma que altere as condições química, física e biológica.

Segundo Candido (2008) a conotação negativa e/ou degradação está quase sempre relacionada às mudanças artificiais do ambiente que são provocadas pelo homem, sendo que as alterações naturais por si só, acontecem em menor escala e intensidade não são suficientes para degradarem um ambiente e sim, apenas causar pequenas mudanças.

Para Sánchez (2003) a ausência de conservação dos recursos hídricos está relacionado ao desenvolvimento econômico e populacional, o que evidencia a expansão das áreas impermeáveis, sendo que estas ocorrem na maioria das vezes próximos as cabeceiras e margens dos rios e lagos.

Os fatores que acarretam na degradação dos recursos hídricos vão além da industrialização e a urbanização. Para Bartholo (1994) e Araújo (2007) o uso inadequado do solo, o uso de agrotóxicos, o desmatamento, os processos erosivos, enchentes, o crescimento populacional e uso de áreas conflitantes são os principais fatores que afetam na degradação ambiental dos corpos hídricos. Poletto (2003) define a expansão das áreas urbanas como um dos principais meios de degradação dos mananciais devido ao carreamento de resíduos domésticos e industriais de forma direta ou indireta.

Para Candido (2008) dos fatores que influenciam na degradação das unidades de gerenciamento, se destacam: o preparo precoce do solo deixando-o exposto aos fatores climáticos e a erosão, especialmente a eólica; a exploração agrícola sem adoção de práticas conservacionistas; o cultivo em áreas de preservação permanente o que leva a exaustão do solo e a escassez dos recursos hídricos; exploração da cultura da cana-de-açúcar não respeitando a capacidade suporte das terras; presença de solo exposto; erosão do solo; conflito de uso de terras; deposição de resíduos sólidos nas margens dos rios; desmatamento de áreas nativas; uso de queimada na renovação de pastagens; e expansão urbana desordenada.

Na região de Ilha Solteira o cultivo da cultura de cana-de-açúcar iniciou-se no ano de 2006. Barbosa (2006) demonstra que a homogeneização do ambiente, favorece a contaminação e empobrecimento do solo, poluição dos corpos hídricos e desmatamento de extensas áreas. Para Santos et al. (2011b) quando a espécie é cultivada realizando o manejo adequado do solo, os impactos aos corpos hídricos são reduzidos.

Para Enokida e Magalhães (2011) fatores como má conservação, uso extensivo do solo e áreas desmatadas para assegurar a produtividade agrícola, influenciam no ciclo hidrológico por alterar a dinâmica dos recursos hídricos e conseqüentemente, a disponibilidade hídrica do mesmo. Os recursos naturais contemplam um conjunto em harmonia, sendo que basta o desequilíbrio de apenas um de seus componentes para que todo o ecossistema seja comprometido (POLETO, 2003).

O equilíbrio dos mananciais é essencial para assegurar o seu uso. Pelo monitoramento é possível gerar informações essenciais para se determinar o planejamento integrado dos recursos hídricos e assegurar a preservação dos mesmos. De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos pela Lei Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 no art. 2º inciso I é necessário “assegurar à atual e futuras gerações a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.

Um aspecto fundamental para se determinar o planejamento integrado de uma bacia hidrográfica é a identificação de impactos ambientais que afetam a qualidade de água na microbacia (RODRIGUÊS; PIRRASSA, 2011). Assim, a identificação de impactos agrícolas e ambientais deve ser caracterizada dentro do contexto das características e particularidade de uma região (ZALIDIS et al., 2002).

De acordo com Poleto (2003) o monitoramento dos recursos hídricos é uma das melhores alternativas para se identificar impactos e propor medidas preventivas e/ou corretivas, visando diminuir os impactos e viabilizar sua utilização para as atividades agrícolas e urbanas.

No intuito de assegurar a conservação dos recursos hídricos, o monitoramento é essencial para se entender a dinâmica do curso hídrico. Para Garcez e Alvarez (1988) a avaliação da qualidade e disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica constitui um dos requisitos básicos para o controle, conservação e planejamento integrado de uma bacia hidrográfica.

Enokida e Magalhães (2011) explicam que quando a água é represada, ela pode servir como laboratório a fim caracterizar bem os efeitos do uso do solo e do entorno, ou seja, todos os impactos que causava degradação nos recursos hídricos. De acordo com Rodriguês e Pirrassa (2011) a escolha dos parâmetros a serem analisados e a variação temporal e espacial, podem favorecer a identificação das fontes degradadoras da área de estudo.

O monitoramento qualitativo dos recursos hídricos fornece subsídios a fim de identificar os impactos ambientais e suas respectivas fontes geradoras (BRAGA; PORTO; TUCCI, 2006).

O monitoramento, a conservação e a manutenção das unidades de gerenciamento dos recursos hídricos, fornecem subsídios ao desenvolvimento sócio, econômico e ambiental, principalmente de uma região que se caracteriza tipicamente agrícola. Para Tucci e Mendes (2006) essas ações devem ser planejadas como visão em longo prazo, pois envolve mudança de hábitos, conceitos e paradigmas.

2.3. Uso e ocupação do solo e sistema de informação geográfica

Atualmente o homem vive marcado por preocupações ambientais que derivam das transformações que o ser humano tem provocado no meio ambiente (BARBOSA, 2006). As últimas décadas foram caracterizadas pelas drásticas mudanças do uso e ocupação do solo o que para Zalidis et al. (2002) representaram uma das principais forças motrizes para a degradação ambiental em especial sobre o solo e a água.

As rápidas alterações ocorridas no solo sem conhecimento prévio das consequências podem gerar uma série de danos, principalmente aos recursos naturais como a redução da qualidade e disponibilidade hídrica (SANTOS et al., 2011a).

Segundo Goldenfum (2003) um dos principais fatores para ser estudados em uma bacia hidrográfica são os efeitos de mudanças culturais, tais como desmatamento e/ou modificação no uso do solo, além dos processos físicos químicos e biológicos do ciclo hidrológico.

Os diversos usos e ocupação do solo nas bacias hidrográficas são distribuídos espacialmente e os impactos sobre os recursos naturais evoluem com o tempo (HERNANDEZ, 2007). Um exemplo é a expansão da cultura da cana-de-açúcar, que nas últimas décadas fizeram com que o uso e ocupação do solo passassem por bruscas mudanças em um curto espaço de tempo.

A determinação do uso e ocupação de uma bacia hidrográfica possibilita identificar os diferentes usos do solo e favorecer ao planejamento hidro-agrícola e ambiental (SANTOS et al., 2011a; VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010).

Para Enokida e Magalhães (2011) a espacialização dos dados de uso do solo e a elaboração de um banco de dados são medidas de extrema importância para se realizar um diagnóstico da bacia hidrográfica e assim propor planejamento e gerenciamento ambiental dessas áreas.

O uso das geotecnologias tem sido ferramenta de grande avanço no intuito de se determinar e caracterizar o uso do solo. A utilização e sensoriamento remoto com auxílio de sistema de informação geográfica possibilita determinar o uso ocupação do solo de maneira rápida e econômica, permitindo assim, explorar de forma organizada os recursos, sejam eles naturais ou não (SILVA; FERNANDES; OLIVEIRA, 2007).

2.4. Uso da água na microbacia

As formas de uso da água em uma microbacia são classificadas por Mendes (2007) em três, sendo: uso consuntivo, aquela água que devolve a fonte natural uma quantidade menor que a captada, como exemplo a dessedentação animal, uso doméstico, a irrigação, a pecuária; e o uso não consuntivo, que são as águas utilizadas em sua totalidade desde a fonte, como a navegação, piscicultura, geração de energia hidrelétrica, diluição de efluentes; usos locais, que aproveitam a disponibilidade da água na própria fonte, sem alterações significativas como no caso estuários e preservação de banhados.

De acordo com Tucci e Mendes (2006) uma das principais formas de uso da água em uma bacia hidrográfica é a irrigação, que tem por finalidade assegurar a produtividade agrícola durante os meses mais críticos do ano. De acordo com Hernandez, Lemos Filho e Buzetti (1995), Hernandez et al. (2000), Hernandez et al. (2003), Santos, Hernandez e Rossetti (2010) e Damião et al. (2010), o período de estiagem na região noroeste paulista pode chegar a oito meses, o que exige uma boa disponibilidade hídrica acessível para se assegurar a produtividade das culturas

Estudos realizados por Hernandez et al. (2006) na bacia hidrográfica do Turvo Grande, determinou-se que a 33,8% dos usuários de água são classificados como irrigantes, seguido de 13,1% de destinado a uso rural. O uso urbano representou apenas 3,4% dos usuários

cadastrados. Por ser uma das maiores consumidoras de água, a agricultura irrigada, deve estar associada ao manejo da irrigação a fim de assegurar a disponibilidade hídrica.

2.5. Disponibilidade de água

Com o crescimento populacional, urbano e industrial, houve conseqüentemente aumento da demanda aos recursos hídricos. Para Mendes (2007) a expansão da variedade de formas de uso da água tem levado a redução da disponibilidade hídrica. De acordo com Lanna (1993) os diversos usos dos recursos hídricos acarretam em conflitos, podendo induzir a captação clandestina e provocar poluição de carga orgânica e inorgânica.

O conhecimento da disponibilidade hídrica é uma das ferramentas para a liberação do direito de uso da água. A Lei 9.433/97 apresenta quais usos estão sujeitos a outorga, seja por captação, lançamento ou aproveitamento de forma que possa alterar o regime, a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos.

A Agência Nacional de Água (ANA), órgão federal responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos tem como principais diretrizes ceder o direito de uso da água em rios (outorga) de domínio da União e fiscalizá-lo, além de criar medidas de prevenção contra a secas e estiagens e estimular a criação de bacias hidrográficas como unidades de gerenciamento.

Cada Estado brasileiro possui decreto que normatiza a porcentagem máxima a ser outorgável. A proposta é assegurar uma disponibilidade hídrica mínima a fim de fornecer condições a vida aquática e de ser um manancial que consiga se autorregenerar naturalmente caso venha a ocorrer impactos ambientais.

De acordo com Tucci (2003) as principais alterações na disponibilidade hídrica podem ocorrer pela alteração do uso do solo, sendo que de forma geral quando se reduz as áreas de cobertura vegetal se eleva principalmente os picos de vazão.

A criticidade hídrica das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo é determinada pela Lei Nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994 que dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1994) e no Art. 14º explica que uma bacia hidrográfica é considerada crítica quando a somatória das vazões captadas excederem 50% (cinquenta por cento) da vazão de referência, assim, sendo necessário dentre várias medidas,

um gerenciamento especial de forma que envolva o monitoramento quantitativo para avaliação do local.

A outorga tem por finalidade assegurar o direito de uso da água e a preservação de seus usos múltiplos (MENDES, 2007). O conhecimento da disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica favorece o planejamento hidro-agrícola e ambiental, uma vez que se fornece subsídios para assegurar a produtividade agrícola, principalmente nos períodos de estiagem.

O monitoramento da disponibilidade hídrica é imprescindível para a tomada de decisão ao gerenciamento ambiental que deve ser estabelecido por bacia hidrográfica, pois, o volume de água de um manancial se constitui de uma variável aleatória ao longo do tempo e do espaço.

2.6. Qualidade de água

Mesmo com toda a abundância dos recursos hídricos no território nacional, algumas regiões sofrem com a escassez hídrica, tanto pela quantidade quanto pela deterioração da qualidade (BARBOZA, 2010).

De acordo com Tucci e Mendes (2006) a ocupação urbana irregular nas margens de rios e lagos acarretam na degradação ambiental dos recursos hídricos, uma vez que são lançados esgotos domésticos, além do escoamento de águas de origens pluviais. Neste caso, a qualidade da água é afetada devido ao aumento de dejetos orgânicos reduzindo assim a concentração de oxigênio na água devido ao seu estágio de decomposição.

A aglomeração de pessoas nas proximidades dos recursos hídricos em uma determinada região pode afetar de forma direta ou indireta a qualidade das águas, o que para Almeida (2003) esse processo pode se tornar irreversível.

Segundo Tucci e Mendes (2006) os principais impactos que favorecem na deterioração dos recursos hídricos são decorrentes ao mau uso da água e do solo, além dos efluentes domésticos, industriais, erosões no solo, efluente de criação de animais e alterações dos sistemas hídricos. Os fatores que aceleram a degradação do solo é advinda da erosão do solo, urbanização, infra-estrutura como estradas, pontes, desmatamento e queimadas.

Para Zalidis et al. (2002) a compactação do solo representa não só a degradação física, mas também compromete os recursos hídricos uma vez que favorece no aumento do escoamento superficial, redução da infiltração, aumento de riscos a erosão hídrica além da

perda e solo e nutrientes para o percurso dos mananciais, fatores estes, que acarretam na redução da disponibilidade e qualidade hídrica.

Segundo Rodrigues e Pirassa (2011) os valores obtidos em um monitoramento contínuo descrevem claramente as condições conservacionistas de uma bacia hidrográfica. De acordo com Lima e Zakia (1996) a qualidade da água representa sem dúvida as principais características conservacionistas de uma bacia hidrográfica.

Para Arcova e Cicco (1999) as análises da qualidade dos recursos hídricos devem ser levado em consideração a influência do clima, a geologia, a fisiografia, solos e vegetação, o uso e ocupação do solo, principalmente as áreas que apresentam influência antrópica, sendo assim, os principais interferências na qualidade física, química e biológica dos recursos hídricos.

Os parâmetros qualitativos dos recursos hídricos são determinados a partir do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) pela Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) onde se divide os corpos de água em classes de uso. A resolução tem por finalidade classificar os corpos hídricos bem como estabelecer diretrizes para assegurar a qualidade da água para os diversos fins com o objetivo de atender aos casos mais extremos de exigências que lhe forem destinadas.

Dentre os diversos usos da água, elas se dividem em três classes sendo definidas por Brasil (2005) art. 2º inciso I, II e III em águas doce (salinidade igual ou inferior a 0,5%), águas salobras (salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%), águas salinas (igual ou superior a 30%).

A mesma Resolução traz ainda a divisão da classe de água doce subdivida em cinco classes, sendo:

Classe especial - águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano sem prévia ou com simples desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) a preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

Classe 1 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário tais como natação, esqui aquático e mergulho;

- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

Classe 2 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- d) a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer;
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Classe 3 - águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
 - b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
 - c) a pesca amadora;
 - d) à recreação de contato secundário; e
- à dessedentação de animais.

Classe 4 - águas destinadas:

- a) a navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

Assim, o conhecimento da qualidade da água é indispensável para a adoção de propostas ao planejamento integrado dos recursos hídricos para a irrigação (VANZELA, 2008). A escolha do sistema de irrigação a ser utilizado está estritamente relacionado a qualidade da água devido aos problemas de obstrução e incrustação (BARBOZA, 2010). Para Nakayma e Bucks (1986) a obstrução e incrustação são originados da concentração de sólidos suspensos e dissolvidos, ferro total, dureza total, pH e colônias de bactérias.

2.6.1. Parâmetros físicos

2.6.1.1. Sólidos

Os sólidos totais determinados nos corpos hídricos são a somatória dos sólidos suspensos com os sólidos dissolvidos, sendo que as determinações são baseadas nos métodos

empíricos. Bartram e Ballance (1996b) classificam os sólidos suspensos como o peso seco dos sedimentos.

Para Vanzela (2008) os sólidos são as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, sendo de origem natural através da erosão natural ou antrópica, quando há interferência do homem no ambiente vindo a acarretar em degradação do solo.

A classificação dos sólidos é realizada por meio de filtros de poros classificados em sólidos dissolvidos com dimensões inferiores a 2 μm e os sólidos em suspensão com valores superiores.

O montante que se origina os sólidos totais são sedimento originados na maioria das vezes de solos degradados, os quais são facilmente carreados aos corpos hídricos, além de reduzir a taxa de infiltração e favorecer em um maior escoamento superficial (BARBOZA, 2010). O autor apresenta ainda que a concentração destes sólidos podem causar danos a vida aquática quando ocorrem a sedimentação, destruindo organismos que fornecem alimentos aos peixes.

De acordo com Hernandez et al. (2001) os sólidos são resíduos resultantes da evaporação da água e de fácil carreamento aos corpos hídricos, seu excesso pode acarretar em obstrução aos sistemas de irrigação, principalmente na localizada além da salinização do solo, o que dificulta a absorção de água pela planta.

A classificação dos níveis de sólidos suspensos e dissolvidos foi proposta por Nakayama e Bucks (1986), sendo o primeiro classificado como baixo ($<50 \text{ mg.L}^{-1}$), médio ($50-100 \text{ mg.L}^{-1}$) e alto ($>100 \text{ mg.L}^{-1}$) e o segundo seguindo a mesma classificação porém com diferentes concentrações, sendo baixo ($<500 \text{ mg.L}^{-1}$), médio ($500-2.000 \text{ mg.L}^{-1}$) e alto ($>2.000 \text{ mg.L}^{-1}$).

2.6.1.2. Turbidez

De acordo com Von Sperling (1996) a turbidez consiste no grau de interferência com a passagem de luz através da água. Esta aparência turva da água é originada a partir do aporte de sedimentos que são carreados para os mananciais, principalmente dos sólidos em suspensão ($10 \text{ a } 10^3 \mu\text{m}$).

De acordo com Franco (2008) a turbidez consiste na concentração de materiais particulados (silte, areia, matéria orgânica e inorgânica, compostos orgânicos solúveis,

plânctons e outros organismos microscópios), sendo que em regiões de altos índices pluviométricos e solos facilmente erodíveis, facilitam ao carreamento de partículas aos mananciais favorecendo a turbidez.

Para Bartram e Ballance (1996a) a turbidez é um método fácil e rápido de avaliar as condições dos mananciais. A intensificação deste parâmetro implica na redução da penetração de luminosidade fazendo com que reduz assim as atividades fotossintéticas.

Para Branco (1978) a presença de partículas em suspensão, além de favorecer no aumento da turbidez, afeta também os organismos bentônicos que são arrastados para fundo do leito. De acordo com Barboza (2010) a determinação da turbidez da água tem sido um parâmetro muito usado para se determinar os impactos humanos ocasionados aos cursos hídricos.

De acordo com Brasil (2005) estabelece como os limites de turbidez para águas de Classe 2 e 3, em até 100 Unidades Nefelométrica de Turbidez – NTU.

2.6.1.3. Temperatura

A medição da intensidade de calor pode caracterizar um manancial. Bartram e Ballance (1996b) explicam que a temperatura da água deve ser medida no local a fim de representar as reais condições do manancial. De acordo com Von Sperling (1996) a temperatura deve ser analisada junto a um conjunto de parâmetros, como no caso, o oxigênio dissolvido.

O aumento da temperatura, dentro de certos limites, proporciona condições favoráveis a realização da fotossíntese, decomposição do material orgânico e reações bioquímicas e atividades metabólicas diversas, o que acarreta no aumento do consumo de oxigênio das águas (BRANCO, 1978).

A oscilação da temperatura das águas dos corpos hídricos pode ser ocasionada por diversos fatores, sendo eles: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, profundidade, lançamento clandestino de efluentes, sombreamento, ambiente (lótico e lântico).

2.6.1.4. Odor

A desagradável sensação olfativa é um parâmetro não quantificável e está relacionada aos sólidos presentes e aos gases dissolvidos como exemplo o gás sulfídrico (H₂S). Para Von

Sperling (1996) a decomposição da matéria orgânica, dejetos orgânicos e industriais são as principais fontes geradoras de odores nos mananciais.

Dentre as diversas formas que favorecem a proliferação de odor nos mananciais, se destaca o carreamento da contribuição oriunda das áreas urbanas, resíduos sólidos, pecuária intensiva e despejo de dejetos clandestinos ou não nos mananciais.

A sensação olfativa desagradável ocorre em maior concentração nos períodos de estiagem, época em que há redução da vazão dos mananciais, aumentando assim a concentração do material orgânico em decomposição.

2.6.2. Parâmetros químicos

2.6.2.1. Dureza total

De acordo com Von Sperling (1996) entre os cátions que compõe a dureza, os mais frequentes são os sais alcalino-terrosos cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) e alguns metais em menor intensidade, originados a partir das rochas calcárias ou por despejos industriais.

Em uma amostra de água a dureza total é a concentração de cátions bivalentes, que se expressa na forma de carbonato de cálcio (CaCO_3). A dureza possui o poder de causar incrustação nas tubulações principalmente quando a água eleva a temperatura (BARBOZA, 2010).

A dureza temporária é definida por Silva, Rodrigues e Rúbio (2010) como a associação do cálcio aos ânions bicarbonato, sendo facilmente convertido a carbonato (pouco solúvel) por aquecimento ou elevação do pH da água, favorecendo assim a incrustação em sistemas de água, a dureza permanente é apresentada como a associação dos cátions a outros ânions (sulfatos, cloretos e nitratos).

O cálcio presente nas águas dos mananciais se origina a partir de rochas ígneas, podendo também ser da lixiviação do solo. A ocorrência de magnésio em água natural é normal, pois, para Bartram e Ballance (1996b) a concentração de magnésio está associado ao tipo de solo e rocha da região, areia silicosa ou rochas magmáticas.

Segundo Coelho, Oliveira e Borges (2002) valores de cálcio acima de 100 mg.L^{-1} e magnésio acima de 43 mg.L^{-1} , favorecem ao aumento de risco de precipitação dos fertilizantes fosfatados no interior das tubulações.

2.6.2.2. Oxigênio dissolvido

O oxigênio (O_2) é um dos gases dissolvidos na água de maior importância na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos, não sendo um fator prejudicial aos sistemas de irrigação. Segundo Bartram e Ballance (1996b) o oxigênio dissolvido nas águas dos corpos hídricos é um dos melhores indicativos das condições de conservação do mesmo, pois, está estritamente relacionado aos parâmetros físico, químico e biológico.

A presença de oxigênio dissolvido na água dos mananciais se dá pelos organismos fotossintéticos, dissolução do oxigênio atmosférico e/ou aeração artificial. As suas principais perdas se dão pela decomposição da matéria orgânica, perda para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como ferro total e manganês (ESTEVES, 1998).

De acordo com Von Sperling (1996) o oxigênio dissolvido é essencial para os organismos aeróbicos (que vivem na presença de oxigênio) e com isso a redução do oxigênio dissolvido presente na água se dá principalmente pelo consumo pelas bactérias que decompõem o material orgânico. As reduções totais ou parciais do oxigênio dissolvido dos mananciais podem acarretar da redução da vida aquática e geração de maus odores devido a não presença de organismos aeróbicos.

Além de ser indispensável para a vida aquática, a determinação do oxigênio dissolvido tem por finalidade verificar níveis de poluição das águas e controle dos processos de tratamento de esgotos (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1998).

De acordo com Esteves (1998) com o aumento da temperatura favorece as reações metabólicas dos vegetais e organismos. De acordo com a regra de Van T'Hoff a elevação da temperatura em $10^\circ C$ pode duplicar ou triplicar o consumo de oxigênio.

Esteves (1998) cita ainda que em ambientes aquáticos menos profundos, nos períodos de cheias, a concentração de matéria orgânica e sedimentos carregados para os mananciais aumentam, acarretando na redução do oxigênio dissolvido na água. No período de estiagem os mananciais reduzem a vazão natural, fazendo com que o excesso de poluentes orgânicos favoreça a redução de oxigênio dissolvido na água.

Segundo Brasil (2005) para água de Classe 2, utilizada na irrigação, que o valor de oxigênio dissolvido não seja inferior a $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$, o que dificulta a sobrevivência da vida aquática dos seres aeróbicos.

2.6.2.3. Potencial de hidrogênio

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons de hidrogênio (H^+) presente nas águas, representando uma condição de acidez ($<7,0$), neutralidade ($7,0$) ou alcalinidade ($>7,0$). Segundo Food and Agriculture Organization- FAO (1974) apresenta que a faixa normal de pH da água para fins de irrigação ao ponto de evitar danos com valores de 6,5 a 8,4.

Segundo Barboza (2010) a variação do pH da água pode sofrer alteração natural ou antrópica, pela dissolução das rochas, absorção dos gases, oxidação da matéria orgânica, fotossíntese, e despejos industriais (lavagem ácida dos tanques) e domésticos (oxidação da matéria orgânica).

De acordo com Bartram e Ballance (1996a) o pH pode estar associado a outros parâmetro de análise da água, assim, se possível deve ser medido *in loco* ou logo em seguida que se chega no laboratório de análises.

Deve ser ter uma atenção especial em relação ao pH da água a fim de assegurar a neutralidade da mesma. Uma água considerada ácida favorece a corrosão dos sistemas de irrigação e quando considerada alcalina favorece a incrustação dos mesmos. Em ambos os casos Von Sperling (1996) explica que também podem afetar de forma direta a vida aquática.

Para Nakayama e Bucks (1986) água com valores de pH acima de 7,5 podem favorecer a precipitação de do carbonato de cálcio e magnésio, aumentando assim a dureza da água e tornando propício ao ocorrência de incrustação dos sistemas de irrigação.

2.6.2.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água dos mananciais está estritamente relacionado a concentração da solução de íons dissolvidos na água, fazendo com que a água apresenta a capacidade de conduzir uma corrente elétrica. Para Bartram e Ballance (1996a) a

condutividade elétrica da água deve ser medida assim que a amostra é obtida, pois, ao longo do tempo a amostra pode mascarar os resultados.

Segundo Maia, Morais e Oliveira (1998) a partir dos dados de condutividade elétrica é possível estimar as concentrações de cloreto, cálcio, magnésio e sódio, por de regressão linear, com boa precisão.

Águas destinadas a irrigação que possuem altas concentrações de condutividade elétrica, favorecem na deposição de íons, sendo que com a evaporação da água se tem o acúmulos deste ao solo, resultando na salinização do mesmo (AYRES; WESTCOT, 1991).

De acordo com a classificação proposta por U. S. Salinity Laboratory Staff - U. S. D. S. Agriculture Handbook N°60 (BERNARDO, 1995), o risco de salinização do solo pela condutividade elétrica pode ser classificados como ser: baixo (0 a 0,250 dS.m⁻¹ à 25°C), médio (0,250 a 0,750 dS.m⁻¹ à 25°C), alto (0,750 a 2,250 dS.m⁻¹ à 25°C) e muito alto (2,250 a 5,000 dS.m⁻¹ à 25°C).

2.6.2.5. Ferro total

O ferro é um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre, porém este se encontra em concentrações menores nos sistemas aquáticos naturais (BARTRAM; BALLANCE, 1996b).

De modo geral o ferro total possui diversas origens, sendo elas naturais das próprias características do solo e/ou por despejos industriais. A suspensão coloidal do precipitado de ferro pode dar a água uma coloração amarelo-laranja, juntamente com gosto e odor associado (BARTRAM; BALLANCE, 1996b).

O ferro é um constituinte natural do solo e das rochas (BARBOZA, 2010). Segundo Lima (1993) o ferro na forma natural pode ser encontrado na água como bicarbonato ferroso (Fe(HCO₃)₂), hidróxido férrico (Fe(OH)₃) e sulfato ferroso (FeSO₄).

Para Vanzela (2004) o ferro é um dos principais problemas na água de irrigação devido ao seu alto poder de obstrução física dos tubos e emissores dos sistemas localizados. O ferro é encontrado na água em duas formas de oxidação. Von Sperling (1996) explica que o ferro presente na água na ausência de oxigênio se apresenta na forma solúvel (Fe²⁺), quando em contato com o ar, este passa a forma insolúvel (Fe³⁺), onde se altera a coloração da água e causa obstrução aos sistemas de irrigação.

Para fins de irrigação, o ferro é um dos principais parâmetros a ser analisado, pois, este apresenta grande potencial de causar obstrução aos sistemas de irrigação, principalmente nos emissores de irrigação localizada, aumentando nas perdas de cargas e comprometendo os sistemas de irrigação (HERNANDEZ et al., 2001; BARBOZA et al., 2011).

O ferro presente na água se constitui de nutrientes para algumas espécies de bactérias, principalmente do gênero *Crenotrix* e *Gallionella*, as quais se desenvolvem dentro dos sistemas de irrigação criando obstrução física, além de gerar cor, odor e sabor na água (LIBÂNIO, 2005).

Nakayama e Bucks (1986) classificam a presença de ferro total na água em três classes, sendo: baixo ($< 0,2 \text{ mg.L}^{-1}$), médio ($0,2-1,5 \text{ mg.L}^{-1}$) e alto ($> 1,5 \text{ mg.L}^{-1}$). Segundo Hernandez e Petinari (1998), valores de ferro total acima de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$, são dignos de atenção, em especial no dimensionamento dos sistemas de irrigação localizada, devido aos problemas de obstrução.

2.6.2.6. Sulfato

O sulfato são íons abundantes na crosta terrestre que podem variar de algumas a vários miligramas por litro em mananciais de águas naturais. Para Bartram e Ballance (1996b) as origens de sulfato nos mananciais estão relacionadas a drenagens de minas e resíduos industriais, além da lixiviação das rochas sedimentares incluindo o xisto. Cabrera et al. (2006) ressaltam que estes íons surgem da dissolução de solos e rochas, como o gesso (CaSO_4) e sulfato de magnésio (MgSO_4).

A concentração de sulfato se dá em águas oceânicas, diminuindo pela diluição a medida que se aproxima das áreas costeiras. Outro fator responsável pelas menores concentrações de sulfato em ambientes costeiros é a redução de sulfetos, devido a ação bacteriana, sendo de forma mais acentuada em locais com intenso aporte de matéria orgânica (CABRERA et al., 2006).

Quando utilizada água para fins de irrigação com elevadas concentrações de sulfato, esta pode apresentar gosto amargo, sendo que em alimentos de consumo *in natura*, podem causar diarreia e desidratação. Aos sistemas de irrigação, o elevado teor de sulfato na água favorece a corrosão da tubulação (SOARES; ROSA; RUBIO JÚNIOR, 2011).

De acordo com Brasil (2005) o limite máximo de sulfato total nas águas de Classe 1 e/ou 3 sendo de até 250 mg.L⁻¹. A Resolução não apresenta este parâmetro em águas de Classe 2.

2.6.2.7. Nitrato

O nitrato é uma das formas de nitrogênio presente na natureza, sendo uma das formas mais comuns, o nitrato de amônia. Em altas concentrações podem acarretar a mortalidade de peixes e outros organismos e perda da qualidade ambiental deixando-o impróprio para os seres de vida aquática e consumo humano (RESENDE, 2002).

Para Bartram e Ballance (1996b) o nitrato está presente na forma natural em baixas concentrações na maioria das águas superficiais e subterrâneas. As principais fontes de nitrato são adubos químicos, drenagem de confinamento de animais e de áreas urbanas e industriais. Segundo Resende (2002) o nitrato é muito propenso ao processo de lixiviação.

O nitrato presente nas águas superficiais é absorvido pelas plantas estimulando o crescimento, principalmente das algas. Sua elevada concentração nos corpos hídricos pode acarretar na eutrofização dos mananciais (BARTRAM; BALLANCE, 1996b).

De acordo com (BRASIL, 2005) para água Classe 2 estabelece o valor máximo de nitrato permitido é até 0,7 mg.L⁻¹.

2.6.2.8. Nitrito

O nitrito é uma das fases intermediárias do ciclo do nitrogênio, formado pela oxidação da amônia ou pela redução de nitrato. Segundo Gadelha et al. (2005) o nitrito é um dos indicativos de contaminação recente de origem orgânica vegetal ou animal, podendo ser encontrado como produto da decomposição biológica.

Em águas naturais raramente encontra-se a presença de nitrito (alguns décimos de miligrama por litro), pois sua origem está relacionada ao lançamento de esgoto industrial, resíduo e águas poluídas, conforme Bartram e Ballance (1996b).

Gadelha et al. (2005) afirmam que a concentrações elevadas de nitrito nos corpos de água destinados a abastecimento público, podem acarretar em doenças como

metahemoglobinemia ou descoloramento da pele. Segundo Brasil (2005) para água de Classe 2 estabelece o valor máximo permitido é até 0,2 mg.L⁻¹.

2.6.3. Parâmetros biológicos

2.6.3.1. Coliformes

As bactérias coliformes por si só não causam doenças, tanto é que elas vivem em nossos organismos auxiliando na digestão (OLIVEIRA; MONTEIRO, 2011). Nos mananciais, as presenças de coliformes indicam que estes recebem resíduos de origem orgânica. Os mesmos autores explicam ainda que as doenças por veiculação hídrica de origem coliforme estão associadas ao excesso de fezes das pessoas doentes que são carregadas para os mananciais.

Existem duas formas de classificar os coliformes conforme Von Sperling (1996) sendo eles fecais e totais. Os coliformes fecais se caracterizam como um indicador sanitário, com presença de bactérias de origem do trato intestinal humano e/ou animais, sendo na maioria das vezes, com a presença de microrganismos patógenos causadores da transmissão de doenças. Os coliformes totais se constituem da contabilização de um grupo de bactérias (fecais e totais) originadas amostras de águas contaminadas e de solos poluídos e não poluídos, além das fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente.

As doenças de veiculação hídrica podem resultar em sérios problemas a saúde da população (VANZELA, 2004). O uso de água de mananciais para fins de irrigação que tenha a presença de coliforme fecal, principalmente da bactéria *Escherichia coli*, representará riscos a saúde da população, principalmente se destinadas a irrigação de alimentos de consumo *in natura* (MOURA et al., 2011).

De acordo com Brasil (2005), os limites máximos permissíveis de coliformes fecais e totais para as águas de Classes 1, 2 e 3, destinadas a irrigação (Tabela 1).

Tabela 1- Limites máximos permissíveis de coliformes fecais e totais para água destinadas a irrigação.

Classificação das águas	Coliformes fecais*	Coliformes totais*
Classe especial	Ausente	Ausente
Classe 1	Ausente	Ausente
Classe 2	1.000/100 ml	5.000/100 ml
Classe 3	4.000/100 ml	20.000/100 ml

*Para se classificar como inapta, os limites devem ser excedidos em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês. Fonte: Resolução CONAMA N° 357/2005.

A partir do monitoramento qualitativo, Bartram e Ballance (1996a) verificaram que as análises de coliformes devem ser prioridade, pois, podem sofrer grande variação se as amostras forem armazenadas e transportadas por um longo período.

2.7. Sistemas de irrigação

O Brasil possui uma extensa área agricultável e um grande potencial hídrico. Segundo Heinze (2003) o país apresenta uma área potencialmente irrigada de 30 milhões de hectares, sendo que somente 14,8% (4,45 milhões de hectares) desta (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE, 2006) é utilizada. Para Paz, Teodoro e Mendonça (2000) um dos principais problemas da irrigação é a baixa eficiência, sendo de apenas 37% em nível mundial, o que acarreta no desperdício de água e energia.

A irrigação tem por finalidade repor a água no solo de forma artificial visando atender as necessidades das culturas. Para Barboza (2010) em nível global, o país tem apresentado uma crescente adoção de sistemas de irrigação, principalmente a localizada, devido a facilidade de utilização e resposta das culturas, além da economia de água e energia.

Segundo Andrade (2001) a decisão de irrigar ou não deve levar em consideração os fatores climáticos, quantidade e distribuição de chuva, necessidade de água da cultura e a qualidade e disponibilidade hídrica, sendo fatores que influenciam diretamente ou indiretamente no aumento da produtividade, produção fora de época, uso intenso do solo e melhorias na qualidade dos produtos.

As principais técnicas a serem adotadas nos sistemas de irrigação é o manejo da irrigação (SANTOS; HERNANDEZ; ROSSETTI, 2010), a qual possibilita a melhor absorção de água pelas culturas, inibindo o escoamento superficial, o que para Barreto, Faccioli e Silva (2003b) reduz a degradação do solo. Para Barreto, Faccioli e Silva (2003a) quando utilizado o manejo da irrigação de forma adequada é possível minimizar os custos de investimento, operação e manutenção, minimizando a degradação ambiental, pela economia de água e energia.

Dentre as principais formas de irrigação que possam ser encontrada na microbacia do córrego do Ipê, destaca-se: aspersão e/ou microaspersão, pivô central e localizada (maior concentração na agricultura familiar).

Para a escolha adequada do método de irrigação para determinado local deve considerar a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos, além da topografia do terreno, tipo de solo e as características climáticas da região, como o vento (SOUZA et al., 2006).

De acordo com Hernandez e Petinare (1998) a qualidade da água além de influenciar na escolha do equipamento, ela também favorece no aumento da vida útil e desempenho dos aspersores e reduz a manutenção dos mesmos, pois, menores concentrações de alguns parâmetros como ferro total, sólidos suspensos e dissolvidos e coliformes nas águas de irrigação, reduzindo os casos de obstrução aos aspersores que possuem pequenos orifícios.

De acordo com Santos et al. (2010a) a microbacia do córrego do Ipê apresenta alta concentração de ferro total na água, onde descreve como atenção especial no dimensionamento dos sistemas de irrigação localizada, pois, uma vez não implantados os sistemas de filtragem, este acarretará em obstrução da tubulação e emissores, o que favorece na heterogeneidade na aplicação de água.

Para Andrade (2001) altas concentrações de materiais sólidos acarretam problemas em todo o sistema de irrigação. De acordo com Feitosa (2010) a concentração de sólidos suspensos e dissolvidos em águas brutas, além de gerar uma maior manutenção do sistema gera também reduz o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen – CUC, provocando um molhamento desuniforme das culturas.

2.8. Problemática da microbacia do córrego do Ipê

A princípio a microbacia do córrego do Ipê apresentou uso conflitante da área de preservação permanente e interesse pela água. Conforme já apresentado pelo Plano Diretor municipal (BRASIL, 2008) a área de estudo é vista como local de interesse estratégico para expansão da área urbana. Em outra vertente, a microbacia apresenta conflito pelo uso da água pelas áreas de lazer tanto quanto para o incentivo da agricultura irrigada.

Ambas as atividades devem ser planejadas a fim de preservar os recursos hídricos. A preocupação está relacionada ao aumento de áreas impermeáveis que venham a gerar a redução da vegetação nativa, das áreas de recarga de água no solo, de *habitats* naturais, da vida silvestre, do aumento do escoamento superficial, do carreamento de sedimento e dos resíduos sólidos, e demais impactos decorrentes da urbanização.

De acordo com Tucci e Mendes (2006) os maiores impactos gerados devido à urbanização são: aumento da vazão máxima (até sete vezes) devido ao aumento das áreas impermeáveis; aumento da produção de sedimentos; a deterioração dos recursos hídricos devido ao escoamento de água residuais; e lançamento de esgoto clandestino, além do aumento de inundações, doenças de veiculação hídrica, prejuízos materiais, entre outros.

Antes que se ocorra à expansão das cidades brasileiras, Sánchez (2003) sugere que a mesma deveria obedecer primeiramente a uma série de normas técnicas e jurídicas que atendam as diretrizes ambientais, mas nem sempre isso ocorre.

A microbacia do córrego do Ipê caracteriza-se por apresentar aproximadamente 48% da área total composta pela cultura da cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2011a). A monocultura influencia na redução de áreas propícias ao desenvolvimento da fauna e da flora e fortalece o êxodo rural na região.

Em trechos ao longo do leito principal, observa-se a presença de macrófita aquática. A espécie encontrada é a *Thypha* sp. conhecida popularmente como “taboa”. De acordo com Cordazzo e Seeliger (1988) a *Thypha* sp. se caracteriza como uma planta aquática, perene, com caule rizomatoso rastejante com folhas longíneas com nervações paralelas e se reproduz pela autofecundação.

De acordo com Barboza, Franco e Hernandez (2008) a presença da taboa (*Thypha* sp.) em um manancial, é um indicativo de que está ocorrendo degradação ambiental como ocorre em muitos mananciais onde a ausência de mata ciliar acarreta no processo erosivo e aporte de sedimentos aos mananciais o que favorece a instalação da espécie.

Os autores citam ainda que a incidência de espécies do gênero *Typha* sp. está muitas das vezes associada a elevada concentração de ferro total nos recursos hídricos.

Um dos fatores que comprova a degradação ambiental são as reduzidas áreas de preservação permanente que compreendem a microbacia com alta influencias do uso antrópico. Para Lima e Zakia (2000) este fator pode acarretar diversos impactos ambientais de forma à comprometer a qualidade e a disponibilidade hídrica dos mananciais. Para Barthollo (1994) e Araújo (2007) a má conservação do solo e o uso conflitivo das APP's é um dos principais fatores que influenciam na degradação dos recursos hídricos.

Um dos grandes desafios deste século é assegurar a qualidade e a disponibilidade hídrica. A missão envolve vários fatores que devem ser considerados que vão desde o manejo da água, o controle das fontes poluidoras e conservadoras, o consumo consciente e a

conservação dos mesmos. Conforme Mauad e Lima (2003) o monitoramento como ferramenta ao planejamento integrado dos recursos hídricos, tem como finalidade propôr prioridades e orientar em decisões futuras.

3. MATERIAL E MÉTODOS

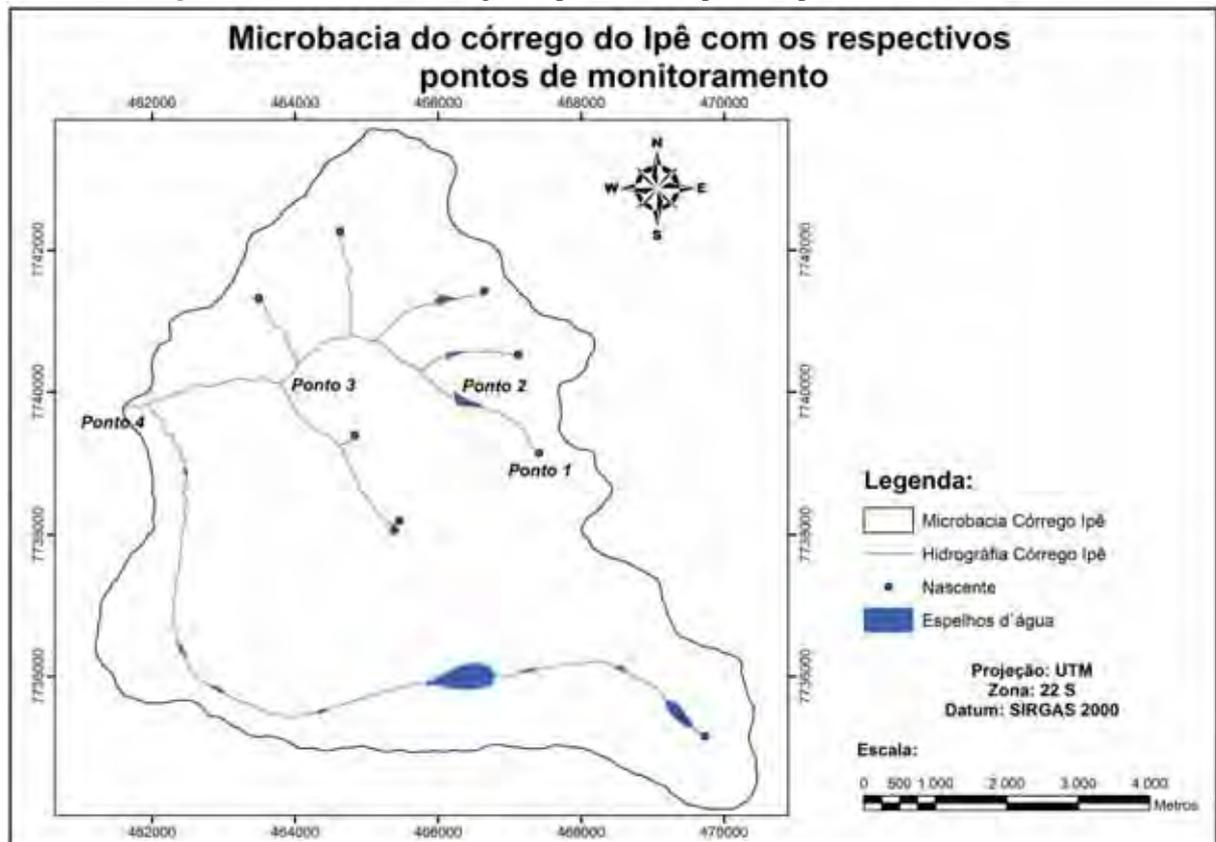
3.1. Localização da área de estudo

Este trabalho foi realizado na microbacia do córrego do Ipê, município de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. Localizado na zona 22 K, entre as coordenadas geográficas 20°24'44,8''S e 51°17'06,5''O e 20°30'16,4''S e 51°22'16,2''O Datum SIRGAS 2000 com altitude entre 290 a 370 metros acima do nível do mar.

O município de Ilha Solteira compreende uma área total de 656,22 km², dividindo-se em 11 principais microbacias, sendo que a do córrego do Ipê representa 50,44 km² (7,68% da área do município).

A microbacia do córrego do Ipê (Figura 1) possui seu deságue na margem esquerda do Rio Paraná e está inserida dentro da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Rio São José dos Dourados (UGRHI-18).

Figura 1- Microbacia do córrego do Ipê com os respectivos pontos de monitoramento.



Fonte: Santos (2012)

3.2. Caracterização do uso e ocupação do município em estudo

Com o intuito de caracterizar o uso e ocupação do município de Ilha Solteira, Lima, Silva e Altimare (2004) apresentam o na Tabela 2 os percentuais obtidos para o município de ilha Solteira.

Tabela 2- Quantificação do uso e ocupação do solo no município de Ilha Solteira no ano de 2001.

Classes de uso de solo*	Área (ha)	Área (km ²)	%
Espelhos d`água	14.540,00	145,40	22,5
Culturas anuais	1.624,00	16,24	2,5
Culturas perenes	689,00	6,89	1,1
Matas	674,00	6,74	1,0
Matas APP	1.495,00	14,95	2,3
Pastagens	43.228,00	432,28	66,8
Residencial alta densidade	571,00	5,71	0,9
Residencial baixa densidade	1.902,00	19,02	2,9
Área total	64.723,00	647,23	100,0

*Tabela adaptada de Lima, Silva e Altimare (2004)

Com os dados obtidos no ano de 2001, o município de Ilha Solteira se caracteriza com o predomínio das áreas de pastagem seguido de espelho d`água. O elevado valor obtido de espelhos d`água no município, está relacionado aos reservatórios que abrange boa parte do território municipal.

Com o percentual de espelhos de água obtido esperava-se uma maior quantidade de matas e matas em área de preservação permanente, porém a realidade é controversa.

3.3. Caracterização sócio-econômica

De acordo com Brasil (2010) o município de Ilha Solteira apresenta população de 25.064 habitantes e densidade demográfica de 38,19 hab/km² (BRASIL, 2010).

O município se caracteriza com o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* da região, sendo de R\$ 41.629,50 no ano de 2008, ficando atrás apenas dos municípios de Araçatuba e Birigui.

De acordo com Poleto (2003), as principais culturas existentes na região são as perenes (mamão, manga, goiaba, laranja, banana, limão, chá da Índia e borracha látex líquido), semi-perene (cana-de-açúcar), anuais (arroz, feijão, mandioca e milho) e pecuária extensiva.

3.4. Caracterização geológica e vegetação remanescente

A região de Ilha Solteira faz parte da Província Geomorfológica do Planalto Ocidental, conhecido como região das “zonas indivisas” com característica de relevo colinoso, sendo representado pelas rochas sedimentares do Grupo Bauru (LIMA; SILVA; ALTIMARE, 2004). Os autores apresentam ainda as características do solo com predominância do Latossolo Vermelho, Argissolo Vermelho Eutrífico + Argissolo Vermelho - Amarelo e Neossolo Quartzarênico.

A vegetação natural remanescente é composta por mata úmida e floresta latifoliada semi-decídua ou mata-seca (SILVA, 1991). De acordo com Lima (1997) o município de Ilha Solteira se caracteriza por reduzidas áreas constituídas, por fragmentos remanescentes e áreas de preservação permanente, o que acarreta na perda da biodiversidade.

De acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica (2009) o município de Ilha Solteira possui apenas 2% de áreas de remanescentes florestais de mata atlântica.

3.5. Clima

De acordo com a classificação climática de Köppen, Ilha Solteira se caracteriza como Aw, tropical úmido, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (ROLIM et al., 2007). Para a caracterização climática do município de Ilha Solteira foram obtidos dados da Estação Agrometeorológica operada pela Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira. O período de análise dos dados climáticos foram de maio de 1991 a junho de 2011 (Tabela 3).

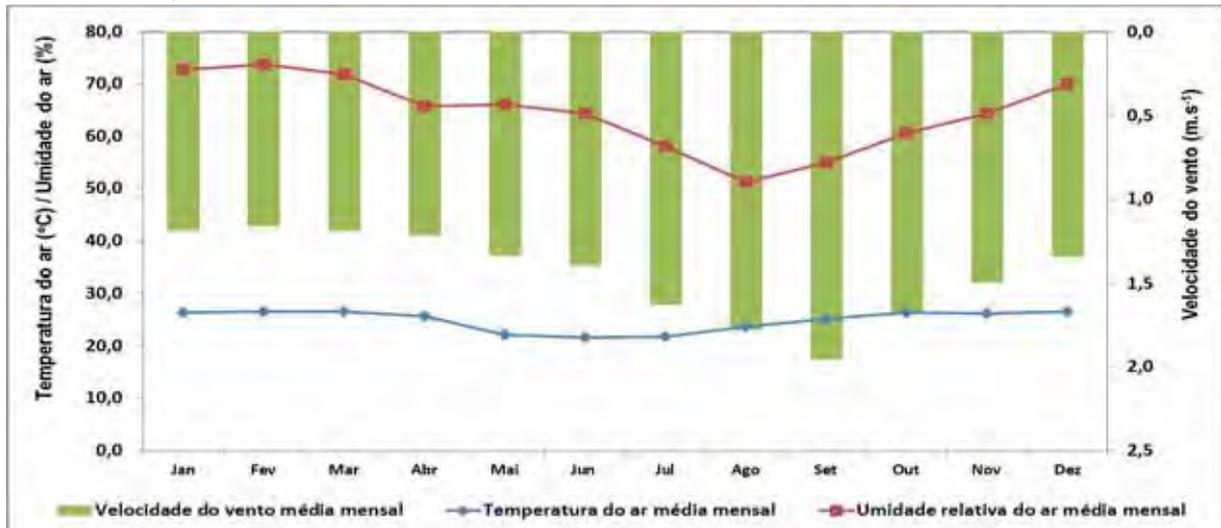
Tabela 3- Caracterização climática da região de Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	1991 - 2011
Temperatura do ar ¹	25,1°C
Umidade relativa do ar ¹	63,9%
Velocidade do vento ¹	1,4 m.s ⁻¹
Direção do vento ¹	107,1° (lés-sudeste)
Radiação global ¹	19,1 MJ m ⁻² .d ⁻¹
Radiação líquida ¹	11,1 MJ m ⁻² .d ⁻¹
Evapotranspiração de referência ^{2,3}	1.576,7 mm.ano ⁻¹
Precipitação ²	1.305,8 mm.ano ⁻¹

¹Valor médio diário; ²Somatória anual; ³Método Penman-Monteith.

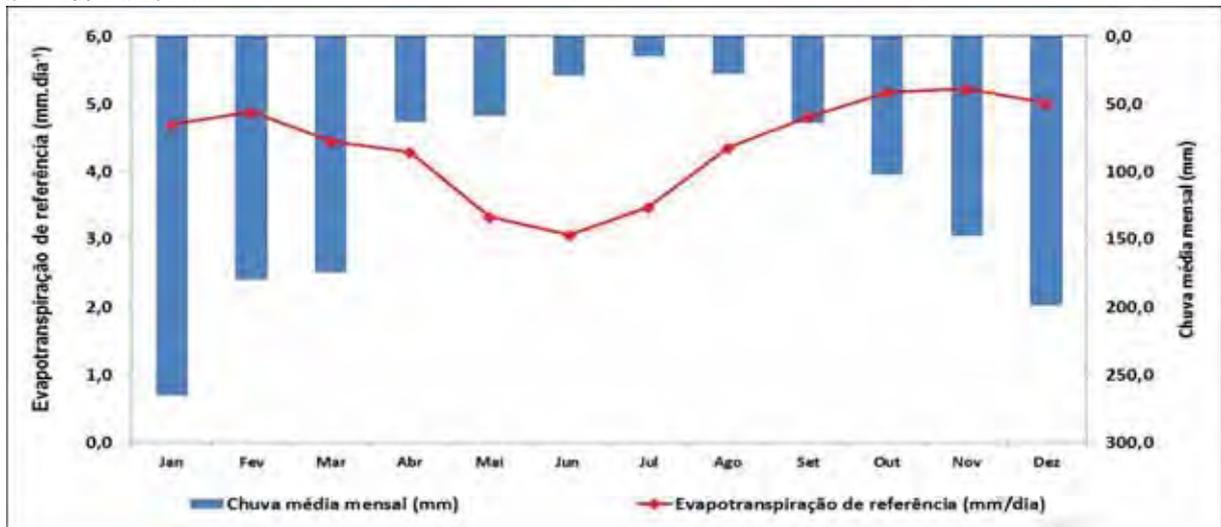
A partir dos dados climáticos iniciais foi possível determinar o comportamento climático no decorrer do ano para a região de Ilha Solteira (Figura 2 e 3).

Figura 2- Valores médios mensais da temperatura e umidade relativa do ar e velocidade do vento para a região de Ilha Solteira, SP - 1991 a 2011.



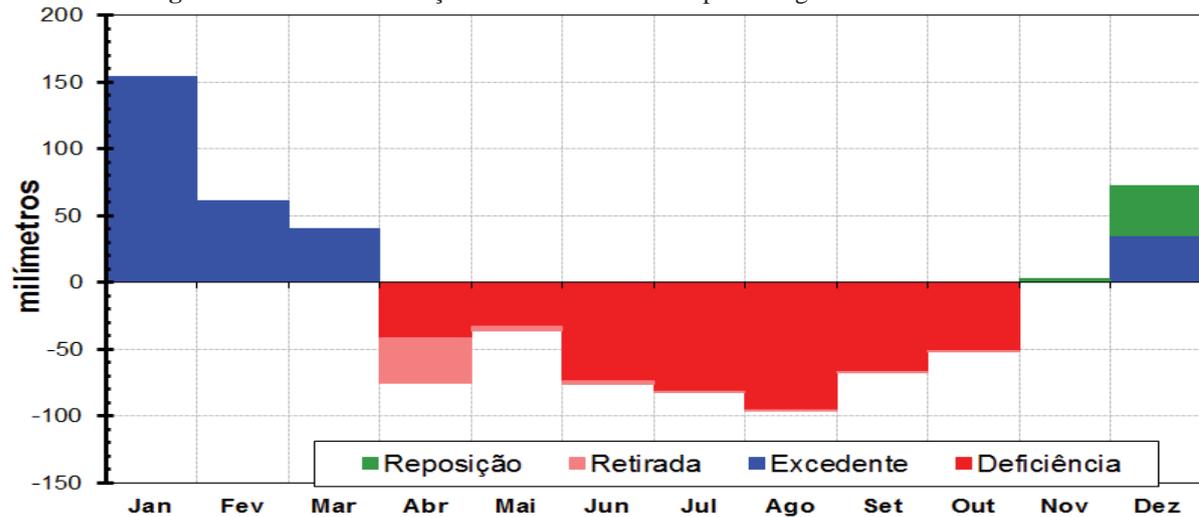
Fonte: Santos (2012)

Figura 3- Valor médio diário da evapotranspiração de referência e chuva mensal para a região de Ilha Solteira, SP - 1991 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

De acordo com Damião et al. (2010) a região de Ilha Solteira registra sete meses com deficiência hídrica, chegando a 442 mm/ano (abril a outubro) e excedente hídrico de 290 mm/ano (dezembro a março) (Figura 4). Resultados mais críticos foram obtidos por Hernandez et al. (2003) para a região de Palmeira d'Oeste e Santos, Hernandez e Rossetti (2010) para a região de Marinópolis.

Figura 4- Estrato do balanço hídrico médio mensal para a região de Ilha Solteira - SP.

Fonte: Damião et al. (2010)

3.6. Uso e ocupação do solo

A determinação do uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê teve como propósito levantar informações para o melhor entendimento dos fatores que provocam degradação da qualidade e disponibilidade das águas, utilizando metodologias iniciais diferentes devido as formas de disposição da base de dados.

A escolha dos períodos para levantamento de dados de uso e ocupação do solo foi devido a mudança drástica de uso da terra em um período conhecido (2006), sendo os anos antecessores e sucessores a maior parte da bacia permaneceu estagnada, exceto as áreas de uso por residenciais de alta densidade, sendo assim, utilizou-se os anos extremos possibilitando gerar mais informações aos município.

Assim, foram determinados mapas de uso dos anos de 1978 e 2011, possibilitando compreender a variação de uso da terra e sua respectiva influencia nos recursos hídricos.

O mapa de uso e ocupação do solo do ano de 1978 foi determinado a partir de fotografias aéreas pan-cromática disponibilizadas pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto UNESP Ilha Solteira, as quais foram mosaicadas.

O mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2011 foi determinado a partir da fusão de imagens de satélite disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) sendo imagem CBERS 2B, sensor HRC, órbita 160, ponto 123_2, com resolução espacial de 2,7 metros de 08 de setembro de 2008 e imagem Landsat-5, sensor TM, órbita 223, ponto 74,

com resolução espacial de 30 metros de 20 de junho de 2011 em composição colorida (2B3G4R).

As imagens foram registradas na composição falsa cor e a obtenção do uso e ocupação do solo, a partir do *software* Arc Giz[®] 10.

O registro da imagem foi realizado a partir do polinômio de primeiro grau e interpolação por vizinho mais próximo com base no mosaico de imagens ETM+/Landsat-7 obtidos da NASA (Geocover). A composição de cor *Blue*, *Green* e *Red* (falsa cor) foi aplicada com a finalidade de favorecer a visualização do olho humano e interpretação da imagem nas bandas do espectro do infravermelho próximo e/ou médio, os quais não são perceptíveis ao olho nú.

Para delimitação das microbacias foram geradas no programa *Global Mapper* 12 as curvas de nível espaçadas de 10 em 10 metros. A segmentação foi realizada pela ferramenta de desenho *sketch tool* a partir da função *start editing*.

As classes de uso do solo foram criadas a partir do *arc catalog* onde determinou-se as respectivas ocupações: espelhos d'água, aeroporto, assentamento, áreas verdes e não identificadas, cana-de-açúcar, cemitério, culturas anuais, culturas perenes, hidrografia, horticultura, matas, matas APP, nascentes, pastagens, residencial de alta e baixa densidade, rodovias, sub-bacia 1, 2, 3 e 4, várzeas, totalizando 23 interpretações de uso em ambos os períodos analisados. Os diversos mapas tiveram por finalidade facilitar o entendimento e compreensão dos fatos que venham a influenciar na degradação dos recursos hídricos.

Os alvos foram digitalizados a partir da interpretação das imagens. As áreas de conflitos foram determinadas a partir do recorte de *layers*. Sendo todos somados a estrutura de banco de dados único (*geodatabase*).

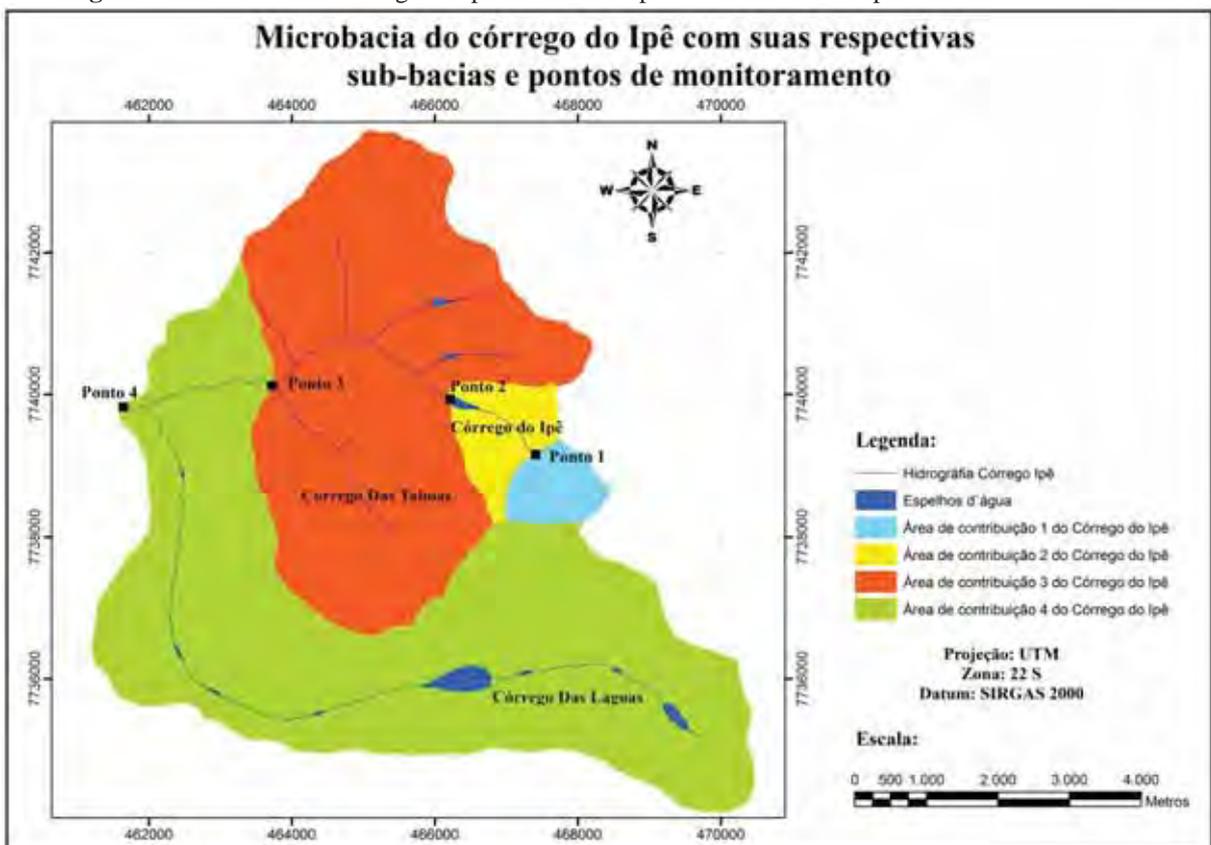
A delimitação das áreas de preservação permanente seguiu a Lei 4.771/65 que estabelece os valores de 30 (trinta) metros de área de preservação permanente para rios de até 10 metros de largura e um raio de 50 metros de preservação para nascentes e pela Resolução CONAMA N° 303, de 20 de março de 2002 que define e estabelece o limite de 50 metros para áreas de veredas.

Pelo cruzamento de mapas de área de preservação permanente e uso e ocupação do solo foi possível gerar o mapa de conflito entre a legislação ambiental vigente e o uso do solo.

3.7. Caracterização dos pontos de avaliação

Para o monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, foram definidos quatro pontos estratégicos a fim de caracterizar a influência dos diversos usos e ocupação do solo que compreende a área de estudo (Figura 5).

Figura 5- Microbacia do córrego do Ipê com suas respectivas sub-bacias e pontos de monitoramento.



Fonte: Santos (2012)

A escolha dos locais de análises seguiram os mesmos parâmetros propostos por Vanzela (2004) que descreve: influência das características das bacias sobre a qualidade da água; otimização dos métodos de medição de vazão; subdivisão da microbacia em pontos equidistantes.

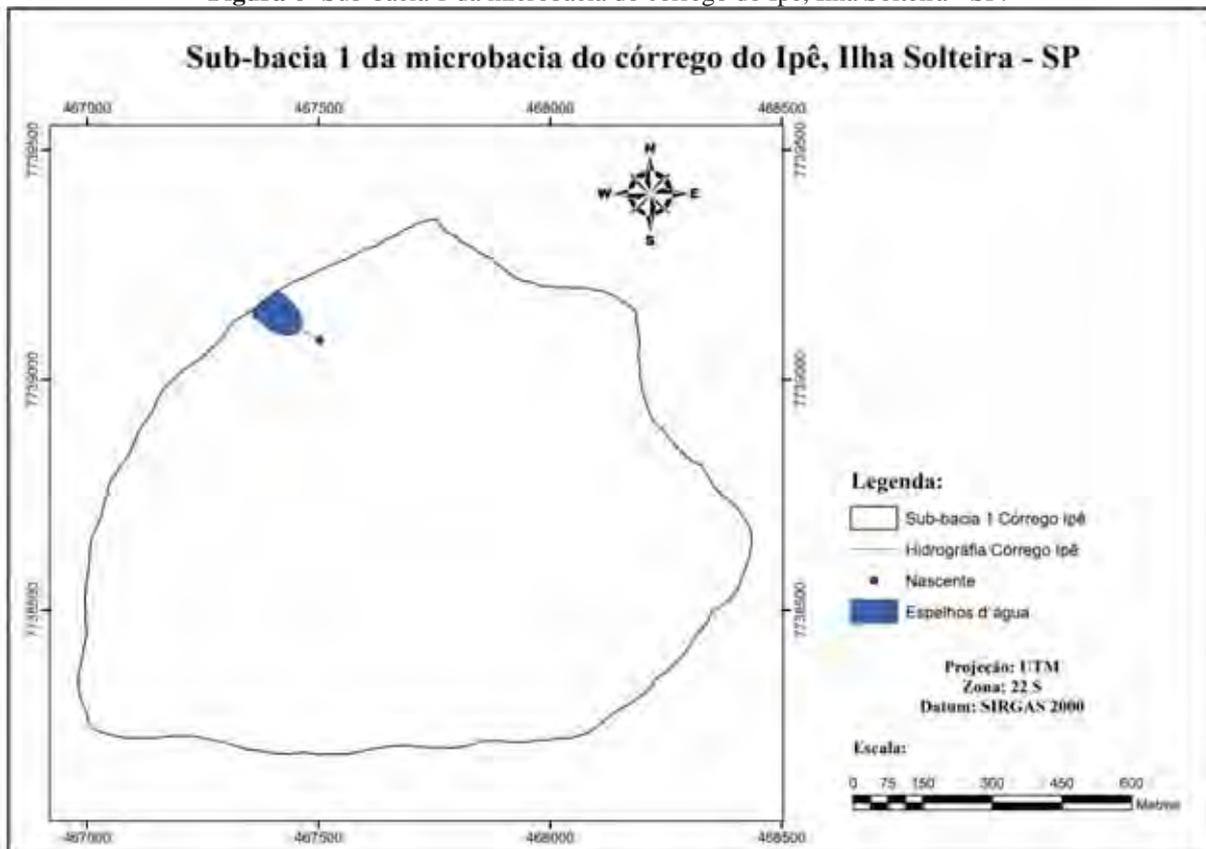
Foram georreferenciados quatro pontos com auxílio do Sistema de Posicionamento Global - GPS. Nos locais de monitoramento foram coletadas amostras de água para realizar as análises, sendo somente nos três últimos locais que foram realizadas a medição de vazão, pois o primeiro ponto constitui-se da nascente do manancial.

O monitoramento da microbacia era realizado mensalmente, sendo que nem sempre era possível determinar as medições de vazões devido à extrapolação da calha dos mananciais.

Ponto 1

O primeiro ponto de monitoramento consiste na nascente do córrego do Ipê localizado com posicionamento geográfico $20^{\circ}27'27''\text{S}$ e $51^{\circ}18'34,7''\text{O}$ e 370 metros acima do nível do mar (Figura 6). A Tabela 4 apresenta a caracterização fisiográficas da sub-bacia 1 do córrego do Ipê. O local de monitoramento consiste na nascente, onde se tem um represamento, sendo a montante parcialmente composto por mata ciliar, seguido da cultura da cana-de-açúcar e aglomerado de lotes rurais (Figura 7).

Figura 6- Sub-bacia 1 da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.



Fonte: Santos (2012)

Tabela 4- Caracterização fisiográfica da sub-bacia 1 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Área de drenagem	1,22 km ²
Perímetro	4,23 km
Fator de forma	1,22
Coefficiente de compacidade	1,08
Ordem do córrego	1°
Índice de circularidade	0,85
Vazão média plurianual	37,9 m ³ .h ⁻¹
Vazão de permanência com 95% de probabilidade	12,0 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos	11,0 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos	8,8 m ³ .h ⁻¹

Figura 7- Ponto 1 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira.

Ponto 2

O segundo ponto de monitoramento está distante da nascente aproximadamente 1,6 quilômetros e consiste em um grande represamento que compreende área de lazer (Figura 8),

onde se decanta parte dos sedimentos carreados. A Tabela 5 apresenta as características fisiográficas da sub-bacia 2 do córrego do Ipê.

Figura 8- Sub-bacia 2 da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.



Fonte: Santos (2012).

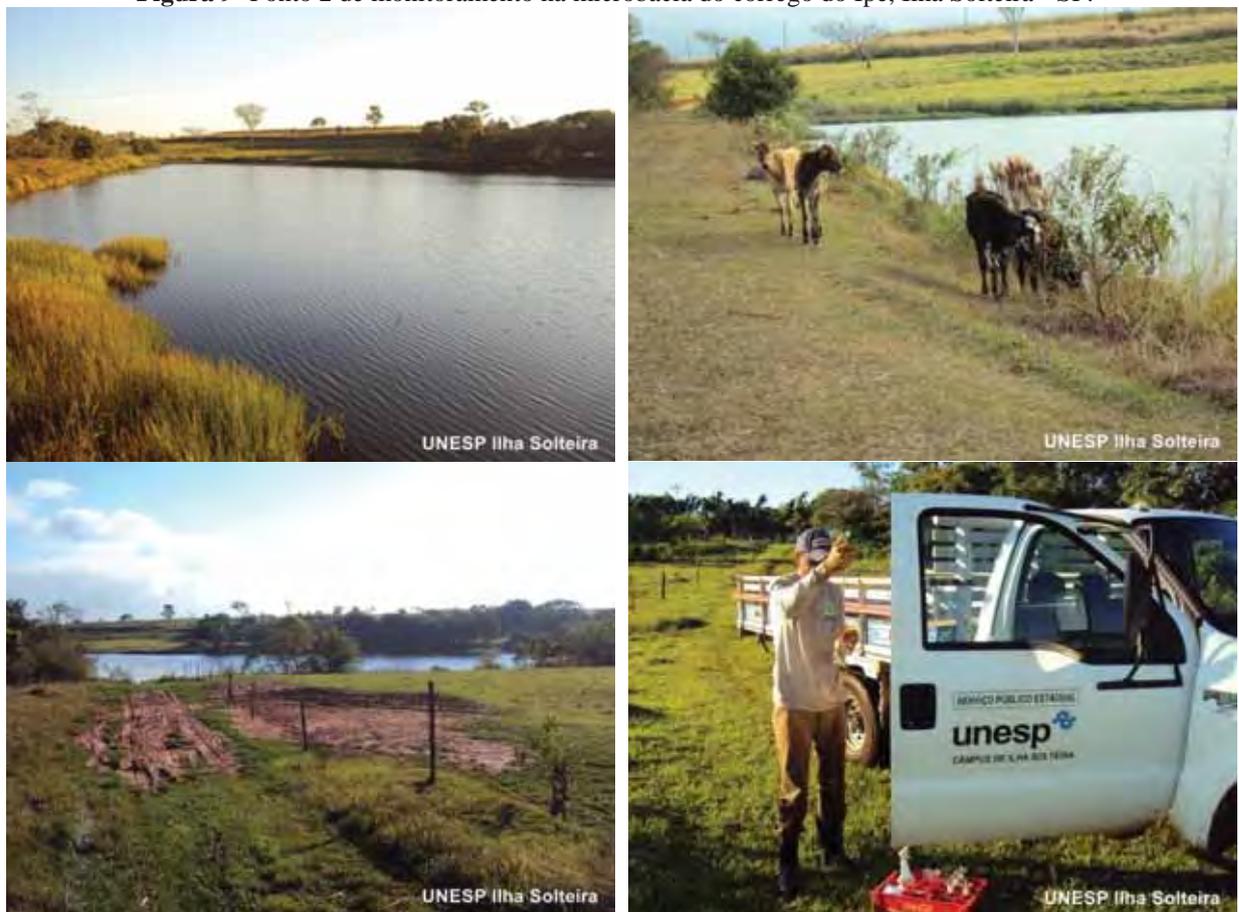
Tabela 5- Caracterização fisiográfica da sub-bacia 2 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Área de drenagem	3,03 km ²
Perímetro	7,33 km
Comprimento do leito principal	1,59 km
Declividade eqivalente	6,5x10 ⁻³ m.m ⁻¹
Fator de forma	1,21
Coefficiente de compacidade	1,18
Densidade de drenagem	0,52 km.km ⁻²
Ordem do córrego	1º
Índice de circularidade	0,71
Extensão média do escoamento superficial	0,48 km
Tempo de concentração	35,25 min
Vazão média plurianual	94,4 m ³ .h ⁻¹
Vazão de permanência com 95% de probabilidade	29,8 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos	27,6 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos	22,0 m ³ .h ⁻¹

O ponto está localizado nas coordenadas geográficas 20°27'5,6''S e 51°19'13,3''O e 358 metros acima do nível do mar.

Da nascente até o segundo ponto de monitoramento, os recursos hídricos recebem influência da urbanização irregular e ausência de mata ciliar, sendo que parte do percurso (calha do rio) é indefinida e ocupada pela cultura da taboa (*Typha sp.*) o que é um indicativo de degradação ambiental (Figura 9).

Figura 9- Ponto 2 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.



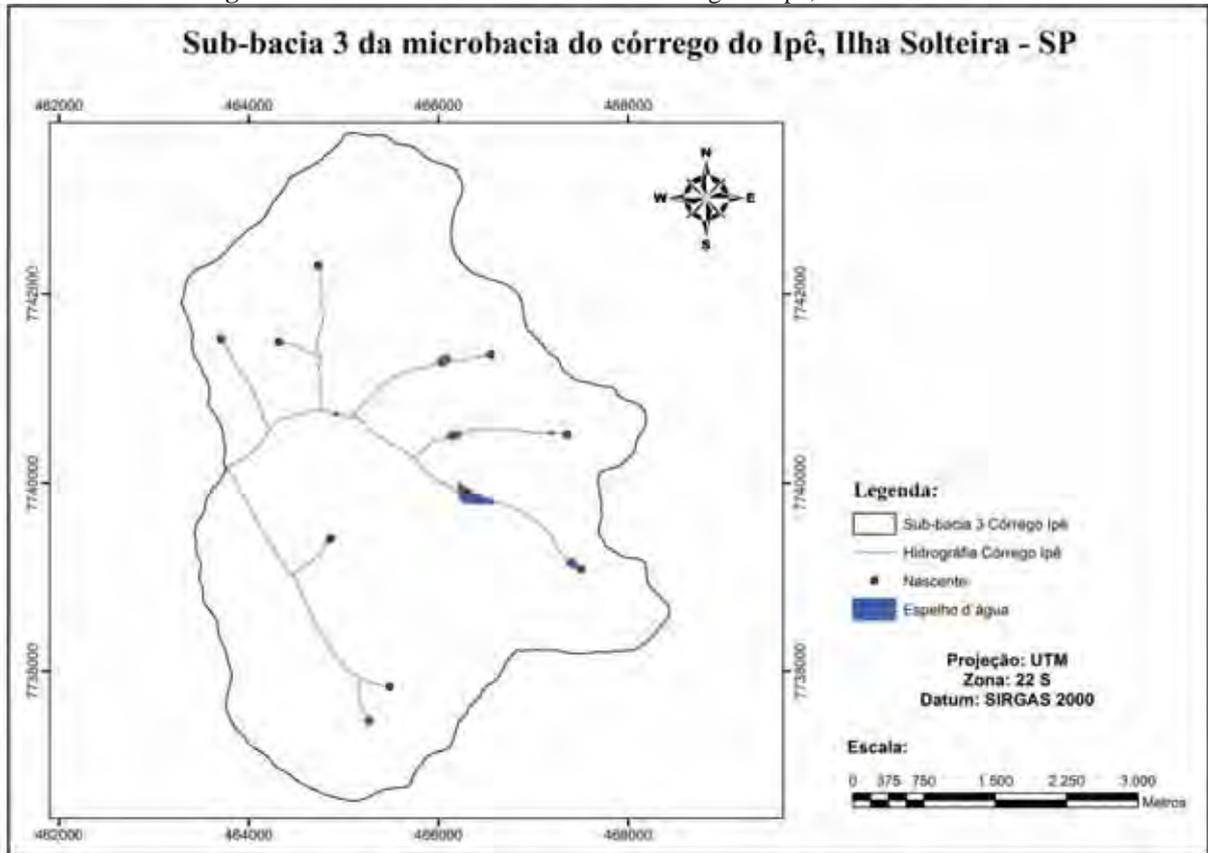
Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira.

Ponto 3

O terceiro ponto de monitoramento está distante da nascente 4,5 quilômetros e está localizado próximo a Rodovia Gérson Dourado de Oliveira, e é caracterizado por dois tubos (galeria). O local de monitoramento possui as coordenadas 20°26'53,2''S e 51°20'37,6''O e 322 metros acima do nível do mar (Figura 10). Na Tabela 6 estão apresentadas as

características fisiográficas da sub-bacia 3 do córrego do Ipê. A área recebe influência das áreas urbanas, assentamento rural e área de cultivo (cana-de-açúcar).

Figura 10- Sub-bacia 3 da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.



Fonte: Santos (2012)

Tabela 6. Caracterização fisiográfica da sub-bacia 3 do córrego do Ipê, Ilha Solteira-SP.

Área de drenagem	22,86 km ²
Perímetro	21,25 km
Comprimento do leito principal	4,5 km
Declividade equivalente	2,1x10 ⁻³ m.m ⁻¹
Fator de forma	1,12
Coefficiente de compacidade	1,24
Densidade de drenagem	0,2 km.km ⁻²
Ordem do córrego	3 ^o
Índice de circularidade	0,64
Extensão média do escoamento superficial	1,27 km
Tempo de concentração	126,0 min
Vazão média plurianual	711,8 m ³ .h ⁻¹
Vazão de permanência com 95% de probabilidade	224,9 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos	207,7 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos	166,1 m ³ .h ⁻¹

O local é caracterizado por apresentar grande quantidade de resíduos sólidos e odor, além de mudar drasticamente a coloração da água em relação aos demais pontos de monitoramento (Figura 11).

Figura 11- Ponto 3 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP e entulhos encontrado no local.



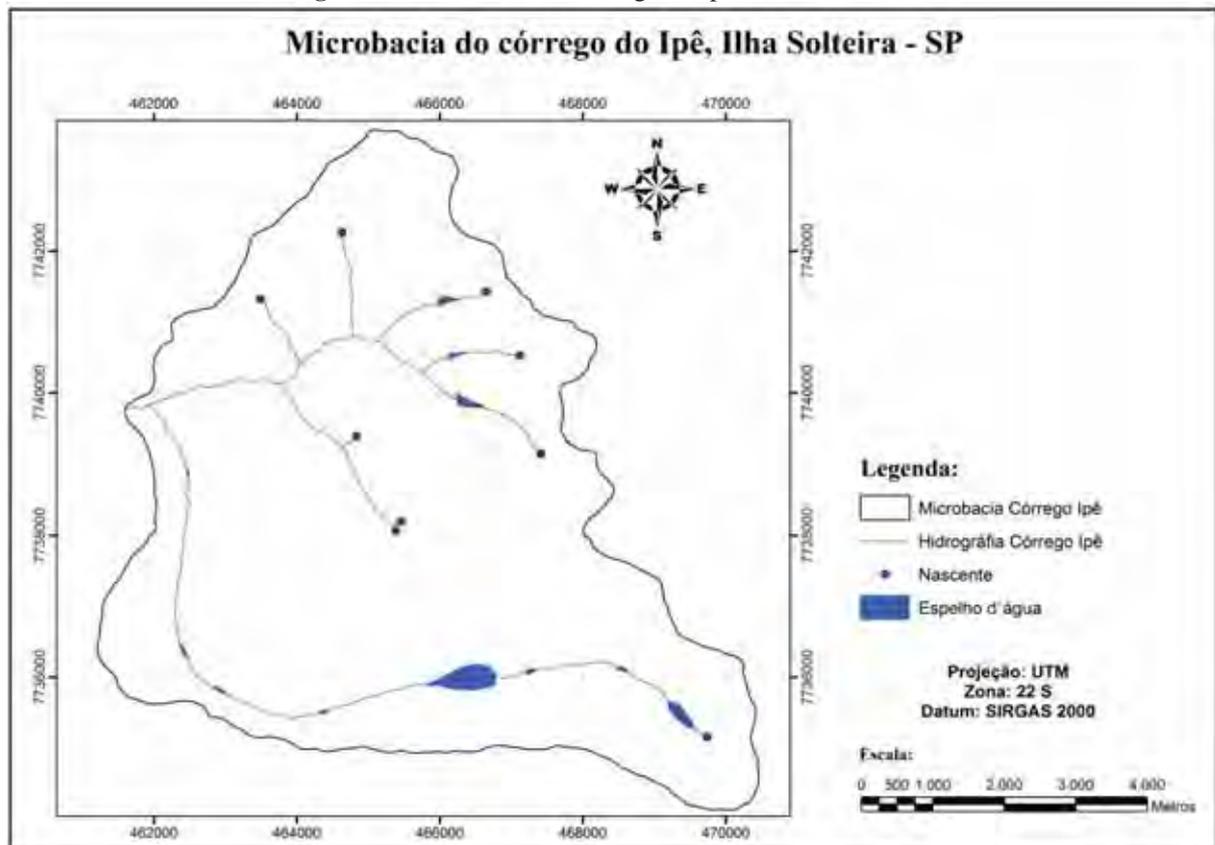
Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira.

Ponto 4

O quarto e último ponto de monitoramento está localizado na propriedade rural a 6,6 quilômetros de distância da nascente. Sua localização geográfica é $20^{\circ}26'53,2''S$ e $51^{\circ}28'40,0''O$ e 290 metros acima do nível do mar (Figura 12). A Tabela 7 apresenta as características fisiográficas da microbacia do córrego do Ipê. O local é conhecido também como efeito cascata, pois, todos os impactos gerados a montantes irão apresentar alteração na qualidade da água neste ponto, além de receber contribuição superficial do córrego Das Lagoas (Figura 13). O monitoramento é realizado após o encontro dos mananciais. Ambos os

corpos hídricos apresentam reduzidas áreas de preservação permanente e consequentemente proliferação da taboa (*Thypha* sp.).

Figura 12- Microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.



Fonte: Santos (2012)

Tabela 7- Caracterização fisiográfica da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Área de drenagem	50,44 km ²
Perímetro	33,44 km
Comprimento do leito principal	6,6 km
Declividade equivalente	1,4x10 ⁻³ m.m ⁻¹
Fator de forma	1,15
Coefficiente de compacidade	1,32
Densidade de drenagem	0,13 km.km ⁻²
Ordem do córrego	3 ^o
Índice de circularidade	0,57
Extensão média do escoamento superficial	1,91 km
Tempo de concentração	203,2 min
Vazão média plurianual	1.570,8 m ³ .h ⁻¹
Vazão de permanência com 95% de probabilidade	496,4 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos	458,3 m ³ .h ⁻¹
Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos	366,6 m ³ .h ⁻¹

Figura 13- Ponto 4 de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.



Fonte: Santos (2012)

3.8. Coleta e análise de água

Todo o material utilizado em campo para coleta de campo foram separados e conferidos dias antes a fim de evitar não conformidades nas campanhas de campo (Figura 14).

O período de monitoramento qualitativo da água para fins de irrigação, foi realizado de abril de 2006 a dezembro de 2011. Nos anos de 2006, 2009, 2010 e 2011, as coletas foram realizadas mensalmente, no ano de 2007 foram bimensal e suspensa no ano de 2008. As saídas de campo foram realizadas sempre no período da manhã, totalizando 45 campanhas de campo.

A coleta foi realizada em garrafas de polietileno de dois litros higienizadas com água ionizada. As garrafas foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo. Em sequência foi coletada água em uma garrafa de Van Dorn e adicionado os reagentes (sulfato de manganês e ázida sódica) para realizar a complexação do oxigênio dissolvido.

Figura 14- Material utilizado em campo para coleta de água para análise qualitativa e quantitativa.



Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira.

A desoxigenação para análise de oxigênio dissolvido foi realizada no laboratório pelo método de Winkler modificado, sendo esta exclusiva para análises de oxigênio dissolvido.

As amostras foram posteriormente levadas ao Laboratório de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira onde realizaram-se todas as análises em no máximo 24 horas após a coleta.

As realizadas análises físicas, químicas e biológicas, sendo: temperatura, sólidos (totais, dissolvidos e suspensos), turbidez, pH, condutividade elétrica, ferro total, oxigênio dissolvido, dureza total, cálcio, magnésio, nitrito, nitrato, sulfato e coliformes totais e fecais.

A temperatura da água era realizada *in loco* por leitura direta através de termômetro portátil.

A análise dos sólidos dissolvidos, suspensos e totais foram determinadas pelo método gravimétrico. Para a determinação da turbidez, pH, condutividade elétrica, ferro total, nitrito, nitrato e sulfato utilizou-se equipamento específico. A dureza total, cálcio, magnésio e oxigênio dissolvido foram determinados por titulação.

A determinação de coliformes fecais e totais foi pelo Ecokit, (HERMES; SILVA, 2004; ALFAKIT, 2011) em estufa a 36-37°C, por 15 horas e a contagem pelo NMP/100ml da amostra. O controle de qualidade de água obedece a Resolução N° 20/1986 para coliformes fecais e totais e a Resolução 357/2005, Classe 2, águas destinadas à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas (BRASIL, 2005).

Alguns parâmetros como sólidos e sulfato não apresentaram monitoramento contínuo desde o início em 2006 até o término em 2011 devido a ausência de equipamentos e reagentes específicos.

A ausência de alguns dados está relacionado a quebra do equipamento de medição.

A Tabela 8 apresenta síntese da metodologia utilizada para a determinação de cada parâmetro analisado.

Tabela 8- Síntese das metodologias, equipamentos e precisão nas análises de qualidade de água para fins de irrigação.

Parâmetros	Unidade de medida	Métodos	Precisões	Equipamentos	Referências
Sólidos totais Sólidos dissolvidos Sólidos suspensos	mg.L ⁻¹	Gravimétrico	1,0 mg.L ⁻¹	Cápsula de porcelana, balança eletrônica de precisão JK-200 da YMC CO, estufa de secagem 315 SE da Fanem, dissecador e papel de filtro (poros de 28 µm - filtragem rápida)	Vanzela (2004)
Turbidez	NTU	Nefelométrico	0,01 UNT	Turbidímetro 2020 La Motte	APHA (1998)
pH	-	Peagâmetro	0,01	Peagâmetro PHTEK	-
Condutividade elétrica	dS.m ⁻¹ a 25°C	Eletrodo de platina	0,1 dm.m ⁻¹ a 25°C	Condutivímetro Corning Pinnacle	APHA (1998)
Ferro total	mg.L ⁻¹	Colorimétrico ferro espectral	0,1 mg.L ⁻¹	Colorímetro Hach	-
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	Winkler modificado - titulação	0,1 mg.L ⁻¹	Pipetas de 2 ml, garrafas de Van Dorn e bureta	Vanzela (2004)
Dureza total Cálcio Magnésio	mg.L ⁻¹	Titulação	1,0 mg.L ⁻¹	Bureta, pipeta e erlenmeyer	Vanzela (2004)
Coliformes totais Coliformes fecais	NMP/100 ml de amostra	Contagem de bactérias	100 col/100 ml	Procedimento de análise - V124, Kit microbiológico - ALFAKIT	Vanzela (2004)
Nitrito	mg.L ⁻¹	Diazotação	0,01 mg.L ⁻¹	Espectrofotômetro DR 2700 Hach	Hach (2007)
Nitrato	mg.L ⁻¹	Redução de cádmio	0,02 mg.L ⁻¹		Hach (2007)
Sulfato	mg.L ⁻¹	Sulfaver 4	0,4 mg.L ⁻¹		Hach (2007)

3.9. Medição de vazão

A medição da vazão foi determinada pelo do molinete Global Water, modelo FP211, o qual mede a velocidade de escoamento ($m.s^{-1}$) do manancial. Quando o aparelho apresentava não conformidades de uso, utilizava-se o método do flutuador, porém a vazão era ajustada pelo fator de calibração (0,85) (Figura 15). Este último método representou 35,7% das saídas de campo.

A área da seção foi obtida através de medição *in loco* do perfil transversal do canal, coletando-se as profundidades à espaçamentos regulares de uma margem a outra. Nos Pontos caracterizados como galeria eram obtidas as alturas da lâmina d'água, uma vez que seu diâmetro era conhecido.

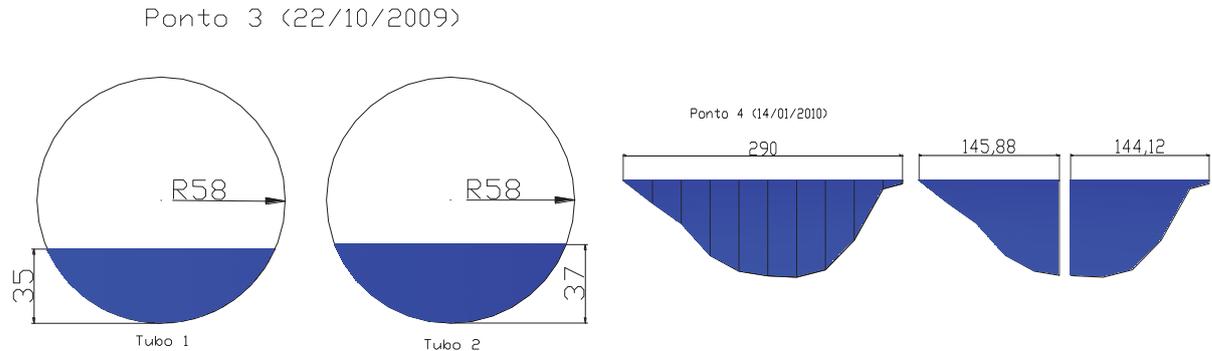
Figura 15- Medição da altura da seção molhada e a espera do flutuador (a) e medição pelo molinete hidrométrico (b).



Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira.

Os pontos de monitoramento que apresentaram largura do manancial superior a 1,5 metros eram divididos a seção a fim de obter um valor mais representativo da vazão. A área da seção foi obtida com auxílio do *software* AutoCAD, onde eram obtidas as respectivas áreas de escoamento dos canais (Figura 16).

Figura 16- Perfil transversal da galeria no ponto de monitoramento 3 (a) e do canal no ponto de monitoramento 4 (b).



Fonte: Santos (2012)

Independentemente da metodologia utilizada para se obter a velocidade de escoamento do canal, a vazão foi determinada a partir da Equação 1.

$$Q = V_1.S_1 + V_2.S_2 + \dots + V_n.S_n \quad (\text{Eq. 1})$$

sendo:

Q: Vazão do curso d'água ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$);

V_1 : Velocidade do fluxo de água na seção molhada 1 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$);

S_1 : Área da seção 1 (m^2);

V_2 : Velocidade do fluxo de água na seção molhada 2 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$);

S_2 : Área da seção 2 (m^2);

V_n : Velocidade do fluxo de água na seção molhada n ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$);

S_n : Área da seção n (m^2).

Em algumas saídas de campo não foi possível realizar a medição da vazão devido a enchente no local, o que impossibilitava a caracterização de um perfil adequado além de não haver condições de segurança para a medição (Figura 17).

Figura 17- Condições normais do leito (18/02/2011) (a) e enchente (01/02/2011) (b) no ponto 4 de monitoramento.



Fonte: Área de Hidráulica e Irrigação UNESP Ilha Solteira.

3.10. Análise dos dados

Conforme estudos já desenvolvidos envolvendo o monitoramento quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos para fins de irrigação, conforme apresentado por Vanzela (2004), Franco (2008) e Barboza (2010), utilizaram as informações disponibilizadas por Nakayama e Bucks (1986), Ayers e Wescot (1991), Bernardo (1995) e Brasil (2005) (Tabela 9), como referencial teórico de qualidade de água para fins e irrigação. Para este fim, considerou-se a Classe 2 da Resolução CONAMA N^o 357/2005 e N^o 20/1986.

Tabela 9- Parâmetros avaliados, os limites estabelecidos e os problemas relacionados a classificação da água para irrigação.

Parâmetros	Limite			Problemas	Referências
	Baixo	Médio	Alto		
Sólidos suspensos (mg.L ⁻¹)	<50	50-100	>100	Danos aos sistemas de irrigação localizada	Nakayama e Bucks (1986)
Sólidos dissolvidos (mg.L ⁻¹)	<500	500-2.000	>2.000		
pH	<7,0	7,0-8,0	>8,0		
Ferro total (mg.L ⁻¹)	<0,2	0,2-1,5	>1,5		
Condutividade elétrica (dS.m ⁻¹ a 25°C)	<250	250-750	750-2.250	Risco de salinização do solo	U. S. D. A. Agriculture Handbook Nº60
	Adequado	Inadequado			
Turbidez (NTU)	<100	>100		Contaminação por microorganismos patogênicos, excesso de sólidos e carga orgânica	Resolução CONAMA Nº 20/1986 e 357/2005. Águas Classe 2
Oxigênio dissolvido (mg.L ⁻¹)	<5,0	>5,0			
Coliformes totais (NMP.100 ml ⁻¹)	<5.000*	>5.000*			
Coliformes fecais (NMP.100 ml ⁻¹)	<1.000*	>1.000*			
	Normal	Alto			
Cálcio (mg.L ⁻¹)	0-400	>400		Risco de precipitação de sais	Ayers e Westcot (1991)
Magnésio (mg.L ⁻¹)	0-60	>60			
Nitrito (mg.L ⁻¹)	0-0,2	>0,2		Proliferação de doenças e eutrofização	Resolução CONAMA Nº 357/2005. Águas Classe 2
Nitrato (mg.L ⁻¹)	0-0,7	>0,7		Proliferação de algas e eutrofização	
Sulfato (mg.L ⁻¹)	0-250	>250		Proliferação de doenças e corrosão da tubulação	Resolução CONAMA Nº 357/2005. Águas Classe 1 e 3

*Resolução CONAMA Nº 20/1986, estabelece que em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês.

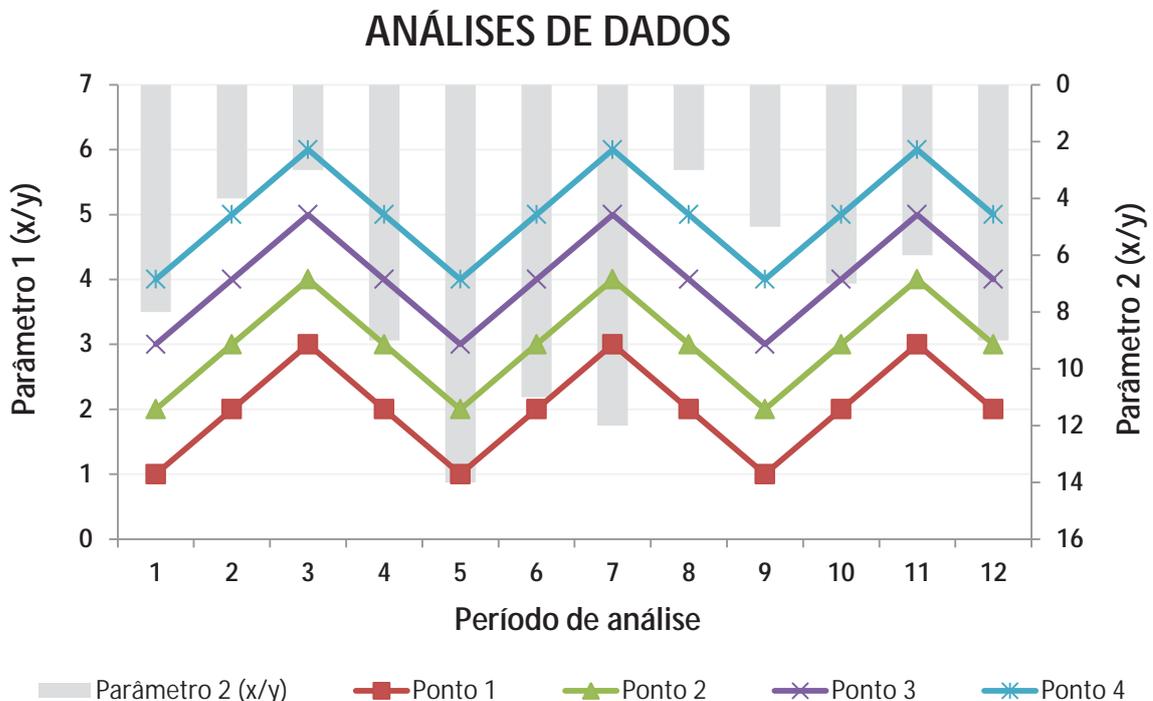
Para interpretação dos dados qualitativos dos recursos hídricos, foram realizadas análises estatísticas descritivas (Tabela 10) e de figuras representativas de três eixos (Figura 18), com auxílio do programa computacional Microsoft Excel 2010. Também foram elaborados gráficos *boxplot* com auxílio do *software* estatístico SPSS 16.0 for Windows (Figura 19). O período seco e chuvoso foi definido por Damião et al. (2010) através da análise do balanço hídrico considerando os período seco os meses que apresentaram deficiência hídrica no solo e chuvoso os meses que apresentaram excedente hídrico.

Tabela 10- Valores mínimos, máximos e médios do parâmetro analisado na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano		
				Baixo	Médio	Alto
Parâmetro ¹	unidade de medida			(% amostras)		
Ponto 1	-	-	-	-	-	-
Ponto 2	-	-	-	-	-	-
Ponto 3	-	-	-	-	-	-
Ponto 4	-	-	-	-	-	-

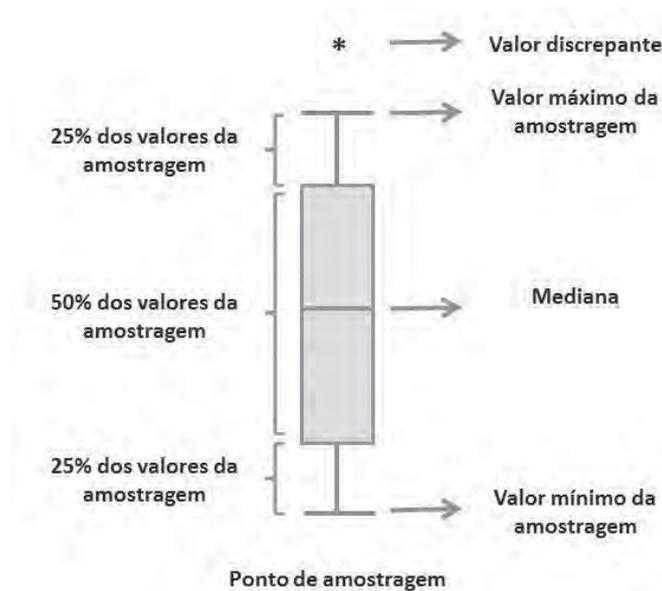
¹baixo (concentração), médio (concentração) e alto (concentração).

Figura 18- Esboço da figura de três eixos obtida através do programa Microsoft Excel.



Fonte: Santos (2012).

Figura 19- Análise dos dados estatísticos SPSS através do gráfico *boxplot*.



Fonte: Santos (2012)

A análise exploratória partiu-se da correlação de Pearson, com análise de variância ao nível de 5% (*) e 1% (**) de probabilidade, em que as variáveis dependentes foram atribuídas a qualidade dos recursos hídricos no período de março de 2006 a setembro de 2011 e as variáveis independentes ao uso e ocupação do solo, metodologia já utilizado por Vanzela, Hernandez e Franco (2010).

A determinação da correlação dos parâmetros apresentados tem por finalidade determinar quais são os principais usos do solo que influenciam positivamente na degradação da qualidade da água. A correlação positiva representa que uma determinada variável x apresenta valores maiores, conseqüentemente a variável y também se projetará em maiores proporções, sendo a correlação negativa o inverso e sendo nula quando um parâmetro não influenciar o outro.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Uso e ocupação da microbacia do córrego do Ipê

4.1.1. Uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê nos anos de 1978

A Tabela 11 apresenta o uso e ocupação do solo no ano de 1978 e na Figura 20 sua respectiva espacialização.

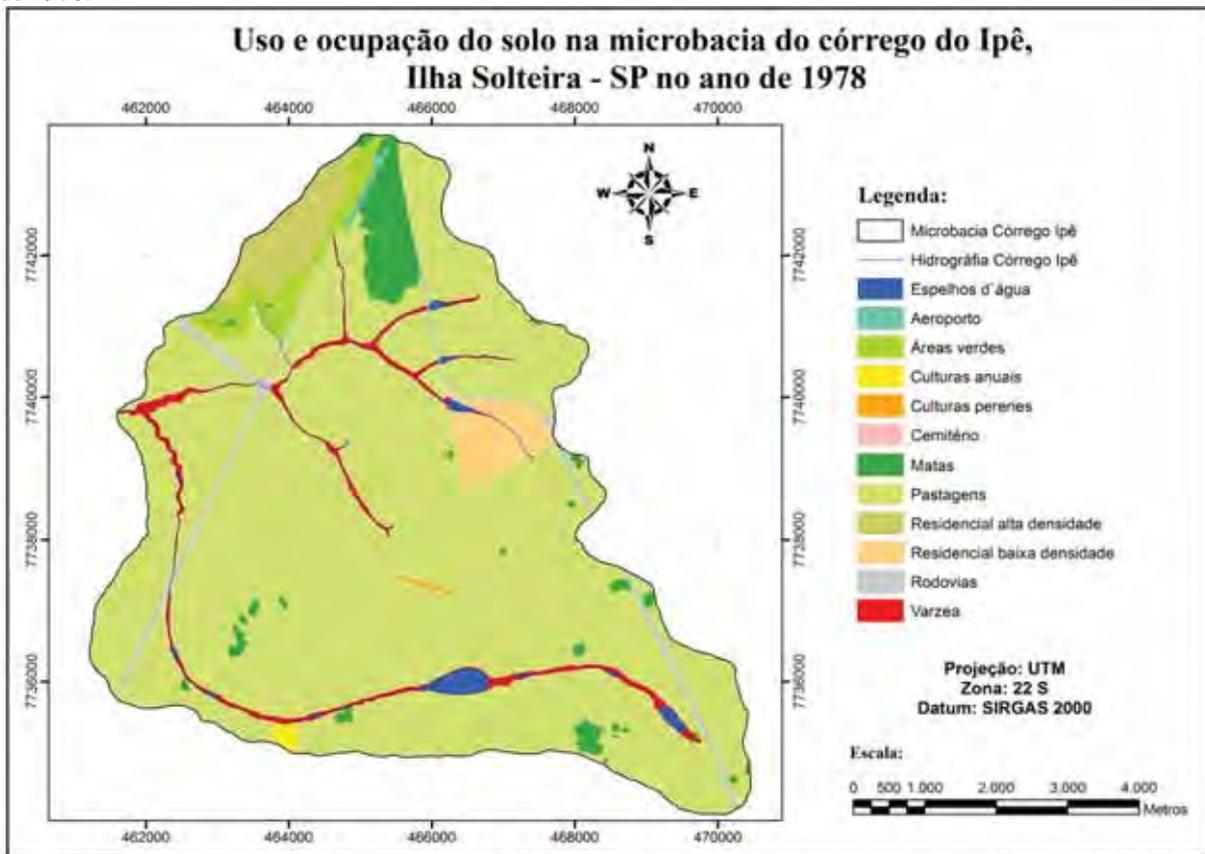
Tabela 11- Quantificação do uso e ocupação do solo na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.

Classes de uso de solo	Área (ha)	Área (km ²)	%
Espelhos d`água	42,03	0,42	0,8
Aeroporto	8,93	0,09	0,2
Áreas verdes	96,36	0,96	1,9
Culturas anuais	10,14	0,10	0,2
Culturas perenes	2,52	0,03	0,1
Cemitério	1,05	0,01	0,0
Matas	164,64	1,65	3,3
Pastagens	4.195,61	41,96	83,2
Residencial alta densidade	151,93	1,52	3,0
Residencial baixa densidade	120,72	1,21	2,4
Rodovias	112,67	1,13	2,2
Várzea	136,89	1,37	2,7
Área total	5.043,49	50,44	100,0

A microbacia do córrego do Ipê tem uma área total de 50,44 km², porém apresentando concentração de um único uso e ocupação do solo, sendo 83,2% da área total compreendida por pastagem no ano de 1978. De acordo com Sávio (2011), que descreve a história do município de Ilha Solteira, década de 60 em torno de 70% da área total do município era composta por pastagem.

A segunda maior ocupação do solo no ano de 1978 é de matas com 3,3% da área total. Neste período de análise as áreas eram compostas por grandes núcleos florestais. Os usos identificados como áreas verdes (1,9%) são locais compostos por grandes concentrações de árvores isoladas, sendo local de futura expansão da área urbana.

Figura 20- Espacialização do uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.



Fonte: Santos (2012)

O residencial de alta densidade (compreende as áreas urbanizadas, onde quase toda a totalidade do terreno esta recoberta com construção civil) representava 3,0% da área da bacia hidrográfica e 2,4% de áreas compostas de residenciais de baixa densidade (compreende uma área composta por pequenos lotes de agricultores, onde há ocorrência de terrenos vagos e as construções estão dispersas).

A área composta por várzeas representava 2,7% (quarto maior uso e ocupação do solo), sendo esse elevado valor devido a ausência de mata ciliar, além da pecuária irregular, o que favorece a intensificação dos impactos aos mananciais devido ao espalhamento da área molhada do manancial, favorecendo ao aumento das áreas de várzeas.

Os demais usos e ocupações do solo apresentaram baixas percentuais, sendo rodovias com 2,2% da área total, espelhos d'água com 0,8%, aeroporto com 0,2%, culturas anuais com 0,2% e culturas perenes com 0,1%.

Analisando o uso e ocupação do município de Ilha Solteira do ano de 2001 com a microbacia do córrego do Ipê no ano de 1978 foi possível identificar que não houve mudança

significativa (proporcionalmente) durante o período analisado, ou seja, o município manteve sua área de expansão estagnada.

De acordo com o trabalho desenvolvido, não foi possível determinar áreas de constituídas da cultura de cana-de-açúcar no ano de 1978 na microbacia do córrego do Ipê, sendo que o mesmo fato foi observado por Lima; Silva; Altimare (2004), que deixaram evidentes que até o ano de 2001 o município de Ilha Solteira não apresentava áreas constituídas pela cultura.

Estes fatos fortalecem as evidências de que a transformação de uso e ocupação do solo na região de Ilha Solteira foi mais significativa a partir do ano de 2006, período marcado pela chegada da cultura da cana-de-açúcar na região.

O município apresentou apenas 1% (674 *hectares*) de matas e 2,3% (1.495 *hectares*) de matas em áreas de preservação permanente. A realidade apresentada no município não difere da apresentada na microbacia do córrego do Ipê no ano de 1978, onde se obteve apenas 3,3% (164,64 *hectares*) de matas.

De acordo com Lima; Silva; Altimare (2004) o grande volume de áreas de espelhos d'água é devido a forma de avaliação, onde levou em consideração parte do Rio Paraná, Rio São José dos Dourados e espelhos d'água localizados na rede de drenagem do município.

4.1.2. Áreas de conflito com área de preservação permanente na microbacia do córrego do Ipê no ano de 1978

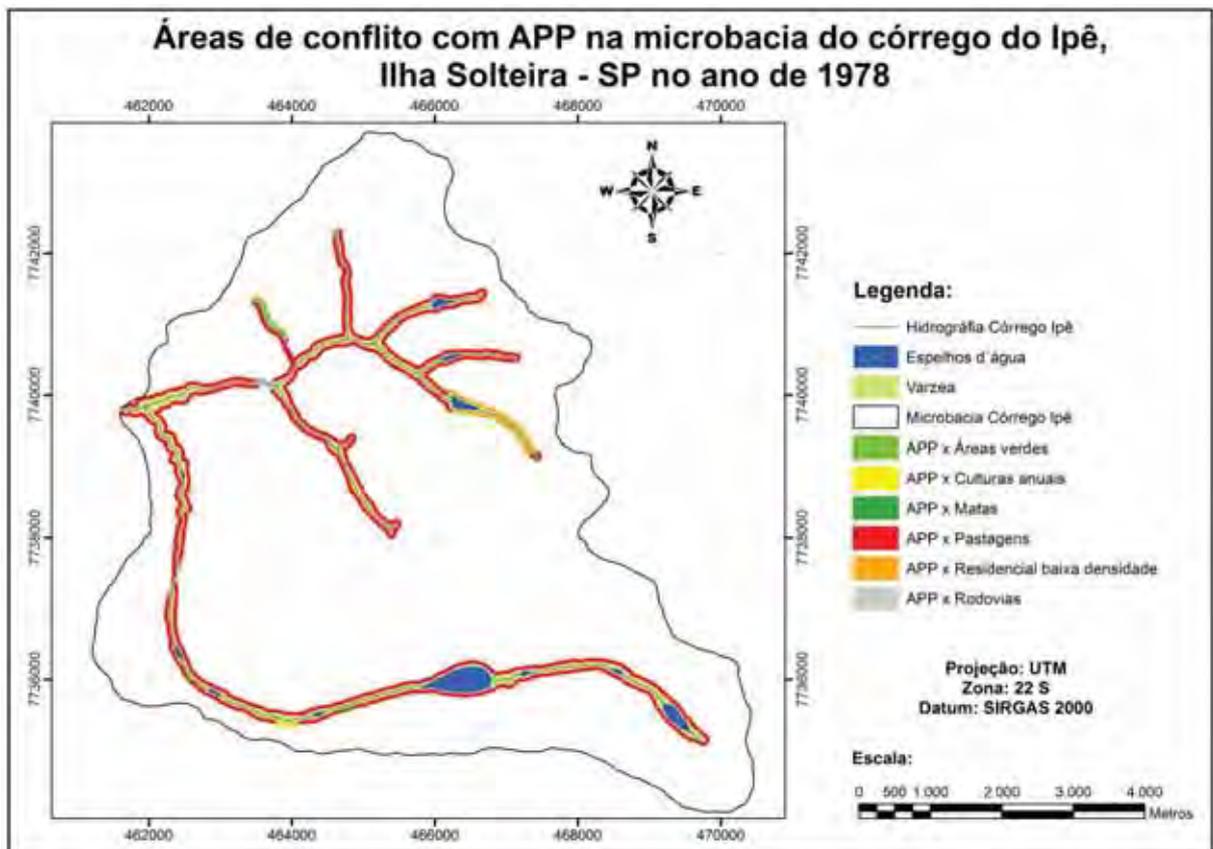
No ano de 1978 existiam as Leis que regem as diretrizes ambientais, porém, eram pouco ou quase nem sempre aplicadas. Este impasse fez com que elevou muito os valores de áreas de conflito dos diversos usos com as áreas de preservação permanente na microbacia do córrego do Ipê. A Tabela 12 representa os valores em área dos diversos usos identificados como locais de conflitos e a Figura 21 sua respectiva espacialização.

As áreas de preservação permanente como o nome já diz, deveria estar ocupada por matas preservadas, porém, apenas 1,8% (áreas verdes e matas) deste total é constituído verdadeiramente por vegetação ciliar.

Tabela 12- Quantificação das áreas de conflito do uso do solo com as áreas de preservação permanente na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.

Classes de uso de solo	Área (ha)	Área (km ²)	%
Áreas verdes	3,97	0,04	1,4
Culturas anuais	1,50	0,02	0,5
Matas	1,12	0,01	0,4
Pastagem	249,03	2,49	89,7
Residencial baixa densidade	14,88	0,15	5,4
Rodovias	7,13	0,07	2,6
Área total	277,63	2,78	100,0

Figura 21- Espacialização das áreas de conflito com APP na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.



Fonte: Santos (2012)

A ocupação que apresentou maior conflito com as áreas de preservação foram as áreas de pastagens, sendo que do total em conflito, 89,7% (249,03 hectares) da área é de livre acesso a pecuária irregular, favorecendo a intensificação dos impactos ambientais, principalmente aos recursos hídricos.

A segunda maior área de conflito foi a área residencial de baixa densidade com 5,4% (14,88 *hectares*). O local se constitui de vários pequenos sítios isolados que tem a agricultura familiar como fonte de subsistência.

Os demais conflitos foram caracterizados por culturas anuais com 0,5% (1,5 *hectares*) e rodovias com 2,6% (7,13 *hectares*). No caso das rodovias o conflito com as áreas de preservação é irrelevante devido ser uma das formas de assegurar o desenvolvimento.

De acordo com Bartholo (1994) e Araújo (2007) quando se tem o uso das áreas de preservação permanente em uso conflitante torna-se propício a degradação dos recursos hídricos, tanto qualitativamente quanto quantitativamente.

Em trabalho semelhante apresentado por Silva, Braga e Fonseca (2010) no município de Itabira, Minas Gerais, foram verificadas as áreas de pastagem com maior uso do solo (46,54%) em áreas de preservação permanente.

4.1.3. Uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê no ano de 2011

A análise do uso e ocupação do solo do ano de 2011 foi dividido por sub-bacias, sendo estes pontos de controle baseado nos quatro pontos de monitoramento, a fim, de se obter um conhecimento das causas da degradação da qualidade e disponibilidade do manancial.

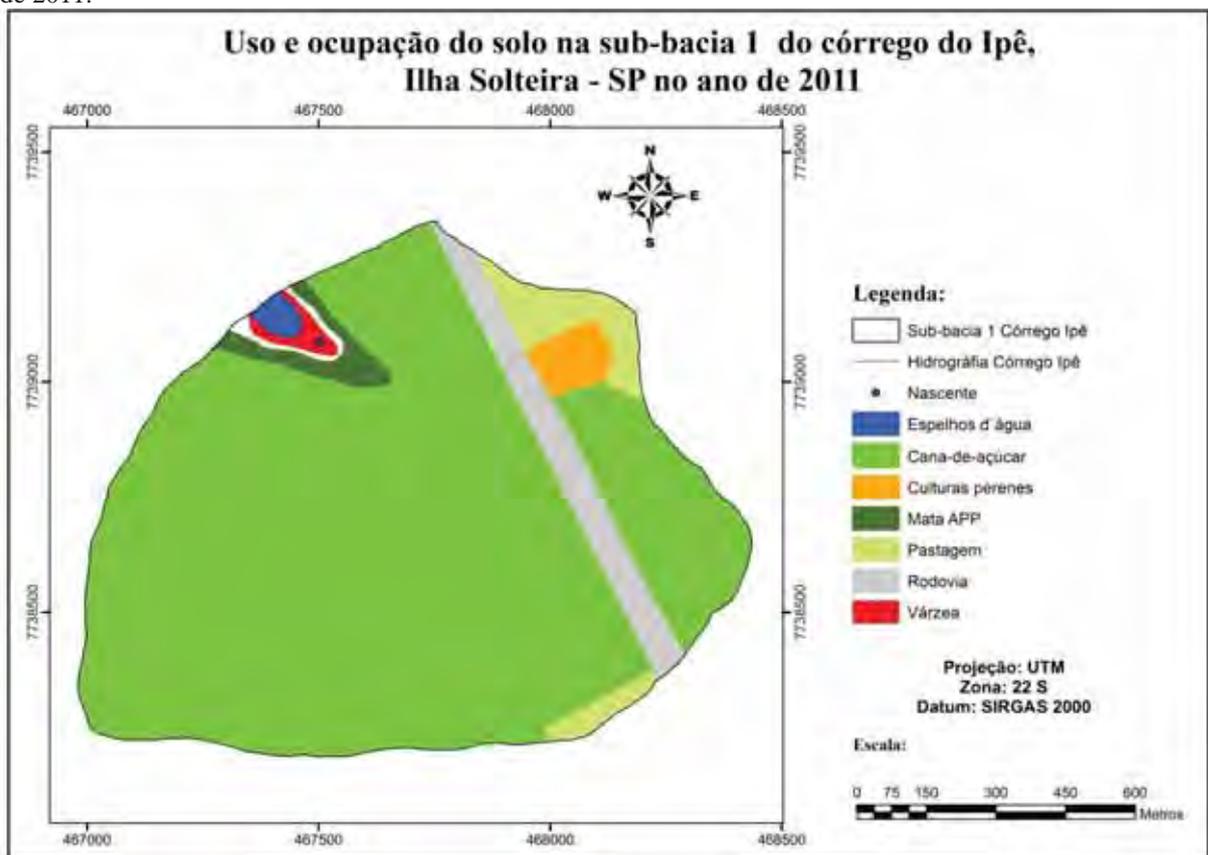
4.1.3.1. Sub-bacia 1

A Tabela 13 apresenta os diversos usos e ocupação do solo que caracteriza a sub-bacia 1 do córrego do Ipê e a Figura 22 sua respectiva espacialização. A sub-bacia 1 constitui a parte mais alta da microbacia do córrego do Ipê, pois esta compreende a cabeceira, ou seja, a nascente, onde sua área é caracterizada com a presença de uma represa.

Este local é composto na maior parte pela cultura da cana-de-açúcar, com 84,3% (102,45 *hectares*) da área total. Pelas visitas de campo foi possível verificar que a área de plantio possui adequado manejo do solo e sua nascente é constituída com parte da área composta por mata ciliar, o que representa 1,9% (2,34 *hectares*) da área da sub-bacia. É válido ressaltar que a vegetação ciliar foi introduzida no mesmo período que a cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 13- Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia 1 do córrego do Ipê no ano de 2011.

Classes de uso de solo	Área (ha)	Área (km ²)	%
Espelhos d`água	0,65	0,01	0,6
Áreas não identificadas	0,68	0,01	0,6
Cana-de-açúcar	102,45	1,03	84,3
Culturas perenes	2,00	0,02	1,6
Matas APP	2,34	0,02	1,9
Pastagem	5,10	0,05	4,2
Rodovias	7,45	0,07	6,1
Várzea	0,85	0,01	0,7
Área total	121,52	1,22	100,0

Figura 22- Espacialização do uso e ocupação do solo na sub-bacia 1 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.

Fonte: Santos (2012)

As áreas não identificadas na maioria das vezes são locais de usos conflitantes, sendo caracterizados por vegetação de pastejo e início de formação de sub-bosque no período chuvoso e por queimadas no período de estiagem, sendo os ambos os períodos com presença

de gado, portanto, o local consiste em áreas de preservação permanente, as quais não deveriam ser utilizadas de nenhuma forma.

Os demais usos significativos da sub-bacia são rodovias e pastagens, sendo de 6,1% (7,45 *hectares*) e 4,2% (5,1 *hectares*), respectivamente. Os usos de menor ocorrência na sub-bacia foram espelhos d'água com 0,6% (0,65 *hectares*); culturas perenes com 1,6% (2,0 *hectares*) sendo predomínio de seringueira e áreas de várzea com 0,7% (0,85 *hectares*).

4.1.3.2. Sub-bacia 2

A Tabela 14 apresenta os diversos usos e ocupação do solo que caracterizam a sub-bacia 2 do córrego do Ipê e a Figura 23 sua respectiva espacialização.

Tabela 14- Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia 2 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.

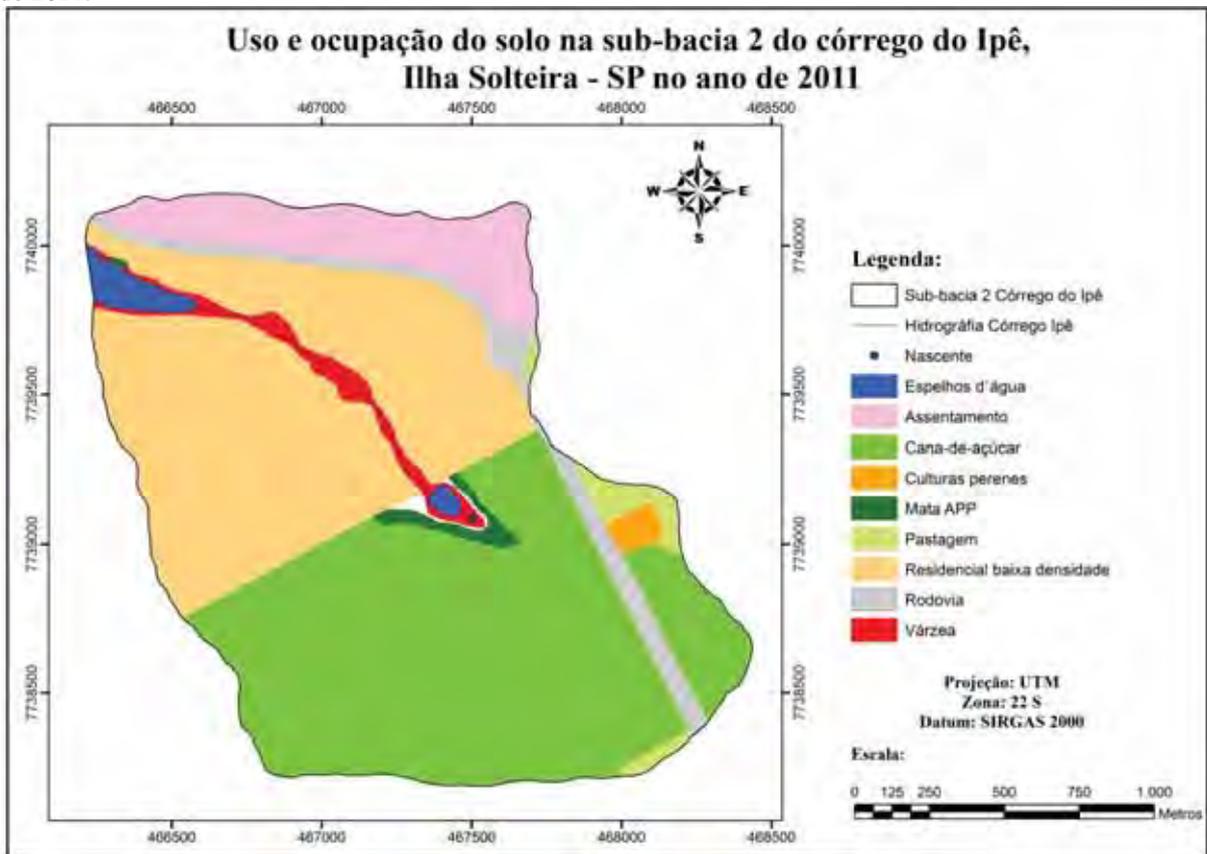
Classes de uso de solo	Área (ha)	Área (km ²)	%
Espelhos d'água	4,12	0,04	1,4
Assentamento	26,67	0,27	8,8
Áreas não identificadas	1,11	0,01	0,4
Cana-de-açúcar	128,25	1,28	42,2
Culturas perenes	2,00	0,02	0,7
Matas APP	3,00	0,03	1,0
Pastagem	5,47	0,05	1,8
Residencial baixa densidade	108,73	1,09	35,8
Rodovias	16,02	0,16	5,3
Várzea	7,75	0,08	2,6
Área total	303,23	3,03	100,0

A sub-bacia 2 se caracterizou tipicamente com dois usos mais evidentes, sendo, áreas compostas pela cultura da cana-de-açúcar com 42,2% (128,25 *hectares*) seguido de residencial de baixa densidade com 35,8% (108,73 *hectares*).

As áreas ocupadas por assentados representou 8,8% da sub-bacia. Local que antes era pastagem, a partir do ano de 2005 foi se transformando em áreas ocupadas por pequenos agricultores que se tem como predomínio a pecuária leiteira como forma de subsistências e em menor quantidade de área ou até mesmo com há ausência da agricultura irrigada.

A outra maior concentração de uso do solo nesta sub-bacia é o residencial de baixa densidade, compostos por pequenos lotes e com presença da agricultura familiar.

Figura 23- Espacialização do uso e ocupação do solo na sub-bacia 2 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.



Fonte: Santos (2012)

Os demais usos não apresentaram valores significativos sendo as áreas compostas por espelhos d'água com 1,4% (4,12 *hectares*), áreas não identificadas com 0,4% (1,11 *hectares*), culturas perenes com 0,7% (2,00 *hectares*), matas inseridas dentro da área de preservação permanente com 1,0% (3,00 *hectares*), pastagem com 1,8% (5,47 *hectares*), rodovias com 5,3% (16,02 *hectares*) e áreas com várzeas com 2,6% (7,75 *hectares*).

Desde a nascente até foz do córrego do Ipê é caracterizada por possuir áreas de várzeas. Estas são compostas na maioria das vezes pela espécie invasora taboa (*Thypha sp.*). A cultura é conhecida por ser um indicativo de que está havendo carreamento de resíduos sólidos criando um canal indefinido.

A ausência da mata ciliar favorece a degradação dos recursos hídricos, aumentando os sedimentos carreados e, conseqüentemente, a proliferação de plantas aquáticas, como o exemplo a taboa (*Thypha sp.*), que é uma realidade na região noroeste paulista. Para Martins et al. (2007) o povoamento denso da *Typha sp.* em espelhos d'água e várzeas também provocam desequilíbrio dos corpos hídricos, diminuindo ou impedindo o seu aproveitamento adequado.

4.5.3.3. Sub-bacia 3

A Tabela 15 apresenta os diversos usos e ocupação do solo que caracteriza a sub-bacia 3 do córrego do Ipê e a Figura 24 sua respectiva espacialização.

Tabela 15- Quantificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia 3 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.

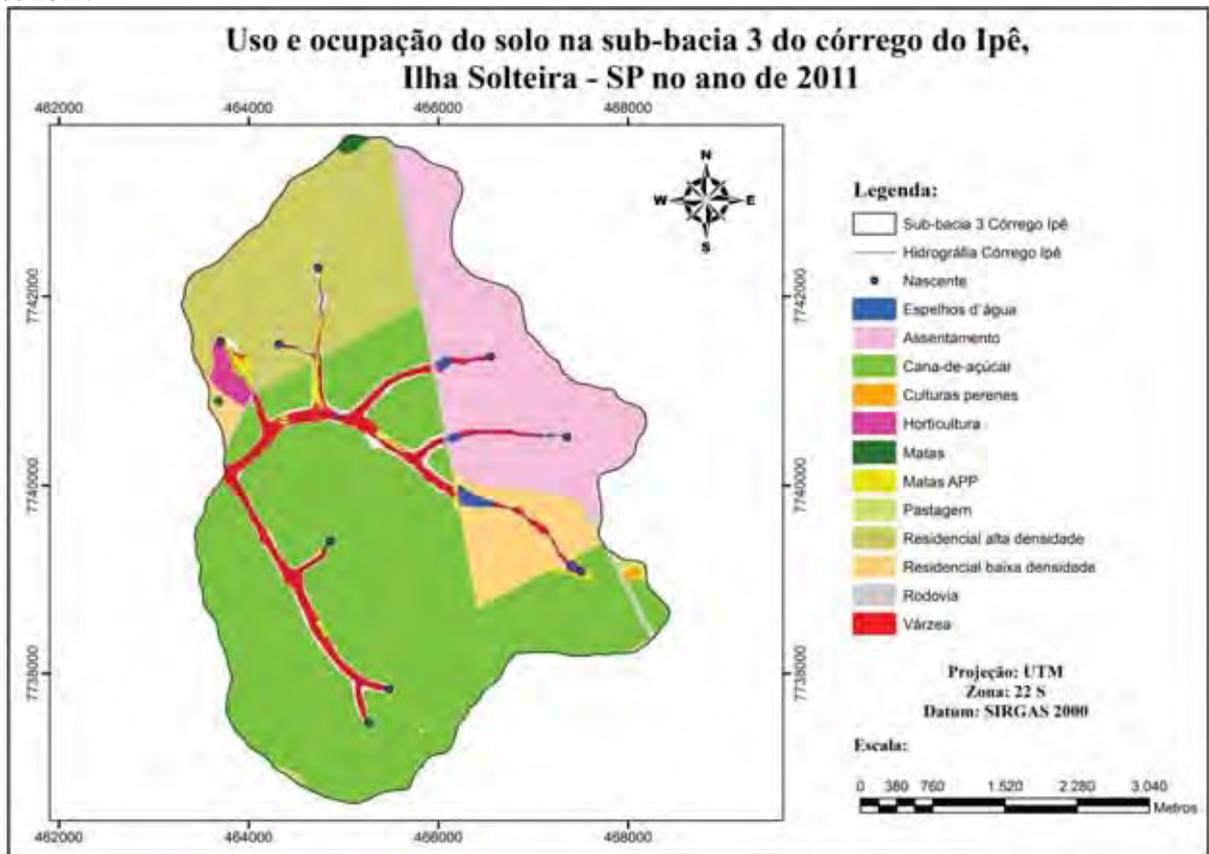
Classes de uso de solo	Área (ha)	Área (km ²)	%
Espelhos d`água	6,63	0,07	0,3
Assentamento	386,53	3,87	16,9
Áreas não identificadas	64,92	0,65	2,8
Cana-de-açúcar	1.146,70	11,47	50,2
Culturas perenes	2,00	0,02	0,1
Horticultura	12,47	0,12	0,5
Matas	4,47	0,04	0,2
Matas APP	15,92	0,16	0,7
Pastagem	7,99	0,08	0,3
Residencial alta densidade	375,42	3,75	16,4
Residencial baixa densidade	129,53	1,3	5,7
Rodovias	49,18	0,49	2,2
Várzea	83,90	0,84	3,7
Área total	2.285,56	22,86	100,0

Conforme apresentado, as áreas compostas de cana-de-açúcar nas sub-bacias cresceram proporcionalmente a área total, sendo, em média 56% em cada sub-bacia. Na sub-bacia 3, a ocupação com a cultura representou 50,2% (1.146,70 *hectares*).

Esta foi a sub-bacia onde a área ocupada por assentados apresentou a maior representatividade, sendo de 16,9% (386,53 *hectares*). O mesmo fato correu com os residenciais de alta e baixa densidade, sendo de 16,4% (375,42 *hectares*) e 5,7% (129,53 *hectares*), respectivamente.

Uma das formas de conter a degradação dos recursos hídricos é através das matas ciliares. A sub-bacia 3 não difere das demais apresentadas que se caracterizaram com baixos valores de matas ciliares, sendo de 0,7% (15,92 *hectares*). Já as áreas de matas inseridas dentro da sub-bacia como um todo, apresentaram apenas 0,2% (4,47 *hectares*).

Figura 24- Espacialização do uso e ocupação do solo na sub-bacia 3 do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.



Fonte: Santos (2012)

Os demais usos não apresentaram áreas significativas na sub-bacia 3, sendo espelhos d'água com 0,3% (6,63 *hectares*), áreas não identificadas com 2,8% (64,92 *hectares*), culturas perenes com 0,01% (2,00 *hectares*), horticultura com 0,5% (12,47 *hectares*), pastagem com 0,3% (7,99 *hectares*), rodovias com 2,2% (49,18 *hectares*) e várzea com 3,7% (83,90 *hectares*).

4.5.3.4. Sub-bacia 4

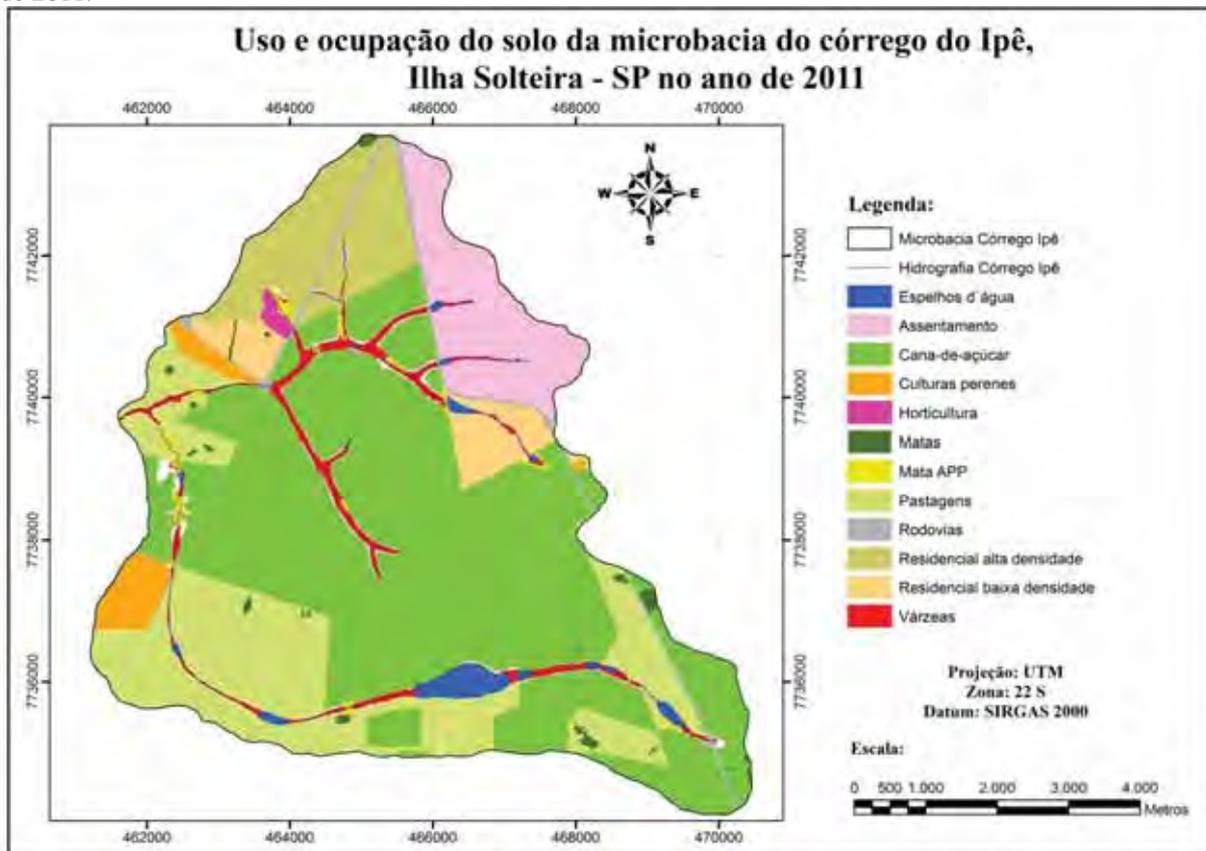
A Tabela 16 apresenta o uso e ocupação do solo no ano de 2011 e a Figura 25 sua respectiva espacialização.

Como era de se esperar o uso e ocupação do solo do ano de 2011 apresentou grande diferença entre o ano de 1978 em relação ao ano de 2011. A maior mudança ocorrida foi em função do desenvolvimento agrícola que chegou na região no ano de 2006 e se instalou em maior parte da microbacia do córrego do Ipê.

Tabela 16- Quantificação do uso e ocupação do solo na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.

Classes de uso de solo	Área (ha)	Área (km ²)	%
Espelhos d`água	61,57	0,62	1,2
Áreas não identificadas	104,84	1,05	2,1
Assentamento	387,03	3,87	7,7
Cana-de-açúcar	2.426,01	24,26	48,1
Culturas perenes	108,25	1,09	2,2
Horticultura	12,47	0,13	0,2
Matas	33,98	0,34	0,6
Matas APP	31,27	0,31	0,6
Pastagens	1.022,43	10,23	20,3
Residencial alta densidade	407,17	4,07	8,1
Residencial baixa densidade	191,78	1,92	3,8
Rodovias	99,26	0,99	2,0
Várzea	157,43	1,57	3,1
Área total	5.043,49	50,44	100,0

Figura 25- Espacialização do uso e ocupação do solo da microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.



Fonte: Santos (2012)

A predominância do uso e ocupação da microbacia do córrego do Ipê no ano de 2011 apresentou 48,1% da área destinada ao cultivo da cultura de cana-de-açúcar, ou seja, 2.426,01 *hectares*.

As áreas de pastagens com predomínio da cultura *brachiaria* sp. ainda prevalecem na microbacia, porém, caracterizando o segundo maior uso com 20,3% da área total, o que representa 1.022,43 *hectares*.

Devido ao crescimento populacional e conseqüentemente urbano, o residencial de alta densidade apresentou elevada taxa de crescimento atingindo 8,1% o que representa 407,17 *hectares*.

A área de assentamento que se deu pela apropriação das terras no ano de 2005, hoje denominado Estrela da Ilha, apresentou o quarto maior uso na microbacia com 7,7% da área (387,03 *hectares*).

O local caracteriza-se como promissor para a expansão da agricultura irrigada devido ao local estratégico e o potencial hídrico com duas represas, porém, em estado de degradação devido a proliferação da cultura taboa (*Thypa* sp.).

Outro crescimento que ocorreu na área de estudo foi o residencial de baixa densidade apresentando 3,8% (191,78 *hectares*) da área total da microbacia. O crescimento é resultado da expansão da agricultura familiar na região, uma vez que o município possui vários bons exemplos, que podem ser encontrados no Cinturão Verde e na Horta dos Aposentados.

As áreas de matas foram divididas em duas formas de avaliação, sendo, matas e matas em APP's (matas que estão inseridas dentro da área de preservação permanente). Os resultados apresentados foram de 0,6% (33,98 *hectares*) e 0,6% (31,27 *hectares*), respectivamente.

A área da microbacia ocupada por rodovias representou 2% (99,26 *hectares*), pois, esta constitui de duas das três principais saídas do município de Ilha Solteira de forma que ambas cruzam com o córrego do Ipê e seus afluentes. De acordo com Lima; Silva; Altimare (2004), mananciais próximos a rodovias estão muito sujeitos ao assoreamento e contaminação do mesmo devido a concentração de material particulado e de substâncias tóxicas.

Na microbacia, este fator não foi observado de forma marcante devido a densidade de represa que compreende a área de estudo, favorecendo a decantação das mesmas.

Os demais usos e ocupação do solo apresentaram reduzidas áreas na microbacia, sendo espelhos d'água com 1,2% (61,57 *hectares*), áreas não identificadas com 2,1% (104,84

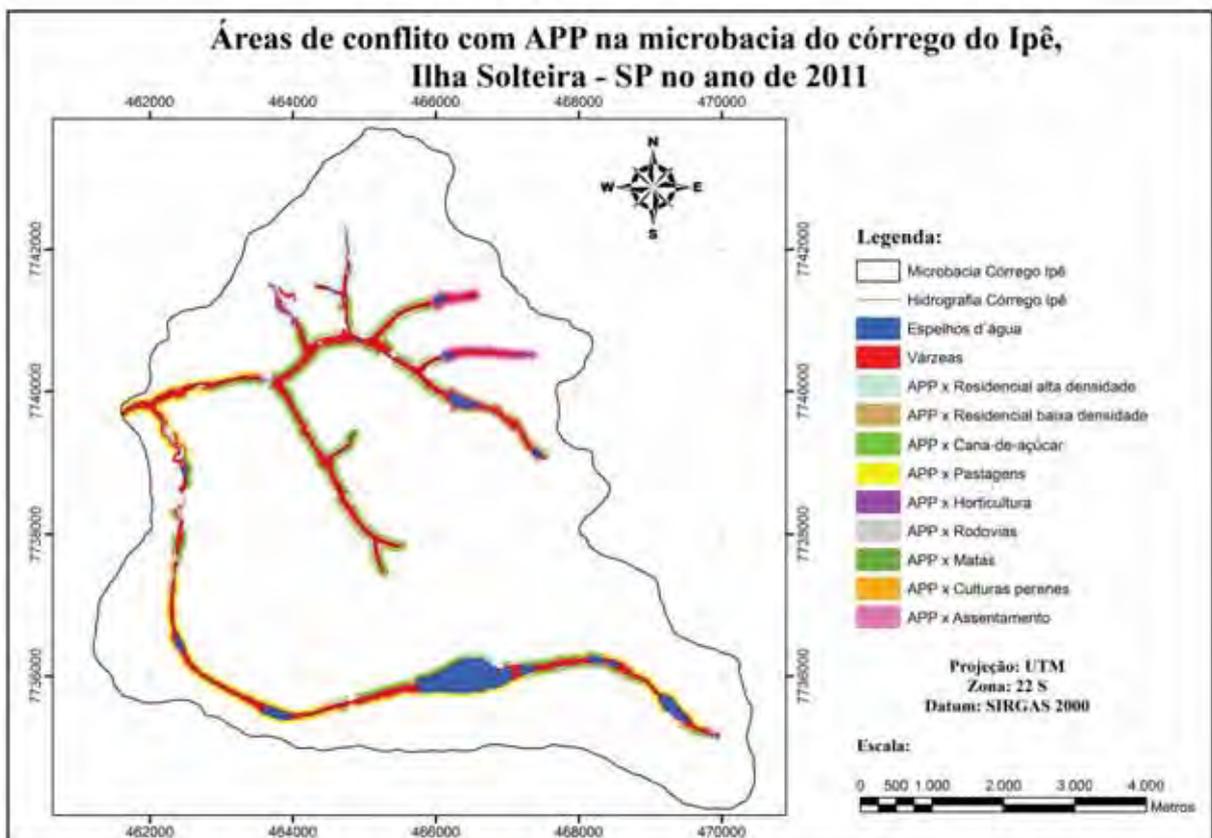
hectares), culturas perenes com 2,2% (108,25 hectares) e horticultura com 0,2% (12,47 hectares) do total da área de microbacia em estudo.

A Tabela 17 apresenta os valores de área dos diversos usos identificados em conflito com as áreas de preservação permanente e a Figura 26 sua respectiva espacialização.

Tabela 17- Quantificação das áreas de conflito do uso do solo com as áreas de preservação permanente na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.

Classes de uso de solo	Área (ha)	Área (km ²)	%
Assentamento	20,25	0,20	6,5
APP ociosa	84,73	0,85	27,0
Cana-de-açúcar	51,72	0,52	16,5
Culturas perenes	1,32	0,01	0,4
Horticultura	1,92	0,02	0,6
Matas	34,19	0,34	10,9
Pastagem	84,49	0,85	26,9
Residencial alta densidade	11,56	0,12	3,7
Residencial baixa densidade	15,23	0,15	4,9
Rodovias	8,24	0,08	2,6
Área total	313,65	3,14	100,0

Figura 26- Espacialização das áreas de conflito com APP na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.



Fonte: Santos (2012)

De modo geral, todos os usos limítrofes as áreas de preservação permanente apresentaram uma parcela de uso conflitante. Foi possível identificar que a maior parte da área de preservação permanente encontra-se ociosa, ou seja, em regeneração natural, sendo de 27% (84,73 *hectares*), composta na maior parte pela presença da *brachiaria* sp. A área ocupada por vegetação ciliar apresentou 10,6% (34,19 *hectares*) o que é um fato preocupante, pois, somando as áreas com vegetação e as ociosas não ultrapassam 38% (118,92 *hectares*).

Devido às extensas áreas com o cultivo da cultura de cana-de-açúcar esperava-se maior área de conflito com as áreas de preservação permanente, porém não confere com a realidade. O uso que apresentou maior área em conflito foram as áreas de pastagem com 26,9% (84,49 *hectares*) da área total de preservação permanente.

O terceiro maior uso das áreas de preservação permanente foi caracterizado pelo cultivo da cultura de cana-de-açúcar a qual representou 16,5% (51,72 *hectares*). Da área total de cana-de-açúcar na microbacia do córrego do Ipê, apenas 2,13% (51,72 *hectares*) se encontra em área de conflito com as APP.

Muitas das vezes as residências são construídas fora da área de preservação permanente, porém, devido a pecuária leiteira que é uma realidade no assentamento, onde o gado possui livre acesso em locais considerados irregulares para esta prática. Assim, esta área representou 6,5% (20,25 *hectares*) da área de preservação permanente.

Ambos os residenciais que compreendem a microbacia (alta e baixa densidade) apresentaram conflitos com as áreas de preservação permanente, sendo que 3,7% (11,56 *hectares*) e 4,9% (15,23 *hectares*), respectivamente.

Os demais usos e ocupação que apresentaram conflitos com as APP's foram culturas perenes, horticultura e rodovias, compreendendo 0,4% (1,32 *hectares*), 0,6% (1,92 *hectares*) e 2,6% (8,24 *hectares*), respectivamente.

Desta maneira, o conflito na microbacia encontra-se bem acentuado com 62,1% da área de preservação permanente composto por interferência antrópica e resultados semelhantes foram obtidos por Nascimento et al. (2005), que analisando a bacia hidrográfica do Rio Alegre, no município de Alegre, extremo sul do Espírito Santos, obtiveram 78,46% da interferência antrópica nas áreas preservadas por lei.

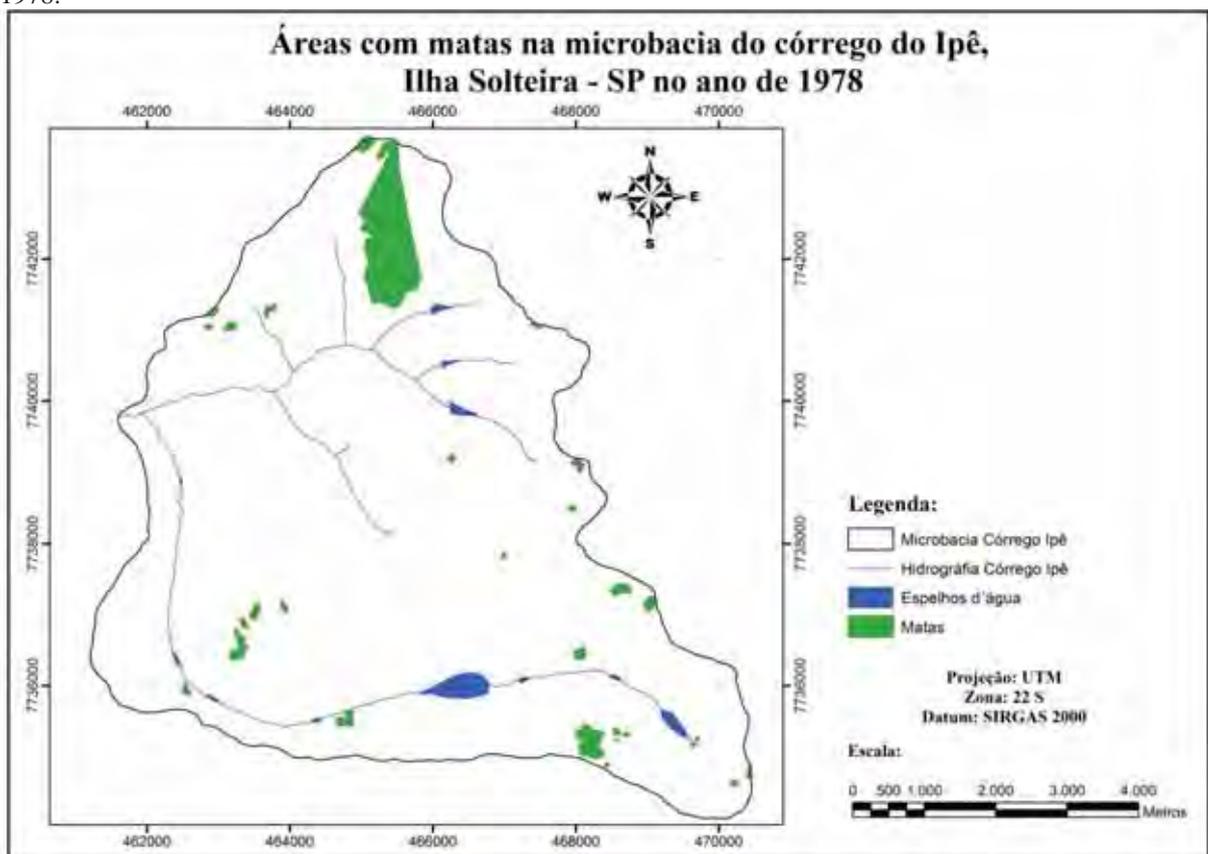
4.1.4. Espacialização das áreas de matas

A quantificação e a localização das áreas de matas em uma microbacia é uma informação estratégica a fins de se determinar o planejamento hidro-agrícola e ambiental de uma determinada área. Assim, a Tabela 18 quantifica essas áreas e as Figuras 27 e 28 suas respectivas espacializações.

Tabela 18- Quantificação das áreas de matas na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

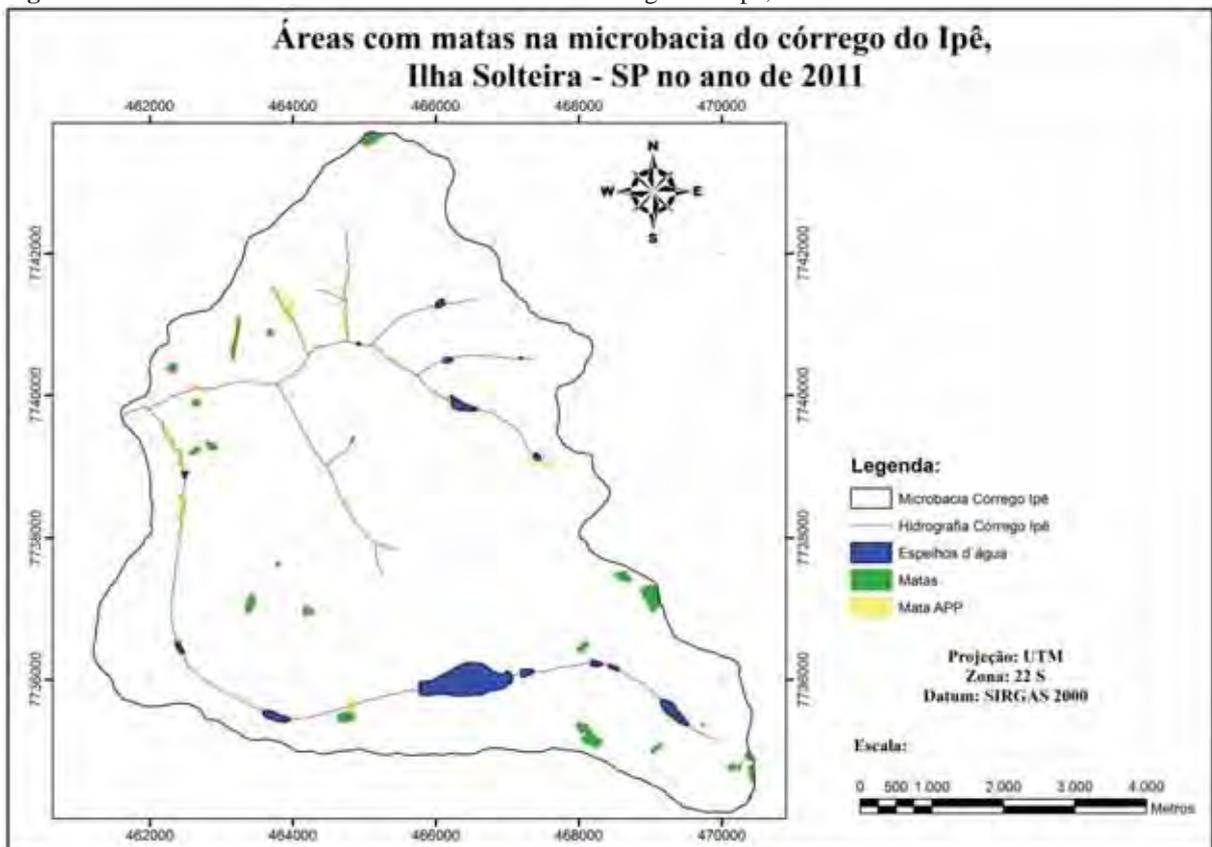
Uso e ocupação	Ano de avaliação	
	1978	2011
	%	
Matas	2,9	0,7
Matas APP	0,4	0,6

Figura 27- Espacialização das áreas com matas na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 1978.



Fonte: Santos (2012)

Figura 28- Áreas com matas na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP no ano de 2011.



Fonte: Santos (2012)

Além da expansão das áreas urbanas, as áreas florestais deram lugar as áreas de pastagem, que no início, consistiam em áreas com alto potencial de produtividade devido a matéria orgânica presente no solo. No aspecto degradatório, a pecuária impede o desenvolvimento de brotos de matas e conseqüentemente a ciclagem de nutrientes no solo.

De acordo com Poletto, Carvalho e Matsumoto (2010) a distribuição espacial das áreas de matas naturais na microbacia do córrego do Ipê são de tamanhos reduzidos e isolados, sendo a maior parte da área constituída por sistemas agrários. Os autores ressaltam ainda que apenas 13% das propriedades rurais possuem áreas de remanescentes florestais, destacando que estes estão cada vez menores e raros.

Analisando os anos de 1978 e 2011 notou-se que houve uma drástica redução das áreas de matas, dando lugar as áreas impermeáveis. O maior efeito da degradação ambiental é representativo no 3º ponto de monitoramento com a retirada do maior fragmento de mata.

A permanência das áreas de matas nos tempos atuais poderia ser considerada um fator decisivo na qualidade e disponibilidade hídrica, uma vez que iria assegurar a água e consequentemente o aporte de sedimentos, reduzindo assim a degradação química e física do solo e posteriormente dos recursos hídricos.

Diante deste cenário fica evidente a necessidade de atenção especial que se deve ter com a microbacia do córrego do Ipê, pois, a área compreende dois cenários distintos, sendo a expansão da área urbana previsto pelo Plano Diretor Municipal (BRASIL, 2008) e potencial para criação de áreas irrigadas.

Conforme Vanzela, Hernandez e Franco (2010) a presença de matas favorecerá na disponibilidade e qualidade hídrica da mesma. De acordo com a Fundação SOS Mata Atlântica (2009) as áreas de matas geram inúmeros benefícios diretos e indiretos no ambiente, como abrigar a rica e enorme biodiversidade, proteger o solo contra impactos diretos da gota das chuvas além de proteger e regular o fluxo de água nos mananciais.

Segundo Araújo, Almeida e Guerra (2005) as áreas de matas, principalmente as ciliares favorecem na redução da degradação do solo e do carreamento de partículas sólidas aos mananciais.

Resultados mais otimistas, porém, não satisfatórios foram obtidos por Santos et al. (2009) que quantificaram as áreas de matas dentro da área preservação permanente na região de Fernandópolis, noroeste paulista, dentre os sete mananciais avaliados, obteve-se apenas 18,2% do local composto por matas. Para os autores, estas reduzidas áreas de matas são atribuídas ao crescimento populacional e urbano de forma desordenada e com ausência de planejamento.

Segundo Martins (2001) as matas ciliares sofreram e sofrem forte degradação ambiental a fim de dar lugar ao desenvolvimento econômico, principalmente nas construções de hidrelétricas, aberturas de estradas, implantação de culturas agrícolas e de pastagens.

Diante do desenvolvimento urbano e populacional, fica evidente a necessidade da expansão das áreas impermeáveis, porém, esta deve ser realizada de forma sustentável, a fim de preservar contra futuros impactos ambientais.

4.2. Parâmetros físicos de qualidade de água para fins de irrigação

4.2.1. Sólidos dissolvidos

Na Tabela 19 estão apresentados os valores mínimos, máximo e médio da concentração de sólidos dissolvidos encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 19- Valores mínimos, máximos e médios de sólidos dissolvidos na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano		
				Baixo	Médio	Alto
Sólidos dissolvidos ¹		mg.L ⁻¹		(% amostras)		
Ponto 1	37,0	239,0	85,1	100,0	0,0	0,0
Ponto 2	35,0	103,0	65,7	100,0	0,0	0,0
Ponto 3	5,0	241,0	74,5	100,0	0,0	0,0
Ponto 4	7,0	141,0	82,6	100,0	0,0	0,0

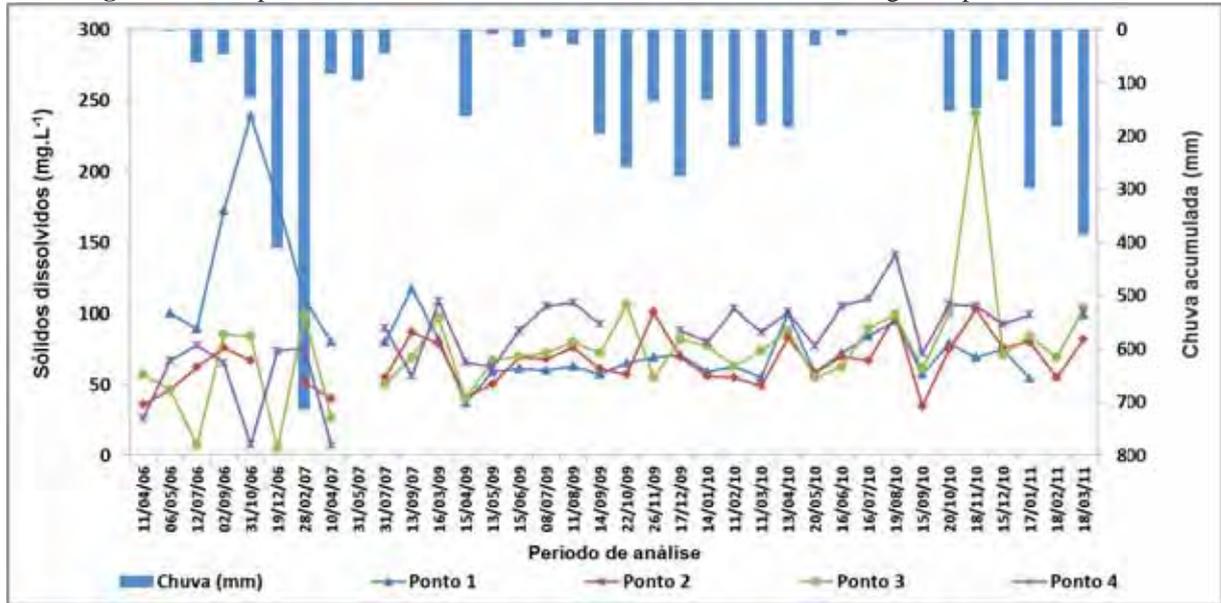
¹baixo (<500 mg.L⁻¹), médio (500-2.000 mg.L⁻¹) e alto (>2.000 mg.L⁻¹). Fonte: Nakayama e Bucks (1986).

De acordo com os resultados obtidos, a microbacia do córrego do Ipê apresentou baixo potencial de danos aos sistemas de irrigação. Mesmo as maiores concentrações de sólidos dissolvidos que foram determinadas nos pontos 1 e 3 com 239,0 e 241,0 mg.L⁻¹ não se torna um valor preocupante até o momento, por não representar nem 50% do valor máximo estabelecido como baixo potencial de danos aos sistemas de irrigação e por este fato ter ocorrido em alguns casos isolados.

A Figura 29 apresenta o comportamento dos sólidos dissolvidos durante todo o período de monitoramento na microbacia do córrego do Ipê.

De acordo com os valores obtidos de sólidos dissolvidos, a microbacia do córrego do Ipê apresentou oscilação no período de 2006 e 2007 em todos os pontos de amostragem. A partir das coletas realizadas no ano de 2009, a microbacia apresentou um comportamento proporcionalmente homogêneo entre os pontos.

Figura 29- Comportamento dos sólidos dissolvidos na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

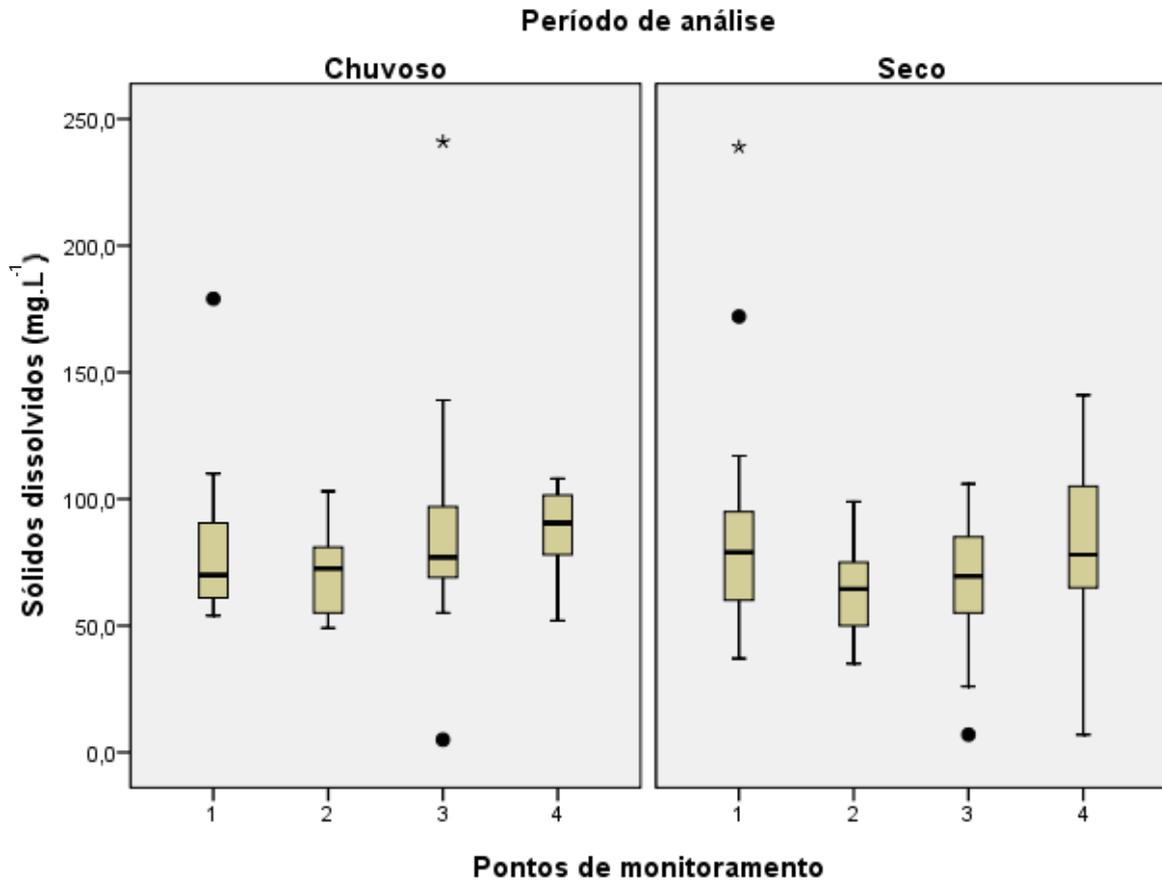
A Figura 30 representa a concentração dos valores de sólidos dissolvidos no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Ribeiro et al. (2005) explicam que a oscilação dos sólidos dissolvidos ocorre devido a redução do volume de água dos mananciais, aumentando assim sua concentração. A origem destes sedimentos está na maioria das vezes associado a má conservação do solo, presença de gado em áreas de preservação permanente e processos erosivos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (2010a) no mesmo local de estudo. O monitoramento qualitativo realizado por Poletto (2003) em 2002 na microbacia do Córrego do Ipê resultou em concentração de sólidos dissolvidos muito acima dos valores neste trabalho, sendo os valores máximo de aproximadamente 700 e 900 mg.L⁻¹. Uma das explicações pode ser a influência do entorno, que na época predominava a pastagem, certamente degrada.

Aos sistemas de irrigação, a microbacia apresentou baixo potencial de dano, sendo que os valores médios obtidos foram de 85,1, 65,7, 74,5 e 82,6 mg.L⁻¹, nos pontos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Figura 30- Concentração de sólidos dissolvidos no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Na Tabela 20 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de sólidos dissolvidos nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 20- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de sólidos dissolvidos nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
SD	0,16	0,10	0,02	-0,12	0,14	-0,01	0,12
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,09	0,01	-0,20*	-0,09	-0,09	0,09	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: sólidos dissolvidos - SD (mg.L⁻¹).

Não houve relação significativa positiva entre o uso e ocupação do solo e a concentração de sólidos dissolvidos, sendo a maior correlação existente foi identificada nas áreas de cana-de-açúcar. De acordo com os resultados apresentados por Vanzela, Hernandez e Franco (2010) as áreas que proporcionam maiores contribuições de sedimentos são as áreas agrícolas.

4.2.2. Sólidos suspensos

A Tabela 21 apresenta os valores mínimos, máximos e médios da concentração de sólidos suspensos encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 21- Valores mínimos, máximos e médios de sólidos suspensos na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano		
				Baixo	Médio	Alto
Sólidos suspensos ¹		mg.L ⁻¹		(% amostras)		
Ponto 1	0,0	91,0	29,6	72,7	27,3	0,0
Ponto 2	2,0	84,0	19,4	97,0	3,0	0,0
Ponto 3	1,0	97,0	27,7	79,4	20,6	0,0
Ponto 4	0,0	106,0	25,9	88,2	8,8	3,0

¹baixo (<50 mg.L⁻¹), médio (50-100 mg.L⁻¹) e alto (>100 mg.L⁻¹). Fonte: Nakayama e Bucks (1986).

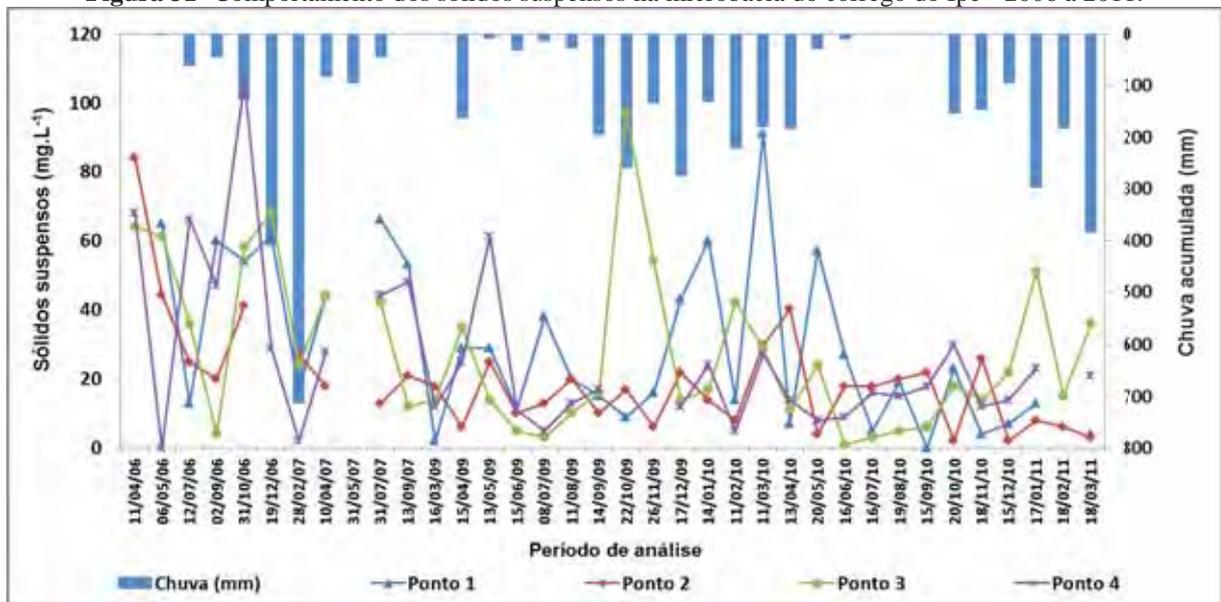
A microbacia do córrego do Ipê apresentou comportamento heterogêneo durante o percurso com relação ao potencial de danos aos sistemas de irrigação exceto o ponto 2. Os primeiros pontos de amostragem apresentaram baixo a médio potencial de danos aos sistemas de irrigação, sendo ponto 4 com alto potencial de dano aos sistemas que apresentou mais de 72% das amostras com baixo potencial de danos aos sistemas de irrigação. O ponto 2 apresentou 97,0% das amostra com baixo potencial de danos devido a decantação, pois o local constitui-se de um represa.

O ponto 4 apresentou comportamento semelhante, porém com classes de baixo a alto potencial de danos aos sistemas de irrigação de acordo com a classificação de Nakayama e Bucks (1986). De acordo com Barboza (2010) o aumento da área de contribuição do escoamento superficial e a falta de proteção do solo contribuem para o aumento de sedimentos na água dos mananciais.

A Figura 31 apresenta o comportamento dos sólidos dissolvidos na microbacia do córrego do Ipê.

Os resultados obtidos da concentração de sólidos suspensos foi um dos parâmetros que apresentou maior variação ao longo do monitoramento. Porém, nota-se que nos últimos anos tem-se apresentado menores oscilações e concentrações, respectivamente, vindo a ocorrer o fato em alguns casos isolados. O mesmo período está relacionado com a época de rebrota da cana soca, o que favorece a ausência de revolvimento do solo e, conseqüentemente, menor carreamento de sedimentos.

Figura 31- Comportamento dos sólidos suspensos na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



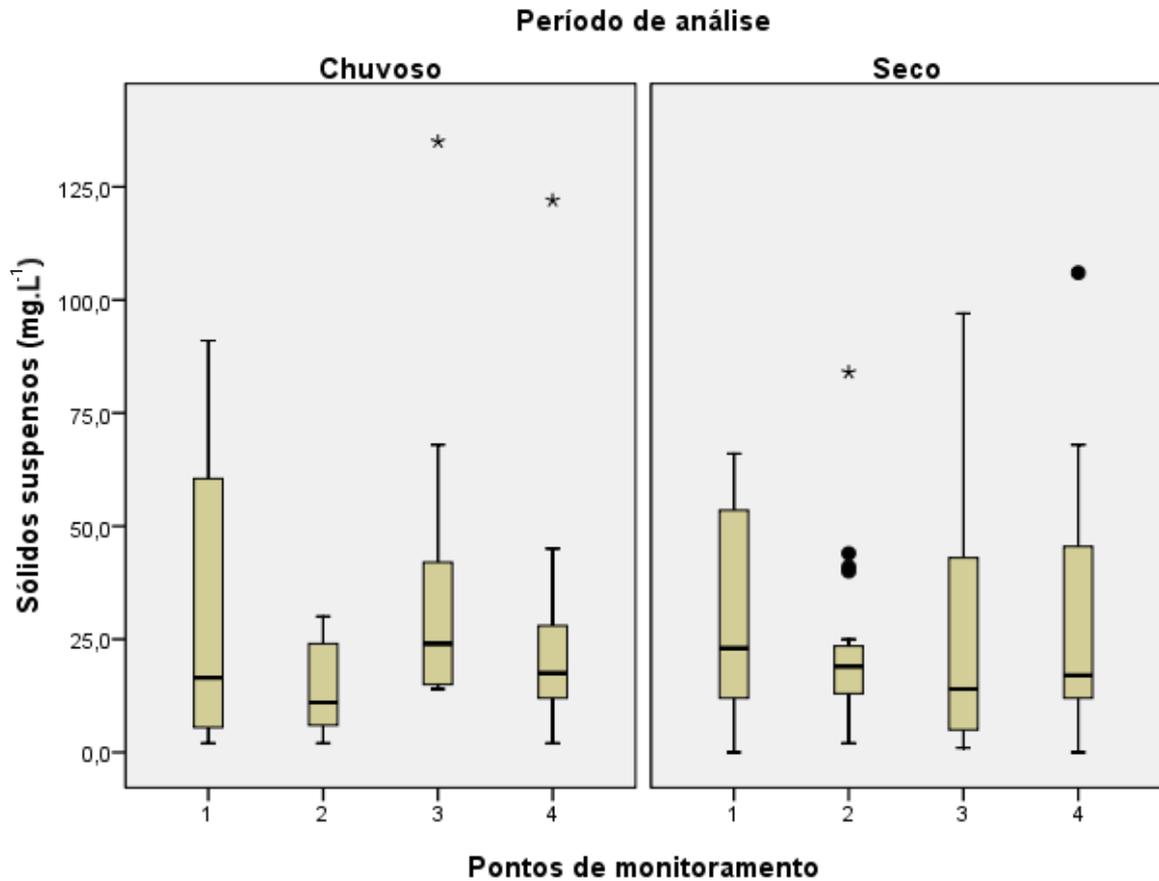
Fonte: Santos (2012)

A Figura 32 representa a concentração dos valores de sólidos suspensos no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que dentre os períodos analisados, há uma baixa concentração de sólidos na água (exceto ponto 4).

Como era de se esperar no segundo ponto de monitoramento fica evidente a decantação dos sólidos suspensos no local. Essas baixa concentrações de sólidos foram observadas por Franco e Hernandez (2009), Barboza (2010) e Santos et al. (2010a) quando monitorada as microbacias da região noroeste paulista.

Figura 32- Concentração de sólidos suspensos no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

O monitoramento realizado por Poletto (2003) demonstrou que em períodos chuvosos, houve uma maior concentração dos sólidos suspensos, sendo estes influenciados pelo processo erosivo e aterros realizados as margens dos mananciais.

Estudos apresentados por Ribeiro et al. (2005) determinaram que quando a concentração de sólidos suspensos é superior a $20,0 \text{ mg.L}^{-1}$ há um aumento no número de retrolavagem dos filtros, das linhas laterais e de derivação.

A presença de sólidos suspensos nas águas dos mananciais representa riscos aos sistemas de irrigação uma vez que favorecem ao entupimento e incrustação de tubos e aspersores, fazendo com que aumente a perda de carga e reduz o molhamento uniforme.

Pois, a microbacia deve-se ficar em estado de alerta uma vez que esta apresentou em todos os pontos de amostragem médio potencial de danos sendo o ponto 4 onde se tem a melhor disponibilidade hídrica, apresentou alto potencial de danos.

Na Tabela 22 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de sólidos suspensos nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 22- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de sólidos suspensos nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
SS	0,11	0,05	-0,06	-0,04	0,08	-0,05	0,03
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,13	0,09	-0,19	0,01	0,01	-0,01	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d`água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: sólidos suspensos - SS (mg.L^{-1}).

Semelhante aos resultados obtidos na determinação de sólidos dissolvidos, os sólidos suspensos não apresentaram correlação significativa.

4.2.3. Sólidos totais

A Tabela 23 apresenta os valores mínimos, máximo e médio da quantidade de sólidos totais encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 23- Valores mínimos, máximos e médios de sólidos totais na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio
Sólidos totais ¹		mg.L^{-1}	
Ponto 1	59,0	293,0	116,6
Ponto 2	47,0	154,0	87,3
Ponto 3	43,0	255,0	102,7
Ponto 4	35,0	222,0	112,0

¹A quantidade sólidos totais existente nos mananciais são em função da quantidade de sólidos suspensos e dissolvidos.

Somente com os valores de sólidos totais é possível determinar o potencial de danos aos sistemas de irrigação, portanto, não se consegue quantificar as concentrações de sólidos dissolvidos e suspensos, respectivamente.

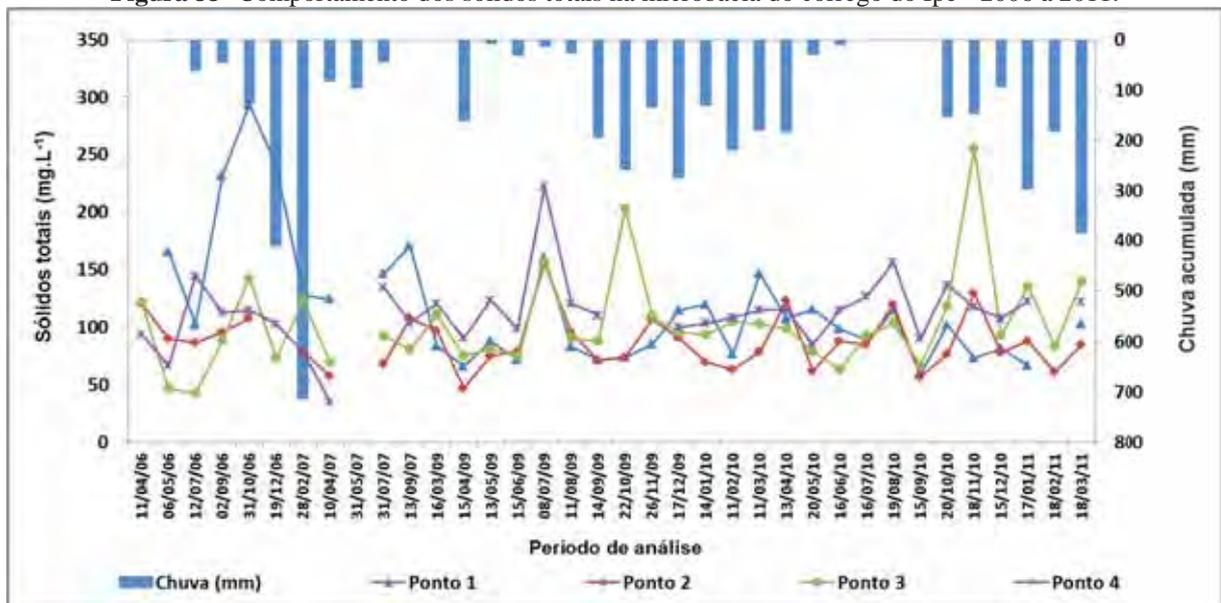
De acordo com Vanzela (2004) a maior concentração de sólidos totais na água é originada a partir dos sólidos dissolvidos, sendo que sua variação no espaço e no tempo se deve aos mesmos motivos já citados para o parâmetro.

As concentrações mínimas não apresentaram grande variação de um ponto ao outro. Fato inverso ocorreu nas concentrações máximas, onde a diferença de um ponto ao outro chegou a 52,6% do ponto 1 ao ponto 2. Isso explica a ocorrência da decantação que vem acontecendo na represa, local hoje utilizada para lazer, porém, este local representa o que vem ocorrendo nas demais represas.

Para Coiado (2003) todo reservatório independente de seu mecanismo de operação e finalidade terá sua capacidade de armazenamento de água parcial ou totalmente reduzida em função da decantação dos sedimentos. Além do assoreamento, ocorre também a redução de locais de abrigos e alimentos aos animais aquáticos, sendo que o ponto 2 de monitoramento, representa as condições das demais represas contidas na microbacia.

A Figura 33 apresenta o comportamento dos sólidos totais na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 33- Comportamento dos sólidos totais na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.

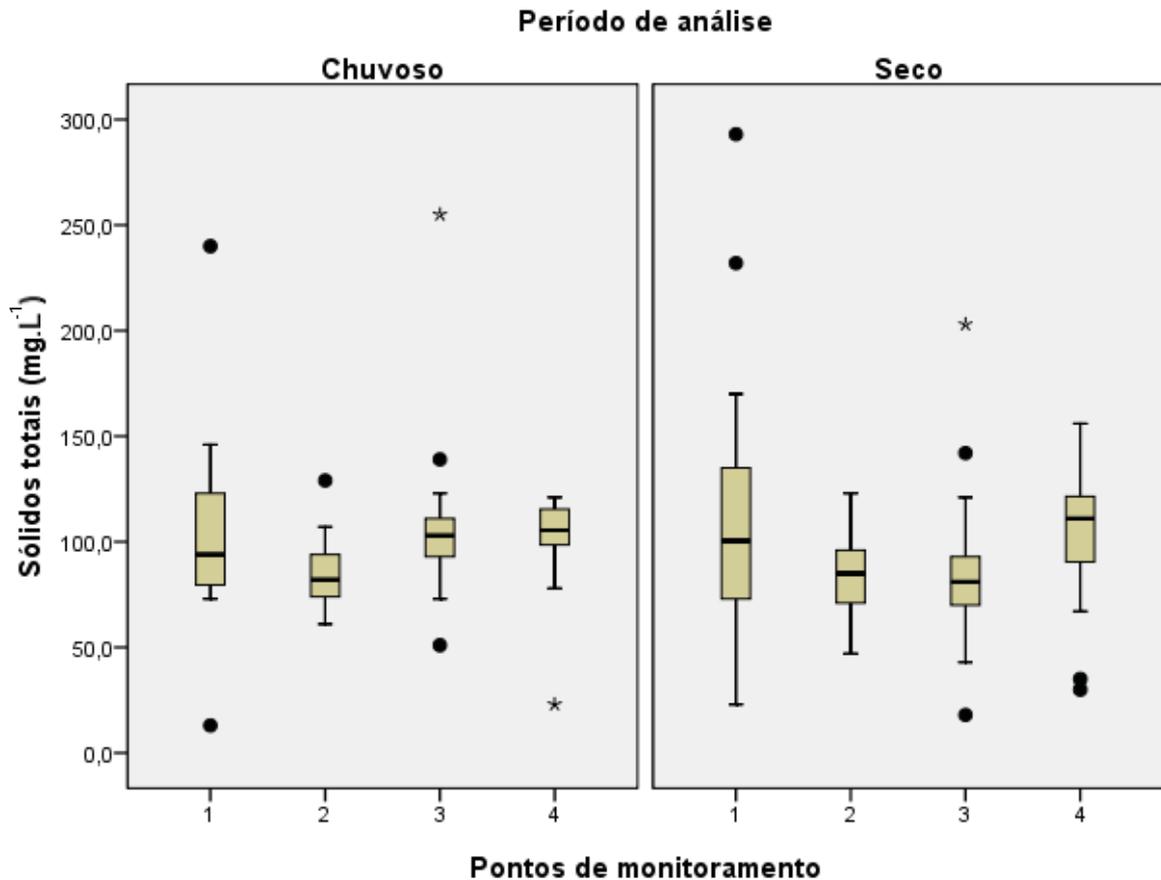


Fonte: Santos (2012)

De modo geral a microbacia do córrego do Ipê apresenta uma gradativa redução nas concentrações dos sólidos carregados (dissolvidos e suspensos), apesar de apresentar alguns picos isolados.

A Figura 34 representa a concentração dos valores de sólidos totais no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 34- Concentração de sólidos totais no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Pela quantificação dos sólidos totais fica evidente a maior concentração dos mesmos no período seco. As concentrações médias entre os pontos de monitoramento em ambos os períodos são idênticas, o fato é que no período chuvoso há maior carreamento de sedimentos e conseqüentemente maior diluição destes, fato inverso ocorre no período de estiagem, período qual o volume de água dos mananciais favorece ao aumento de concentração dos sólidos, principalmente em áreas degradadas. Resultados semelhantes foram obtidos por Barboza, Hernandez e Franco (2011) pelo monitoramento da microbacia do córrego do Coqueiro, noroeste paulista.

Para Barboza (2010) a variação da concentração média dos sólidos totais são indícios da má conservação do solo, ausência de mata ciliar e pastagens degradadas o que favorece ao transporte de materiais sólidos e detritos orgânicos de origem difusa, transportados principalmente pela chuva.

Para Lima, Silva e Altimare (2004) as culturas de modo geral favorecem na concentração de material particulado que esteja de forma facilmente carregado devido a remoção do solo. Estes sólidos que são de várias granulometrias, os chamados sólidos totais, acarretam no assoreamento dos rios e em alguns casos favorecem a eutrofização devido ao carregamentos de nutrientes junto ao solo.

Assim, excesso de detritos nas águas dos mananciais favorece a sua degradação qualitativa e interferindo na disponibilidade hídrica, o que aos sistemas de irrigação pode se tornar inadequado ao uso, porém até o momento deve-se ficar em alerta, frisando ainda mais a importância do monitoramento dos recursos hídricos associados ao seu entorno.

Na Tabela 24 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de sólidos totais nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 24- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de sólidos totais nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
	0,19*	0,08	0,04	-0,15	0,18*	0,04	0,14
STS	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,06	0,00	-0,20*	-0,09	-0,09	0,09	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: sólidos totais - STS (mg.L^{-1}).

As áreas de cana-de-açúcar e matas em áreas de preservação permanente foi os parâmetros que apresentaram correlação significativa. Resultados semelhantes foram obtidos por Vanzela, Hernandez e Franco (2010).

Como a correlação leva em conta o tamanho da área e não um peso ambiental específico, fez com as áreas de residencial de alta e baixa densidade e assentamento não apresentaram correlação positiva e significativa, o que corresponde ser fatores que levaram a degradação dos recursos hídricos.

4.2.4. Turbidez

A Tabela 25 apresenta os valores mínimos, máximo e médio de turbidez encontrada na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 25- Valores mínimos, máximos e médios de turbidez na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Classificação	
				Adequado	Inadequado
Turbidez ¹		NTU		(% amostras)	
Ponto 1	0,0	150,0	28,2	93,3	6,7
Ponto 2	0,0	15,4	4,7	100,0	0,0
Ponto 3	7,6	183,0	29,9	97,7	3,3
Ponto 4	4,7	89,3	20,6	100,0	0,0

¹Adequado (<100 NTU) e inaceitável (>100 NTU). Fonte: Brasil (2005).

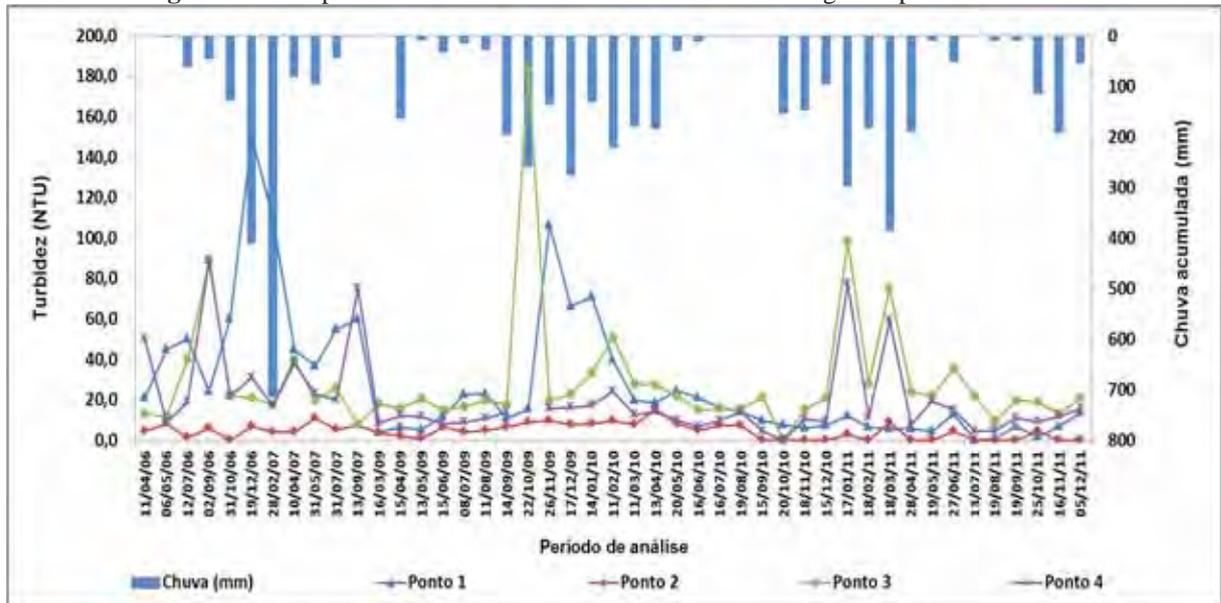
De acordo com os dados obtidos, a microbacia do córrego do Ipê classifica o grau de turbidez nos pontos de amostragem 2 e 4 como adequado para o uso da água para fins de irrigação e o ponto 1 e 3 com mais de 93,3% das amostras.

Dentre estes resultados, é válido ressaltar que o fator que influenciou a elevação teor de turbidez no ponto 1 foi a mudança de local de coleta devido a impossibilidade de se chegar a nascente (19/12/06, 28/02/07, 26/11/09, 17/12/09, 14/01/09, 11/02/10 e 11/03/10) as quais foram realizadas a jusante da represa (nascente) e no ponto 3 está associado a influência do escoamento das áreas urbanas e aos processos erosivos de grande intensidade “voçoroca”.

A Figura 35 apresenta o comportamento da turbidez na microbacia do córrego do Ipê.

O primeiro ponto, mesmo com parte de sua área ocupada por mata ciliar, sofre interferência do manejo do canal, estradas e ocupação urbana irregular e principalmente das áreas ociosas em conflito que são áreas indefinidas durante o ano, o que favorece no carreamento do aporte de sedimentos. O segundo ponto foi o que apresentou as menores concentrações de turbidez, provavelmente por representa que o local de coleta é uma represa e que parte dos sedimentos vão se decantando ao longo da mesma até que no ponto de coleta.

Figura 35- Comportamento da turbidez na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Os dados apresentados na Figura 36 caracterizam a influência da conservação e da mudança do uso do solo. O ponto 1 apresentou oscilação nos anos de 2006 e 2007 e posteriormente manteve-se estável. Este fator está relacionado ao período de implantação da cultura da cana-de-açúcar na região, sendo este caracterizado por fortes chuvas e solo desprotegido, influenciando no aumento da concentração.

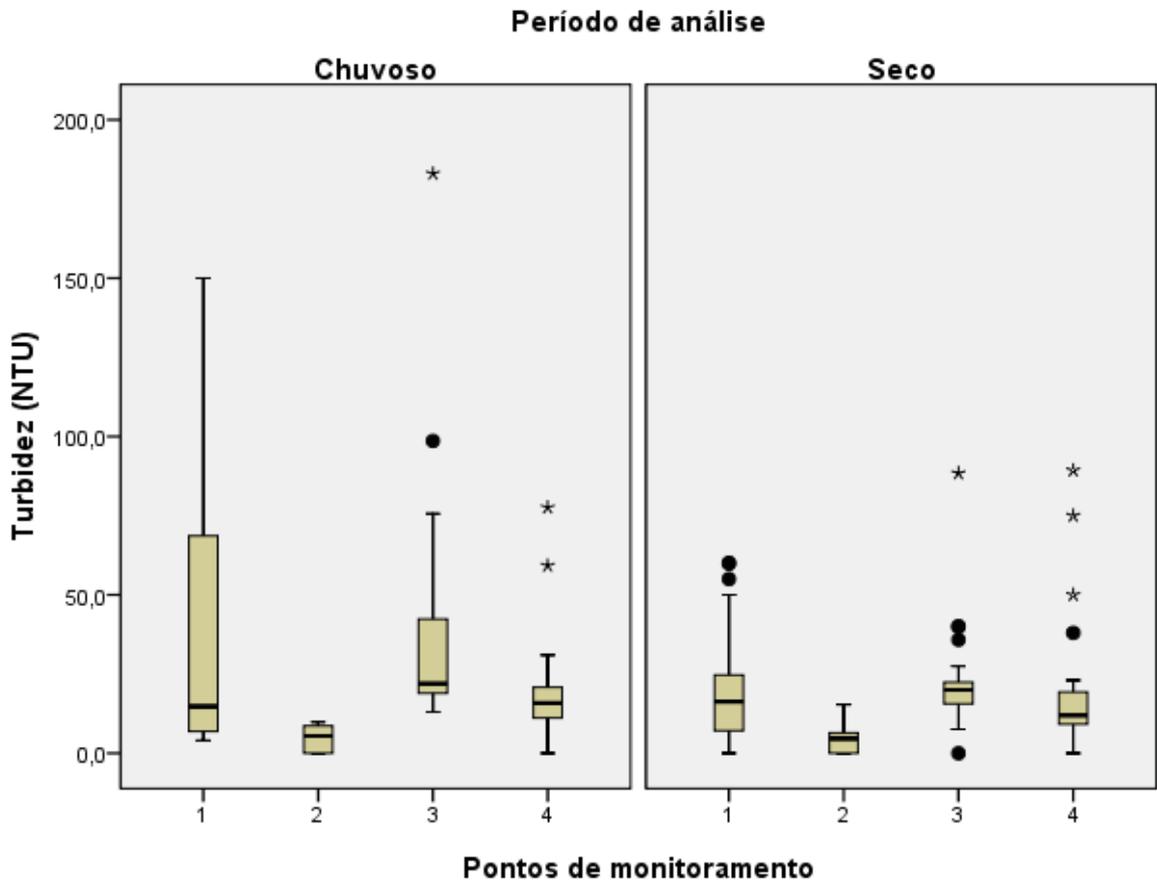
Durante todo o período de análise, o ponto 2 (represa) se manteve estável devido a decantação, resultando no assoreamento da mesma e menor lâmina de água, favorecendo a enchentes (devido ao menor armazenamento).

Os pontos 3 e 4 apresentam comportamento distintos devido a contribuição das áreas urbanas e do processo erosivo. Nota-se que em ambos os pontos há um comportamento semelhante, sendo o ponto 3 superior aos ponto 4, que provavelmente esta relacionado com a decantação que ocorre durante o percurso.

A Figura 36 representa a concentração dos valores de turbidez no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

O período chuvoso favorece significativamente no aumento da faixa de concentração da turbidez da água devido ao escoamento de sedimentos, principalmente das áreas urbanas e solos degradados. Resultados semelhantes foram obtidos por Poleto (2003), que realizou o monitoramento na mesma área de estudo com coletas quinzenais no período de março a dezembro de 2002.

Figura 36- Concentração da turbidez no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

De acordo com Barboza (2010), o uso inadequado do solo, as práticas agrícolas e a pecuária intensiva, favorecem ao aumento da turbidez aos mananciais.

Assim, o parâmetro turbidez sinaliza de forma rápida a presença de sedimentos na água, o que impossibilita a passagem e dispersão dos raios luminosos, reduzindo a taxa de fotossíntese a ser realizada nos corpos hídricos.

A microbacia do córrego do Ipê merece atenção especial em relação a turbidez no manancial, uma vez que alguns pontos de amostragem ficaram muito próximo de se extrapolar e outros se extrapolaram o estabelecido por Brasil (2005) acarretando em danos aos sistemas de irrigação, ou até mesmo indicar a presença de demais variáveis físicas que venha a gerar danos.

Na Tabela 26 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a determinação da turbidez nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 26- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de turbidez nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
TD	0,27**	-0,02	-0,15	-0,11	0,22**	-0,04	0,02
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,24**	0,32**	-0,41*	0,18	0,18	-0,18	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d`água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: turbidez - TD (NTU).

Pela análise estatística, as áreas de assentamento, cana-de-açúcar, matas em áreas de preservação permanente e ociosas apresentaram correlação significativa positiva com a turbidez da água, as áreas de residencial de alta densidade e horticulturas apresentaram correlação alta, porém, não significativa.

As áreas que apresentaram significância são as que favorecem ao carreamento de sedimentos, principalmente as áreas de assentamento e ociosas em conflito.

4.2.5. Temperatura

A Tabela 27 apresenta os valores mínimos, máximo e médio da temperatura determinada na microbacia do córrego do Ipê.

Tabela 27- Valores mínimos, máximos e médios da temperatura na microbacia do córrego do Ipê, período de 2006 a 2011.

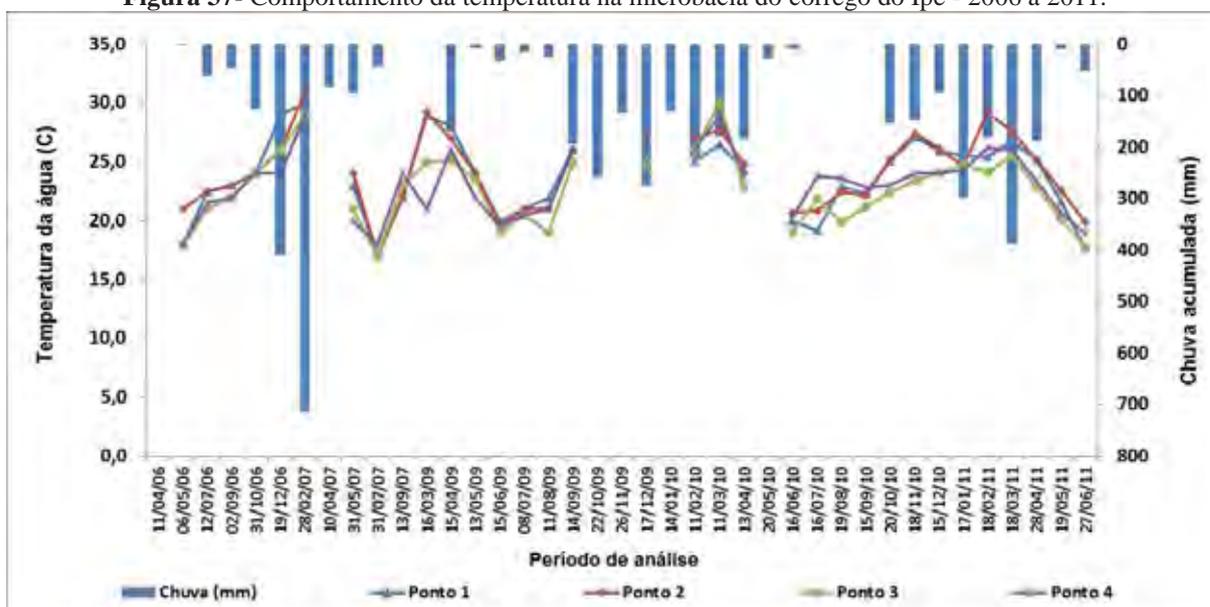
Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio
Temperatura ¹	°C		
Ponto 1	17,0	30,0	23,8
Ponto 2	17,0	31,0	24,2
Ponto 3	17,0	30,0	22,6
Ponto 4	18,0	29,0	23,1

¹Não foi estabelecido uma classificação de potencial de danos aos sistemas de irrigação relacionado somente a temperatura, pois, este depende da concentração do pH.

Os valores obtidos de temperatura para a microbacia do córrego do Ipê demonstra um comportamento proporcionalmente homogêneo entre os pontos de monitoramento. A redução do valor da temperatura média ocorrida no ponto 3 de monitoramento está estritamente associado a influência da área urbana, pela contribuição seja ela clandestina ou não.

A Figura 37 apresenta o comportamento da temperatura na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 37- Comportamento da temperatura na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Observa-se que o primeiro semestre do ano é caracterizado pela queda da temperatura da água em todos os pontos de monitoramento e o fato inverso ocorre no segundo semestre do ano, período em que caminhamos para o verão.

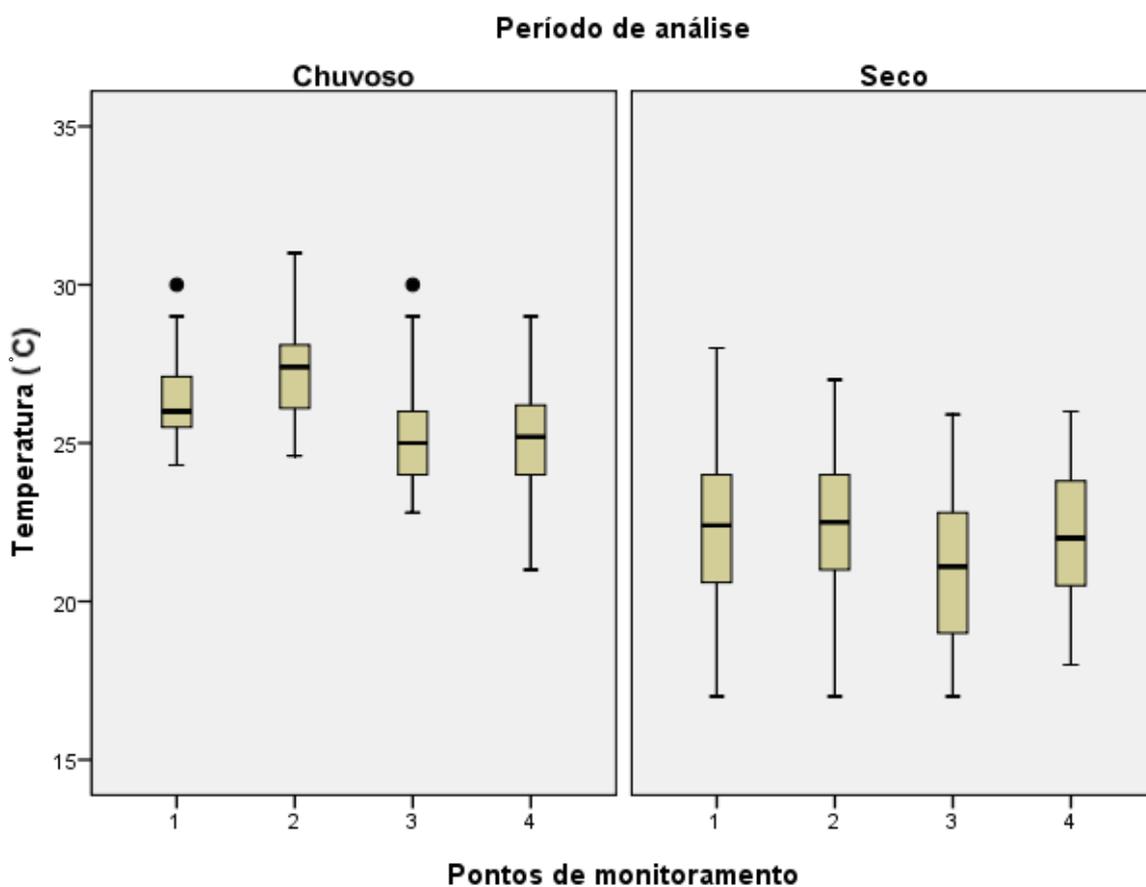
Mananciais que apresentam áreas de preservação permanente formada evidentemente favorecem ao sombreamento aos corpos hídricos, reduzindo assim a temperatura média da água, fato também observado no ponto 3, porém, as áreas de matas são reduzidas e isoladas.

A Figura 38 representa os valores de temperatura no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

A temperatura do ar influencia na qualidade da água quando esta atingiu elevados valores, favorecendo a maior decomposição do material orgânico reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido na água. Outro fator está relacionado a alta taxa de evaporação associado a elevado valor de pH favorecendo a precipitação química, devido ao excesso de carbonatos,

sulfatos de cálcio ou magnésio, ou pela oxidação de ferro favorecendo a formação um precipitado férrico insolúvel de coloração marrom avermelhado (HERNANDEZ; PETINARI, 1998).

Figura 38- Temperatura da água no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

De acordo com Poleto (2003) monitorando a mesma microbacia no ano de 2002, obteve a temperatura da água média muito semelhante ao já apresentado. Porém, neste trabalho a temperatura máxima apresentou uma grande variação chegando até 6,7°C (ponto 3), sendo que dois dos pontos de monitoramento do autor coincidem com o proposto neste trabalho. Esta oscilação pode estar associada a lançamentos de efluentes clandestinos e ainda ser considerado um ano com comportamento climático atípico, ou até mesmo o horário das campanhas de campo.

4.3. Parâmetros químicos de qualidade de água para fins de irrigação

4.3.1. Potencial hidrogeniônico

A Tabela 28 apresenta os valores mínimos, máximo e médio de pH encontrado na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 28- Valores mínimos, máximos e médios de pH na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano		
				Baixo	Médio	Alto
pH ¹				(% amostras)		
Ponto 1	5,7	7,5	6,8	73,3	26,7	0,0
Ponto 2	5,8	7,7	7,0	42,2	57,8	0,0
Ponto 3	5,7	7,4	6,7	77,8	22,2	0,0
Ponto 4	5,8	7,7	6,9	50,0	50,0	0,0

¹baixo (<7,0), médio (7,0-8,0) e alto (>8,0). Fonte: Nakayama e Bucks (1986).

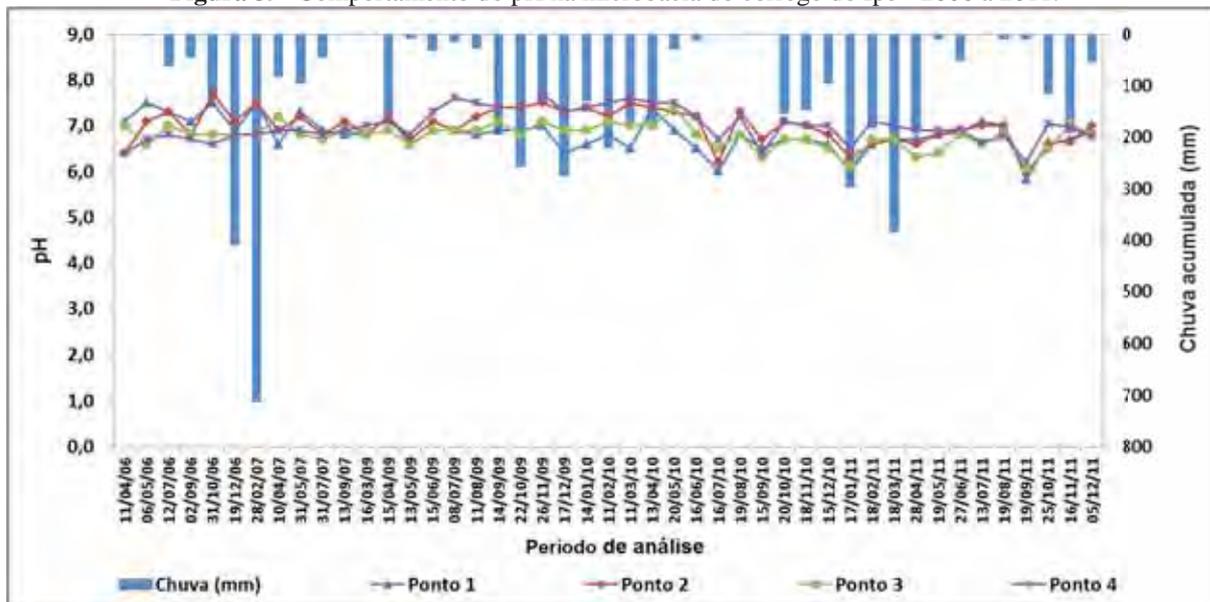
Em todos os pontos de amostragem, a qualidade da água para fins de irrigação apresentou baixo e médio potencial de danos por corrosão (pH<7,0). Para mananciais destinados a irrigação é aconselhável que o pH esteja muito próximo da neutralidade, (pH = 7,0) a fim de evitar danos aos sistemas.

De acordo com Lima (2001) esta oscilação é natural sendo que a grande maioria dos mananciais apresentam valores de pH dentre 6,0 e 8,0.

A Figura 39 apresenta o comportamento do pH na microbacia do córrego do Ipê.

Para Nakayama e Bucks (1986) águas com valores de pH acima de 7,5 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em água com alta dureza. Segundo Libânio (2005) valores muito baixo de pH podem acarretar na corrosão da rede de distribuição.

Figura 39- Comportamento do pH na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

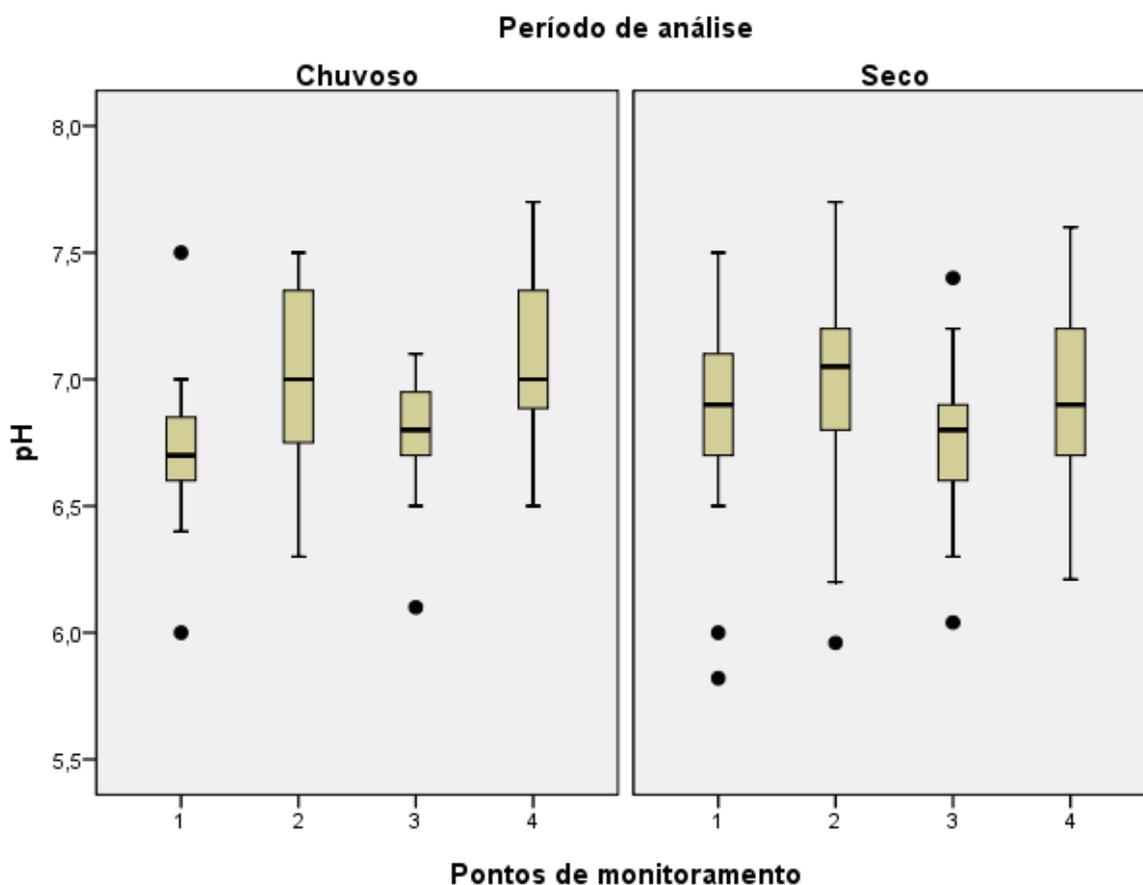
A Figura 40 representa a concentração dos valores de pH no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

A microbacia do córrego do Ipê apresentou um comportamento extremamente oscilante, sendo que em um momento apresenta tendência de diminuição do pH (ácido) e volta a aumentar (básico). Von Sperling (1996) afirma que esta oscilação do pH pode ser natural.

Analisando os resultados obtidos ao longo do tempo, fica evidente a tendência de homogeneidade dos valores de pH em todo o manancial. O ponto 2 apresentou muita oscilação dentre o período chuvoso e seco, porém, concentrando seus valores em alcalinos ($\text{pH} > 7,0$). O ponto 3 foi o que apresentou melhor estabilidade dentre os períodos analisados mesmo sendo um local de forte influência natural e antrópica e resultados semelhantes foram obtidos por Poletto (2003).

Deve se ter uma atenção especial em todos os pontos de monitoramento, uma vez que apresentaram mais que 22,2% de médio potencial de danos aos sistemas de irrigação, seja por incrustação ($\text{pH} > 7,0$) ou por corrosão ($\text{pH} < 7,0$) segundo Nakayama e Bucks (1986). De acordo com FAO (1974) a faixa normal de pH da água para irrigação para evitar danos é de 6,5 a 8,4. Portanto a microbacia apresentou a maior parte das análises em condições de uso para fins de irrigação.

Figura 40- Concentração de pH no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Na Tabela 29 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a determinação do pH nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 29- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações do pH nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
pH	-0,16	0,16*	0,20**	0,02	-0,12	0,00	0,12
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	-0,16	-0,30**	0,15	-0,33**	-0,33**	0,33**	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: potencial hidrogeniônico - pH.

A determinação do pH apresentou maior correlação positiva com as áreas que possuem parte do solo exposto, contribuição de material orgânico e despejos de efluentes, sendo caracterizado principalmente as áreas de matas, seguido das áreas ociosas, pastagem, residencial de baixa densidade e culturas perenes e resultados semelhantes foram obtidos por Vanzela, Hernandez e Franco (2010).

4.3.2. Condutividade elétrica

A Tabela 30 apresenta os valores mínimos, máximo e médio de condutividade elétrica na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 30- Valores mínimos, máximos e médios de condutividade elétrica na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano		
				Baixo	Médio	Alto
Condutividade elétrica ¹	dS.m ⁻¹ a 25°C			(% amostras)		
Ponto 1	0,02	0,22	0,09	100,0	0,0	0,0
Ponto 2	0,02	0,09	0,07	100,0	0,0	0,0
Ponto 3	0,02	0,14	0,09	100,0	0,0	0,0
Ponto 4	0,02	0,15	0,10	100,0	0,0	0,0

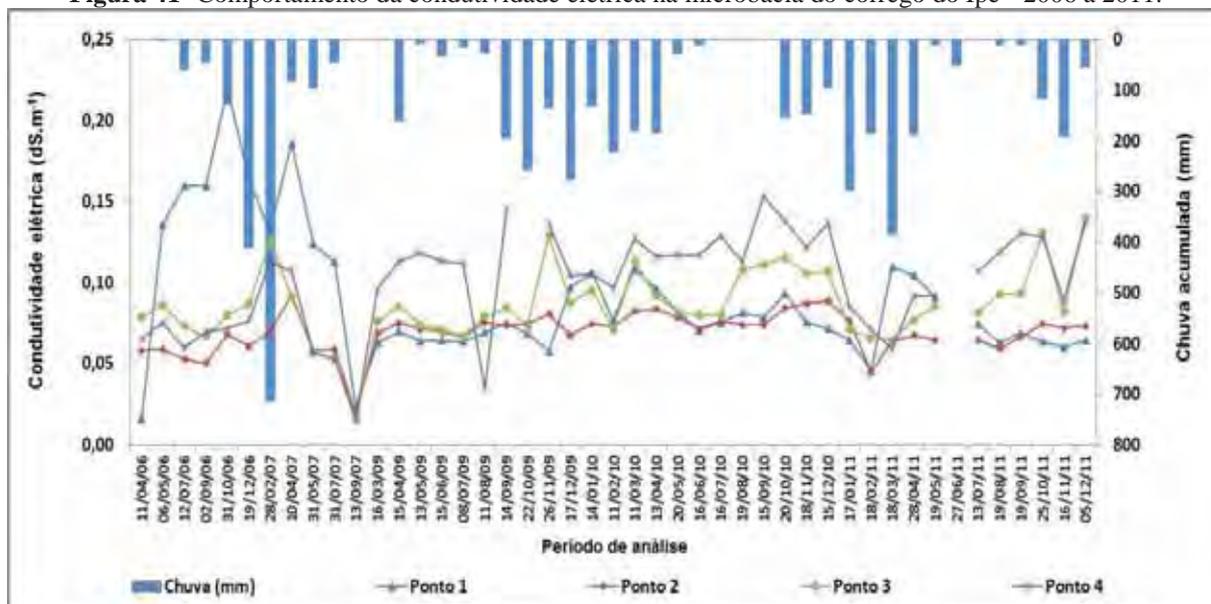
¹baixo (<0,250 dS.m⁻¹ a 25°C), médio (0,250-0,750 dS.m⁻¹ a 25°C) e alto (>0,750 dS.m⁻¹ a 25°C). Fonte: U.S.D.A. Agriculture Handbook N°60 extraído de Bernardo (1995).

Dentre os resultados obtidos, nota-se que a microbacia do córrego do Ipê apresentou baixo potencial de danos aos sistemas de irrigação em relação a determinação de condutividade elétrica na água. Porém, deve ficar em estado de alerta, uma vez que a quantificação no ponto 1 foi muito alta ao ponto de se mudar de classe de potencial de danos.

A Figura 41 apresenta o comportamento da condutividade elétrica na microbacia do córrego do Ipê.

O primeiro ponto de monitoramento apresenta valores elevados (não o suficiente para causar sérios danos) nos anos de 2006 e 2007, período de revolvimento do solo devido a implantação da cultura da cana-de-açúcar na região, fator provavelmente relacionado ao carreamento de adubação química e/ou vinhaça.

Figura 41- Comportamento da condutividade elétrica na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

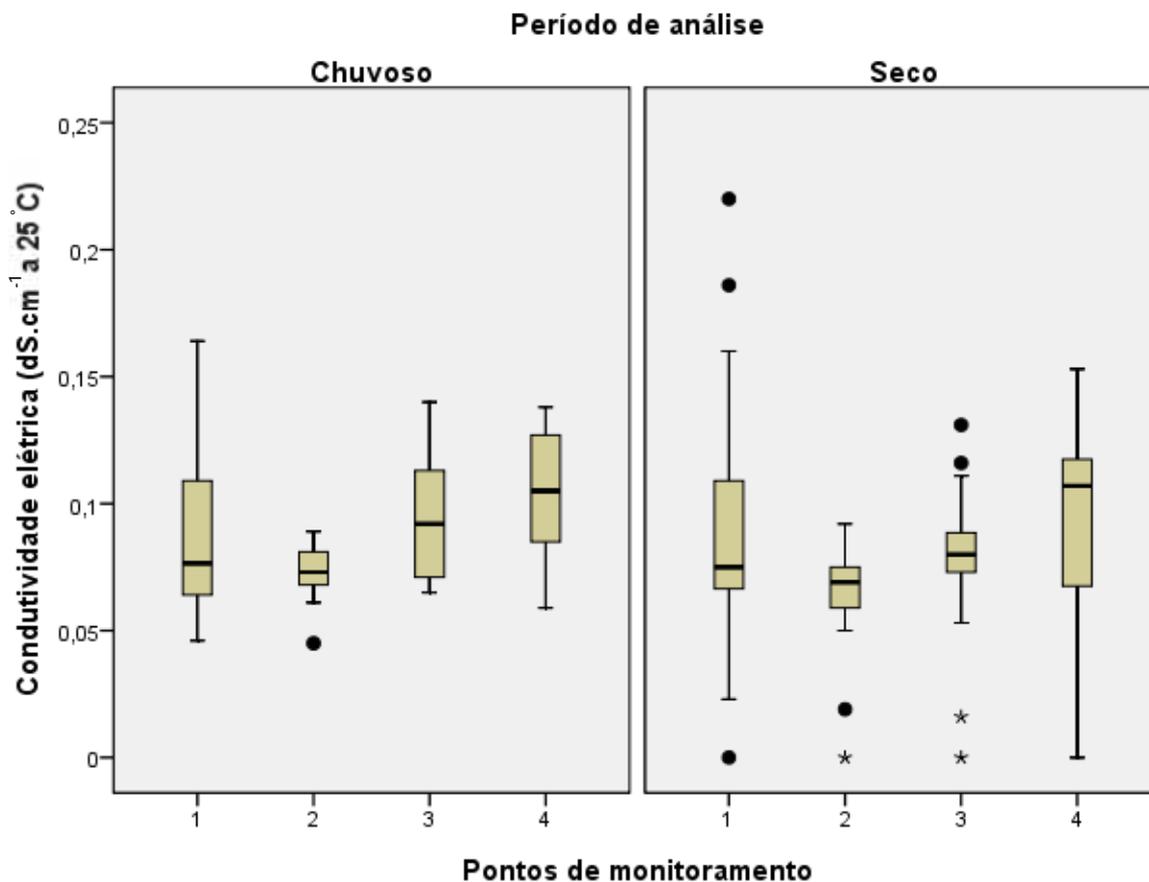
A condutividade elétrica da água representa a quantidade de íons dissolvidos (nutrientes dissolvidos) nos mananciais. Segundo Esteves (1998) a quantificação da condutividade elétrica nos mananciais está relacionada às características geoquímicas da região ou com as condições climáticas.

A Figura 42 representa a quantificação dos valores da condutividade elétrica no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Analisando os períodos seco e chuvoso, foi possível determinar que não houve variação significativa nos respectivos pontos de monitoramento. Como era de se esperar no período seco os pontos de monitoramento apresentaram maior faixa de concentração devido a redução do volume de água e elevação da concentração dos íons dissolvidos no manancial acarretados pela degradação do solo e o aporte de sedimentos no período seco. Sendo que no período chuvoso ocorre maior carreamento de sedimentos, consequentemente aumento do volume de água dos mananciais.

Segundo Sampaio et al. (2007) a condutividade elétrica está estritamente relacionada a presença de sólidos dissolvidos, devido ao potencial de íons e sais na água principalmente nas residuárias de suinocultura.

Figura 42- Quantificação da condutividade elétrica no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Os pontos de controle apresentaram comportamento semelhante, sendo que na maioria das vezes o ponto 4 se apresentava acima dos demais. A alta concentração no ponto 4 está associada a presença de nutrientes, pois, este local é o que mais recebe influência da área agricultável e de pastagem degradada. Para Barboza (2010) a concentração dos valores de condutividade elétrica estão possivelmente relacionadas a degradação do solo.

Na Tabela 31 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração da condutividade elétrica nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

A condutividade elétrica da água apresentou correlação positiva significativa com as áreas de cana-de-açúcar, pastagem, matas em áreas de preservação permanente, culturas perenes e matas, ou seja, locais que possibilita um maior carreamento de sedimentos orgânicos e áreas adubadas.

Tabela 31- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações da condutividade elétrica nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
CE	0,22**	0,23**	0,06	-0,17*	0,18*	-0,06	0,23**
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,16	-0,04	-0,40**	-0,26**	-0,26**	0,26*	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: condutividade elétrica - CE (dS.m^{-1} a 25°C).

4.3.3. Ferro total

A Tabela 32 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de ferro total encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 32- Valores mínimos, máximos e médios de ferro total na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano		
				Baixo	Médio	Alto
Ferro total ¹		mg.L^{-1}		(% amostras)		
Ponto 1	0,2	5,2	1,5	8,9	71,1	20,0
Ponto 2	0,1	2,0	0,7	13,3	84,4	2,3
Ponto 3	0,2	4,8	2,7	2,2	17,8	80,0
Ponto 4	0,2	4,9	1,9	2,2	22,8	75,0

¹baixo ($<0,2 \text{ mg.L}^{-1}$), médio ($0,2-1,5 \text{ mg.L}^{-1}$) e alto ($> 1,5 \text{ mg.L}^{-1}$). Fonte: Nakayama e Bucks (1986).

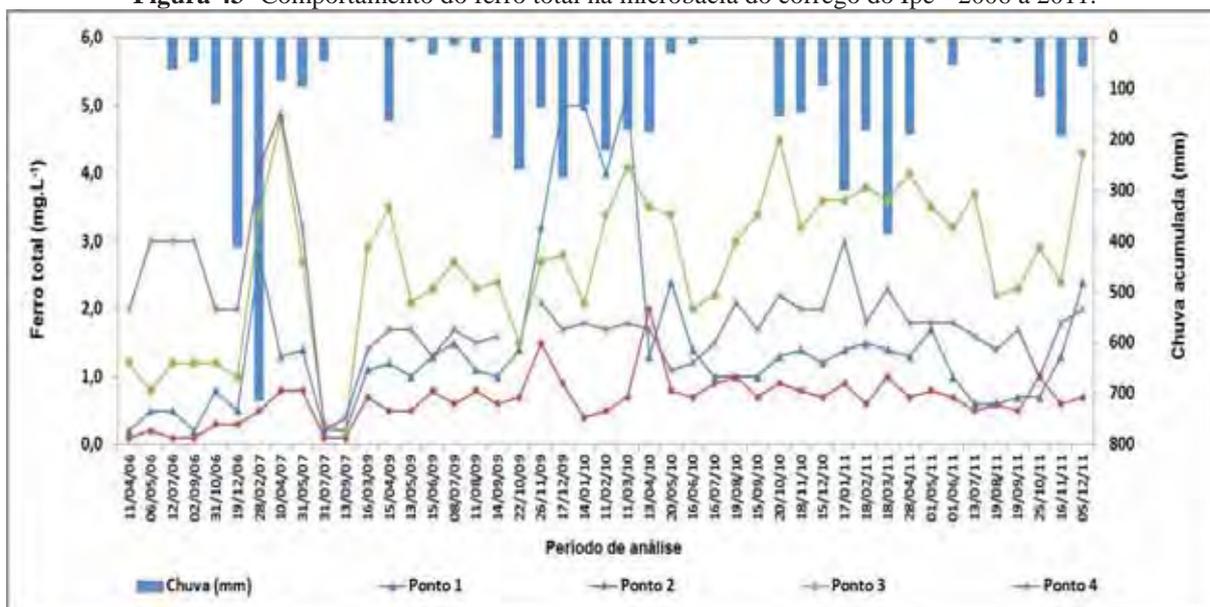
A concentração de ferro total nas águas dos mananciais é um dos parâmetros mais preocupantes devido ao seu alto potencial de danos aos sistemas de irrigação, sendo este, uma realidade na região noroeste paulista conforme resultados apresentados por Franco (2008), Vanzela, Hernandez e Franco (2010), Barboza (2010), Amendola et al. (2011), Santos et al. (2011b) e Barboza, Hernandez e Franco (2010).

A alta concentração de ferro total no ponto 1 está relacionado a mudança de coleta em sete meses (19/12/06, 28/02/07, 26/11/09, 17/12/09, 14/01/09, 11/02/10 e 11/03/10) ocasionado pela dificuldade de acesso a nascente. O ponto 2 apresentou as menores concentrações de ferro total, fato relacionado a decantação que ocorre no ponto de coleta

(represa). Os pontos 3 e 4 são os que apresentaram maior criticidade devido a ocupação urbana próxima dos mananciais, a má conservação do solo, sua respectiva composição química e o processo erosivo, favorecendo ao aumento da concentração de ferro total nas águas dos mananciais.

A Figura 43 apresenta o comportamento do ferro total na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 43- Comportamento do ferro total na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

De modo geral, os dados de ferro total apresentaram um aumento gradativo no decorrer do período do monitoramento, especificamente no ponto 3. Para Vanzela (2004) o alto teor de ferro total nos mananciais estão relacionados as características do solo da região, sendo o argissolo vermelho, o qual apresenta até 15% de teor de óxido de ferro e se erodido para o leito dos mananciais podem contribuir para a degradação da qualidade dos mesmos. Assim, características semelhantes do solo são apresentadas por Lima, Silva e Altamare (2004) para a região, o que evidencia as altas concentrações de ferro total associadas a degradação do solo.

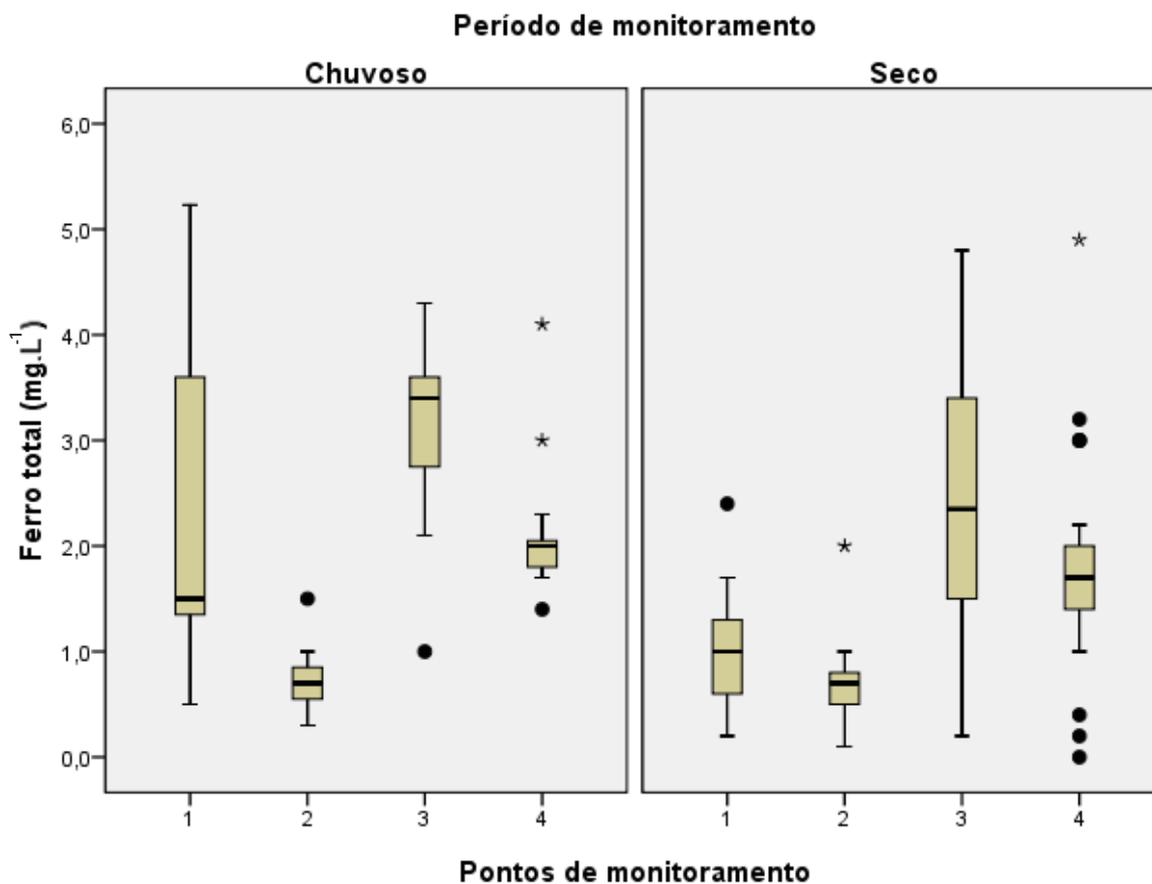
A formação do ferro total nas águas dos mananciais se dá pela ausência de oxigênio forma solúvel (Fe^{2+}), quando em contato com o ar, este passa para a forma insolúvel (Fe^{3+}), alterando a coloração da água e favorecendo a obstrução dos sistemas de irrigação (VON SPERLING, 1986).

Um dos indicativos da degradação ambiental é a presença da espécie invasora “taboa” (*Typha* sp.) que é uma espécie que quando instala em um determinado lugar, representa que

há indícios de que está ocorrendo degradação ambiental, dentre eles o processo erosivo e o carreamento de partículas. Para Martins et al. (2007) o povoamento da espécie *Typha* sp. em espelhos d'água e várzeas provocam o desequilíbrio dos recursos hídricos, começando pelo canal indefinido.

A Figura 44 representa a concentração dos valores de ferro total no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 44- Concentração de ferro total no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

O ferro foi o parâmetro analisado que apresentou todos os pontos de monitoramento com alto potencial de dano, quando utilizada a água para fins de irrigação. Nota-se que no

período chuvoso houve uma maior concentração média dos valores de ferro, exceto no ponto 2, que permaneceu homogêneo.

O ponto 1 apresentou no período chuvoso alta faixa de concentração devido a mudança do local de coleta (19/12/06, 28/02/07, 26/11/09, 17/12/09, 14/01/09, 11/02/10 e 11/03/10). O ponto 3 apresentou altas concentrações devido a contribuição da área urbana, processo erosivo e áreas composta por pequenos lotes rurais. O ponto 4 manteve com comportamento estável, sendo que parte do ferro total advindo do ponto 3 se decantou o que representa sérios riscos aos sistemas de irrigação.

Alguns fatores como o processo erosivo “voçoroca” e áreas degradadas que influenciam nos pontos de monitoramento, principalmente no ponto 3, deixa evidente de que a contribuição do ferro total é proveniente do próprio solo que compõe a bacia de drenagem, sendo este intensificado pela má conservação e as áreas urbanas. Resultados semelhantes foram obtidos por Franco e Hernandez (2009). Segundo Barboza, Hernandez e Franco (2011), avaliando a microbacia do córrego do Coqueiro, noroeste paulista, obtiveram em suas análises concentrações de ferro total com médio a alto potencial de danos aos sistemas de irrigação.

Para Barboza (2010) as estradas são um dos principais parâmetros que contribuem para a concentração de turbidez, sólidos e ferro total, pois, apresentam solo exposto e presença de focos de erosão em suas margens, sendo estes, alguns indícios da alta concentração nos pontos 1 e 4 de monitoramento.

Aos sistemas de irrigação, conforme Nakayama e Bucks (1986), as altas concentrações de ferro total favorecem a obstrução dos emissores, principalmente nos sistemas de irrigação localizada.

De acordo com Hernandez e Petinari (1998), valores de ferro total acima de $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$ em águas de corpos hídricos destinadas para fins de irrigação, merecem atenção especial. Para Vieira et al. (2004) valores de ferro total igual a $0,7 \text{ mg.L}^{-1}$ ocasionam problemas de incrustação em gotejadores.

Das microbacias hidrográficas monitoradas na região noroeste paulista, todas apresentaram alta concentração de ferro total como foram observadas por Vanzela (2004), Franco (2008), Barboza (2010), Santos et al. (2010a), Barboza, Hernandez e Franco (2011) e Amendola et al. (2011).

A concentração de ferro total na água dos mananciais provoca um dos principais problemas encontrados nos sistemas de irrigação, pois este influencia no aumento da perda de

carga, incrustação e entupimentos dos tubos e aspersores. De acordo com Franco e Hernandez (2009) é de fundamental importância o monitoramento da concentração de ferro na água, uma vez que possui origem natural do solo (desagregação pelo intemperismo), ou pelo processo erosivo e má conservação do solo, os quais aceleram a chegada destes aos corpos hídricos.

Diante dos resultados obtidos no monitoramento qualitativo conclui-se que é necessário a utilização de equipamentos de filtragem ou promover a oxigenação artificial, para que o ferro solúvel entre em contato com o oxigênio do ar e se torne insolúvel, antes de entrar no sistema de irrigação, evitando que se precipite e promova a obstrução dos emissores, principalmente na irrigação localizada (BARBOZA, 2010).

Na Tabela 33 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de ferro total nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 33- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de ferro total nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
FE	0,02	0,07	-0,46**	0,26**	-0,10	-0,46**	-0,22**
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,60**	0,50**	-0,65**	0,33**	0,33**	-0,33**	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: ferro total - FE (mg.L⁻¹).

Os parâmetros que apresentaram maior influência na concentração de ferro total foram os relacionados as áreas que mais sofrem degradação do solo dentro da microbacia hidrográfica, ressaltando que uma das principais origens do ferro total está voltado para as características do solo. Assim, os usos que apresentaram maiores correlações positiva significativa foram as áreas ociosas em conflito, assentamento, residencial de alta densidade, horticultura, várzeas e as áreas de pastagem.

4.3.4. Oxigênio dissolvido

A Tabela 34 apresenta os valores mínimos, máximo e médio de oxigênio dissolvido encontrado na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 34- Valores mínimos, máximos e médios de oxigênio dissolvido na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Classificação	
				Adequado	Inadequado
Oxigênio dissolvido ¹		mg.L ⁻¹		(% amostras)	
Ponto 1	1,0	17,4	7,6	73,3	26,7
Ponto 2	2,6	16,0	8,3	84,4	15,6
Ponto 3	1,6	18,0	7,6	71,1	28,9
Ponto 4	1,6	16,0	8,2	72,7	27,3

¹adequado ($\geq 5,0$ mg.L⁻¹) e inadequado ($< 5,0$ mg.L⁻¹). Fonte: Brasil (2005).

A microbacia do córrego do Ipê apresentou em todos os seus pontos de monitoramento valores muito abaixo do proposto por Nakayama e Bucks (1986) que classifica o teor mínimo de oxigênio dissolvido de até 5,0 mg.L⁻¹ para se ter vida aquática.

Em relação às concentrações de oxigênio dissolvido na água a microbacia apresentou em todos os pontos de monitoramento baixas concentrações, o que se torna preocupante. Os baixos valores registrados de oxigênio dissolvido estão relacionados ao excesso de vegetação aquática presente nos mananciais e lançamentos de efluentes em estado de decomposição, restringindo a presença de luz solar, inibindo a fotossíntese e ao mesmo tempo consomem a quantidade de oxigênio da água para realizar a decomposição aeróbica.

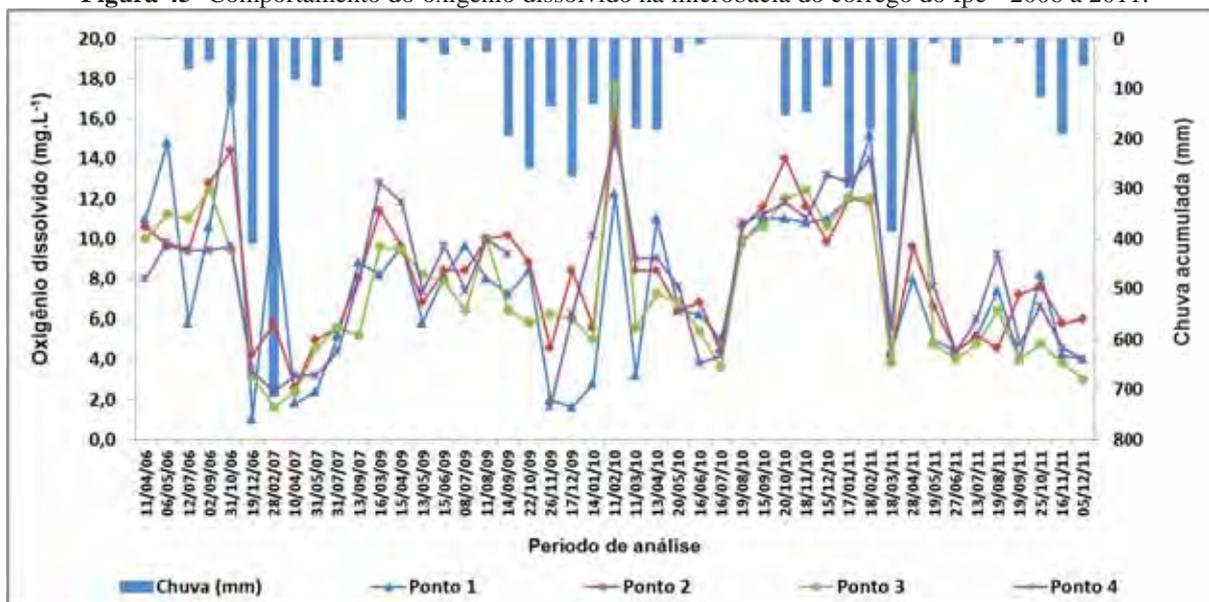
Assim, de acordo com Barboza (2010) a quantificação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para se manter a vida aquática e não sendo um parâmetro prejudicial aos sistemas de irrigação.

A Figura 45 apresenta o comportamento do oxigênio dissolvido na microbacia do córrego do Ipê.

A concentração de oxigênio dissolvido apresentou oscilação ao longo dos anos, sendo o de 2007, 2009 e 2010 onde se obteve os valores mais críticos. Já o segundo semestre do ano de 2010 os dados apresentaram estabilidade voltando a oscilar no ano de 2011.

Para Esteves (1998) a variação diária de oxigênio dissolvido na água está estritamente relacionada a fotossíntese, respiração e/ou decomposição, os quais estão diretamente relacionados a luminosidade, a temperatura, o vento e a chuva que são fatores eventuais que influenciam na decomposição e atividades metabólicas.

Figura 45- Comportamento do oxigênio dissolvido na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

A Figura 46 representa a concentração dos valores de oxigênio dissolvido no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

No período de estiagem a concentração média de oxigênio dissolvido foi superior ao estabelecido por Nakayama e Bucks (1986) como adequado. Já no período chuvoso a concentração média no ponto 1 foi estabelecida como inadequada e o ponto 3 em estado de alerta pela baixa concentração. Resultados semelhantes foram obtidos por Franco (2008) na microbacia do córrego do Coqueiro, noroeste paulista.

O oxigênio dissolvido é um dos parâmetros analisados de fundamental importância para a manutenção da vida aquática aeróbica (LIBÂNIO, 2005), sendo que as baixas concentrações não acarretam em danos aos sistemas de irrigação, porém, pode ser indício de lançamento de cargas de origem orgânica nos mananciais. De acordo com Franco (2008) o lançamento de efluentes nos corpos hídricos contribui drasticamente para a redução da quantidade de oxigênio dissolvido na água dos mananciais.

Assim, o aumento da temperatura no período chuvoso associado ao material orgânico em decomposição é um fator que contribui para a redução do oxigênio dissolvido na água.

A relação entre uso e ocupação do solo com a concentração de oxigênio dissolvido apresentaram fraca correlação, sendo as de maiores intensidade as que contribuem com o escoamento superficial de origem orgânica, como as áreas de pastagem e de matas, sendo que nenhum uso e ocupação não apresentou correlação significativa.

4.3.5. Cálcio, magnésio e dureza total

A Tabela 36 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de cálcio e magnésio encontrada na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 36- Valores mínimos, máximos e médios de cálcio e magnésio na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano	
				Normal	Alto
Cálcio ¹		mg.L ⁻¹		(% amostras)	
Ponto 1	13,0	80,0	36,0	100,0	0,0
Ponto 2	9,0	68,0	30,9	100,0	0,0
Ponto 3	8,0	76,0	30,1	100,0	0,0
Ponto 4	12,0	80,0	36,3	100,0	0,0
Magnésio ²		mg.L ⁻¹		(% amostras)	
Ponto 1	2,0	156,0	29,8	93,3	6,7
Ponto 2	0,0	104,0	28,3	97,8	2,2
Ponto 3	2,0	326,0	27,7	97,8	2,2
Ponto 4	2,0	124,0	31,2	95,4	4,6

¹normal (≤ 400 mg.L⁻¹) e alto (> 400 mg.L⁻¹). ²normal (≤ 60 mg.L⁻¹) e alto (> 60 mg.L⁻¹). Fonte: Ayers e Westcot (1991).

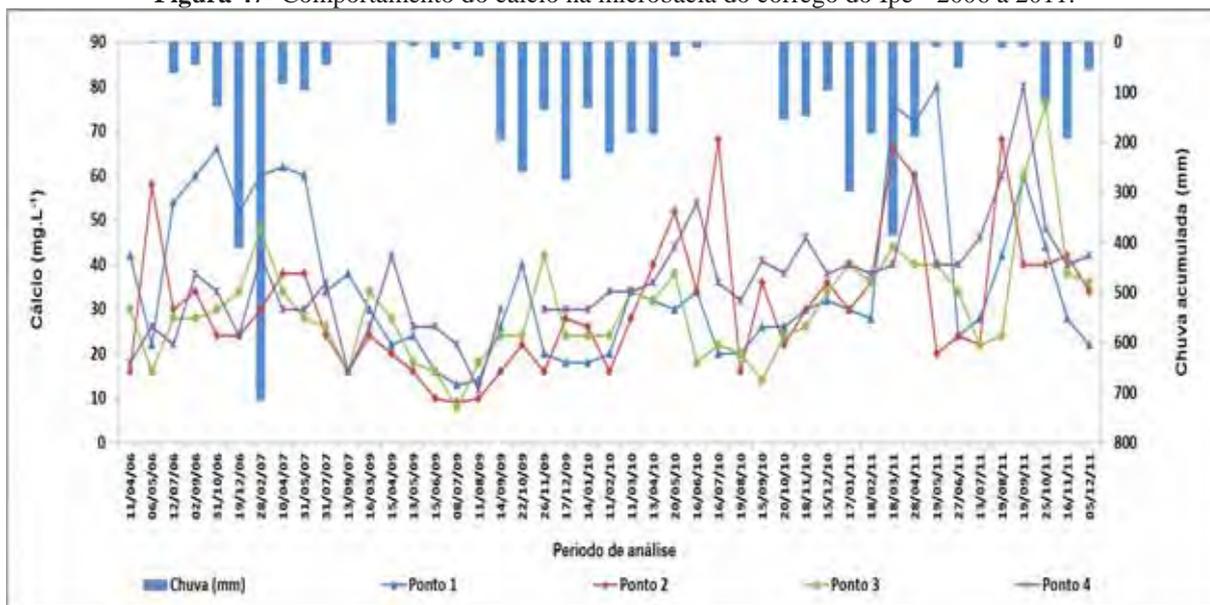
De acordo com os resultados obtidos do monitoramento da microbacia do córrego do Ipê não apresentou em nenhuma análise valores preocupantes em relação a concentração de cálcio na água, compreendendo todas as amostras em condições normais (100% em boas condições de uso) para uso na irrigação. A concentração de magnésio com alto potencial de danos aos sistemas de irrigação foi encontrada em todos os pontos de monitoramento em alguns casos isolados. Segundo Nakayama e Bucks (1986) a preocupação é quando o pH da água é superior a 7,5, pois favorece a precipitação do carbonato de cálcio e magnésio.

A ocorrência de fatores que favorecem na precipitação do carbonato de cálcio e do magnésio (pH $>7,5$ e magnésio >60 mg.L⁻¹) em uma mesma análise de saída de campo na

microbacia do córrego do Ipê não ocorreu em nenhum momento, porém, passou muito próximo de se ocorrer, representando sérios riscos de danos aos sistemas de irrigação.

A Figura 47 apresenta o comportamento da concentração de cálcio na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 47- Comportamento do cálcio na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



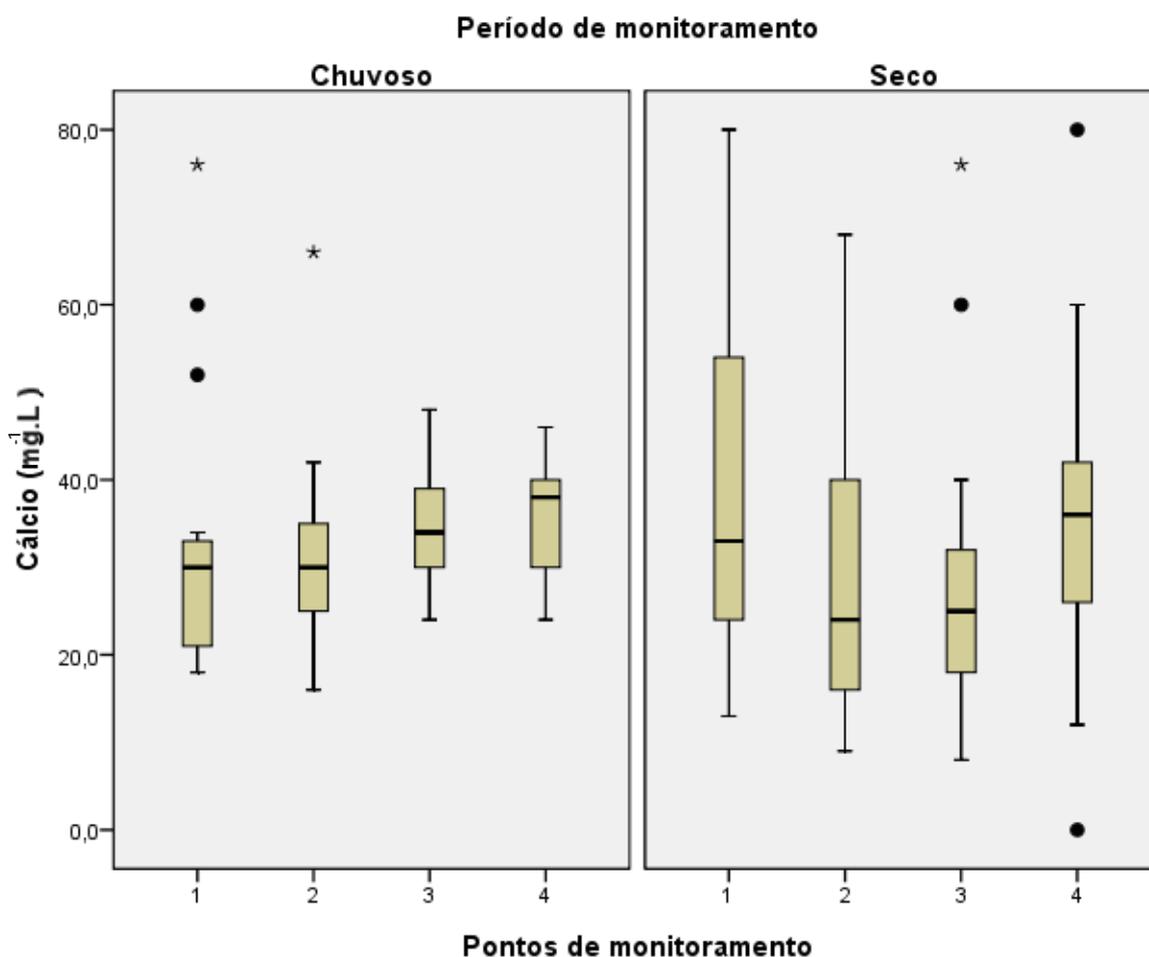
Fonte: Santos (2012)

A Figura 48 representa a concentração dos valores de cálcio no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

A maior concentração dos valores de cálcio foi encontrada no período chuvoso, sendo que nos pontos 3 e 4 se elevam em relação aos pontos 1 e 2, resultados que demonstram a influência das áreas degradadas e lixiviação do solo. No período de estiagem há um comportamento diferenciado, sendo que as maiores faixas de concentrações ocorrem nos pontos 1 e 2.

O intemperismo das rochas, a erosão, a precipitação e a ação antrópica do uso e ocupação do solo de forma inadequada contribuem de forma significativa para o aumento da concentração de cálcio nas águas dos mananciais (ESTEVES, 1998). Mesmo com os fatores que influenciam a presença de cálcio na água estes não representaram valores preocupantes nas águas a fins de irrigação.

Figura 48- Concentração de cálcio no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Na Tabela 37 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de cálcio nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 37- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de cálcio nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

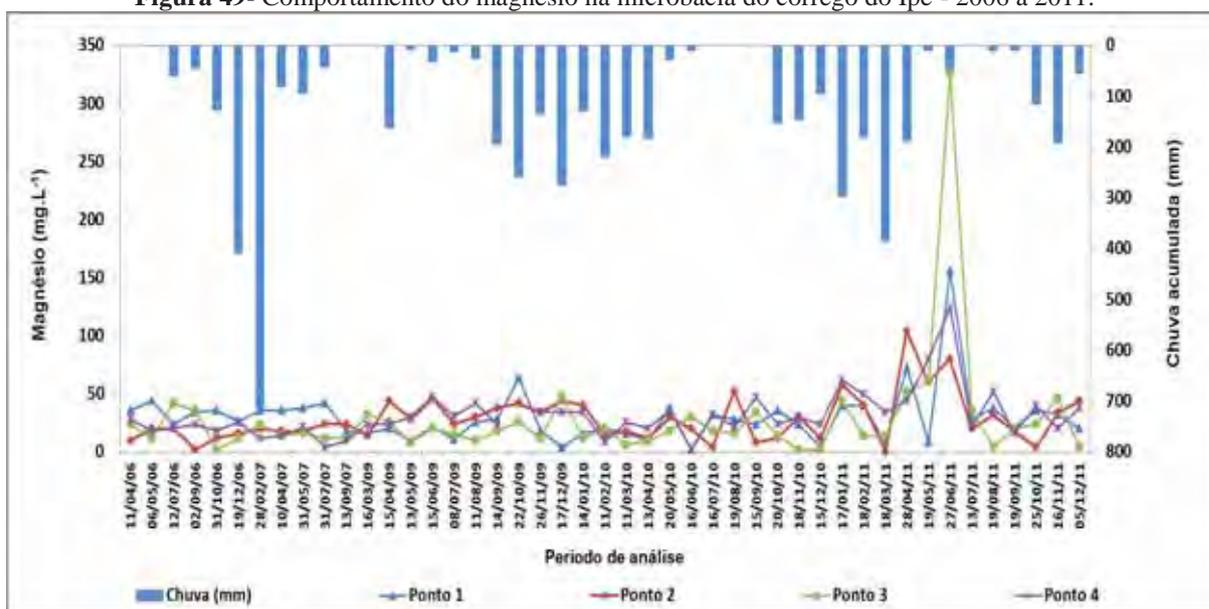
Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
	0,14	0,15	0,16*	-0,18*	0,15	0,07	0,22**
CA	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	-0,04	-0,17	-0,08	-0,30**	-0,30**	0,30**	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d`água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: cálcio - CA (mg.L^{-1}).

Pela análise estatística, as áreas ocupadas por matas e culturas perenes, apresentaram correlação significativa positiva. As correlações negativas significativas demonstram que essas áreas não apresentam preocupação caso venha a haver crescimento das mesmas.

A Figura 49 apresenta o comportamento da concentração de magnésio na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 49- Comportamento do magnésio na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



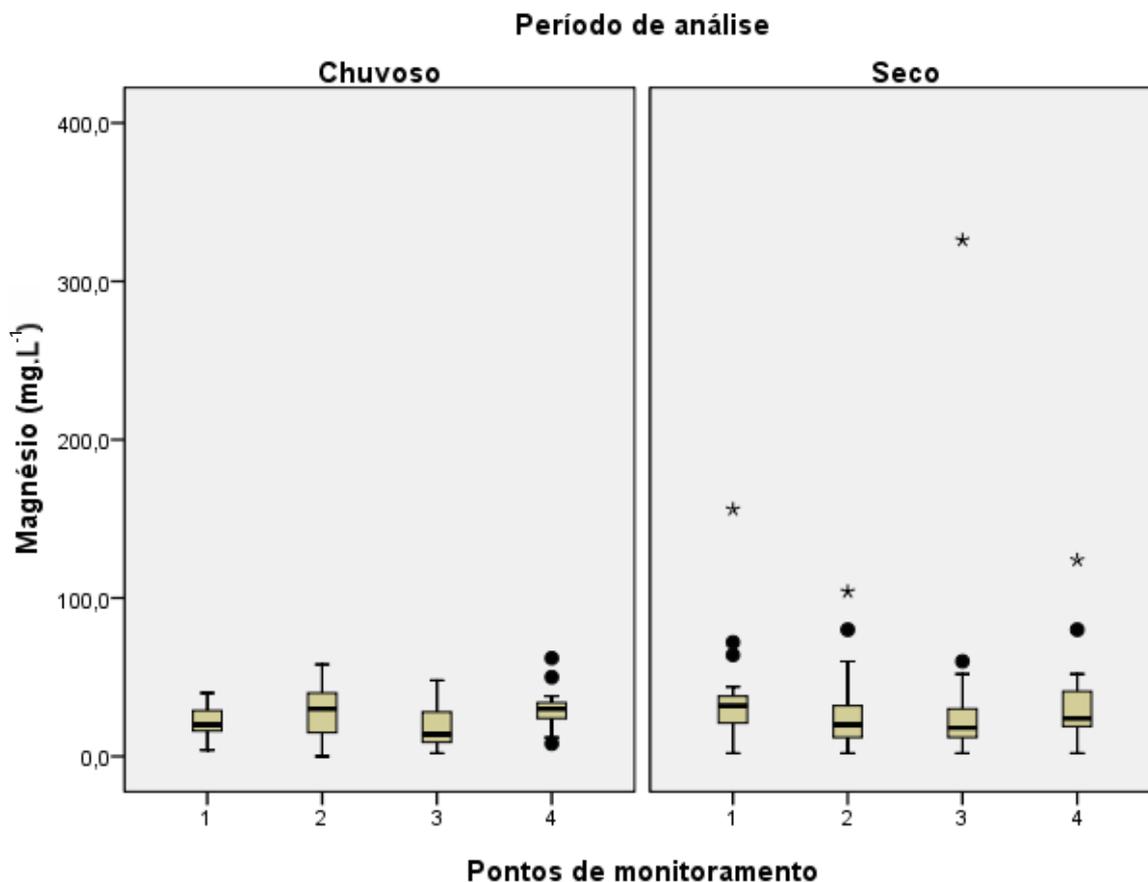
Fonte: Santos (2012)

Durante todo o período de monitoramento a microbacia do córrego do Ipê apresentou estabilidade nos valores de magnésio, sendo que no primeiro semestre do ano de 2011, registrou-se altas concentrações em todos os pontos de monitoramento. Bartram e Ballace (1996b) classificam como normal as baixas concentrações de magnésio na água, uma vez que esta depende do tipo de solo.

A Figura 50 representa a concentração dos valores de magnésio no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

A presença de magnésio no manancial monitorado não apresentou variação significativa ao longo do período analisado, porém, com alguns valores aleatórios muito acima do esperado, principalmente no período seco.

Figura 50- Concentração de magnésio no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Na Tabela 38 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de magnésio nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 38- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de magnésio nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

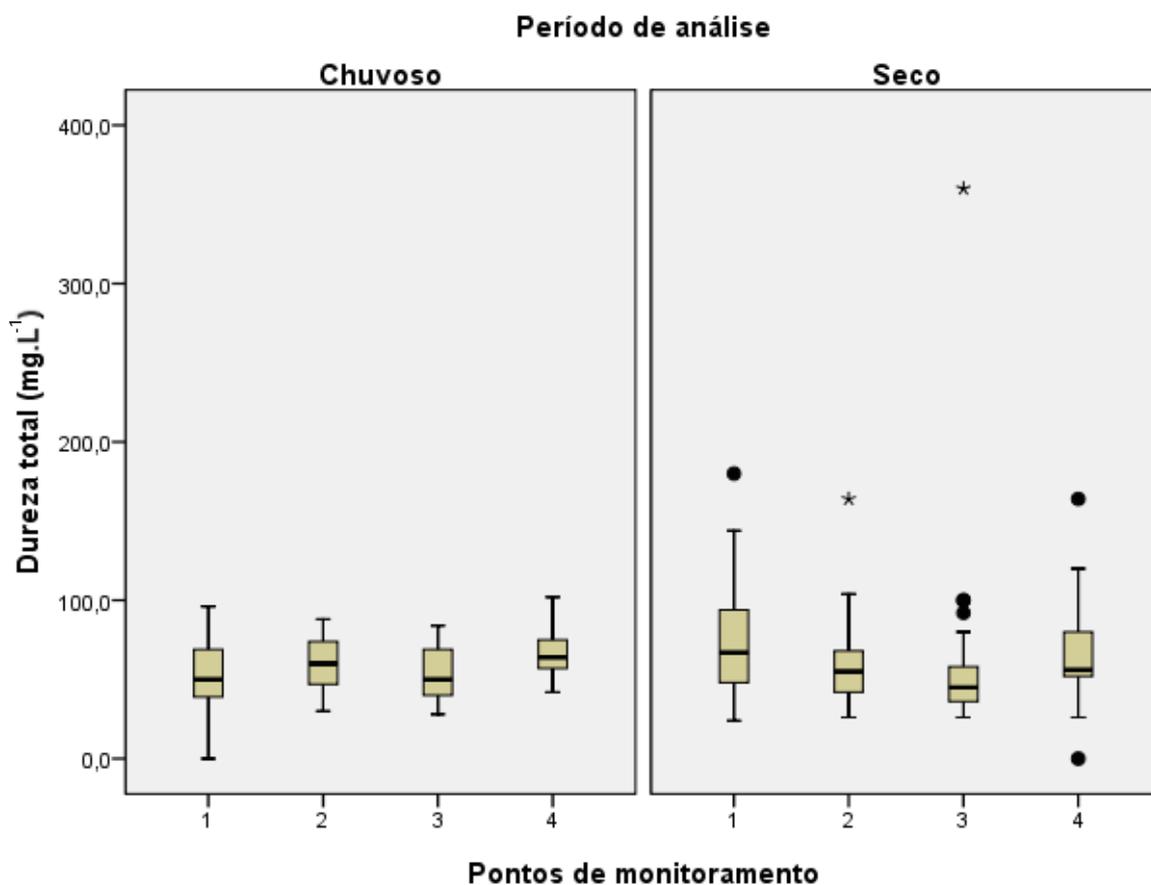
Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
MG	0,01	0,04	0,02	-0,02	0,01	-0,00	0,03
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,00	-0,03	-0,02	-0,04	-0,04	0,04	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: magnésio - MG (mg.L⁻¹).

A correção estatística entre o uso e ocupação do solo e a concentração de magnésio apresentou fraca correlação, sendo que em nenhum parâmetro esta foi significativa.

A Figura 51 representa a concentração dos valores de dureza total no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 51- Concentração de dureza total no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

De modo geral os resultados obtidos de dureza total não apresentaram variação média significativa ao longo do monitoramento do córrego do Ipê. Dentre os quatro pontos monitorados, todos demonstraram comportamento semelhante, tendo apenas alguns casos isolados com valores acima do normal.

Aos sistemas de irrigação, a dureza está associada a outros parâmetros como o pH e a temperatura, fatores que possam influenciar diretamente na obstrução de tubos e emissores devido a precipitação dos compostos químicos. Para Barboza (2010) a adição de ácido

poderia auxiliar na prevenção mais eficiente ao entupimento dos emissores, porém, deve ser uma ação melhor planejada a fim de assegurar contra possíveis futuros impactos junto aos mananciais e até mesmo no desenvolvimento das culturas.

Na Tabela 39 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de dureza total nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 39- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de dureza total nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
DT	0,07	0,10	0,09	-0,10	0,07	0,03	0,13
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	-0,02	-0,09	-0,04	-0,13	-0,13	0,13	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: dureza total - DT (mg.L^{-1}).

A dureza total da água apresentou a maior parte da correlação positiva com as áreas que estão voltadas para a situação de solo exposto em alguma parte do ano, sendo os principais usos as áreas compostas por cana-de-açúcar, pastagem, matas dentro e fora das áreas de preservação permanente e culturas perenes, porém, sabe-se que muitas das vezes a dureza se origina naturalmente através dos tipos de solo e rochas.

4.3.6. Nitrito

A Tabela 40 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de nitrito encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

De acordo com os dados obtidos, pode se determinar que os pontos de monitoramento 1 e 2 não apresentaram valores elevados. Os pontos de monitoramento 3 e 4 apresentam casos isolados de valores acima do estabelecido. Este excesso de nutriente está relacionado ao arraste de sedimentos urbanos e rurais para o leito dos mananciais, uma vez que os valores acima do aceitável foram obtidos em coletas realizadas logo após eventos chuvosos e principalmente nos respectivos pontos de influências urbanas.

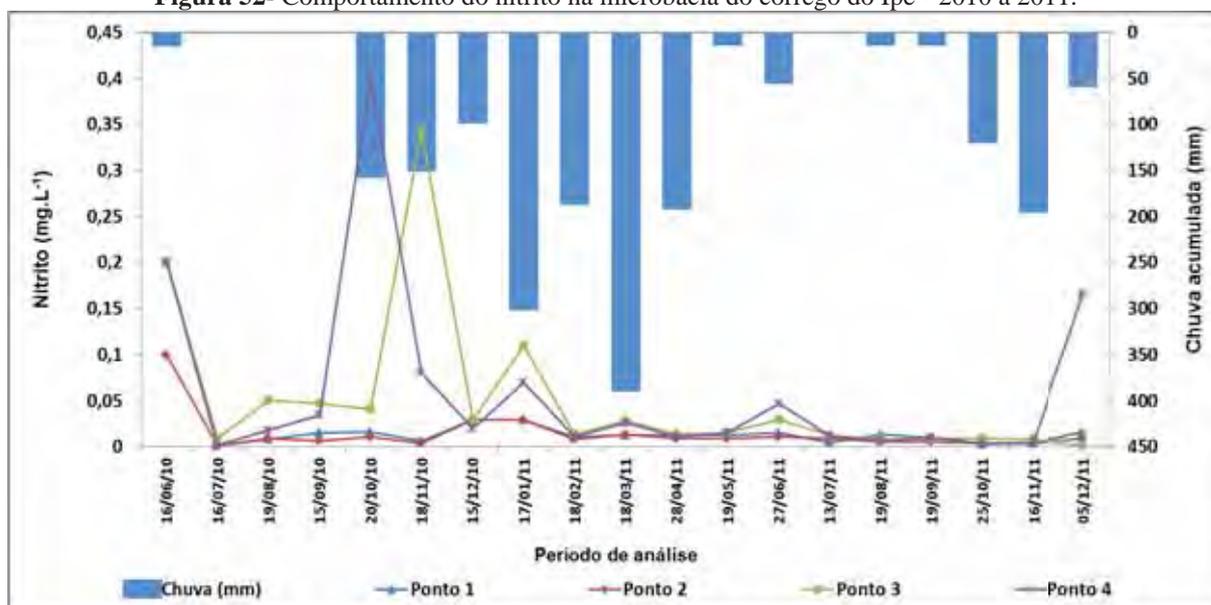
Tabela 40- Valores mínimos, máximos e médios de nitrito na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2010 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Classificação	
				Normal	Alto
Nitrito ¹		mg.L ⁻¹		(% amostras)	
Ponto 1	0,001	0,200	0,02	100,0	0,0
Ponto 2	0,001	0,100	0,01	100,0	0,0
Ponto 3	0,001	0,343	0,05	94,8	5,2
Ponto 4	0,002	0,400	0,06	94,8	5,2

¹normal ($\leq 0,2$ mg.L⁻¹) e alto ($>0,2$ mg.L⁻¹). Fonte: Brasil (2005).

A Figura 52 apresenta o comportamento do nitrito na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 52- Comportamento do nitrito na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.



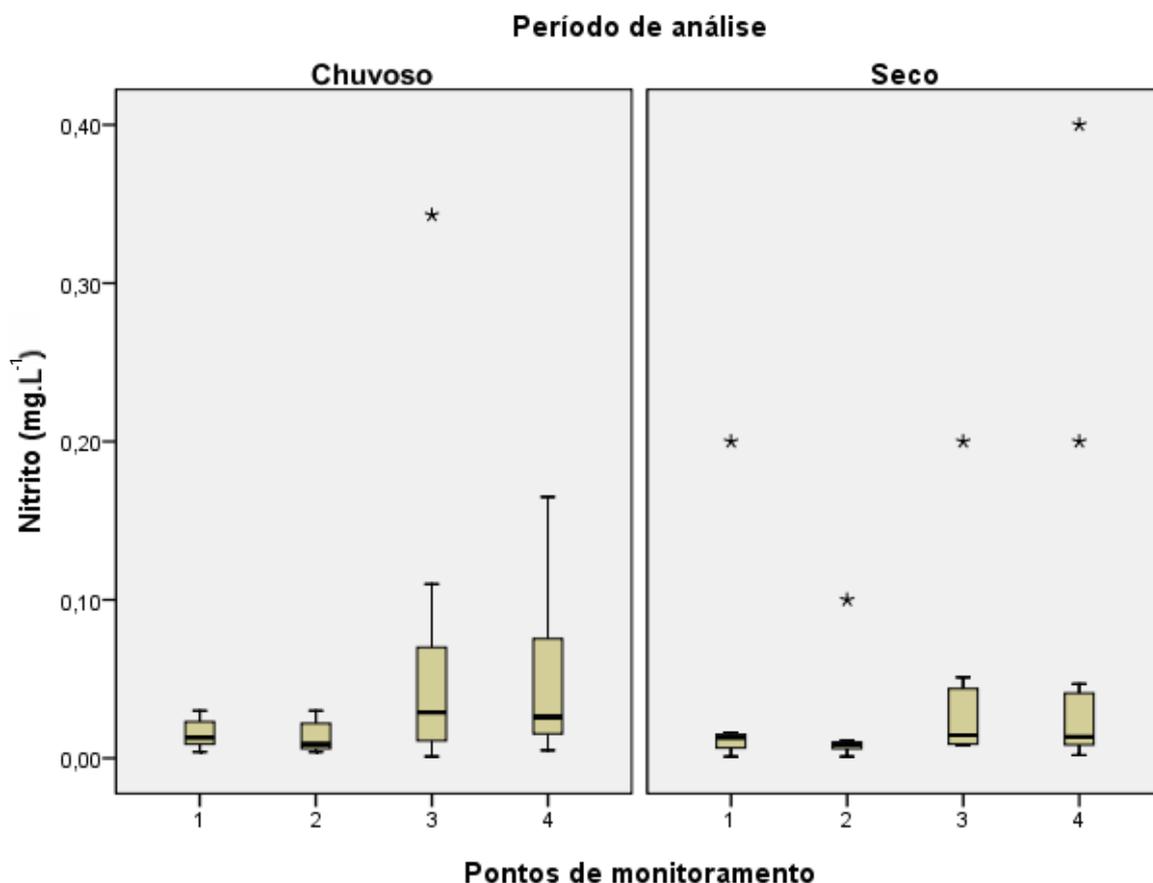
Fonte: Santos (2012)

Perante alguns casos isolados, o monitoramento do nitrito apresentou semelhança em mais de 94,8% das amostras obtidas.

As análises de nitrito tiveram como princípio, detectar indícios de contaminação orgânica de origem vegetal e animal, ou seja, a presença de lançamentos ou arrastes de excesso de nutrientes indesejáveis aos mananciais, sendo que estes não acarretam em danos aos sistemas de irrigação além de gerar toxicidade na qualidade hídrica, sendo estes fatores observados nos respectivos pontos de coleta 3 e 4.

A Figura 53 representa a concentração dos valores de nitrito no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 53- Concentração de nitrito no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

A determinação de nitrito evidenciou bem o que se espera nos respectivos pontos 3 e 4, sendo um indicativo de contaminação recente, sendo que em águas naturais raramente se encontra, como ocorreu nos pontos 1 e 2. A maior variação observada dentre os pontos de monitoramento foram que no período chuvoso houve uma maior faixa de concentração em relação ao período seco, sendo que este pode representar a influência do escoamento superficial urbano e das áreas de pastagem.

Na Tabela 41 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de nitrito nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

As áreas ociosas em conflito em conflito foi o único uso do solo que apresentou correlação significativa positiva com o parâmetro nitrito, os demais usos demonstrou correlação fraca e/ou negativa.

Tabela 41- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de nitrito nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
NI	-0,06	0,14	-0,16	0,15	-0,11	-0,27*	-0,05
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,28*	0,11	-0,29*	-0,01	-0,01	0,01	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d`água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: nitrito - NI (mg.L^{-1}).

4.3.7. Nitrato

A Tabela 42 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de nitrato encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 42- Valores mínimos, máximos e médios de nitrato na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2010 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Classificação	
				Normal	Alto
Nitrato ¹		mg.L^{-1}		(% amostras)	
Ponto 1	0,04	0,20	0,04	100,0	0,0
Ponto 2	0,02	0,10	0,02	100,0	0,0
Ponto 3	0,20	0,61	0,20	100,0	0,0
Ponto 4	0,10	0,37	0,10	100,0	0,0

¹normal ($\leq 0,7 \text{ mg.L}^{-1}$) e alto ($> 0,7 \text{ mg.L}^{-1}$). Fonte: Brasil (2005).

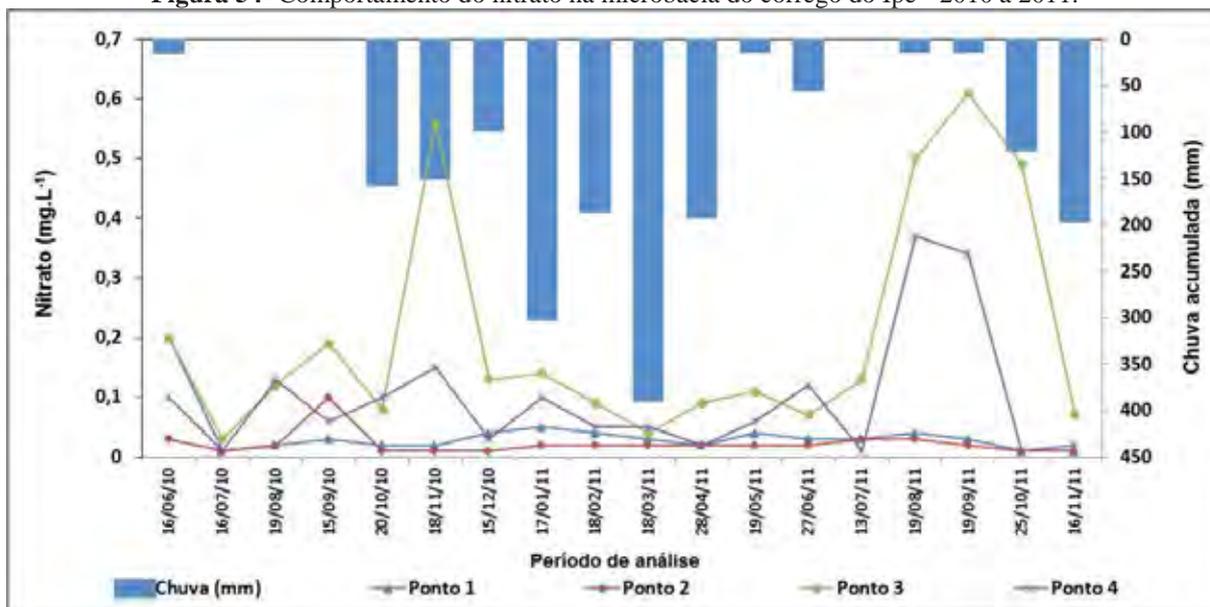
Com o monitoramento da quantificação de nitrato presente nas águas do córrego do Ipê, foi possível determinar que a bacia não apresenta indícios de sofrer impactos por apresentar 100% das amostras com baixa concentração de nitrato.

Segundo Bartram e Ballance (1996b) classifica a presença de nitrato em baixas concentrações nos mananciais é normal. Seu excesso implica em degradação da qualidade das águas, principalmente devido ao escoamento de adubos químicos, drenagem de confinamentos, áreas urbanas e industriais.

Pode-se concluir que esta concentração encontrada está associada ao escoamento das áreas de cultivo da cana-de-açúcar, sendo que o mesmo fato não foi evidenciado no ponto 1 devido a presença da mata ciliar.

A Figura 54 apresenta o comportamento do nitrato na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 54- Comportamento do nitrato na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

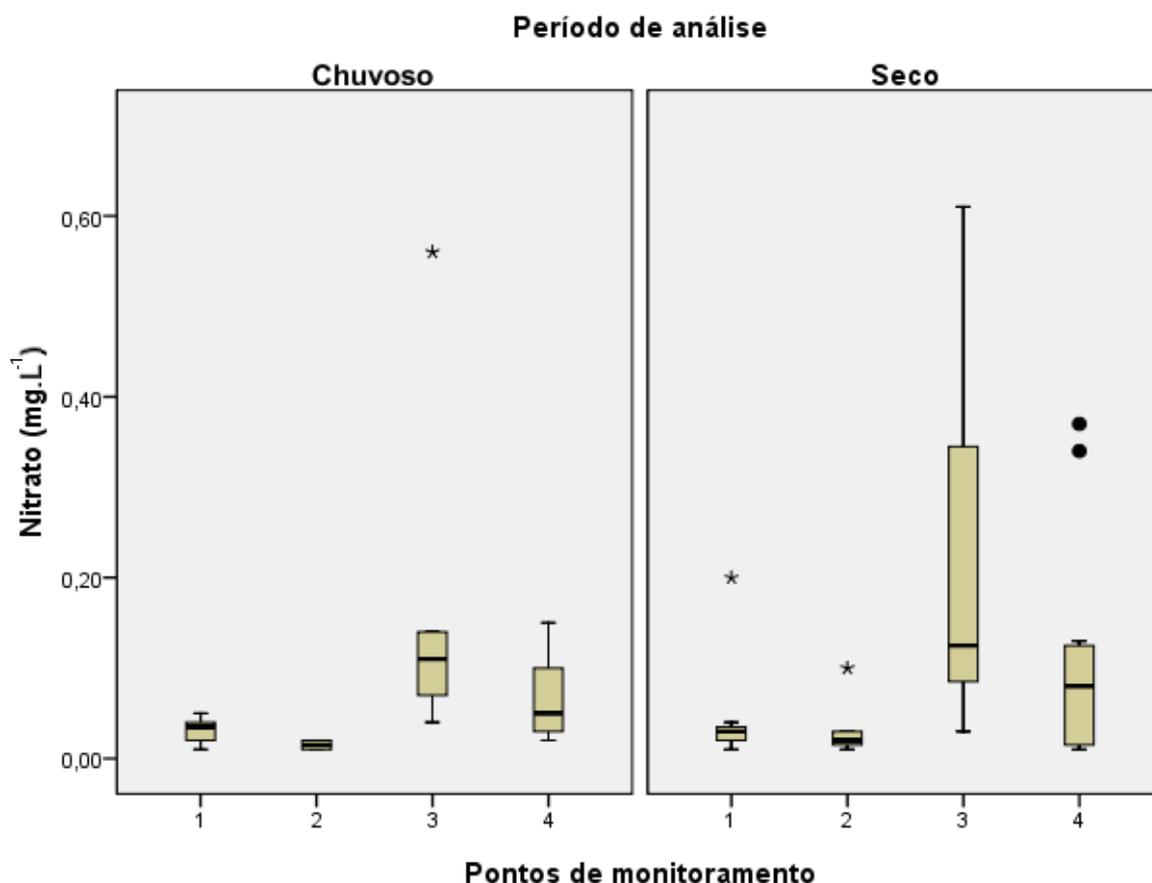
Os pontos de monitoramento 1 e 2 apresentaram na maioria das análises valores irrelevantes ao ponto de gerar qualquer tipo de degradação ambiental ao manancial. Os pontos 3 e 4 apresentaram alguns valores isolados preocupantes, porém, em nenhuma análise se detectou valores superiores ao ponto de gerar sérios danos aos corpos hídricos.

A Figura 55 representa a concentração dos valores de nitrato no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Em especial o ponto de monitoramento 3 deve ter acompanhamento contínuo, pois, em todas as análises, foi o ponto que apresentou comportamento muito oscilante, o que preocupa. Para Gardi (2000) essa oscilação na concentração de nitrato nas águas dos mananciais representa um dos fatores de maior influência na degradação da qualidade da água.

Como as maiores concentrações ocorreram no período de estiagem, estes parâmetros estão associados ao carreamento pela ocorrência de chuvas isoladas ocorridas na região.

Figura 55- Concentração de nitrato no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Na Tabela 43 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de nitrato nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 43- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de nitrato nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
NA	-0,15	-0,01	-0,47**	0,37**	-0,23	-0,45**	-0,33**
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,51**	0,41**	-0,41**	0,28	0,28	-0,28	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: nitrato - NA (mg.L⁻¹).

Os usos do solo como várzea, áreas ociosas em conflito e assentamento, apresentaram correlação estatística positiva significativa, e os usos como residencial de alta densidade e horticultura demonstraram valores altos, porém, não significativos. Os resultados vão de encontro com as possíveis áreas de lançamentos clandestinos compostos de cargas de origem orgânica.

4.3.8. Sulfato

A Tabela 44 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de sulfato encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 44- Valores mínimos, máximos e médios de sulfato na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2010 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Potencial de dano	
				Normal	Alto
Sulfato ¹		mg.L ⁻¹		(% amostras)	
Ponto 1	0,0	5,0	2,6	100,0	0,0
Ponto 2	0,0	2,0	1,2	100,0	0,0
Ponto 3	0,0	13,0	5,0	100,0	0,0
Ponto 4	0,0	10,0	3,2	100,0	0,0

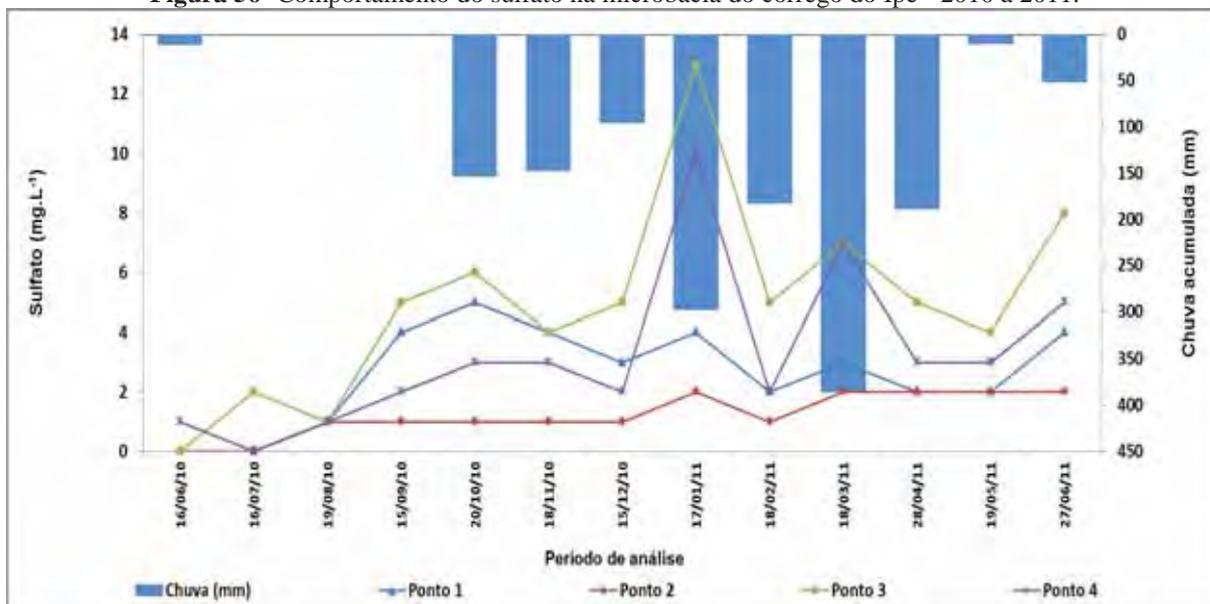
¹normal (≤ 250 mg.L⁻¹) e alto (> 250 mg.L⁻¹). Fonte: Brasil (2005).

De acordo com Brasil (2005) não apresenta o valor aceitável de sulfato nas águas de Classe 2 a fim de evitar danos aos sistemas e a saúde pública, este, seguiu os parâmetros utilizados pelas mesma resolução, porém para águas de Classe 1 e 3, as quais apresentam valores semelhantes.

Dentre os resultados obtidos, nenhuma das amostras apresentou valores preocupantes. A presença de sulfato nas águas deste manancial é mínima, sendo que para Bartram e Ballance (1996b) é normal, devido abundância deste íon na crosta terrestre.

A Figura 56 apresenta o comportamento do sulfato na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 56- Comportamento do sulfato na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

A Figura 57 representa a concentração dos valores de sulfato no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Dentre os parâmetros analisados o sulfato foi o que apresentou menor preocupação uma vez que análises apresentaram baixas concentrações, além de suas origem estar associadas a dissolução de solos e rochas, como no caso o gesso e o sulfato de magnésio (CABRERA et al., 2006).

As concentrações de sulfato nas águas de mananciais podem resultar em danos aos sistemas de irrigação, pela incrustação do gesso, tanto quanto ser transmitido aos seres humanos pela cadeia alimentar, resultando em graves problemas a saúde (BARTRAM; BALLANCE, 1996b). Por ser um parâmetro de origem natural, podendo ser acelerado pela influência antrópica, deve-se ter o monitoramento a fim de prevenir futuros impactos.

Os usos do solo caracterizados por áreas ociosas em conflito e assentamento foram os principais fatores que influenciam na concentração de sulfato nas águas superficiais.

4.4. Parâmetros biológicos de qualidade de água para fins de irrigação

4.4.1. Coliformes totais

A Tabela 46 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de coliformes totais encontrados na microbacia do córrego do Ipê e a respectiva classificação das amostras, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Tabela 46- Valores mínimos, máximos e médios de coliformes totais na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Classificação	
				Adequado	Inadequado
Coliformes totais ¹		NMP.100 mL ⁻¹		(% amostras)	
Ponto 1	0,0	8.820,0	1.505,4	93,1	6,9
Ponto 2	0,0	6.480,0	738,4	97,7	2,3
Ponto 3	0,0	26.880,0	4.921,4	72,1	27,9
Ponto 4	0,0	23.040,0	4.360,0	80,9	19,1

¹Adequado (≤ 5.000 NMP.100 mL⁻¹) e Inadequado (> 5.000 NMP.100 mL⁻¹). Fonte: Brasil (1986).

Até mesmo a nascente apresentou classificação da água como inadequado. Este é um indicativo de que possa estar ocorrendo presença de animais muito próximo da nascente e/ou lançamento de esgoto *in natura* no manancial. Vanzela (2004) explica que mananciais próximos as áreas habitadas, principalmente moradias rurais, apresentam valores de coliformes totais acima do esperado devido ao lançamento de dejetos e lixos, além da criação de animais.

Pelas análises realizadas em afluentes do córrego do Ipê, verificam-se que a maior concentração de coliformes totais foram observadas nos pontos de amostragem 3 e 4, que tem origem de um afluente na área urbana do município de Ilha Solteira e deságua no leito principal poucos metros antes do ponto de monitoramento 3. Posteriormente, o ponto 4 recebe influência de seu antecessor e de possíveis lançamentos de pequenas propriedades rurais e a predominância de gado nas proximidades do córrego do Ipê.

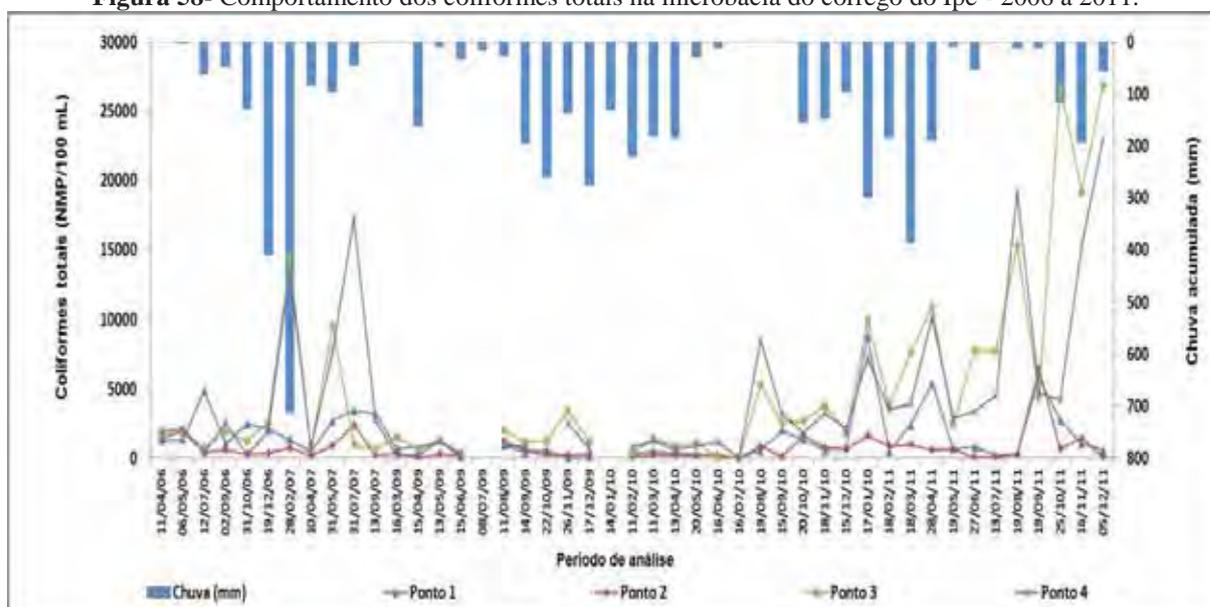
Para Lima, Silva e Altinare (2004) mananciais próximos a áreas urbanizadas tornam-se muito propícios à degradação ambiental devido ao excesso de nutrientes e matéria orgânica

que é carregado para os corpos hídricos, causando assoreamento, eutrofização e contaminação da biota.

Pelas visitas de campo, foi possível determinar a presença de odor nos respectivos pontos de monitoramento 3 e 4, devido ao excesso de material orgânico em decomposição.

A Figura 58 apresenta o comportamento dos coliformes totais na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 58- Comportamento dos coliformes totais na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



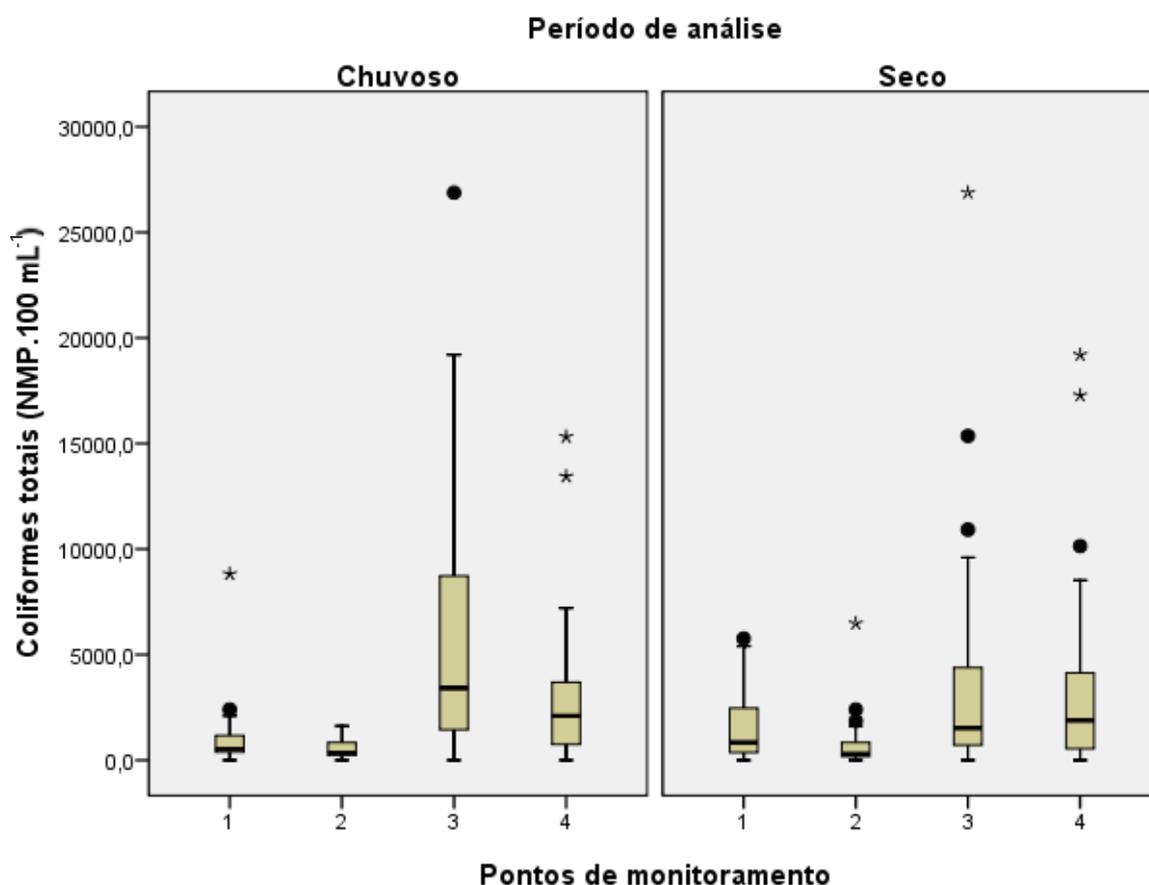
Fonte: Santos (2012)

Os pontos que apresentaram valores mais críticos de concentração de coliforme totais na água foram os pontos 3 e 4. De modo geral, observa-se uma tendência de aumento da destes a partir do segundo semestre do ano de 2010, período de expansão das áreas urbanas dentro a área da microbacia do córrego do Ipê.

A Figura 59 representa a concentração dos valores de coliformes totais no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Em relação a concentração de coliforme totais observou-se que no período de estiagem há uma maior concentração de coliformes, devido a redução do volume de água. Já no período chuvoso, especialmente no ponto 3, há uma maior carga de nutrientes de origem orgânica escoado para os mananciais, sendo que a faixa de concentração se eleva. Em ambos os períodos analisados foram observados valores muito acima do estabelecido como adequado por Brasil (1986), principalmente nos pontos 3 e 4.

Figura 59- Concentração de coliformes totais no período chuvoso e seco em cada ponto de amostragem na microbacia do córrego do Ipê - 2010 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

As elevadas concentrações de coliformes estão associadas a escoamento superficial das áreas urbanas e rurais, além do despejo de efluentes urbanos. Resultados semelhantes foram obtidos por Franco (2008) monitorando a microbacia do córrego do Coqueiro, noroeste paulista, o qual recebe influência das áreas urbanas em menor proporção.

De acordo com Poletto, Carvalho e Matsumoto (2010) avaliando o Índice de Qualidade das Águas - IQA observaram que as áreas urbanas são os fatores de maior influência na qualidade das águas, classificando a mesma como ruim a péssima.

Essas altas concentrações de coliformes totais podem ocasionar em sérios problemas a saúde da população devido ao contato direto com a água e ou pela contaminação de alimentos consumidos *in natura* (BARBOZA, 2010) além dos impactos sócio-econômico e ambiental

que são gerados. Aos sistemas de irrigação, as altas concentrações de coliformes totais também podem provocar o entupimento de emissores.

Na Tabela 47 estão apresentados a correlação do uso e ocupação do solo com a concentração de coliformes totais nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Tabela 47- Correlação do uso e ocupação do solo com as concentrações de coliformes totais nas águas do córrego do Ipê, Ilha Solteira - SP.

Parâmetro	CA	PA	EA	VA	MAPP	RO	CP
CT	-0,08	0,15	-0,17	0,17*	-0,13	-0,29**	-0,06
	AOC	ASS	RBD	RAD	HO	MA	
	0,20**	0,11	-0,29**	-0,01	-0,01	0,01	

Uso e ocupação do solo: cana-de-açúcar (CA); pastagem (PA); espelhos d'água (EA); várzea (VA); matas em áreas de preservação permanente (MAPP); rodovias (RO); culturas perenes (CP); áreas ociosas em conflito (AOC); assentamento (ASS); residencial de baixa densidade (RBD); residencial de alta densidade (RAD); horticultura (HO); matas (MA). Parâmetros da qualidade de água: coliformes totais - CT (NMP.100 ml⁻¹).

As áreas que mais possuem correlação significativa positiva com os coliformes totais são as áreas que associadas as áreas de várzeas e ociosas em conflito. Esperava-se que as áreas de residencial apresentasse o mesmo comportamento das áreas de ociosas em conflito ou até com correlação superior, devido os resultados obtidos *in loco*. Resultados semelhantes foram obtidos por Vanzela, Hernandez e Franco (2010).

Conforme apresentado, a correlação estatística leva em consideração a área de influência e não um peso específico para cada parâmetro, além de considerar um valor médio para todo o período de análise.

4.3.2. Coliformes fecais

A Tabela 48 apresenta os valores mínimos, máximos e médios de coliformes fecais encontrados na microbacia do córrego do Ipê e o potencial de danos aos sistemas de irrigação, de acordo com os padrões de qualidade de água para fins de irrigação.

Os resultados obtidos no monitoramento do córrego do Ipê observou-se que o comportamento se assemelhou ao parâmetro analisado anteriormente. Conseqüentemente as maiores concentrações de coliforme fecais foram obtidas nos pontos 3 e 4 com 27,9% e 19,1% das análises estabelecidas como uso inadequado por Brasil (1986).

Tabela 48- Valores mínimos, máximos e médios de coliformes fecais na microbacia do córrego do Ipê e os padrões de qualidade de água para fins de irrigação, período de 2006 a 2011.

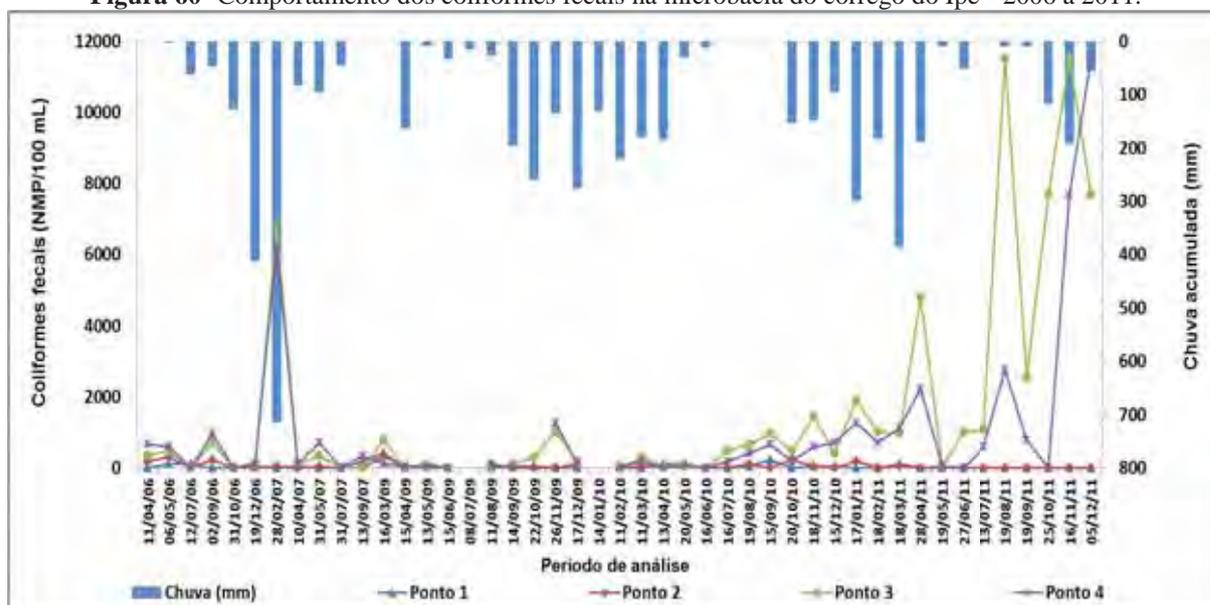
Parâmetro	Mínimo	Máximo	Médio	Classificação	
				Adequado	Inadequado
Coliformes fecais ¹	NMP.100 mL ⁻¹			(% amostras)	
Ponto 1	0,0	420,0	46,1	100,0	0,0
Ponto 2	0,0	360,0	54,9	100,0	0,0
Ponto 3	0,0	11.520,0	1.582,1	80,9	27,9
Ponto 4	0,0	11.520,0	1.030,9	80,9	19,1

¹Adequado (≤ 1.000 NMP.100 mL⁻¹) e Inadequado (> 1.000 NMP.100 mL⁻¹). Fonte: Brasil (1986).

O mesmo estudo realizado para a determinação das principais fontes de coliformes totais foram realizadas para coliformes fecais e foi possível detectar, que um de seus afluentes que inicia dentro do perímetro urbano do município de Ilha Solteira, apresentou altos valores de coliformes fecais, sendo que no mesmo dia da coleta apresentou altos valores nos respectivos pontos 3 e 4.

A Figura 60 apresenta o comportamento dos coliformes fecais na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 60- Comportamento dos coliformes fecais na microbacia do córrego do Ipê - 2006 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

Desde o início do monitoramento até o primeiro semestre do ano de 2010 a microbacia não apresentava risco ao uso da água para fins de irrigação, sendo que deste período em diante houve um crescimento gradativo, em que os pontos 3 e 4 permaneceram acima ou muito

próximo do estabelecido por Brasil (1986) como inadequado em quase todas as amostragens. Este período correspondeu ao da expansão da área urbana, principalmente nas de influência da microbacia.

De acordo com Franco (2008) as áreas urbanas contribuem muitas das vezes para a degradação da qualidade dos mananciais, uma vez que, há despejo de efluentes e lançamento de dejetos e sedimentos de ruas e avenidas. Para Barboza (2010) outro fator relacionado a agropecuária intensiva que pode contribuir fortemente para a concentração de coliformes em um manancial, fatos observados diretamente nos pontos 3 e 4 de monitoramento.

Além de gerar danos a saúde pública por veiculação hídrica ou pelo consumo de alimentos *in natura*, as concentrações de coliformes fecais, podem reduzir as concentrações de oxigênio dissolvido na água, pela decomposição e/ou fermentação e representar riscos de entupimento aos emissores dos sistemas de irrigação.

A Figura 61 representa a concentração dos valores de coliformes fecais no período chuvoso e seco na microbacia do córrego do Ipê.

Como era de se esperar os pontos de monitoramento 3 e 4 apresentaram concentrações muito acima do estabelecido por Brasil (1986) como inadequado. Em ambos os períodos analisados a concentração de coliformes fecais apresentaram comportamento semelhante, porém, nota-se que no período chuvoso os pontos 3 e 4 apresentam maior faixa de concentração.

Resultados apresentados por Vanzela, Hernandez e Franco (2010) demonstram relação positiva entre a concentração de coliformes com as áreas urbanas e moradias rurais. Esta informação torna-se preocupante uma vez que análises mais detalhadas indicam as áreas urbanas como proposta em seu Plano Diretor Municipal de Ilha Solteira (BRASIL, 2008) como parte da área da microbacia caracterizado como local estratégico para o crescimento urbano.

Os usos e ocupação que apresentaram correlação significativa positiva são as áreas ociosas em conflito, assentamento e várzeas, ou seja, locais caracterizados pela pecuária irregular e possíveis lançamentos de matéria de origem orgânica. Resultados semelhantes foram obtidos por Vanzela, Hernandez e Franco (2010).

Da mesma forma que se esperava o comportamento dos coliformes totais, a correlação estatística leva em consideração a área de influência e não um peso específico para cada parâmetro, além de considerar um valor médio para todo o período de análise.

4.5. Disponibilidade hídrica

A Tabela 50 apresenta os valores mínimos, máximo e médio da disponibilidade hídrica na microbacia do córrego do Ipê.

Tabela 50- Valores mínimos, máximos e médios da disponibilidade hídrica na microbacia do córrego do Ipê no período de 2009 a 2011.

Disponibilidade hídrica ($m^3 \cdot h^{-1}$)	Mínimo	Máximo	Média	Q _{esp}
Ponto 2*	59,8	482,1	176,6	58,3
Ponto 3*	234,7	2.129,4	729,2	31,9
Ponto 4*	1.189,4	3.810,4	2.219,0	44,0

*Valores mínimo, máximo e médio de todas as amostras possíveis de se determinar.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que os pontos 2, 3 e 4 apresentaram respectivamente 32,3%, 22,6% e 40,0% das vazões com valores acima da média. De acordo com Santos et al. (2009) a maior influência da oscilação da vazão é devido a ausência de mata ciliar e manejo do solo, uso e ocupação do solo, declividade do terreno, além da “taboa” (*Thypha* sp.).

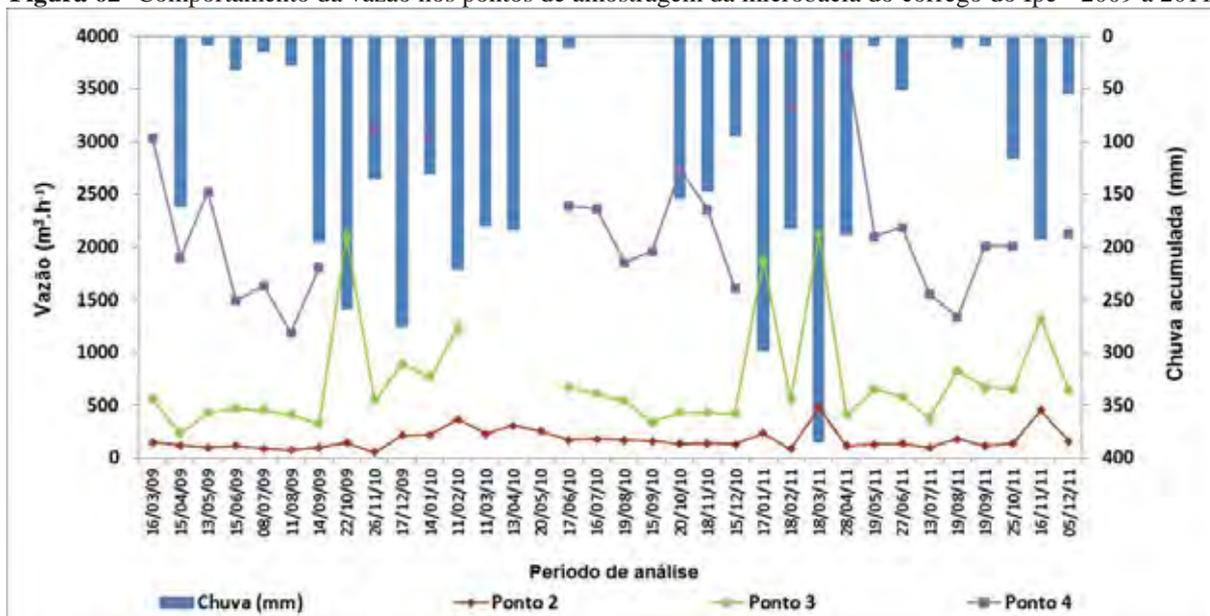
Em todos os pontos de monitoramentos as vazões mínimas registradas ocorreram no período de estiagem, uma vez que a região passa por longo período sem chuva, com até oito meses do ano com deficiência hídrica (DAMIÃO et al., 2010; SANTOS; HERNANDEZ; ROSSETTI, 2010; HERNANDEZ et al., 2003).

De acordo com as características da microbacia a vazão poderia apresentar melhor disponibilidade e/ou variação se houvesse conservação e manejo do solo e das áreas de preservação permanente, a fim de atenuar os picos de vazão, retardando a infiltração e a disponibilidade de água na microbacia (BARBOZA, 2010). Para Vanzela, Hernandez e Franco (2010) e Souza et al. (2012) explicam que a presença da mata ciliar além de gerar

benefícios qualitativos, favorece também na permanência da disponibilidade hídrica ao longo dos anos.

A Figura 62 apresenta o comportamento da vazão na microbacia do córrego do Ipê.

Figura 62- Comportamento da vazão nos pontos de amostragem da microbacia do córrego do Ipê - 2009 a 2011.



Fonte: Santos (2012)

A microbacia apresentou condições favoráveis à expansão da agricultura irrigada na região, uma vez que a região, conta com pequenos, médios e grandes agricultores.

Mesmo com diversas formas de interferência do uso e ocupação na microbacia do córrego do Ipê, nesta, em nenhuma das saídas de campo, identificaram valores de vazão abaixo de esperado vazão de permanência com 95% de probabilidade ($Q_{95\%}$).

No ponto 2 de monitoramento, a vazão mínima encontrada foi até duas vezes superior a vazão de permanência esperada. Em nenhuma caso obteve-se registro da vazão inferior a vazão mínima de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos ($Q_{1,10}$) e a vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$).

Não foi possível determinar a vazão em algumas épocas do ano nos respectivos pontos de monitoramento 3 e 4, assim estes poderiam ser estimados, porém de acordo com Souza et al. (2012) para que isso ocorra deve se ter uma maior série de dados, de no mínimo 6 anos. Sendo assim, observou-se que estes não foram suficientes, pois, o modelo superestimou as vazões máximas e subestimou as vazões mínimas.

A ausência da conservação do solo e de matas ciliares pode resultar na indisponibilidade hídrica, que é sem dúvidas uma limitação para o cultivo na região, mesmo na agricultura familiar, pois o município de Ilha Solteira caracteriza-se por longos períodos de estiagens.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. Qualidade de água, uso e ocupação e benefícios hidro-agrícola e ambiental

Diante dos resultados apresentados fica evidente a mudança de uso e ocupação do solo ocorrida em um curto espaço de tempo. Em 1978 a microbacia apresentava mais de 83% da área compreendida por pastagem, sendo a única mudança drástica nos dados apresentados deste período é a redução das áreas de matas dando origem a expansão do residencial de alta densidade e em 2011 a mesma com mais de 48,1% da área com a cultura cana-de-açúcar.

Pelas visitas de campo foi possível observar que as áreas constituídas pela cultura de cana-de-açúcar apresentam manejo adequado do solo, fato inverso nas áreas de pastagem.

As áreas de assentamento são estratégicas para a expansão da agricultura irrigada, porém, o descaso com a conservação dos mananciais vem comprometendo a utilização dos mesmos. Segundo Poletto, Carvalho e Matsumoto (2010) há negligência por parte dos moradores da importância da necessidade, disponibilidade e preservação do manancial.

A partir das análises qualitativas foi possível descrever a realidade da microbacia e identificar as possíveis origens da degradação ambiental, o que facilita na tomada de decisão de um planejamento estratégico.

Diante das características da região torna-se evidente a necessidade de utilização dos sistemas de irrigação na microbacia, que além de favorecer o aumento da produtividade melhora a qualidade dos produtos, possibilitando a produção entressafra, uso mais intensivo das terras e a redução de riscos de investimentos (ALBUQUERQUE, 2010), porém, tendo água com quantidade e qualidade suficientes.

Dentre os parâmetros qualitativos analisados, o que apresentou maior preocupação quanto ao uso da água do córrego do Ipê para fins de irrigação, foram o ferro total e coliformes fecais e totais.

Durante a pesquisa, observou-se que a concentração de ferro total sempre apresentou valores acima do limite mínimo estabelecido por Nakayama e Bucks (1986). O ponto de amostragem 3 apresentou a maior concentração média sendo de 2,7 mg.L⁻¹. Fato semelhante ocorre no ponto 4 de monitoramento (em média 1,9 mg.L⁻¹), que além de receber toda a carga originada do ponto 3 (parte já se sedimentou), este ponto apresenta influência indireta da área urbana, além da área de contribuição com solo exposto (área de pastagem degradada) e

declividade do terreno considerável e do livre trânsito de gado em áreas de preservação permanente.

Outro principal impacto originado das áreas urbanas é o lançamento dejetos de efluentes que acontece no ponto 3 fazendo com que eleve o a concentração de coliformes totais (>5.000 NMP mg.L^{-1}) e fecais (>1.000 NMP mg.L^{-1}). Assim, os residenciais de alta densidade e/ou suas respectivas expansões, podem comprometer a qualidade hídrica a fim de se restringir a diversos usos, como no caso de alimentos de consumo *in natura*.

Esse excesso de carga orgânica nos corpos hídricos favorece no aumento de consumo de oxigênio para realizar a decomposição da matéria orgânica. Com a redução de oxigênio dissolvido na água ($<5,0$ mg.L^{-1}) esta se torna inviável para a sobrevivência de muitos seres vivos de vida aquática. Assim, a expansão dessas áreas “podem” ser considerados um fator comprometedor na qualidade hídrica do córrego do Ipê.

Analisando os dados de qualidade de água para fins de irrigação, tornou evidente que parte das degradações ambientais é de origem urbana. O fato é intrigante devido a expansão da urbanização ter sido projetada avançando sentido o córrego do Ipê, conforme já previsto no Plano Diretor Municipal (BRASIL, 2008).

Atualmente a microbacia do córrego do Ipê apresenta 86,1% da área composta pelo uso agrícola com potencial de se tornar irrigada, sendo que o uso inadequado do solo e a expansão das áreas urbanas podem comprometer a qualidade e disponibilidade hídrica.

A microbacia apresentou diversos locais caracterizados pela ausência de manejo do solo, sendo áreas que dificilmente serão compostas por matas ciliares, mesmo sabendo que em um futuro próximo, a água possa vir a ser um fator decisivo para assegurar a sobrevivência.

Perante diversos impactos ambientais que ocorrem em uma microbacia hidrográfica, a questão de planejamento pode ser repensada uma vez que quanto menor a área de trabalho melhor atenção possa ser dada, principalmente nas áreas onde há uma rápida mudança da cobertura do solo pela cultura da cana-de-açúcar.

A presença de espelhos d'água favoreceu a redução da velocidade de transporte dos sedimentos e, conseqüentemente, na decantação dos mesmos. Fato observado no segundo ponto de monitoramento em maior parte dos parâmetros analisados. Os demais espelhos d'água inseridos no córrego do Ipê são de extrema importância para crescimento das áreas irrigadas e conseqüentemente o desenvolvimento regional, porém, apresentaram visivelmente estágio de degradação devido às influências nas APP's e a má conservação do solo. Os

espelhos d'água que compreendem o córrego Das Lagoas apresenta comportamento inverso, sendo o entorno com manejo do solo e fragmentos isolados de matas ciliares as quais não foram identificadas em imagens de satélite. Assim, de acordo com Poletto, Carvalho e Matsumoto (2010) os espelhos d'água são reservatórios finais ou temporários de vários poluentes de origem do solo.

Devido a vivência em campo, notou-se que a microbacia é composta por reduzidos locais com matas inseridas dentro das áreas de preservação permanente. Assim, o estudo das áreas de conflito teve como propósito identificar estes usos irregulares. O que notou-se foi que a microbacia possui 2,5 vezes maior área de cana-de-açúcar em relação as áreas de pastagem, o que era de se esperar uma maior área de conflito nesta cultura.

Este fato representa um comprometimento maior do setor sucro-alcooleiro, ou seja, maior parte dos produtores da cultura de cana-de-açúcar segue a legislação vigente, sendo que do total de cana plantada, apenas 2,1% (51,71 hectares) esta em área de conflito. A questão de excesso de área de pastagem em conflito representa impactos no presente e futuro do manancial.

Segundo Poletto, Carvalho e Matsumoto (2010) avaliando a mesma área de estudo constatou-se que o local apresenta indícios de falta de consciência e percepção ambiental dos ribeirinhos os quais negligenciam a utilidade e a necessidade de se preservar o manancial, sendo que este possa vir a ser uma dos principais fatores que venha a influenciar na renda local pela agricultura irrigada.

Assim, diante do monitoramento realizado na microbacia do córrego do Ipê, fica evidente de que a área necessita de uma atenção especial nos parâmetros qualitativos, uma vez que esta apresentou resultados preocupantes e por sofrer influência das áreas urbanas quanto rural.

De modo geral, a microbacia do córrego do Ipê apresentou bons resultados qualitativos, porém, muito próximo ao estabelecido como limite para que ocorra a mudança de classe para preocupante.

O local estratégico proposto para expansão das áreas impermeáveis como já estabelecido pelo Plano Diretor Municipal (BRASIL, 2008) irá acarretar em maior escoamento superficial com sedimentos de origem orgânica e inorgânica e, conseqüentemente, favorecer aos picos de vazão, reduzindo assim as áreas de contribuição subterrânea.

As conservações dos mananciais pelo manejo e conservação do solo e a constituição das matas ciliares são de fundamental importância a fim de assegurar a disponibilidade e a qualidade dos recursos hídricos, além de favorecer na melhoria das áreas de pastagens e gerar fonte de abrigo e alimentos a fauna silvestre.

As principais medidas que possam ser adotadas são:

- Recomposição das matas ciliares a fim de assegurar o processo erosivo, carreamento de partículas e servir como fonte de abrigo e alimentos aos animais;
- Manejo e conservação do solo a fim de evitar a exposição do mesmo e assegurar o processo erosivo;
- Reestruturação das áreas de preservação permanente em conflito;
- Educação ambiental envolvendo a sociedade, produtores e poder público a fim de apresentar a problemática e as principais medidas mitigadoras;
- Expansão das áreas urbanas ressaltando a importância de se considerar 20% do lote como área verde;
- Palestras com produtores e representantes da casa da agricultura apresentando a influência negativa de uso conflitante nas áreas de preservação permanente e ausência de manejo do solo;
- Incentivo a agricultura irrigada na região além do uso eficiente da água e a escolha dos equipamentos necessários a fim de assegurar a qualidade dos mesmos.

6. CONCLUSÕES

A implantação de sistemas de irrigação na microbacia do córrego do Ipê sem um conhecimento prévio da qualidade hídrica poderá acarretar na rápida obstrução de tubos e emissores.

O ferro total foi o parâmetro que apresentou maior potencial de geração de danos aos sistemas de irrigação e os coliformes fecais e totais apresentaram valores preocupantes, principalmente nos pontos 3 e 4 de monitoramento, influenciando o desempenho dos sistemas de irrigação e impactando no consumo e em alimentos *in natura*.

O monitoramento em demais pontos de coleta demonstraram que a maior contribuição de carga de origem orgânica é de origem da área urbana e as características do solo associadas ao processo erosivo, favorece no aumento de ferro total na água.

Através da correlação estatística, a expansão dos usos do solo, principalmente as áreas ociosas, assentamentos e várzeas, apresentaram influência negativa na qualidade hídrica.

As reduzidas áreas de matas e o uso conflitivo das áreas de preservação permanente afetam a qualidade e disponibilidade hídrica do córrego do Ipê.

O córrego do Ipê com parte da área de interesse estratégico para a expansão da área urbana é um fator preocupante uma vez que este acelera a degradação ambiental de modo geral, reduzindo as áreas de infiltração de água no solo e favorecendo no ganho de velocidade devido ao escoamento superficial e a intensificação do processo erosivo.

A microbacia do córrego do Ipê compreende uma área estratégica podendo haver o uso conflitivo pela água para a expansão da agricultura irrigada - especialmente em área de assentamento - e lazer, sendo as represas fundamentais para isso.

O ponto 2 de monitoramento (represa) merece uma atenção especial devido a constatação de decantação de sedimentos.

O conhecimento do uso do solo na microbacia fornece subsídios para o planejamento hidro-agrícola e ambiental da área uma vez que se conhece todos os fatores que a envolve.

7. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P. E. P. de. Aspectos conceituais do uso eficiente da água na agricultura. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. (Org.). **Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejo dos recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: informação tecnológica, 2010. p.53-78.

ALFAKIT. **Kit microbiológico E. coli, coliformes e salmonelas**: procedimentos de análise - v124. Florianópolis: [s.n., 2000?]. Disponível em: <<http://www.alfalit.com.br>>. Acesso em: 10 maio 2011.

ALMEIDA, R. de C. Questão hídrica e a construção de um planejamento urbano sustentável e partícipe: o caso da cidade de São Carlos. In: MARTINS, R. C.; VALENCIO, N. F. L. da S. (Org.). **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais**. São Carlos: RIMA, 2003. v. 2, p. 239-253.

AMENDOLA, E. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, G. O.; FRANCO, R. A. M. Análise da concentração de ferro total na água do córrego do Cinturão Verde. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM - CONIRD, 21., 2011, Ilha Solteira. **Anais...** Petrolina: [s.n.], 2011. 1CD-ROM.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. New York: United Book, 1998. 1298 p.

ANDRADE, C. de L. T. de. **Seleção do sistema de irrigação**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 18 p. (Circular Técnico, 140).

ARAÚJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Sertrand Brasil, 2005. 320 p.

ARAÚJO, G. M. **A degradação dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Igarapé na mata fome, Belém - PA: uma consequência do processo de urbanização.** 2007. 93 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Serviço Social) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 125-134, dez. 1999.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p.

BARBOSA, M. A. L. V. **Os impactos ambientais causados pela monocultura da cana-de-açúcar no município de Americano do Brasil.** 2006. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia)- Fundação Educacional de Anicuns, Faculdade de Educação e Ciências Humanas, Anicuns, 2006.

BARBOZA, G. C. **Monitoramento da qualidade e disponibilidade da água do córrego do Coqueiro no noroeste paulista para fins de irrigação.** 2010. 143 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

BARBOZA, G. C.; FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Ocorrência de macrófitas aquáticas no córrego do Boi. In.: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 2.; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE O USO MÚLTIPLO DA ÁGUA, 1., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [S.n.], 2008. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/winotec2008_artigo_gustavo.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2011.

BARBOZA, G. C.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Análise dos riscos à sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do córrego do Coqueiro - SP. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 1, p. 24-36, 2011.

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. da. Eficiência do uso da água na agricultura irrigada. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. da.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003a. p. 205-240.

BARRETO, A. N.; FACCIOLI, G. G.; SILVA, A. A. G. da. Operação e manejo dos sistemas de irrigação. In: BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G. da.; BOLFE, E. L. **Irrigação e drenagem na empresa agrícola: impacto ambiental versus sustentabilidade**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003b. p. 173-204.

BARTHOLO, J. A. **Eficiência potencial de processos convencionais e especiais do tratamento de água para remoção de parâmetros ligados à agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG. 1994. 48 p. (Boletim Técnico, 41).

BARTRAM, J.; BALLANCE, R. Field testing methods. In:____. **Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1996a. 348 p.

BARTRAM, J.; BALLANCE, R. Physical and chemical analyses. In:____. **Water quality monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1996b. 348 p.

BERNARDO, S. Produção agrícola e uso da água. In: GOMES, M. A. F.; PESSOA, M. C. P. Y. **Planejamento ambiental do espaço rural com ênfase para microbacias hidrográficas: manejo dos recursos hídricos, ferramentas computacionais e educação ambiental**. Brasília: Informação Tecnológica, 2010. p. 53-78.

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

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006. p. 145-160.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada a engenharia sanitária**. 2. ed. São Paulo: CETESB: 1978. 620 p.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 2010**. Brasília: Ministério do Planejamento e Orçamento, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 19 jun. 2011.

BRASIL. Lei Complementar, n°.151, 1 de junho de 2008. Institui o Plano Diretor do Município de Ilha Solteira, cria o Conselho da Cidade e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução n.357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/praias/res_conama_357_05.pdf>. Acesso em: 25 maio 2011.

BRASIL. Lei Federal n° 9.433/97, de 8 de janeiro de 1997. Altera o art. 1° da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n°.7.990, de 28 de dezembro de 1989. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2011.

BRITO, L. T. de; SRINIVASSAN, V. S.; SILVA, A. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; HERMES, L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.

CABRERA, L. C.; BAUMGARTEN, M da G. Z.; NIENCHESKI, L. F. H.; SPENGLER, A. Adaptação do método turbidimétrico para a análise de sulfato em amostras de águas estuarinas e marinhas. **Vetor**, Rio Grande, v. 16, n. 1-2, p. 7-10, 2006.

CANDIDO, H. G. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uberaba - MG**. 2008. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho- UNESP, Jaboticabal, 2008.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372 p.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, A. S.; BORGES, A. L. Aspectos básicos da fertirrigação. In.: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. **Fertirrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 914.

COIADO, E. M. Assoreamento de reservatórios. In: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 395-427.

CORDAZZO, C. V.; SEELIGER, U. **Guia ilustrado da vegetação costeira do extremo sul do Brasil**. Rio Grande: FURG, 1988. 275 p.

DAMIÃO, J. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, G. O.; ZOCOLER, J. L. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, noroeste paulista. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – CONIRD, 20., 2010, Uberaba. **Anais...** Uberaba: CONIRD, 2010. 1CD-ROM.

ENOKIDA, C. H.; MAGALHÃES, V. L. O monitoramento e o gerenciamento de bacias hidrográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., [2009], Viçosa. **Anais...** Viçosa: [s.n.], 2009. Disponível em:

<http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/021.pdf>.

Acesso em: 15 maio 2011.

ESTEVEES, F. de A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FEBA, L. G. T.; MOLINA, P. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Diagnóstico hidrossedimentológico da microbacia do córrego Água da Bomba no município de Regente Feijó. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM- CONIRD, 16., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CONIRD 2006. 1CD-ROM.

FEITOSA, D. G. **Desempenho dos sistemas de irrigação na microbacia do córrego do Coqueiro no noroeste paulista**. 2010. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2010.

FOOD AND ALIMENTATION ORGANIZATION. **Development and management of water resources, Jamaica**. Rio Minho: FAO, 1974. (Water Quality. Annex, 30).

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. de. Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Geociência**, Niterói, v. 3, n. 3, p. 1-13, 2004.

FRANCO, R. A. M. **Qualidade água para fins de irrigação na microbacia do córrego do Coqueiro no noroeste paulista**. 2008. 103 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T. Qualidade da água para irrigação na microbacia do Coqueiro, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p. 772-780, 2009.

FRANCO, R. A. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; BARBOZA, G. C.; VANZELA, L. S. Diagnóstico da concentração de ferro nas águas superficiais e seus impactos para a irrigação localizada na região noroeste paulista. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E

DRENAGEM - CONIRD, 20., 2011, Uberaba. **Anais...** Uberaba: CONIRD, 2011. 1CD-ROM.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica: período 2005 – 2008.** São Paulo: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE, 2009. 156 p. Relatório Parcial.

GADELHA, F. J. S.; DOMINGOS, M. do S. da C.; NOGUEIRA, M. de F. L.; SILVA, M. L. de L. MACEDO, R. E. F.; SOUZA, G. C. de; NESS, R. L. L. Verificação da presença de nitrito em águas de consumo humano da comunidade de várzea do Cobra em Limoeiro do Norte-CE. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 57., 2005, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [S.l.], 2005. Disponível em:
<http://www.sbpcnet.org.br/livro/57ra/programas/senior/RESUMOS/resumo_266.html>.
Acesso: 19 jun. 2011.

GARCEZ, L. N.; ALVAREZ, G. A. **Hidrologia.** 2.ª ed. ver. e atual. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 291 p.

GARDI, C. Land use, agronomic management and water quality in a small Northern Italian watershed. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, [S.l.], v. 87, p. 1-12, 2000.

GOLDENFUM, J. A. Pequenas bacias hidrológicas: conceitos básicos. In: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 3-14.

GRAVETER, F. J.; WALLNAU, L. B. **Statistics for the behavioral sciences.** 2. ed. St. Paul: West Publishing, 1995. 429 p.

HACH. **Procedimentos laboratoriais.** [S.l.: s.n., 2007?] Disponível em:
<<http://www.hach.com/>>. Acesso em: 22 mar. 2008.

HEINZE, B. C. L. B. **A importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da região nordeste do Brasil**. 2003. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada)- Faculdade de Engenharia, Fundação Universidade Federal de São João Del Rey, São João Del Rey, 2003.

HERMES, L. C.; SILVA, S. A. **Avaliação da qualidade das águas**: manual prático. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004. 55 p.

HERNANDES, A.; MEGDA, M. M.; HERNANDEZ, F. B. T.; ALTIMARE, S.; ZOCOLER, J. L. Uso da água na bacia hidrográfica do Turvo/Grande-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM- CONIRD, 16., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: [s.n.], 2006. Disponível em:
<http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/conird2006_diagnostico_uso_agua_turvogrande.pdf>.
Acesso em: 11 nov. 2011.

HERNANDEZ, F. B. T. **Planejamento integrado dos recursos hídricos para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis-SP**. Coordenador Fernando Braz Tangerino Hernandez. Julho 2007. 94 p. [S.l.:s.n.]. 1CD-ROM.
Disponível em: <www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php>. Acesso: 14 Jul. 2011.

HERNANDEZ, F. B. T. et al. **Aproveitamento hidroagrícola no Estado De São Paulo - Projeto piloto de conservação dos recursos de solo e água e irrigação coletiva nas microbacias hidrográficas dos córregos Sucuri, Bacuri e Macumã em Palmeira d'Oeste - SP**. Ilha Solteira: UNESP/, 2000. 3 v. 191p. 1CD-ROM. Disponível em:
<www.agr.feis.unesp.br/irrigacao.php>. Acesso em: 15 maio 2011.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F. BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: FE/UNESP, 1995. 45 p. (Série Irrigação, 1).

HERNANDEZ, F. B. T.; PETINARI, R. A. Qualidade de água para irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGEHARIA AGRÍCOLA, 17., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: SBEA, 1998. v. 2. p. 58-60.

HERNANDEZ, F. B. T.; SILVA, C. R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. Qualidade de água em um sistema de irrigação no noroeste paulista. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: CONBEA, 2001. 1CD-ROM.

HERNANDEZ, F. B. T.; SOUSA, S. A. V. de; ZOCOLER, J. L.; FRIZZONE, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira D'Oeste, Estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 1, p. 21-30, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário 2006**. Brasília: IBGE, 2006. Disponível em: <www.ibge.org.br>. Acesso em: 8 maio 2011.

LANNA, A. E. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1993. p. 727-768.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005. 444 p.

LIMA, A. F. **Problemas de engenharia sanitária**. Recife: UFPE, 1993. 319 p.

LIMA, E. A. C. F. **Estudo da paisagem do município de Ilha Solteira - SP: subsídios para o planejamento físico-ambiental**. 1997. 107 f. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais)- Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

LIMA, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. Piracicaba: Escola Superior de agricultura "Luiz de Queiroz"/Departamento de Ciências Florestais, 2008. 245 p.

LIMA, E. A. C. F.; SILVA, H. R.; ALTIMARE, A. L. Uso atual da terra no município de Ilha Solteira, SP, Brasil: riscos ambientais associados. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 4. n. 2, p. 81-96, 2004.

LIMA, F. B. de; SANTOS, G. O. **Balço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, noroeste do Estado de São Paulo**. 2009. 89 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental)-Faculdades Integradas de Fernandópolis, Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis, 2009.

LIMA, W. de P.; ZAKIA, M. J. B. Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 10, n. 29, p. 11-21, 1996.

LIMA, W. de P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUÊS, R. R.; LEITÃO FILHO, H. DE F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Universidade de São Paulo/FAPESP, 2000. p. 33-44.

MAIA, C. E.; MORAIS, E. R. C. de; OLIVEIRA, M. de. Estimacão de algumas características químicas da água de irrigação pela condutividade elétrica nas regiões da chapada do Apodi e do Baixo Açú, Rio Grande do Norte. **Caatinga**, Mossoró, v. 11, n.1-2., p. 59-63, 1998.

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B.; FAVARETTO, N. F.; BOEGER, M. R. T.; OLIVEIRA, E. B. de. Capacidade da *Typha dominguensis* na fitorremediação de efluentes de tanques de piscicultura na Bacia do Iraí - Paraná. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande, v. 11, n. 3, p. 324-330, 2007.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 143 p.

MAUAD, F. F.; LIMA, G. de. Planejamento estratégico de sistemas hídricos. In: MARTINS, R. C.; VALENCIO, N. F. L. DA S. (Org.). **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais**. São Carlos: RIMA, 2003. v. 2. p. 99-126.

MEDEIROS, P. R. P.; SOUZA, W. F. L.; KNOPPERS, B. A.; LIMA, L. L. Aporte de sedimentos em suspensão no baixo Rio São Francisco (SE/AL), diferentes condições hidrológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA- CBO, 3., 2010, Rio Grande. **Anais...** Rio Grande: CBO, 2010. Disponível em: <http://www.inct-tmcocean.com.br/pdfs/Participacao_Eventos/15_evento/14.6_Medeiro.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2011.

MENDES, L. A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência.** 2007. 187 f. Dissertação (Mestre em Hidráulica e Sanitária)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MORAES, D. S. de L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista Saúde Pública**, Corumbá, v. 36, n.3, p. 370-374, 2002.

MOURA, R. da S.; HERNANDEZ, F. B. T.; LEITE, M. A.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; MACHADO, L. F. Qualidade da água para fins de irrigação na microbacia do córrego do Cinturão Verde, município de Ilha Solteira. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 5, n. 1, p. 68-74, 2011.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production.** St. Joseph: ASAE, 1986. 383 p.

NASCIMENTO, M. C. do; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n.2, p. 207-220, 2005.

NASCIMENTO, W. M. do.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: planejamento e gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Três Lagoas**, v. 5, n. 7, p. 102-121, 2008.

OLIVEIRA, L. M. de; MONTEIRO, A. G. **A importância da vigilância da qualidade da água no município de São Gonçalo.** [S.l: s.n., 2010?] p. 1-6. Disponível em: <http://www.matfis.com.br/aline/microbio/amicrob3c_vigilancia.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2011.

PEREIRA, A. O.; MATSUMOTO, T.; XAVIER, G. A. G.; RAMOS, M.; SANTOS, M. P.; PAULA, D. R.; LEITE, M. A. Caracterização do uso e ocupação do solo na área de influência do reservatório de Ilha Solteira. In: ENCONTRO ANUAL DE PESQUISADORES - SBPN, 14., Curitiba, 2006. **Anais...** Curitiba: SBPN, 2006. Globalização - Efeitos da Tecnologia, Ciência, Educação e Economia. Disponível em: <<http://www.ppgec.feis.unesp.br/producao2006/CARACTERIZA%C7%C3O%20DO%20USO%20E%20OCUPA%C7%C3O%20DO%20SOLO%20NA%20C1REA%20DE%20INFLU%CANCIA%20DO%20RESERVAT%20RIO%20DE%20ILHA%20SOLTEIRA%20%20.pdf>>. Acesso em: 23 maio 2011.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Comunicado técnico: recursos hídricos, agricultura e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473. 2000.

PIROLI, E. L.; ISHIKAWA, D. T. K.; DEMARCHI, J. C. Análise das mudanças no uso do solo da microbacia do córrego das Furnas, município de Ourinhos - SP, entre os anos de 1972 e 2007, e dos impactos sobre suas áreas de preservação permanente, apoiada em geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBSR, 2011. p. 6333 - 6340. 1CD-ROM.

POLETO, C. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira - SP.** 2003. 161 f. Dissertação (Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2003.

POLETO, C.; CARVALHO, S. L. Monitoramento e avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira-SP: ferro total, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, pH e coliformes. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS CENTRO OESTE, 2., 2005, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Editora, 2005. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/novo/ii_simp_rec_hidric_centro_oeste_campo_grande05.pdf>. Acesso em: 14 maio 2011.

POLETO, C.; CARVALHO, S. L. de; MATSUMOTO, T. Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP). **Holos Environment**, Rio Claro, v. 10, n. 1, p. 95-110, 2010.

RESENDE, A. V. de. **Agricultura e qualidade de água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 29.

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

RODRIGUÊS, F. M.; PISSARRA, T. C. T. **Monitoramento hidrológico de uma bacia hidrográfica com diferentes usos do solo na região de Taquaritinga, Estado de São Paulo**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17., 2007, São Paulo. São Paulo: SBRH, 2007. Disponível em: <www.abrh.org.br>. Acesso em: 23 maio 2011.

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia - Revista de Ciências Agrônômicas**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SAMPAIO, S. C.; SILVESTRO, M. G.; FRIGO, E. P.; BORGES, C. M. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 557-562, outubro-dezembro, 2007.

SÁNCHEZ, P. S. O processo de ocupação em áreas de preservação permanente aos mananciais: conflito com a lei e a responsabilidade social na região metropolitana de São Paulo. In: MARTINS, R. C.; VALENCIO, N. F. L. da S. (Org.). **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: desafios teóricos e político-institucionais**. São Carlos: RIMA, 2003. v.2, p. 203-221.

SANTOS, G. O. **Uso e ocupação do solo e monitoramento dos recursos hídricos na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP**. 2012. 164 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; BARBOZA, G. C.; LIMA, R. C.; LEITE, M. A. Qualidade da água para fins de irrigação no município de Ilha Solteira, região noroeste do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM - CONIRD, 20., 2010, Uberaba. **Anais...** Uberaba: CONIRD, 2010a. 1CD-ROM.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; BARBOSA, G. C.; LIMA, R. C. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade de água para fins de irrigação no córrego do Ipê, noroeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBSR, 2011a. p.1263-1270. 1CD-ROM.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. M. F.; LEITE, M. A. Influência da precipitação na qualidade da água para fins de irrigação na microbacia do córrego do Ipê, Ilha Solteira-SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM – CONIRD, 21., Petrolina: [s.n.], 2011. **Anais...** 2011b. 1CD-ROM.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do Estado de

São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4. n. 3. p. 142-149, 2010b.

SANTOS, G. O.; LIMA, F. B. de; MAGALHAES, F. P.; BRITO, C. M. C. M.; VEIGA, A. R. Levantamento das condições ambientais dos mananciais inseridos no perímetro urbano do município de Fernandópolis. **UNIVERSITAS**, Fernandópolis, v. 5, n. 1, p. 67-84, 2009.

SÃO PAULO. Lei nº 9.034 de 27 de dezembro de 1994. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Disponível em:

<http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/leis/1994_Lei_Est_9034.pdf>. Acesso em: 20 maio 2011.

SÁVIO, F. **Ilha Solteira**: um sonho, uma história. São José do Rio Preto: THS, 2011. 195 p.

SILVA, H. R. **Avaliação dos principais fatores do meio físico do município de Pereira Barreto, SP, relacionados com a produção agropecuária, mediante o emprego de imagens aéreas**: relatório do plano trienal de pesquisa. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1991. 74 p.

SILVA, L. C. do N.; FERNANDES, A. L. V.; OLIVEIRA, W. de. Análise do uso e ocupação do solo na microbacia Dom Tomaz no município de Três Lagoas - MS. In: SEMINÁRIO DO RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARANAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO, 1., 2007, Taubaté. **Anais...** Taubaté: [s.n.], 2007. p. 325 - 330.

SILVA, R. D. R.; RODRIGUÊS, R. T.; RUBIO, J. **Remoção de dureza da água por precipitação dos íons Ca^{+2} e Mg^{+2} e flotação por ar dissolvido**: processo P-FAD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 18., 2010, Foz do Iguaçu: COBEQ, 2010. p. 407-416.

SILVA, S. H. L da; BRAGA, F. de A.; FONSECA, A. R. Análise de conflito entre legislação e uso da terra no município de Itabira - MG. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia. v. 11, n. 34, p. 131-144. jul 2010.

SOARES, N. D. G.; ROSA, A. C.; RUBIO JÚNIOR, J. J. **Remoção de íons sulfato de águas de drenagem ácida de carvão por precipitação química**. [S.l.: s.n., 2010] Disponível em: <http://www6.ufrgs.br/ltn/attachments/207_so4dam.PDF>. Acesso em: 5 jun. 2011.

SOUZA, F. A. O.; SILVA, C. L. da; MAGGIOTTO, S. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, M. P. de. Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2012.

SOUZA, L. O. C. de; MANTOVANI, E . C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S. L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 541-548, 2006.

TUCCI, C. E. M. Vazões médias. In: PAIVA, J. B. D. de; PAIVA, E. M. C. D. de. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003. p. 113-124.

TUCCI, C. E. M. et al. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3. ed.. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2004. 943 p.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Curso de avaliação ambiental integrada de bacia - Ministério do Meio Ambiente**. Brasília: Secretaria de Qualidade Ambiental - Rhama Consultoria Ambiental, 2006. 319 p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003. 44 p.

VANZELA, L. S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis**. 2004. 105 f. Dissertação (Mestre em Sistema de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, 2004.

VANZELA, L. S. **Planejamento integrado dos recursos hídricos na microbacia do córrego do Três Barras no município de Marinópolis - SP**. 2008. 213 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F.; RAMOS, M. M.; SILVA, C. M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido a utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2004.

VILAÇA, M. F.; GOMES, I.; MACHADO, M. L.; VIEIRA, E. M.; SIMÃO, M. L. R. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão: o estudo de caso do Ribeirão Conquista no município de Itaguara - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA E APLICADA, 13., 2009, Viçosa - MG. **Resumos...**, Viçosa - MG: [s.n.], 2009. v. 1, p. 42-43.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental;/Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243 p.

YOUNG, H. P. Preservação ambiental: uma retórica no espaço ideológico da manutenção do capital. **Revista FAE**, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 25-36, set./dez. 2001.

ZALIDIS, G.; STAMATIADIS, S.; TAKAVAKOGLU, V.; ESKRIDGE, K.; MISOPOLINOS, N. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 88, p. 137-146, 2002.