

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

**DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA  
DO CÓRREGO TRÊS BARRAS, MUNICÍPIO DE MARINÓPOLIS,  
SP**

**MICHELE CLÁUDIA DA SILVA**  
Engenheira Agrônoma

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Sistema de Produção

ILHA SOLTEIRA - SP  
Junho de 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

**DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA  
DO CÓRREGO TRÊS BARRAS, MUNICÍPIO DE MARINÓPOLIS,  
SP**

**MICHELE CLÁUDIA DA SILVA**  
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da UNESP, Campus de Ilha Solteira, para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Sistema de Produção

ILHA SOLTEIRA - SP  
Junho de 2010

*Tanto que choveu  
Tanto que molhou  
Coração se encheu de amor e transbordou,  
Água que correu, ribeirão levou  
Foi pro oceano e lá se evaporou...*

*Almir Sater*

À minha família  
Dedico com todo carinho este trabalho

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus por me dar, forças para superar as dificuldades surgidas.*

*Aos meus pais, Enivaldo e Ciena, pelo amor e pelo apoio nas minhas escolhas.*

*Aos meus irmãos, Tiago e Gabriel pelo companheirismo e amizade. Aos demais familiares que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão desse trabalho.*

*Ao meu namorado e grande amigo Fabrício, por me acompanhar nessa etapa tão importante da minha vida.*

*A UNESP/FEIS pela oportunidade de estudo.*

*Ao meu Orientador Prof. Fernando Braz Tangerino Hernandez, pelos conselhos, que contribuíram para o meu desenvolvimento profissional.*

*Aos integrantes da equipe da Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP Ilha Solteira, Gustavo, Renato e Ronaldo e aos ex-integrantes Alex, Everaldo, Jean, Larissa e Renata pela amizade e pelo imenso carinho. Fui bem acolhida por vocês!!*

*Às minhas queridas amigas, Adriana, Carlinha, Eloisa, Gisele, Lilian, Márcia e Renata (Saad e Moura) pela sincera amizade, foram vocês que me deram força para superar os obstáculos que vieram. Obrigado é pouco para expressar a imensa gratidão e carinho que sinto por todas vocês, que Deus as abençoe.*

*Ao Engenheiro Agrônomo Luiz Sérgio Vanzela por ceder seus trabalhos sobre a microbacia do córrego Três Barras.*

*Ao nosso motorista Sr. José Jesus Batista Apolinário (in memorian), pelo carinho e por transformar a nossa ida ao campo sempre divertida.*

*Aos professores Sérgio Luiz de Carvalho e Salatiér Buzetti pela contribuição neste.*

*E ao meu eterno professor Adriano da Silva Lopes que me incentivou a trabalhar com irrigação e principalmente a fazer uma Pós-Graduação. Obrigada!!!*

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	13
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	15
<b>2.1 Recursos Hídricos .....</b>	15
<b>2.2. Bacia Hidrográfica .....</b>	16
<b>2.2.1. Degradação de Bacias Hidrográficas.....</b>	17
<b>2.3.1 Medição de Água para a Irrigação .....</b>	20
<b>2.4. Qualidade de Água para a Irrigação .....</b>	21
<b>2.4.1. Atributos físicos.....</b>	24
<b>2.4.1.1. Sólidos .....</b>	24
<b>2.4.1.2. Turbidez.....</b>	25
<b>2.4.1.3. Temperatura.....</b>	26
<b>2.4.2. Atributos Químicos .....</b>	26
<b>2.4.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....</b>	26
<b>2.4.2.2. Condutividade Elétrica .....</b>	27
<b>2.4.2.3. Ferro Total .....</b>	27
<b>2.4.2.4. Oxigênio Dissolvido .....</b>	28
<b>2.4.2.5. Dureza Total.....</b>	29
<b>2.4.3. Atributos Biológicos.....</b>	30
<b>2.4.3.1. Coliformes .....</b>	30
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	31
<b>3.1. Localização da Área de Estudo.....</b>	31
<b>3.2. Características Sócio-Econômicas .....</b>	32
<b>3.3. Geologia, Litoestratigrafia, Pedologia e Uso do Solo .....</b>	33
<b>3.4. Clima.....</b>	34
<b>3.5. Fisiografia e Recursos Hídricos .....</b>	36
<b>3.6. Localização dos Pontos de Avaliação .....</b>	37
<b>3.6.1. Ponto 1 .....</b>	39
<b>3.6.2. Ponto 2 .....</b>	39
<b>3.6.3. Ponto 3 .....</b>	40
<b>3.6.4. Ponto 4 .....</b>	41
<b>3.6.5. Ponto 5 .....</b>	41
<b>3.7. Coleta e Análise da Água.....</b>	41
<b>3.9. Análise dos Dados .....</b>	43
<b>3.9.1. Avaliação da Qualidade de Água .....</b>	43
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	45
<b>4.1. Avaliação da Qualidade de Água para a Irrigação .....</b>	45
<b>4.1.1. Parâmetros Físicos .....</b>	45
<b>4.1.1.1. Sólidos .....</b>	45
<b>4.2.1.2. Turbidez .....</b>	48
<b>4.2.2. Parâmetros Químicos .....</b>	49
<b>4.2.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH) .....</b>	49
<b>4.2.2.2. Condutividade Elétrica .....</b>	50
<b>4.2.2.3. Ferro Total .....</b>	51
<b>4.2.2.4. Oxigênio Dissolvido .....</b>	53
<b>4.2.2.5. Cálcio, Magnésio e Dureza Total.....</b>	55
<b>4.2.3. Parâmetros Biológicos.....</b>	57

<b>4.2.3.1. Coliformes</b> .....	57
<b>4.2.4. Vazão</b> .....	59
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	62
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	63
<b>APÊNDICE</b> .....	68

## LISTA DE FIGURAS

1	Localização da microbacia do córrego Três Barras, Marinópolis - SP.....	31
2	Comportamento da precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR), no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.....	34
3	Variação da temperatura, no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.....	35
4	Comportamento da radiação solar média e radiação líquida média, no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.....	35
5	Variação da umidade relativa do ar (UR) e da evapotranspiração (ETP), no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.....	35
6	Pontos de coletas de água e medições de vazão no córrego Três Barras, município de Marinópolis SP .....	38
7	Localização do primeiro ponto de coleta e medição de vazão.....	39
8	Local do segundo do ponto de avaliação.....	39
9	Local do terceiro ponto de avaliação (à esquerda) e medição de vazão (à direita).....	40
10	Estação de tratamento de esgoto (á esquerda) e despejo de efluente (á direita).....	40
11	Quarto ponto de coleta de dados (à esquerda) e medição de vazão (à direita).....	41
12	Quinto ponto de coleta de dados (à esquerda) e medição de vazão (à direita).....	41
13	Variação espacial e temporal da concentração de sólidos suspensos na água.....	46
14	Variação espacial e temporal da concentração de sólidos dissolvidos na água.....	47
15	Variação espacial e temporal da concentração de sólidos totais na água.....	47

16	Variação espacial e temporal da turbidez da água.....	48
17	Variação espacial e temporal do pH da água.....	49
18	Variação espacial e temporal da condutividade elétrica da água a 25ºC.....	51
19	Variação espacial e temporal da concentração de ferro total na água.....	53
20	Variação espacial e temporal da concentração de oxigênio dissolvido na água.....	54
21	Variação espacial e temporal da concentração de cálcio na água.....	56
22	Variação espacial e temporal da concentração de magnésio na água.....	56
23	Variação espacial e temporal da dureza total da água.....	57
24	Variação espacial e temporal da concentração de coliformes totais na água.....	58
25	Variação espacial e temporal da concentração de coliformes fecais na água.....	59
26	Variação espacial e temporal da vazão e da chuva acumulada entre os intervalos de avaliação.....	60

## LISTA DE TABELAS

1	Classes e respectivos usos da água conforme a Resolução CONAMA nº 357, de 2005.....	22
2	Parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados na água de irrigação e que são estabelecidos pela resolução do CONAMA nº 357 de 2005 para as diferentes classes de águas doces.....	24
3	Características da exploração agrícola no município de Marinópolis, SP (2007/08).....	32
4	Uso e ocupação do solo no município de Marinópolis, SP (1995/96 - 2007/08).....	33
5	Parâmetros climáticos médios anuais para a microbacia do córrego Três Barras, Marinópolis, SP (1998/08).....	34
6	Características fisiográficas e aspectos quantitativos dos recursos hídricos da microbacia do Córrego Três Barras, Marinópolis (SP).....	36
7	Síntese das metodologias e dos equipamentos empregados nas análises de qualidade de água .....	42
8	Parâmetros avaliados e limites estabelecidos para a classificação da qualidade de água para a irrigação.....	44
9	Classificação dos resultados de sólidos suspensos e dissolvidos de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.....	45
10	Distribuição dos resultados de turbidez em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.....	48
11	Distribuição dos resultados de potencial hidrogeniônico (pH) de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.....	49
12	Distribuição dos resultados de condutividade elétrica (a 25°C) em relação ao potencial de salinização do solo.....	50
13	Distribuição dos resultados da concentração de ferro total em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.....	52

14	Distribuição dos resultados da concentração de oxigênio dissolvido em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.....	54
15	Distribuição dos resultados de cálcio e magnésio de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.....	55
16	Distribuição dos resultados da concentração de coliformes de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.....	58
17	Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.), médios (Méd.) da vazão do córrego Três Barras, município de Marinópolis SP, nos anos de 2003/08.....	60

# **DIAGNÓSTICO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO CÓRREGO TRÊS BARRAS, MUNICÍPIO DE MARINÓPOLIS, SP**

Autora: Michele Cláudia da Silva

Orientador: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

## **RESUMO**

O impacto da atividade humana sobre um território pode ser facilmente avaliado através do diagnóstico da qualidade das águas superficiais. Atualmente existe grande preocupação com a preservação dos recursos hídricos, sendo cada vez mais valorizado e cobrado o uso adequado da água. O presente trabalho teve como objetivo diagnosticar ao longo dos anos os recursos hídricos na microbacia do córrego Três Barras, município de Marinópolis, SP. Os atributos avaliados foram: sólidos (totais, suspensos e dissolvidos), turbidez, pH, dureza total, cálcio, magnésio, ferro total, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, coliformes fecais e totais. Através dos resultados obtidos verificou-se que as concentrações de sólidos totais têm aumentado gradativamente ao longo do tempo principalmente no período chuvoso. O ferro total foi o único atributo avaliado cuja concentração sempre esteve acima dos limites críticos para a irrigação em todos os locais de amostragem e em todo o tempo de avaliação, representando um risco ao adequado funcionamento de sistemas de irrigação localizada. As concentrações de cálcio e magnésio encontrados, segundo as classificações estabelecidas, não oferecem restrições de uso para a irrigação. E embora os coliformes totais e fecais apresentem altas concentrações, somente o ponto 3 é considerado como inadequado, devido ao lançamento de esgoto, devendo-se portanto, evitar a utilização da água nesse trecho do córrego para irrigação de vegetais a serem consumidos *in natura*.

**Palavras-chave:** assoreamento, contaminação, qualidade da água

# **DIAGNOSIS OF THE HYDRIC RESOURCES IN THE MICRO-WATERSHED OF THE TRÊS BARRAS CREEK, DISTRICT OF MARINÓPOLIS, SP**

Author: Michele Cláudia da Silva

Adviser: Prof. Dr. Fernando Braz Tangerino Hernandez

## **ABSTRACT**

The impact of the human activity over a territory is possible to be easily evaluated by means of the diagnosis of superficial waters. Nowadays, a great concern exists on the preservation of hydric resources, with the appropriate use of water being each time more appraised and required. This work aimed to diagnose the hydric resources in the micro-watershed of the Três Barras Brooklet, district of Marinópolis, SP. Evaluated parameters were: total solids, suspended solids, dissolved solids, turbidity, pH, total hardness, Calcium, Magnesium, total Iron, electrical conductivity, dissolved Oxigen, fecal and total coliforms. According to the results obtained, it was verified that the total solids concentrations have been gradually increasing, mostly during the rainy period. Total Iron was the only evaluated parameter that presented values above those allowed limits for irrigation, during the whole evaluation period, as well as in all of the evaluated spots. The Calcium and Magnesium concentrations found do not offer restrictions for irrigation use, according to the established classifications. Although total and faecal coliforms present high concentration, only the spot 3 is considered as inadequate, due to the sewage effluent, and therefore, the water utilization in this creek stretch must be avoided for any kind of activity.

**Keywords:** soil sediment, contamination water quality

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é, reconhecidamente, donatário de um dos patrimônios hídricos mais importantes do planeta. A magnitude desse patrimônio dá também a medida da responsabilidade dos brasileiros quanto a sua conservação e uso sustentável, em nosso próprio benefício, do equilíbrio ecológico planetário e da sobrevivência da humanidade.

O impacto da atividade humana sobre um território pode ser facilmente avaliado através do diagnóstico da qualidade das águas superficiais. Neste sentido, a avaliação de parâmetros como carga de sedimentos e de organismos em águas de microbacia hidrográfica auxiliam na determinação do nível de poluição, subsidiando a sua identificação e origem, permitindo a elaboração de estratégias adequadas de manejo. Para garantir ampla proteção ambiental é necessário manter, no mínimo, os parâmetros de qualidade de água dentro de limites preestabelecidos por órgãos brasileiros e internacionais de proteção ambiental.

As mudanças e alterações quali-quantitativas na água dos rios resultantes das atividades antrópicas de uso, manejo e gestão podem ser facilmente detectadas através do monitoramento, controle e análise das vazões nos rios. Desta forma, o estudo das características fisiográficas da bacia hidrográfica, bem como o seu uso e ocupação, no geral, tornam-se importantes fatores para avaliação da degradação ambiental que a mesma esteja sofrendo.

O córrego Três Barras localiza-se numa microbacia onde predomina pequenos produtores (54%), que tem como base econômica a fruticultura, principalmente citros e uva e pecuária de corte e leite. A área urbana do município está dentro da microbacia, assim como a Estação de Tratamento de Esgotos de Marinópolis, tornando esta a principal microbacia tanto do ponto de vista do uso da água, como em valor econômico de produção.

O clima da região é caracterizado como inverno ameno e seco e verão chuvoso tornando necessária a utilização da irrigação possibilitando colheitas fora da época normal, além de garantir a qualidade da produção.

A agricultura convencional exercida na região, tem se caracterizado por utilizar o solo sem o manejo de práticas conservacionistas, causando a degradação das microbacias hidrográficas, onde o assoreamento e a deterioração da qualidade da água são os principais efeitos.

Além disso, existe no município a presença da Estação de Tratamento de Esgoto que despeja seu esgoto na parte intermediária do córrego, comprometendo a vida aquática do manancial, e a qualidade da água utilizada para a irrigação de áreas localizadas a jusante deste ponto.

Sendo a água uma importante ferramenta na promoção da atividade sócio-econômica de qualquer região, o presente trabalho teve o objetivo de diagnosticar os recursos hídricos na microbacia do córrego Três Barras, município de Marinópolis, região noroeste do Estado de São Paulo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Recursos Hídricos

Entre os recursos naturais que o homem dispõe a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para a sua sobrevivência. Em suas múltiplas atividades, o homem precisa da água. A utilização cada vez maior dos recursos hídricos tem resultado em problemas, não só de carência dos mesmos, como também de degradação de sua qualidade (PEIXOTO, 2002).

O Brasil tem posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos. A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de cerca de 180 mil  $m^3 s^{-1}$ . Este valor corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é de 1,5 milhões de  $m^3 s^{-1}$  (SHIKLOMANOV, 1998).

De acordo com Lima (2001) a água vem sendo fortemente alterada com as mudanças demográficas, a velocidade e a extensão da globalização e com o desenvolvimento sócio-econômico impulsionado pelo avanço tecnológico. Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação crescente não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente, em relação à sua qualidade acarretando prejuízos e restrições nos seus usos múltiplos.

Nos programas de usos múltiplos de recursos hídricos devem ser considerados os aspectos como a quantidade necessária e a qualidade desejada aos mesmos. Os projetos mais antigos de aproveitamento de recursos hídricos abordavam principalmente o aspecto quantitativo, procurando garantir as vazões necessárias aos diversos usos previstos. O crescimento populacional, acompanhado do desenvolvimento industrial e da intensificação de outras atividades humanas, resultou em maior utilização dos recursos hídricos e o fator qualidade passou a ter muita importância (PEIXOTO, 2002).

Segundo Porto (2002), uma das principais vantagens em utilizar metas de qualidade da água como instrumento de gestão está em colocar o foco da gestão da qualidade da água sobre os problemas específicos a serem resolvidos na bacia, tanto no que se refere aos impactos causados pela poluição, quanto nos usos que possam vir a ser planejados. Assim, estabelece uma visão de conjunto dos problemas da bacia e não uma visão individualizada que leve a soluções apenas locais.

O Estado de São Paulo aprovou sua Lei Estadual nº 7.663 em dezembro de 1991, portanto com dianteira de cinco anos relativamente à Lei Nacional nº 9.433/97, o que lhe confere inegável pioneirismo nessa matéria, não somente no que tange à estruturação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, como também quanto à implementação de sistemática de outorga de direitos de uso da água em todas as bacias que drenam seu território (GEO BRASIL, 2007).

## **2.2. Bacia Hidrográfica**

Uma bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural de água precipitada que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída. Pode ser considerada como um sistema físico onde a entrada de água é produto da precipitação e a saída é o volume de água escoada superficialmente, levando-se em consideração as diversas perdas intermediárias como evaporação, transpiração e as perdas por percolação profunda (TUCCI, 1993).

A bacia hidrográfica, como unidade espacial coletora do ônus ecológico, se constitui na unidade mais adequada para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. A administração destes recursos torna-se imprescindível e requer fundamentos técnicos, legais e institucionais. Considerando que a água é um bem público, vital, finito e poluível, a outorga e cobrança pelo seu uso são instrumentos legais (PEIXOTO, 2002).

Lima e Zakia (2000) definem “microbacia” como sendo aquela cuja área de drenagem é tão pequena que a sensibilidade à chuva de alta intensidade e às diferenças de uso do solo não seja suprimida pelas características da rede de drenagem. Isso significa dizer que essas pequenas bacias convertem a precipitação em vazões nos córregos, com variação no volume (chuvas de alta intensidade e de curta duração), e outro fator são o uso e a ocupação do solo que também tem influência no deflúvio da microbacia e nas grandes bacias o deflúvio é lento.

O planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica requerem um conhecimento profundo dos mesmos. Isto implica em dispor ao longo do tempo, assim como no espaço geográfico da bacia hidrográfica, de informações relativas às quantidades de água armazenadas, às vazões na rede de drenagem, aos usos dos recursos hídricos e a qualidade da água (PASSERAT DE SILANS et al., 2000).

### **2.2.1. Degradação de Bacias Hidrográficas**

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e da água, vem crescendo de forma alarmante, atingindo níveis críticos que se refletem na deterioração do meio ambiente, no assoreamento dos cursos e dos espelhos d'água (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Ferrier et al. (2001) enfatizam que, em geral, as propriedades de um sistema hídrico tendem a refletir a combinação dos atributos geomorfológicos modificados pela variação da influência direta e indireta dos aspectos climatológicos e da ação antropogênica na bacia. Ressaltam também que a associação entre os processos que ocorrem dentro do compartimento terrestre da bacia hidrográfica interfere no compartimento aquático, provocando alterações nos aspectos quantitativos e qualitativos dos corpos d'água.

O escoamento superficial, em bacias hidrográficas com topografia acentuada, exploradas por agricultura intensiva apresenta grande energia para desagregar o solo exposto e de transportar sedimentos para os corpos de água. Estes sedimentos são capazes de carregar, adsorvidos na sua superfície, nutrientes como o fósforo e compostos tóxicos, como agroquímicos (TOLEDO e FERREIRA, 2000).

Vanzela et al. (2005) avaliaram a influência antrópica no transporte de sedimentos na microbacia do córrego Três Barras e verificaram que após o lançamento de esgoto, mesmo durante o período seco do ano, a água e os sedimentos provenientes do efluente, contribuíram constantemente com vazão e sedimentos para o córrego. Portanto, mesmo no período de baixas vazões, a carga sólida tende a continuar alta, provocando discrepâncias entre os valores normais de vazão e descarga sólida total.

De acordo com Hernandez e Vanzela (2006) o córrego Três Barras tem apresentado vazões abaixo da média da região e descargas sólidas acima das

condições ideais, indicando que o manancial está em processo avançado de assoreamento e degradação e medidas concretas devem ser adotadas para a reversão deste quadro, para que a oferta de água aos irrigantes não seja comprometida. Hernandez e Vanzela (2007) observaram também que na área da cabeceira do córrego Três Barras há um processo avançado de degradação, onde o lançamento de esgoto foi o maior contribuinte de sedimentos para a microbacia.

As atividades agrícolas no Noroeste Paulista têm se caracterizado por utilizar os solos de maneira intensiva, porém na maioria das vezes, sem o devido cuidado com a conservação do solo e das matas ciliares. As consequências dessa ocupação desordenada culminam geralmente, com a degradação das microbacias, caracterizadas principalmente pelo assoreamento e a depreciação da qualidade da água dos mananciais, reduzindo seu potencial de uso para a irrigação (VANZELA, 2003).

Segundo Vanzela et al. (2010), se as áreas de preservação permanente da microbacia estivessem em bom estado de conservação ou fossem reflorestadas, em longo prazo poderia haver uma melhora significativa na disponibilidade e qualidade da água. Com a recomposição florestal a vazão específica poderia aumentar de 2 a 4 vezes a mais na vazão específica, além de proporcionar redução na concentração de sólidos totais, redução da dureza total e condutividade elétrica e aumento de oxigênio dissolvido.

### **2.3. Importância da água para a Agricultura**

A irrigação é uma tecnologia com grande importância para a produção de alimentos e propicia um maior controle da lavoura, possibilitando um aumento na qualidade. Têm o objetivo de fornecer água as culturas no momento certo e na quantidade adequada. Garante uma maior eficiência no uso de água, aumenta a produtividade da cultura, diminui os custos de produção e, consequentemente, proporciona um maior retorno dos investimentos (BERNARDO et al., 2006).

No estado de São Paulo, somente a irrigação, consome cerca de 41% dos recursos hídricos, seguidos do uso doméstico com 32% e da indústria com 27% (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 2004).

Existe uma tendência natural de aumento do uso da água, seja pelo aumento populacional, culminado numa maior necessidade por alimentos, seja pela disponibilidade de terras com aptidão para o uso na agricultura irrigada. Porem, não

existe previsão de aumento da oferta de água doce, ao contrário, os desmatamentos e o uso inadequado do solo têm mantido um elevado escoamento superficial com baixa reposição dos mananciais e fontes hídricas (COELHO, 2005).

Atualmente existe grande preocupação com a preservação dos recursos hídricos, sendo cada vez mais valorizado e cobrado o uso adequado da água. A agricultura tem sido responsável por grande parcela da água utilizada, o que torna necessário conduzir e implementar sistemas de irrigação mais eficientes e a utilização de métodos que quantifiquem as necessidades hídricas das culturas para que não haja desperdício. Essa quantificação permite projetar sistemas de irrigação mais adequados, o que, consequentemente, reduz o consumo de água e de energia (FACCIOLI, 2002).

O manejo racional da irrigação consiste na aplicação da quantidade necessária de água às plantas no momento correto. Por não adotar um método de controle da irrigação, o produtor rural usualmente irriga em excesso, temendo que a cultura sofra um estresse hídrico, o que pode comprometer a produção. Esse excesso tem como consequência o desperdício de energia e de água, usados em um bombeamento desnecessário (LIMA et al., 1999).

Segundo estudos realizados pela Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG, se a irrigação fosse utilizada de forma racional, aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumidas seriam economizadas; sendo 20% da energia economizada devido à aplicação desnecessária da água e 10% devido ao redimensionamento e otimização dos equipamentos utilizados para a irrigação (LIMA et al., 1999).

No Estado de São Paulo, o Plano Estadual dos Recursos Hídricos, de acordo com os artigos 13 e 14 da lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, estabelece que a soma das vazões captadas em uma bacia hidrográfica, ou parte desta, não poderá superar 50% da  $Q_{7,10}$ , (vazão mínima de sete dias consecutivos e dez anos de período de retorno) e nas vazões regularizadas por reservatórios, descontadas as perdas por infiltração, evaporação ou por outros processos físicos, decorrentes da utilização das águas e as reversões de bacias hidrográficas (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 2004). Caso esta situação seja atendida, a microbacia deverá ser considerada crítica e haverá gerenciamento especial que levará em conta:

I - o monitoramento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos, de forma a permitir previsões que orientem o racionamento ou medidas especiais de controle de derivações de águas e de lançamento de efluentes;

II - a constituição de comissões de usuários, supervisionadas pelas entidades estaduais de gestão dos recursos hídricos, para o estabelecimento, em comum acordo, de regras de operação das captações e lançamentos;

III - a obrigatoriedade de implantação, pelos usuários, de programas de racionalização do uso de recursos hídricos, com metas estabelecidas pelos atos de outorga.

Neste contexto, o planejamento integrado dos recursos hídricos é fundamental para o desenvolvimento econômico sustentável nesta microbacia hidrográfica, pois a água em quantidade e qualidade é um bem cada vez mais escasso e indispensável a qualquer atividade econômica.

### **2.3.1 Medição de Água para a Irrigação**

Para um gerenciamento adequado dos potenciais hidráulicos disponíveis no mundo, é fundamental conhecer o comportamento dos rios, suas sazonalidades e vazões, assim como os regimes pluviométricos das diversas bacias hidrográficas, considerando as suas distribuições espaciais e temporais, que exige um trabalho permanente de coleta e interpretação de dados, cuja confiabilidade torna-se maior à medida que suas séries históricas ficam mais extensas, envolvendo eventos de cheias e de secas (IBIAPINA, 2009).

Na execução de um projeto de irrigação, a primeira informação necessária é a quantidade de água disponível, ou seja, a disponibilidade hídrica da fonte de água (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 1990), obtida através da determinação da vazão da mesma.

Segundo Tucci (1993), a vazão ou descarga líquida pode ser definida como a quantidade de água que passa por uma seção (seção molhada no caso dos cursos d'água) dentro de um intervalo de tempo definido, envolvendo uma série de grandezas, como as geométricas (largura, profundidade, etc) e as referentes ao fluxo de água (velocidade média e vazão).

Existem diferentes métodos para se determinar a vazão de um curso d'água, sendo que para Bernardo (1989), o melhor método para cada condição dependerá

do volume d'água a ser medido, das condições onde serão realizadas estas medidas e da precisão desejada.

Para pequenos cursos d'água e canais de condução de água, e se tratando de medição de água para a irrigação, os métodos mais recomendados são os do flutuador, molinetes, vertedores e calhas (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 1990). Quando for possível canalizar pequenas vazões, o método volumétrico direto, também é recomendado (BERNARDO, 1989).

O método do flutuador se baseia na integração da distribuição de velocidade. A velocidade média do fluxo é determinada a partir do tempo gasto para que um objeto flutuante percorra uma distância conhecida. Embora este método seja simples e necessite de poucos equipamentos, quando se quer precisão, o flutuador, não é recomendável. O método do molinete se baseia no mesmo princípio do flutuador, porém as grandezas são obtidas com maior precisão (FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA, 1990). Por este método determina-se as velocidades do fluxo em diversas seções molhadas ao longo da largura do curso d'água.

O método volumétrico direto consiste em determinar o tempo em que a água leva para encher um recipiente de volume conhecido, sendo a vazão obtida da razão entre o volume coletado pelo tempo decorrido. Embora tenha algumas limitações, principalmente com relação a quantidade de água a ser medida, este método tem uma ótima precisão (TUCCI, 1993).

## **2.4. Qualidade de Água para a Irrigação**

Na agricultura irrigada a qualidade da água depende da adaptabilidade submetida à utilização futura, sendo que a relação entre um componente de água e o problema resultante permite avaliar sua qualidade e determinar seu grau de aceitabilidade (AYERS e WESTCOST, 1991).

Para Vanzela (2004), a avaliação da qualidade de água para a irrigação deve integrar três fatores: (1) se a qualidade da água pode comprometer a operacionalização do sistema de irrigação; (2) se há risco de contaminação dos alimentos irrigados ou (3) se há risco de salinização do solo.

Os atributos que mais interferem em um sistema de irrigação são os atributos químicos, pois estes estão diretamente ligados à obstrução física das tubulações e

emissores, sobretudo em sistemas de irrigação localizada, onde os orifícios de passagem são de pequenos diâmetros (NAKAYAMA & BUCKS, 1986) devido a alguns íons sofrerem reações de precipitação ou oxidação, ou mesmo a deposição de partículas minerais, como silte e argila, aumentando, assim, a perda de carga e diminuindo a vida útil do sistema, como mostrado por Hernandez et al. (2001) que estudaram o efeito do íon ferro na tubulação.

Quando a água da irrigação é retirada de um manancial que recebe esgoto de estação de tratamento de esgoto, dependendo do tipo de cultura a ser irrigada, a possibilidade de transmissão de doenças por microorganismos patogênicos, de intoxicação por químicos prejudiciais à saúde, e de salinização do solo, devem ser considerados (VON SPERLING, 1996).

Os atributos físico-químico-biológicos de qualidade de água que, diretamente ou indiretamente, estão relacionados com a obstrução física dos sistemas de irrigação são: sólidos suspensos e dissolvidos, pH, ferro total, manganês, sulfato de hidrogênio e população de bactérias (NAKAYAMA e BUCKS, 1986).

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabeleceu por meio da resolução nº 20 de 18 de junho de 1986, a classificação das águas e seus respectivos padrões de qualidade (VON SPERLING, 1996). Em 2005, a Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005) substituiu a Resolução CONAMA nº 20, de 1986. Esta resolução define a classificação das águas doces, salobras e salinas em função dos usos preponderantes (sistema de classes de qualidade) atuais e futuros (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classes e respectivos usos da água conforme a Resolução CONAMA nº 357, de 2005.

CLASSES	USOS
ESPECIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abastecimento para consumo humano, com desinfecção;</li> <li>- preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;</li> <li>- preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.</li> </ul>
ÁGUAS DOCES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;</li> <li>- proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000;</li> <li>- irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de pelúcia; e</li> <li>- <u>proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.</u></li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;</li> <li>- proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000;</li> </ul>

	CLASSES	USOS
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e</li> <li>- aquicultura e à atividade de pesca.</li> </ul>
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;</li> <li>- irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;</li> <li>- pesca amadora;</li> <li>- recreação de contato secundário; e</li> <li>- desidratação de animais.</li> </ul>
	4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- navegação;</li> <li>- harmonia paisagística.</li> </ul>
	ESPECIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e</li> <li>- preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.</li> </ul>
ÁGUAS SALINAS	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000;</li> <li>- proteção das comunidades aquáticas; e</li> <li>- à aquicultura e à atividade de pesca.</li> </ul>
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pesca amadora;</li> <li>- recreação de contato secundário.</li> </ul>
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- navegação;</li> <li>- harmonia paisagística.</li> </ul>
	ESPECIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; e,</li> <li>- preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.</li> </ul>
ÁGUAS SALOBRAS	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000;</li> <li>- proteção das comunidades aquáticas;</li> <li>- aquicultura e à atividade de pesca;</li> <li>- abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado; e</li> <li>- irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem ristas ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de pelúcia, e à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.</li> </ul>
	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pesca amadora;</li> <li>- recreação de contato secundário.</li> </ul>
	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- navegação;</li> <li>- harmonia paisagística.</li> </ul>

A publicação da Resolução CONAMA nº 357, de 2005, representou importante avanço em termos técnicos e institucionais para a gestão da qualidade das águas. Entre estes avanços, destacam-se:

- A criação de novas classes para águas salinas e salobras;
- A inclusão de novos atributos de qualidade de águas, e a revisão dos atributos da Resolução CONAMA nº 20, de 1986, utilizando como referência os mais recentes estudos nacionais e internacionais;
- As metas de qualidade da água deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos em que a determinação hidrológica dessa vazão não seja possível (ex: reservatórios);

- A definição do conceito de progressividade para o alcance das metas de enquadramento.

Com relação aos atributos prioritários, Enderlein et al. (1997) mencionam que quanto mais simples for a definição das metas de qualidade, mais eficiente será este instrumento, sendo essencial manter o foco do problema em um número pequeno de variáveis de qualidade da água, o que auxilia na adoção de soluções com maior eficiência econômica.

As condições e padrões de qualidade da água, considerando seus aspectos físicos, químicos e biológicos, são vistos em síntese na Tabela 2, seguindo a resolução do CONAMA no 357/05 para os atributos de águas doces.

**Tabela 2.** Atributos físicos, químicos e biológicos analisados na água de irrigação e que são estabelecidos pela resolução do CONAMA no 357/2005 para as diferentes classes de águas doces.

Atributo	Unidades	Limites Recomendados			
		Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH		6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez	UNT	40	100	100	-
Ferro	mg L <sup>-1</sup>	0,3	0,3	5	-
Sólidos Totais	mg L <sup>-1</sup>	500	500	-	-
Coliformes Fecais	NMP 100 mL <sup>-1</sup>	200*	1000*	2500**	-

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 357/05.

\* por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para o uso de recreação de contato primário deverão obedecer aos padrões previstos na Resolução CONAMA nº 274 de 2000.

\*\* por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentarão de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000. Para os demais usos o valor não poderá ser superior a 4000 NMP· 100 mL<sup>-1</sup>.

Para uma interpretação correta da qualidade da água para irrigação, relacionam-se os atributos analisados com seus efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação. Estes deverão ser controlados ou compensados quanto aos problemas ocasionados pela qualidade da água (BERNARDO et al., 2006).

Segue-se algumas considerações a respeito dos atributos de qualidade da água para irrigação que serão discutidos detalhadamente.

#### 2.4.1. Atributos físicos

##### 2.4.1.1. Sólidos

Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos (PORTO et al., 1991). Os sólidos presentes na água,

segundo Von Sperling (1996), podem ser classificados de acordo com o seu estado e tamanho (em suspensão ou dissolvidos), com as características químicas (voláteis e fixos) e decantabilidade (sedimentáveis e não sedimentáveis).

Segundo Nakayama e Bucks (1986) os sólidos suspensos, em altas concentrações constituem um dos principais problemas de qualidade de água para a irrigação, pois pode ocasionar sérios problemas de obstrução física em sistemas de irrigação localizada. Com relação aos sólidos dissolvidos, dificilmente ocasionam obstrução física nos equipamentos, no entanto, havendo interação com outros sais formando precipitados ou favorecendo o crescimento de lodo, podem ocasionar obstrução de emissores. Se a água apresentar valores acima de  $50 \text{ mg L}^{-1}$  de sólidos suspensos e  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de sólidos dissolvidos, já pode ocorrer danos moderados, por entupimento de emissores, em sistemas localizados (NAKAYAMA e BUCKS, 1986).

#### **2.4.1.2. Turbidez**

É o desvio de luz provocado pela presença de sólidos em suspensão na água, conferindo uma aparência turva a mesma. Sua análise é feita comparando o espalhamento de um feixe de luz passando pela amostra, com o de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão. Quanto maior o espalhamento, maior será a turbidez. Seus valores são expressos em unidades nefelométricas de turbidez - UNT (COUTO, 2007).

A erosão das margens dos rios em estações chuvosas resulta em aumento da turbidez das águas, uma vez que partículas de solo são levadas por enxurradas para dentro do manancial. Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais também provocam elevações na turbidez das águas superficiais (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003). No entanto, a turbidez não depende estritamente da concentração de sedimentos em suspensão, mas também de outras características do sedimento tais como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica (SANTOS et al., 2001).

Esse atributo físico é bastante utilizado na caracterização de águas para o abastecimento urbano, não influenciando diretamente a qualidade de água para a irrigação. Porém pode ser utilizado para medir a concentração de sedimentos em

suspensão, que é um parâmetro de grande importância para a qualidade da água que será irrigada (CARVALHO, 1994).

#### **2.4.1.3. Temperatura**

Variações de temperatura são parte do regime climático normal, e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais e usinas termoelétricas (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de atributos físico-químicos. Em geral, à medida que a temperatura aumenta de 0 a 30°C, a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam as solubilidades com a elevação da temperatura (ESTEVES, 1998).

### **2.4.2. Atributos Químicos**

#### **2.4.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)**

O potencial hidrogeniônico (pH) é um valor que representa a concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  (em escala logarítmica), dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água (VON SPERLING, 1996).

O pH é um atributo químico que pode contribuir para a corrosão ou obstrução de tubulações e emissores em sistemas localizados. Águas com valores de pH acima de 7 podem favorecer a precipitação de carbonatos de cálcio e magnésio em águas com alta dureza (NAKAYAMA e BUCKS, 1986) e águas com pH baixo tendem a ser corrosivas (FAO, citado por COSTA et al., 2005).

Outros fatores que podem influenciar os valores de pH da água são os despejos domésticos e industriais, através da oxidação da matéria orgânica e despejo de químicos (VON SPERLING, 1996).

#### **2.4.2.2. Condutividade Elétrica**

A condutividade é uma expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. A condutividade fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, 2003).

Para irrigação, segundo Ayers e Westcot (1991), o problema do excesso de sais na água, depois de sua deposição no solo, é o acúmulo gerado quando a água é evaporada ou consumida pelas culturas, levando muitas vezes a salinização do solo. O risco de salinização pode ser considerado baixo para condutividade elétrica entre 0 e  $250 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , a  $25^\circ\text{C}$ ; médio para condutividade elétrica entre  $250 \mu\text{S.cm}^{-1}$  e  $750 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , a  $25^\circ\text{C}$ ; alto para condutividade elétrica entre  $750 \mu\text{S.cm}^{-1}$  e  $2.250 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , a  $25^\circ\text{C}$  e; muito alto para condutividade elétrica entre  $2.250 \mu\text{S.cm}^{-1}$  e  $5.000 \mu\text{S.cm}^{-1}$ , a  $25^\circ\text{C}$  (Classificação proposta pelo U. S. Salinity Laboratory Staff - U. S. D. A. Agriculture Handbook, citado por BERNARDO et al., 2006).

A análise desse atributo permite verificar a influência direta e indireta das atividades desenvolvidas nas bacias sobre os recursos hídricos, como lançamentos de efluentes domésticos e industriais e atividades agropastoris, pois segundo Moraes (2001), o resultado da poluição pode ser detectado pelo aumento da condutividade elétrica no curso d'água.

#### **2.4.2.3. Ferro Total**

Segundo Lima (1993), nas águas naturais o ferro pode ser encontrado sob as formas de  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$  (bicarbonato ferroso),  $\text{Fe(OH)}_3$  (hidróxido férreo) e  $\text{FeSO}_4$  (sulfato ferroso).

O ferro, atualmente, é um dos principais problemas na água de irrigação, devido a sua capacidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas localizados. Isto ocorre porque o ferro reduzido ( $\text{Fe}^{2+}$ ), e, portanto solúvel, ao atravessar o sistema de filtragem, pode se oxidar, tornando-se insolúvel ( $\text{Fe}^{3+}$ ) ficando retido nas paredes do tubo, provocando o aumento nas perdas de carga,

comprometendo o projeto de irrigação (HERNANDEZ et al., 2001). Segundo Nakayama e Bucks (1986), o ferro total em concentrações acima de  $0,2 \text{ mg L}^{-1}$  na água de irrigação, já pode precipitar e ocasionar danos moderados pela obstrução de tubulação e emissores.

A capacidade de oxidação e redução do ferro em água pode ser influenciada por outros atributos, como o pH, concentração de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , presença de ferrobactérias, compostos orgânicos e concentração de fósforo. De acordo com Lima (1993), o  $\text{CO}_2$  favorece a dissolução do ferro em água, exceto na presença do oxigênio, mesmo em elevadas concentrações. No caso do pH, Marques Junior (1998) citado por Hernandez et al. (2001), verificou que a produção de complexos de ferro são especialmente graves quando o pH da água se encontra entre 7,0 e 7,8. Em relação às ferrobactérias, Nakayama e Bucks (1986), constataram que a precipitação do ferro é favorecida pela presença de bactérias dos gêneros *Gallionella*, *Leptothrix*, *Toxothrix*, *Crenothrix*, e *Sphaerotilus*.

Além desses condicionantes já citados, as próprias situações transitórias do escoamento no interior das tubulações podem favorecer a oxigenação da água, e consequentemente, a precipitação do ferro. Para Gomes (1997), essas situações transitórias podem ser provocadas por abertura e fechamento de válvulas, pela evacuação de ar dos condutos, nas manobras de arranque e parada do bombeamento, etc.

#### **2.4.2.4. Oxigênio Dissolvido**

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização dos ecossistemas aquáticos (MORAES, 2001), sendo originado, naturalmente, da dissolução do oxigênio atmosférico e da produção por organismos fotossintéticos (VON SPERLING, 1996). Segundo Porto et al. (1991), a solubilidade do oxigênio pode variar de  $14,6 \text{ mg L}^{-1}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  até  $7,6 \text{ mg L}^{-1}$  a  $30^{\circ}\text{C}$ , dependendo da pressão (altitude) e sais dissolvidos.

A ação antrópica, por meio de lançamentos de efluentes domésticos ou industriais, pode alterar o curso natural da dinâmica do oxigênio na água, pois de acordo com Von Sperling (1996), as bactérias decompositoras, consomem oxigênio disponível no processo de estabilização da matéria orgânica, reduzindo significativamente sua concentração na água. No entanto, os corpos d'água têm a

capacidade de recuperar as condições naturais de oxigênio dissolvido por meio da autodepuração, que é o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, por mecanismos essencialmente naturais, após alterações induzidas pelo despejo de afluentes (VON SPERLING, 1996).

A resolução CONAMA nº 20/86 para os padrões de qualidade de água, estabelece que em qualquer amostra coletada, os valores de oxigênio dissolvido para as águas de Classes 1, 2 e 3, não podem ser inferior a 6, 5 e 4 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

O oxigênio dissolvido, embora na prática, não seja um atributo utilizado na caracterização da qualidade de água para a irrigação, pode ser um indicativo da poluição (MORAES, 2001), da concentração de sólidos dissolvidos (LARCHER, 2000) e de matéria orgânica (VON SPERLING, 1996) na água.

#### **2.4.2.5. Dureza Total**

A dureza da água pode ser definida como a concentração de sais solúveis, geralmente associada ao cálcio (Ca<sup>+2</sup>) e magnésio (Mg<sup>+2</sup>), embora estejam presentes outras substâncias como os cátions ferrosos e manganosos (LIMA, 1993). A origem natural desses elementos na água ocorre através da dissolução de minerais, solos e rochas (PORTO et al., 1991), ou por despejos industriais (VON SPERLING, 1996).

O principal problema para qualidade de água destinada à irrigação em relação à dureza, segundo Nakayama e Bucks (1986), é a precipitação dos carbonatos de cálcio e magnésio, que pode ocorrer, principalmente, se a água apresentar elevada dureza e valores de pH acima de 7,5. Para Ayers e Westcot (1991), os valores normais de cálcio e magnésio na água de irrigação, devem ser de 400 mg L<sup>-1</sup> de Ca<sup>2+</sup>) e 60 mg L<sup>-1</sup> de Mg<sup>2+</sup>).

A alta dureza da água também pode ser limitante para a fertirrigação, pois valores acima de 100 mg L<sup>-1</sup> de cálcio e de 43 mg L<sup>-1</sup> de magnésio aumentam consideravelmente o risco de precipitação de fertilizantes fosfatados no interior das tubulações (COELHO et al., 2002).

## 2.4.3. Atributos Biológicos

### 2.4.3.1. Coliformes

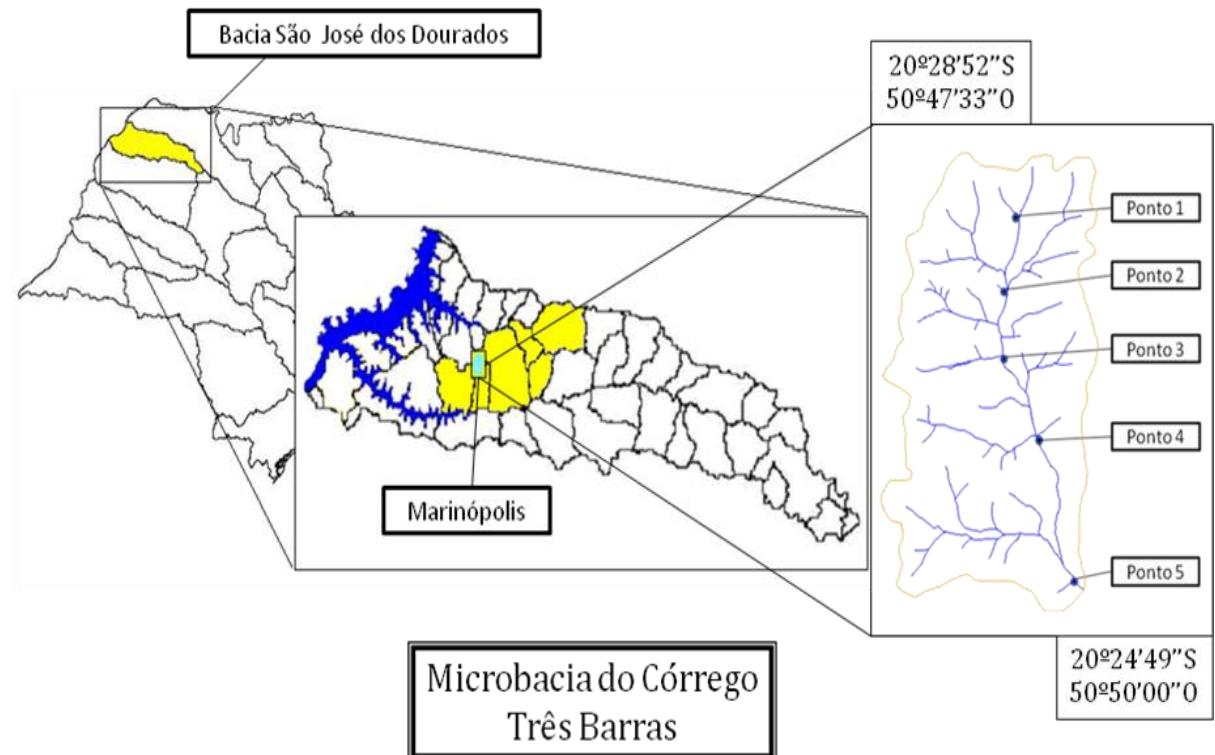
As bactérias do grupo coliformes podem se dividir em coliformes totais e coliformes fecais (ou termotolerantes). Os coliformes totais constituem-se em um grande grupo de bactérias que tem sido isolada de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Já os coliformes fecais, são bactérias indicadoras originárias do trato intestinal humano e de outros animais (VON SPERLING, 1996).

O problema dos coliformes na água da irrigação, principalmente os fecais, é a presença da *Escherichia coli*, que poderá representar um sério risco a saúde, uma vez que existem algumas linhagens são capazes de provocar distúrbios gastrintestinais em crianças e adultos (SOARES e MAIA, 1999).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização da Área

Este trabalho foi realizado na microbacia do Córrego Três Barras, situada no perímetro rural do município de Marinópolis - SP, nos domínios da Bacia do São José dos Dourados, entre as coordenadas geográficas de 20°24'40" Sul e 50°50'13" Oeste e 20°29'00" Sul e 50°47'55" Oeste (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da microbacia do córrego Três Barras, Marinópolis - SP.

O município tem uma área total de 77,4 km<sup>2</sup>, da qual parte localiza-se na sub-bacia do Baixo São José dos Dourados, com 40,03 km<sup>2</sup> de áreas emergentes e 0,35 km<sup>2</sup> de áreas submersas (2,2% da área da sub-bacia) e parte na sub-bacia do

Ribeirão Coqueiro /São José dos Dourados, com 37,05 km<sup>2</sup> de terras emersas (5,8% da área total da sub-bacia).

As vias de acesso ao município e a microbacia são as Rodovias Euphy Jales (SP-563), Vicinal José Marin Toledo e pela Estrada Fazenda do Baiano e Estrada Velha para Palmeira d'Oeste.

### **3.2. Características Sócio-Econômicas**

O município de Marinópolis - SP tem uma população total de 2.114 habitantes, sendo 1.756 residentes na área urbana e 358 na área rural (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2009), com uma densidade demográfica de 27,10 hab. Km<sup>2</sup>.

A principal fonte de renda do município vem da agricultura, representada principalmente pela fruticultura (citros, banana, uva, anonáceas e manga) e pela silvicultura (seringueira e eucalipto), embora essas atividades não sejam tão expressivas na região, tem ocorrido um aumento no plantio de espécies arbóreas para fins comerciais (Tabela 3).

**Tabela 3.** Características da exploração agropecuária no município de Marinópolis, SP (2007/08)

Exploração Agropecuária	Nº de UPAs <sup>1</sup>	UNIDADE	TOTAL
Braquiária	159	ha*	5.179,7
Laranja	113	ha	1.108,5
Colonião	5	ha	342,7
Limão	41	ha	88,3
Banana	13	ha	63,1
Cana-de-açúcar	38	ha	52,0
Seringueira	5	ha	43,9
Uva fina	27	ha	41,7
Eucalipto	8	ha	31,6
Milho	5	ha	19,6
Anonáceas	6	ha	18,1
Bovinocultura de corte	77	cab**	7.160,0
Bovinocultura de leite	34	cab	737,0
Bovinocultura mista	27	cab	846,0

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA (2009).

<sup>1</sup> Unidades de Produção Agropecuária, \* hectare; \*\* cabeças

O município possui também áreas de pastagens, onde se desenvolvem a pecuária de corte e leite.

### 3.3. Geologia, Litoestratigrafia, Pedologia e Uso do Solo

De acordo com o Comitê da Bacia do São José dos Dourados (2003), as unidades geológicas que afloram nesta bacia são as rochas ígneas basálticas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral e as rochas sedimentares do Grupo Bauru, Formação Caiuá.

Abaixo das rochas basálticas localizam-se as Formações de arenito, Botucatu e Pirambóia, que formam em conjunto com a Formação Serra Geral, o Grupo São Bento (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1981). Essas formações são responsáveis pelos aquíferos confinados Botucatu e Pirambóia, atualmente denominado de aquífero Guarani, constituindo-se em uma das maiores reservas subterrâneas de água doce do planeta (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, 1999).

Segundo a CATI (2003), 97% dos solos da microbacia foram classificados como Argissolo Vermelho, de alta susceptibilidade a erosão.

Da área total do município (7.593,6 ha) a ocupação dos solos segue a seguinte distribuição: 5.523,3 ha de pastagem (diminuição de 2,23% em relação ao censo de 1995/96), 1.383,4 ha de culturas perenes (aumento de 3,23%), 85,5 ha de cultura temporária (aumento de 9%), 31,6 ha de áreas com reflorestamento (aumento de 86,4%) e 205,7 ha de vegetação natural com diminuição de 6,33% (Tabela 4).

**Tabela 4.** Uso e ocupação do solo no município de Marinópolis, SP (1995/96 - 2007/08)

Uso do Solo	1995/96		2007/2008	
	Nº de UPAs*	ha	Nº de UPAs	ha
Área com cultura perene	123	1.338,60	141	1.383,4
Área com cultura temporária	24	77,8	47	85,5
Área com pastagens	143	5.649,50	162	5.523,3
Área com reflorestamento	5	4,3	8	31,6
Área com vegetação natural	40	219,60	40	205,7
Área com vegetação de brejo e várzea	75	153,4	10	12,2
Área em descanso	1	3,60	30	191,8
Área complementar	159	186,4	166	160,1
Área total	170	7.633,20	193	7.593,6

Fonte: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, CATI/IEA, Projeto LUPA (2009).

\* Unidades de Produção Agropecuária.

### 3.4. Clima

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é considerado como subtropical úmido, Cwa, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (PEREIRA, 2002).

Os parâmetros climáticos médios determinados para a microbacia foram obtidos com a coleta de dez anos de dados, por meio de um datalogger Campbell CR-10X localizado dentro da microbacia. Os valores médios de 1998 a 2008, determinados para a microbacia do córrego Três Barras, estão apresentados na Tabela 5.

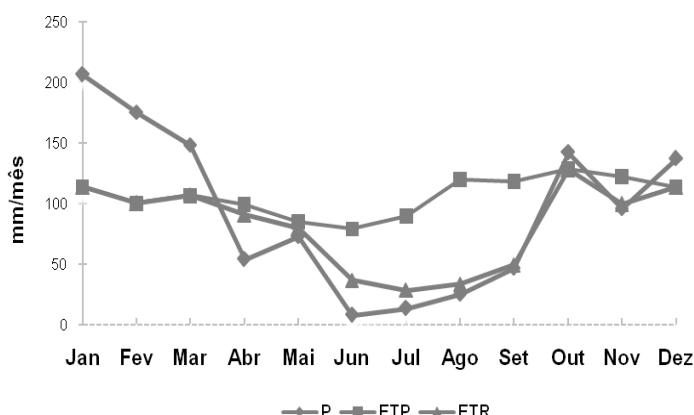
**Tabela 5.** Parâmetros climáticos médios anuais para a microbacia do córrego Três Barras, Marinópolis, SP (1998/08)

Parâmetro	Média
Temperatura <sup>1</sup>	24 °C
Umidade relativa <sup>1</sup>	68 %
Velocidade do vento <sup>1</sup>	1,5 m.s <sup>-1</sup>
Direção do vento <sup>1</sup>	109,4º (Sudoeste)
Radiação global <sup>1</sup>	18,1 MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup>
Radiação líquida <sup>1</sup>	12,1 MJ.m <sup>-2</sup> .dia <sup>-1</sup>
Evapotranspiração de referência <sup>2,3</sup>	1.277,2 mm.ano <sup>-1</sup>
Precipitação <sup>2</sup>	1.154,3 mm.ano <sup>-1</sup>

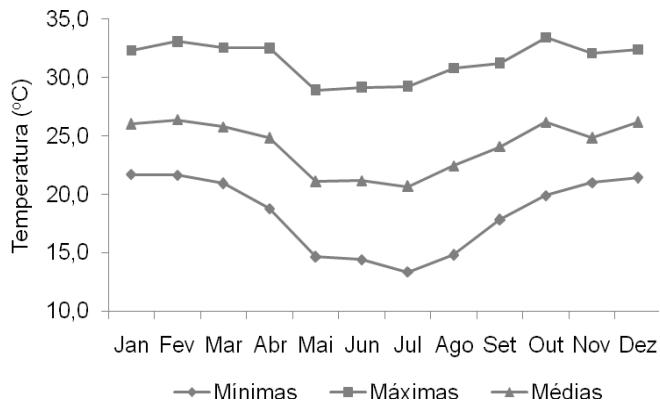
<sup>1</sup> Média diária; <sup>2</sup> Média anual acumulada; <sup>3</sup> Penman-Monteith (ALLEN et al, 1998).

**Fonte:** Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP – Ilha Solteira.

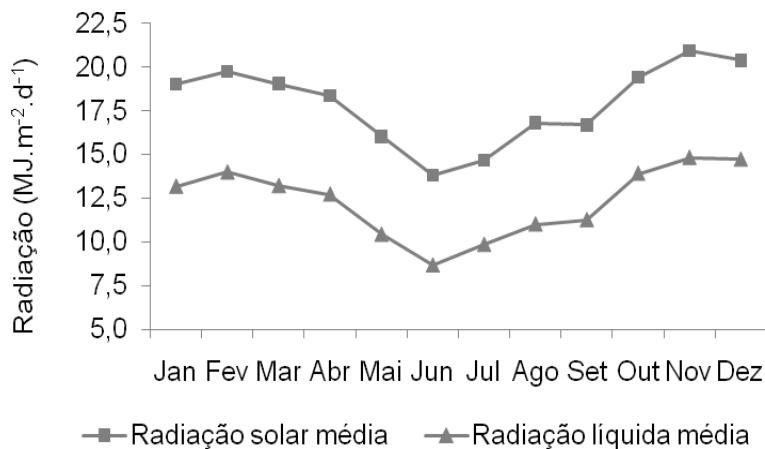
A partir das médias dos dados climáticos, foi possível determinar o comportamento das variáveis climáticas no decorrer do ano, na microbacia, os quais estão apresentados nas Figuras 2, 3, 4 e 5.



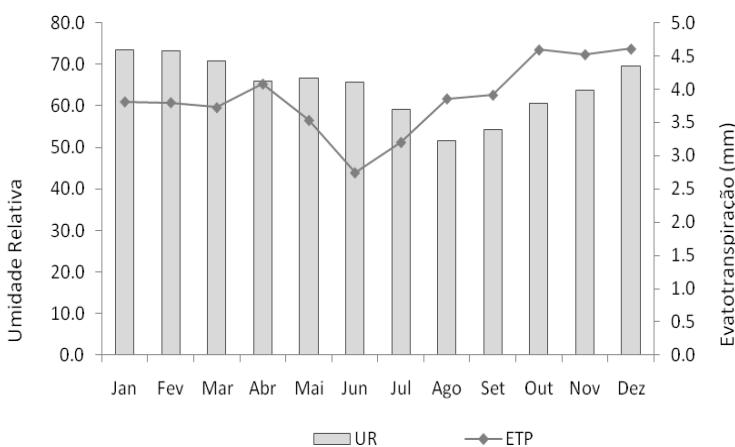
**Figura 2.** Comportamento da precipitação (P), evapotranspiração potencial (ETP) e real (ETR), no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.



**Figura 3.** Variação da temperatura, no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.



**Figura 4.** Comportamento da radiação solar média e radiação líquida média, no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.



**Figura 5.** Variação da umidade relativa do ar (UR) e da evapotranspiração (ETP), no decorrer do ano no município de Marinópolis SP.

### 3.5. Fisiografia e Recursos Hídricos

Vanzela (2008) ao analisar a microbacia delimitou e caracterizou a fisiografia do Córrego Três Barras utilizando como base cartográfica para a delimitação o mapa planialtimétrico em escala de 1:10.000 elaborado por fotogrametria de 2001, pela equipe de engenharia da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI/Regional Jales. As características fisiográficas da microbacia e os aspectos quantitativos dos recursos hídricos estão apresentadas na Tabela 6.

**Tabela 6.** Características fisiográficas e aspectos quantitativos dos recursos hídricos da microbacia do Córrego Três Barras, Marinópolis (SP).

Área de Drenagem	17,77 km <sup>2</sup>
Perímetro	20,04 km
Comprimento Leito Principal	6,61 km
Elevação média	393 m
Declividade Equivalente	0,009 m.m <sup>-1</sup>
Fator de Forma	1,34
Coeficiente de Compacidade	1,33
Densidade de Drenagem	2,1 km.km <sup>-2</sup>
Ordem	3 <sup>a</sup>
Tempo de Concentração	105 minutos
Vazão média plurianual	414,0 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
Vazão de permanência com 95 % de probabilidade	129,6 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
Vazão mínima de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos	118,8 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
Vazão mínima de 7 dias consecutivos com período de retorno de 10 anos	97,2 m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>

Fonte: Vanzela (2008).

De acordo com Christofoletti (1974) o curso d'água da microbacia pode ser classificado como perene, pois há fluxo o ano todo em canal bem definido. Dentro da microbacia, a forma da rede de drenagem também apresenta variações, podendo ser classificada como dendrítica lembrando a configuração de uma árvore. Esse formato é típico de regiões onde predomina rocha de resistência uniforme.

A área da microbacia é de 17,77 km<sup>2</sup> e 20,04 km de perímetro, devido à importância da determinação da área várias tentativas foram feitas no sentido de se desenvolver métodos de classificação ou de ordenamento das bacias de acordo com seu tamanho, principalmente baseados na rede de canais da bacia. Através do método de ordenamento de Sthraler (1957) a microbacia foi classificada como de 3<sup>a</sup> ordem.

A densidade de drenagem foi classificada como baixa (2,1 km.km<sup>-2</sup>) segundo o método de Sthraler (1957), pois apresenta um valor menor que 5,0 km.km<sup>-2</sup>. Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa

intensidade. A densidade de drenagem é um índice importante, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica, e está relacionado com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia (STHRALER, 1957).

A forma da bacia, bem como a forma do sistema de drenagem, pode ser influenciada por algumas outras características da bacia, principalmente pela geologia. O valor do fator de forma do córrego Três Barras é de 1,34 esse resultado de acordo com Horton (1932) indica que a microbacia é mais suscetível a inundações, pois bacias de fator de forma maior têm maiores chances de sofrer inundações do que bacias de fator de forma menor.

De acordo com Vanzela (2003) a vazão mínima de sete dias consecutivos para um período de retorno de dez anos ( $Q_{7,10}$ ) é igual a  $0,027 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $97,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ). Segundo a legislação, a quantidade de água do córrego que pode ser utilizada para a irrigação é de 80% da  $Q_{7,10}$ , isto é, cerca de  $77,76 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ . Com esta vazão, considerando uma evapotranspiração de referência média para a microbacia de 4,08 mm, seria possível irrigar aproximadamente 30 ha de feijão ou 50 ha de limão (gerando empregos diretos e indiretos). A vazão média plurianual foi de  $0,115 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $414, \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ) e a vazão de permanência foi de  $0,036 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $129,6 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ) para uma probabilidade de 95%. A vazão mínima anual de 1 mês consecutivo com período de retorno de 10 anos foi de  $0,034 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $123,12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ) (VANZELA, 2003).

A declividade de uma bacia hidrográfica tem relação importante com vários processos hidrológicos, tais como a infiltração, o escoamento superficial, a umidade do solo, etc. É, além disto, um dos fatores principais que regulam o tempo de duração do escoamento superficial e de concentração da precipitação nos leitos dos cursos d'água. A declividade equivalente da microbacia é de  $0,009 \text{ m.m}^{-1}$ .

Para fins de classificação das águas segundo os padrões de qualidade exigidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 2005, o Córrego Três Barras é considerado de Classe 2, destinado a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques e jardins.

### **3.6. Localização dos Pontos de Avaliação**

Para o monitoramento da qualidade de água e vazão, foram georreferenciados com o auxílio de um GPS, cinco pontos ao longo do leito principal

do córrego para amostragens de água (Figura 6), onde somente em três desses pontos, foram efetuadas medições de vazão, devido à estrutura do córrego.

As coletas de água e de vazão foram realizadas simultaneamente, em intervalos de aproximadamente um mês, no período de um ano (31/01/2008 e 11/12/2008), totalizando doze amostras de água e medidas de vazão por ponto avaliado. Foi utilizado também para esse estudo um banco de dados sobre o monitoramento da bacia realizado por Vanzela (2008) com o intuito de avaliar a variação da qualidade e disponibilidade hídrica do córrego, esses dados são do período de 20/12/2002 a 10/12/2007 (em 2004 não houve coletas) obtendo então 5 anos de pesquisa sobre o comportamento da microbacia.

Para evitar o efeito imediato das chuvas sobre a vazão e qualidade da água, as avaliações foram realizadas com pelo menos 24 horas após a última chuva.

Para a escolha dos locais de avaliação, foram adotados os seguintes critérios: (1) influência das características locais sobre a qualidade da água; (2) condições adequadas da calha para medição de vazão; (3) e a subdivisão da microbacia em pontos eqüidistantes. A localização dos pontos de avaliação, bem como as características locais e os dados coletados em cada um, serão descritos a seguir.



**Figura 6.** Pontos de coletas de água e medições de vazão no córrego Três Barras, município de Marinópolis SP.

### 3.6.1. Ponto 1

Ponto mais próximo da nascente, localizado a uma distância de 815 metros da mesma, com coordenadas geográficas de  $20^{\circ}25'41,2''$  Sul e  $50^{\circ}48'53,5''$  Oeste (Figura 7).



**Figura 7.** Localização do primeiro ponto de coleta e medição de vazão.

O local é caracterizado pela presença de macrófitas aquáticas, ausência de mata ciliar e assoreamento acentuado.

As amostragens de água foram realizadas numa represa e as vazões determinadas à jusante da mesma, pelo método volumétrico direto, através de dois estravazadores da barragem.

### 3.6.2. Ponto 2

Este ponto está localizado a jusante da união dos três afluentes que originam o córrego Três Barras (ver Figura 6), na parte intermediária da microbacia, a uma distância de 1.960 metros da nascente, com coordenadas geográficas de  $20^{\circ}26'06,8''$  Sul e  $50^{\circ}48'49''$  Oeste (Figura 8).



**Figura 8.** Local do segundo ponto de avaliação.

Foram realizadas somente as análises de água, não sendo possível medir a vazão por nenhum dos métodos disponíveis, devido às características da calha.

### 3.6.3. Ponto 3

Este ponto localiza-se a jusante da cidade, a uma distância de 2.846 metros da nascente, com coordenadas geográficas de 20°26'32,6" Sul e 50°48'51,2" Oeste (Figura 9). Neste ponto foram realizadas as análises da água e medidas de vazões pelo método do molinete.



**Figura 9.** Local do terceiro ponto de avaliação (à esquerda) e medição de vazão (à direita).

A cerca de trinta metros a montante desse ponto é lançado o esgoto oriundo da estação de tratamento da Sabesp do tipo lagoa de estabilização facultativa (Figura 10).



**Figura 10.** Estação de tratamento de esgoto (á esquerda) e despejo de efluente (á direita).

### 3.6.4. Ponto 4

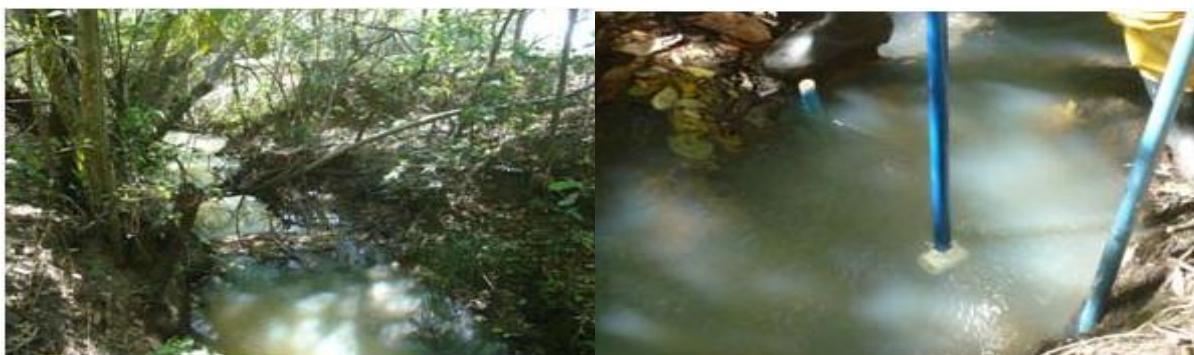
O quarto ponto de avaliação é o último ponto antes da foz da microbacia, a uma distância de 5.376 metros da nascente e com coordenadas geográficas de 20°27'18,7" Sul e 50°48'27,6" Oeste, caracteriza-se pela presença de mata ciliar nativa e leito rochoso. Neste ponto foram realizadas amostragens de água para análise e medições de vazão pelo método do molinete (Figura 11).



**Figura 11.** Quarto ponto de coleta de dados (à esquerda) e medição de vazão (à direita).

### 3.6.5. Ponto 5

O quinto ponto de monitoramento hídrico, localiza-se na foz da microbacia (distância de 6.610 metros da nascente) com coordenadas geográficas 20°28'20.65" Sul e 50°48'05.48" Oeste (Figura 12).



**Figura 12.** Quinto ponto de coleta de dados (à esquerda) e medição de vazão (à direita).

Este local é caracterizado por vegetação ciliar densa que confere boa proteção do manancial e leito rochoso.

## 3.7. Coleta e Análise da Água

Os parâmetros físico, químico e biológicos avaliados foram sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, turbidez, pH, dureza total, cálcio, magnésio,

ferro total, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, coliformes fecais e totais. As amostras de água foram coletadas em garrafas de polietileno de dois litros (PET), higienizadas e acondicionadas em caixas de isopor com gelo, sendo levadas posteriormente ao laboratório.

As análises laboratoriais de sólidos totais, suspensos e dissolvidos foram realizadas pelo método gravimétrico. O pH, turbidez e condutividade elétrica foram determinados diretamente por peagômetro, turbidímetro e condutivímetro respectivamente. A dureza total, cálcio e magnésio, foram determinados por titulação. Os coliformes totais e fecais foram determinados pelo método Alfakit. Para as análises de oxigênio dissolvido, as amostras foram coletadas em garrafas de Van Dorn, onde simultaneamente, foi adicionado reagentes para a complexação do oxigênio ainda no campo, evitando assim, a desoxigenação durante o transporte das amostras, posteriormente determinado pelo método de Winkler modificado.

As análises de pH, coliformes totais e fecais, foram realizadas com no máximo 12 horas da coleta. Para sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, dureza total, cálcio e magnésio, as análises foram realizadas em no máximo 7 dias após a coleta. As análises de ferro total, oxigênio dissolvido, turbidez e condutividade elétrica foram realizadas com no máximo 24 horas da coleta.

A síntese dos parâmetros avaliados, os métodos e equipamentos empregados nas análises, estão apresentados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Síntese das metodologias e dos equipamentos empregados nas análises de qualidade de água.

Atributo	Método	Precisão	Equipamentos
Temperatura	Termômetro	0,5º C	Termômetro analógico de mercúrio
Sólidos totais Sólidos dissolvidos Sólidos suspensos	Gravimétrico	1,0 mg L <sup>-1</sup>	Cápsula de porcelana, balança eletrônica de precisão JK-200 da YMC CO, estufa 305 SE da Fanem, dissecador e papel de filtro (poros de 28 µm).
Turbidez	Nefelométrico	0,1 NTU	Turbidímetro 2020 La Motte
pH	Peagômetro	0,01	Peagômetro Q-400A da Quimis
Condutividade elétrica	Eletrodo de platina	0,1 µS cm <sup>-1</sup> a 25º C	Condutivímetro DM3 Digimed
Ferro total	Colorimétrico ferroespectral	0,1 mg L <sup>-1</sup>	Colorímetro Merck
Oxigênio dissolvido	Winkler modificado	0,1 mg L <sup>-1</sup>	Pipetas de 2 ml, garrafas de Van Dorn e bureta
Dureza total Cálcio Magnésio	Titulação	1,0 mg L <sup>-1</sup>	Bureta e pipetas
Coliformes Totais Coliformes Fecais	Contagem de bactérias	60 NMP 100 mL <sup>-1</sup>	Alfakit

As vazões foram medidas pelo método do molinete hidrométrico FP101-FP201 Global Flow Probe, onde as velocidades do fluxo são obtidas em uma seção (no caso de seções inferiores a 0,50 m) ou em diversas seções molhadas ao longo da largura do curso d' água, sendo a vazão total calculada por:

$$Q = v_1 \cdot S_1 + v_2 \cdot S_2 + \dots + v_n \cdot S_n, \text{ onde:}$$

$Q$  - 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 ( $\text{m}^2$ );

$v_2$  - velocidade do fluxo de água na seção molhada 2 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ );

$S_2$  - área da seção 2 ( $\text{m}^2$ );

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

$S_n$  - área da seção n ( $\text{m}^2$ );

As seções molhadas foram determinadas por meio da medição do perfil transversal do canal, coletando-se as profundidades à espaçamentos regulares de uma margem a outra e digitalização em software AutoCAD, para a determinação das respectivas seções molhadas.

### 3.9. Análise dos Dados

#### 3.9.1. Avaliação da Qualidade de Água

Para a avaliação da qualidade de água, levou-se em consideração o potencial de dano a operação de sistemas de irrigação localizada, qualidade de água de classe 2 destinadas a irrigação e o risco de salinização do solo. Como não existe nenhuma classificação completa de qualidade de água para a irrigação tornou-se necessário a utilização de diversas classificações retiradas da literatura com o intuito de estabelecer padrões de qualidade de água.

Os atributos utilizados na caracterização da qualidade de água, bem como os problemas relacionados com cada parâmetro e os limites estabelecidos de acordo com as classificações, estão apresentados na Tabela 8.

**Tabela 8.** Parâmetros avaliados e limites estabelecidos para a classificação da qualidade de água para a irrigação.

Problema	Limites Estabelecidos			Referência	
	Classificação	Baixo	Médio		
Dano a sistemas de irrigação localizada	Sólidos suspensos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	< 50	50 - 100	>100	Nakayama e Bucks (1986)
	Sólidos dissolvidos ( $\text{mg L}^{-1}$ )	< 500	500 – 2.000	> 2.000	
	pH	< 7,0	7,0 – 8,0	> 8,0	
	Ferro total ( $\text{mg L}^{-1}$ )	< 0,2	0,2 – 1,5	> 1,5	
Contaminação por microorganismos patogênicos, excesso de sólidos e carga orgânica	Classificação	Adequado	Inadequado	Resolução nº 357/05 do CONAMA (2005): Águas de classe II	
	Turbidez (NTU)	≤ 100	> 100		
	Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )	> 5,0	≤ 5,0		
	Coliformes totais ( $100 \text{ mL}^{-1}$ )	≤ 1.000	> 1.000		
Risco de salinização do solo	Classificação	Baixo	Médio	Alto	U. S. D. A. Agriculture Handbook Nº 60
	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ a $25^\circ\text{C}$ )	< 250	250 - 750	750 – 2.250	
Risco de precipitação de sais	Classificação	Normal	Alto	Ayers e Westcot (1991)	
	Cálcio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0 - 400	> 400		
	Magnésio ( $\text{mg L}^{-1}$ )	0 - 60	> 60		

Depois de estabelecida a classificação, a caracterização da qualidade de água foi realizada por meio de tabelas contendo dados de estatística descritiva (mínimo, máximo e média) e os resultados das análises, expressos em porcentagem do total das amostras, distribuídos dentro de cada classe, por ponto e por parâmetro avaliado.

Também foram realizadas análises da variabilidade espacial e temporal da qualidade de água, por meio de gráficos da variação dos parâmetros (gráfico de linhas) e da chuva acumulada entre os intervalos de avaliação (gráficos de barras), no decorrer do ano.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Avaliação da Qualidade de Água para a Irrigação

#### 4.1.1. Parâmetros Físicos

##### 4.1.1.1. Sólidos

Na Tabela 9, estão dispostos os valores mínimos, máximos e médios, e a classificação para os parâmetros de sólidos suspensos e dissolvidos, de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

**Tabela 9.** Classificação dos resultados de sólidos suspensos e dissolvidos de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação		
					Baixo	Médio	Alto
<b>Sólidos Suspensos<sup>1</sup></b>							
Ponto 1	49	2,0	126,0	26,1	85,7	8,2	6,1
Ponto 2	50	3,0	121,0	34,1	76,0	18,0	6,0
Ponto 3	49	2,0	205,0	48,1	65,3	26,5	8,2
Ponto 4	49	0,0	100,0	32,9	79,6	18,4	2,0
Ponto 5	38	2,0	126,0	44,3	79,0	15,8	5,3
<b>Sólidos Dissolvidos<sup>2</sup></b>							
Ponto 1	49	2,0	153,0	89,6	100,0	0,0	0,0
Ponto 2	50	2,0	186,0	107,7	100,0	0,0	0,0
Ponto 3	49	26,0	573,0	199,4	96,0	4,0	0,0
Ponto 4	49	50,0	280,0	148,3	100,0	0,0	0,0
Ponto 5	38	1,0	610,0	132,3	97,4	2,6	0,0

<sup>1</sup> Baixo (< 50 mg L<sup>-1</sup>); Médio (50 - 100 mg L<sup>-1</sup>); Alto (> 100 mg L<sup>-1</sup>);

<sup>2</sup> Baixo (< 500 mg L<sup>-1</sup>); Médio (500 - 2000 mg L<sup>-1</sup>); Alto (> 2000 mg L<sup>-1</sup>).

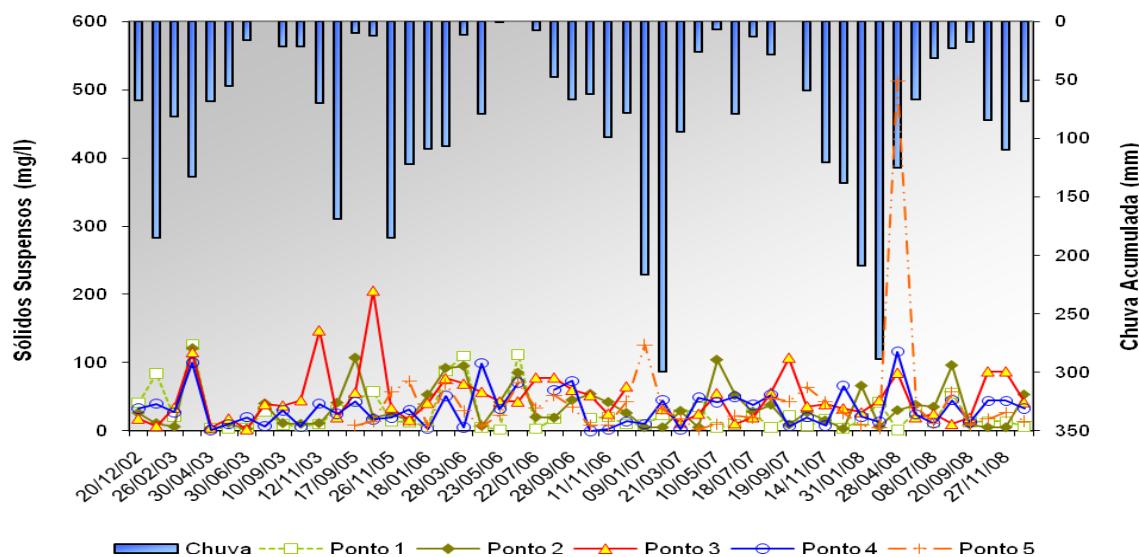
Fonte: NAKAYAMA e BUCKS (1986).

De acordo com a Tabela 9, verifica-se que para os sólidos suspensos, todos os pontos apresentaram valores considerados altos à operação de sistemas de irrigação localizada. O ponto 3 foi o que apresentou maior valor classificado como alto risco (8,2 % das amostras) e 26,5 % das amostras com médio risco, esses valores podem ser atribuídos não só ao carreamento de partículas de solos por enxurradas mas também pelo despejo de efluente da estação de tratamento de

esgoto localizada próxima ao ponto de coleta. Nos pontos 1 e 2 (6,1 e 6,0 % das amostras respectivamente) apresentaram valores classificados como alto e 8,2 e 18,0 % (pontos 1 e 2 respectivamente) apresentaram valores de médio risco, ressaltando que esses pontos não possuem mata ciliar, aumentando a vulnerabilidade do córrego ao acúmulo de sólidos. Os pontos 4 e 5 apresentaram em 18,4 e 15,8 % das amostras respectivamente, valores classificados como de médio risco à operação de sistemas de irrigação localizada.

Para os sólidos dissolvidos, com exceção do ponto 3 que apresentou em 4,0% das amostras valores classificados como médios, não ocorreram valores acima do permitido para a irrigação localizada.

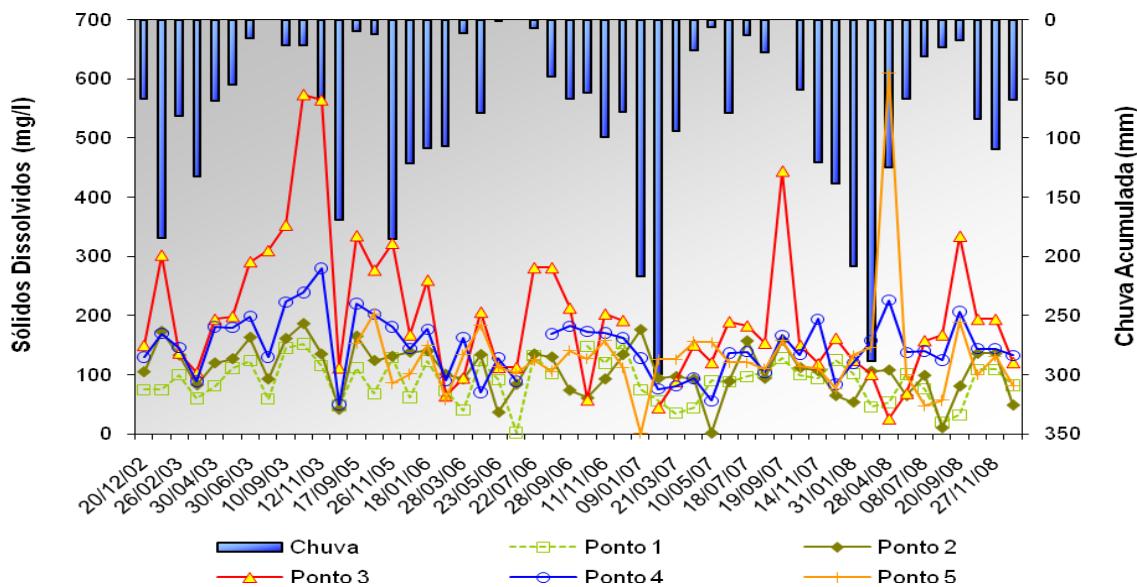
De acordo com a Figura 13, observa-se que as maiores concentrações de sólidos suspensos ocorreram concomitantemente com o período de maior ocorrência de chuvas, pois ao entrar em contato com a superfície do solo, a água transporta partículas de solo, sais e matéria orgânica para o leito do córrego. No ponto 3 por receber o esgoto de tratamento de esgoto, apresenta valores maiores que os demais pontos de coleta.



**Figura 13.** Variação espacial e temporal da concentração de sólidos suspensos na água.

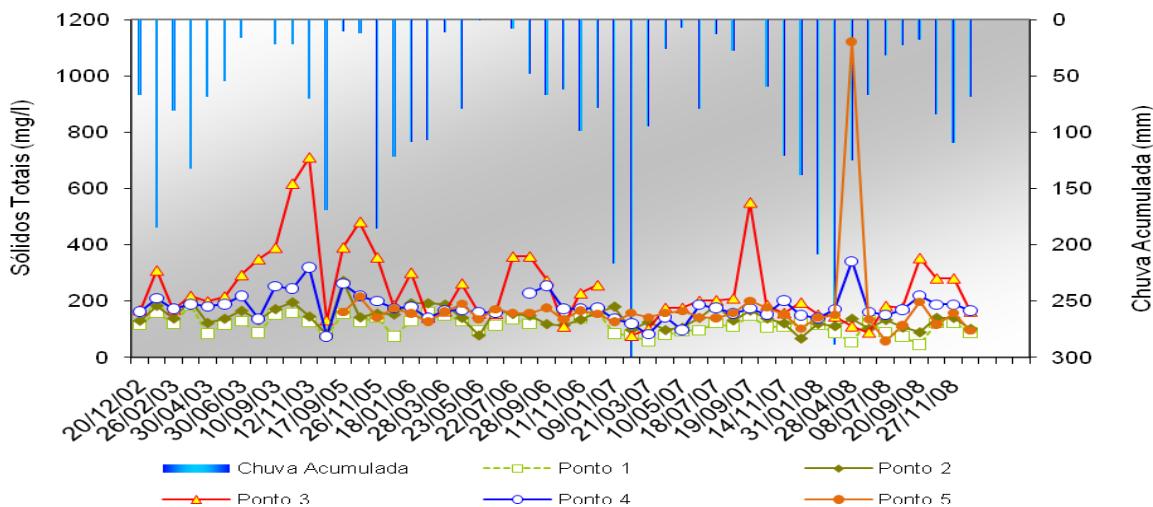
Na Figura 14 verifica-se que ao contrário dos sólidos suspensos, os valores de concentração de sólidos dissolvidos aumentaram durante o período de menores precipitações. Isso porque durante o período seco, com a redução do volume de água do córrego, as concentrações de sólidos dissolvidos tendem a aumentar.

É possível constatar também que independente do período avaliado e do regime de chuvas na microbacia, dentre todos os pontos, os maiores valores de sólidos suspensos e dissolvidos, foram obtidos no ponto 3, devido à contribuição de sólidos e sais oriundos do esgoto.



**Figura 14.** Variação espacial e temporal da concentração de sólidos dissolvidos na água.

Os sólidos totais, cuja variabilidade espacial e temporal, pode ser verificado pela Figura 15, teve o comportamento similar ao dos sólidos dissolvidos (Figura 14), houve uma tendência de aumento na concentração nos períodos de menor pluviosidade. Sendo assim, pode-se dizer que a sua variação no tempo e espaço se deve aos mesmos motivos já citados para os sólidos dissolvidos.



**Figura 15.** Variação espacial e temporal da concentração de sólidos totais na água.

#### 4.2.1.2. Turbidez

Na Tabela 10, verifica-se que somente o ponto 3 apresentou valores de turbidez inadequados em relação aos padrões de qualidade de água para irrigação, com média de 36,5 e 6,1% das amostras consideradas inadequadas.

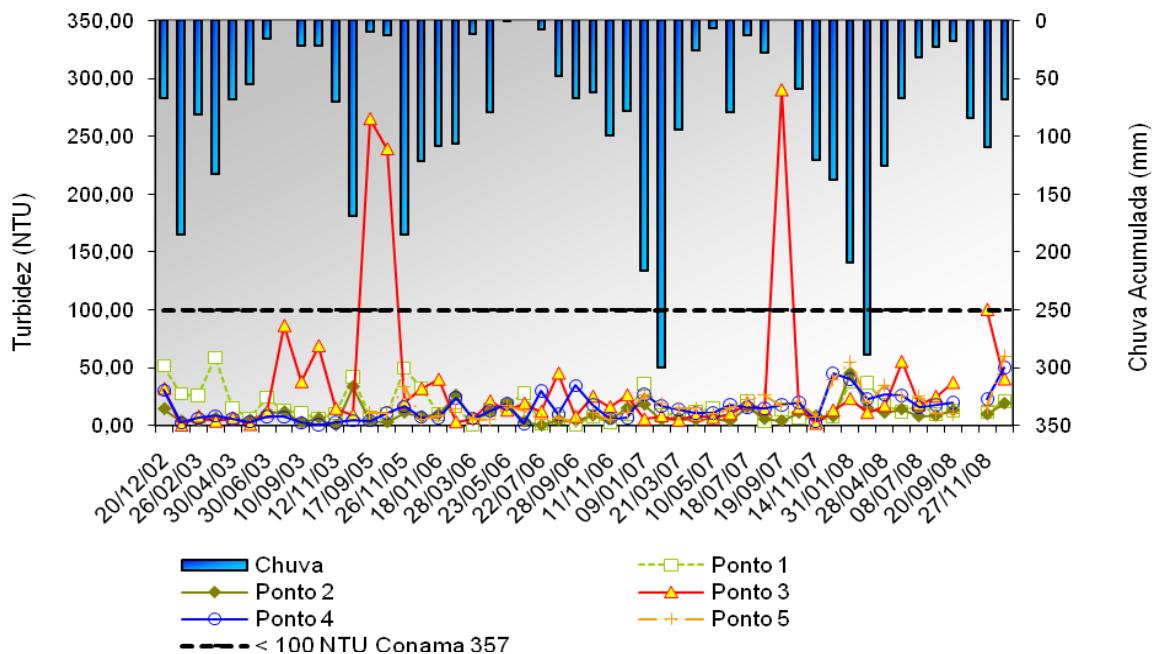
**Tabela 10.** Distribuição dos resultados de turbidez em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Aceitável	Inadequado (% das amostras)
<b>Turbidez<sup>1</sup></b>						
Ponto 1	49	0,0	58,7	17,0	100,0	0,0
Ponto 2	49	0,0	45,0	9,8	100,0	0,0
Ponto 3	49	0,0	290,0	36,5	93,9	6,1
Ponto 4	49	0,6	50,0	15,4	100,0	0,0
Ponto 5	37	3,1	60,0	17,7	100,0	0,0

<sup>1</sup>Aceitável ( $\leq 100$  NTU); Inadequado ( $> 100$  NTU).

**Fonte:** Resolução N° 357/05 do CONAMA.

Na Figura 16, estão as variabilidades espacial e temporal da turbidez da água, verificando-se que com exceção do ponto 3, houve um aumento da turbidez durante o período chuvoso. Isto ocorre porque a turbidez aumenta em função do aumento da concentração de partículas em suspensão na água carreados pelo escoamento superficial da água nesse período (CETESB, 2003).



**Figura 16.** Variação espacial e temporal da turbidez da água.

## 4.2.2. Parâmetros Químicos

### 4.2.2.1. Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na Tabela 11, observa-se que, em todos os pontos avaliados, a maioria das amostras coletadas se encontrou na classe de pH considerado de médio potencial de dano a sistemas de irrigação localizada.

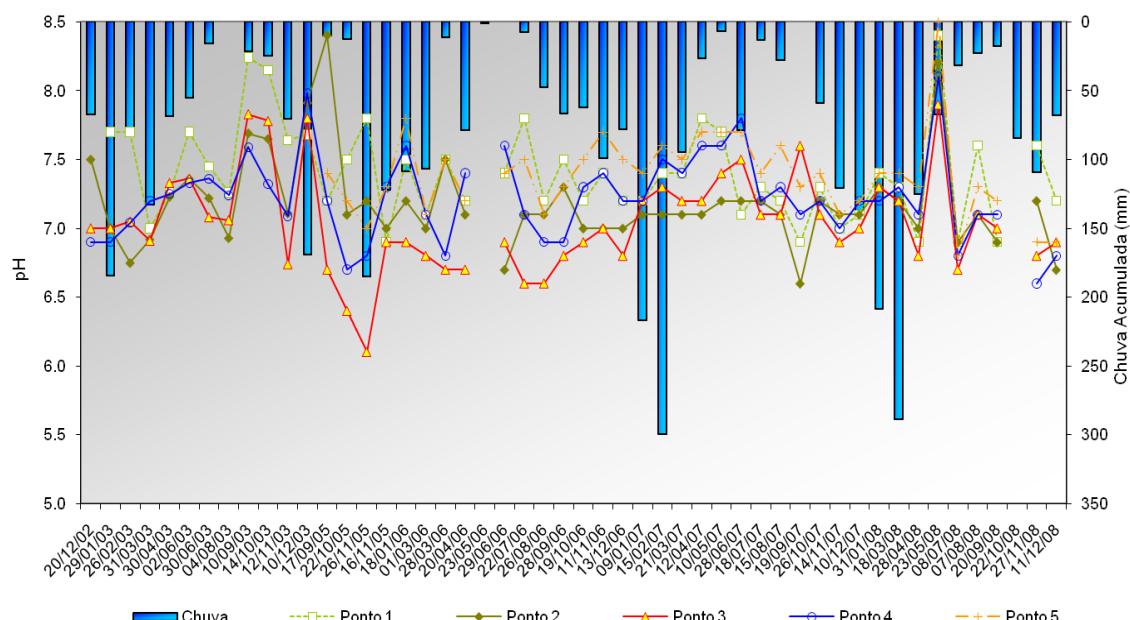
**Tabela 11.** Distribuição dos resultados de potencial hidrogeniônico (pH) de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação		
					Baixo	Médio	Alto
pH <sup>1</sup>					(% das amostras)		
Ponto 1	47	6,9	8,4	7,3	10,6	83,0	6,4
Ponto 2	48	6,6	8,4	7,2	16,7	79,2	4,2
Ponto 3	48	6,1	7,9	7,0	41,7	58,3	0,0
Ponto 4	48	6,6	8,1	7,2	20,8	77,1	2,1
Ponto 5	36	6,8	8,5	7,4	8,3	88,9	2,8

<sup>1</sup> Baixo (< 7,0); Médio (7,0 - 8,0); Alto (> 8,0).

Fonte: NAKAYAMA e BUCKS (1986).

Na Figura 17, estão as variabilidades espacial e temporal do pH da água, verificou-se uma tendência de aumento do pH em todos os pontos avaliados, durante o período seco. Também é possível verificar, que independente do período avaliado, há uma redução dos valores de pH a medida em que se aproxima da foz da microbacia.



**Figura 17.** Variação espacial e temporal do pH da água.

No período seco, um fator que pode ter contribuído para o aumento do pH, é a redução da turbidez da água, que ao favorecer a proliferação de algas, promove a assimilação de gás carbônico do meio pelo processo fotossintético, reduzindo assim, a concentração de ácido carbônico na água (MORAES, 2001). Já no período chuvoso, além da água da chuva apresentar naturalmente um pH em torno de 5,0 (TOMAZ, 2003), com o escoamento superficial, quanto maior a área drenada por cada ponto maior é a quantidade potencial de matéria orgânica transportada para o leito do córrego, resultando em redução nos valores de pH da água, fato este, que provavelmente poderia explicar este comportamento (VON SPERLING, 1996).

#### 4.2.2.2. Condutividade Elétrica

Na Tabela 12 estão os valores mínimos, máximos e médios e a classificação da condutividade elétrica, de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação, onde apenas o ponto 3 apresentou valores de alto potencial de risco para a salinização do solo (11,4% das amostras coletadas). Nos pontos 1, 2 e 5 as amostras (93,2; 93,2 e 87,5%, respectivamente) apresentaram valores dentro dos limites adequados para a irrigação. Nos pontos 3 e 4, 70,5 e 59,1% das amostras respectivamente, apresentaram valores de médio potencial de risco de salinização do solo.

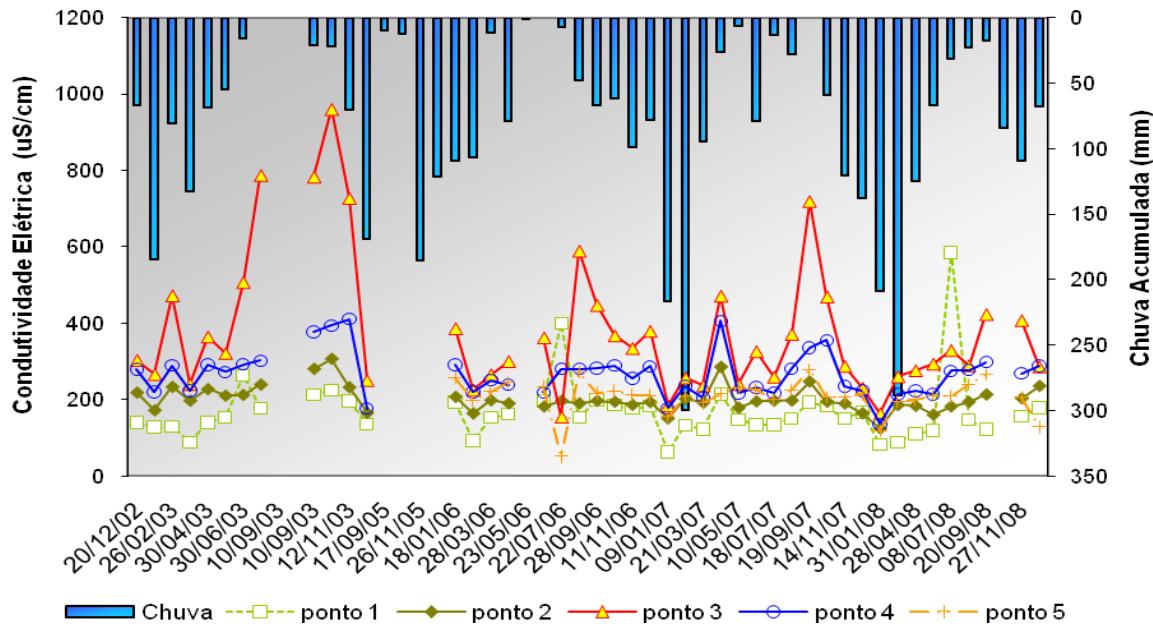
**Tabela 12.** Distribuição dos resultados de condutividade elétrica (a 25°C) em relação ao potencial de salinização do solo.

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação		
					Baixo	Médio	Alto
<b>Condutividade Elétrica<sup>1</sup></b>				$\mu\text{S cm}^{-1}$ a 25°C	(% das amostras)		
Ponto 1	44	63	585	170	93,2	6,8	0,0
Ponto 2	44	125	307	202	93,2	6,8	0,0
Ponto 3	44	155	961	377	18,2	70,5	11,4
Ponto 4	44	136	411	267	41,0	59,1	0,0
Ponto 5	32	52	279	209	87,5	12,5	0,0

<sup>1</sup> Baixo (< 250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25°C); Médio (250 - 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25°C); Alto (> 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25°C).

**Fonte:** U. S. D. A. Agriculture Handbook Nº 60 extraído de BERNARDO (1989).

A Figura 18 ilustra a variabilidade espacial e temporal da condutividade elétrica da água.



**Figura 18.** Variação espacial e temporal da condutividade elétrica da água a 25°C.

Na Figura 18, verifica-se que a variação dos valores de condutividade elétrica da água seguiu o mesmo comportamento dos sólidos dissolvidos e totais (Figuras 14 e 15), pois estes são constituídos na sua maioria por sais que influenciam diretamente na condutividade elétrica da água.

A variação temporal da condutividade elétrica mostrou-se, inversamente proporcional a quantidade de chuva acumulada entre os intervalos de avaliação. Isto ocorre porque durante o período seco, com a redução do volume de água do córrego, a concentração de sais dissolvidos se torna maior, ocasionando um aumento na condutividade elétrica.

A condutividade elétrica no ponto 3 foi a mais expressiva devido, provavelmente, a contribuição de efluentes provenientes da estação de tratamento de esgoto.

#### 4.2.2.3. Ferro Total

Na Tabela 13 estão os valores de mínimos, máximos e médios e a classificação de ferro total, segundo os padrões de qualidade de água para a irrigação, verificando-se que em todos os pontos avaliados, a maioria dos valores de concentração de ferro total na água manteve-se nas classes de médio a alto potencial de dano à operação de sistemas de irrigação localizada.

O ponto 3 foi o que apresentou valores mais altos de ferro total, com 54,2% das amostras coletadas classificadas como de alto potencial de dano. Os pontos 2 e 4 apresentaram respectivamente, 15,6 e 18,7 % das amostras dentro da classe de alto potencial de dano. O ponto 5 também apresentou valores de ferro total dentro da classe de alto potencial de dano, em 27,8% das amostras coletadas.

**Tabela 13.** Distribuição dos resultados da concentração de ferro total em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação		
					Baixo	Médio	Alto
Ferro Total <sup>1</sup>				mg L <sup>-1</sup>	(% das amostras)		
Ponto 1	48	0,1	2	0,6	4,2	91,7	4,2
Ponto 2	48	0,1	2,8	0,9	2,1	83,3	15,6
Ponto 3	48	0,2	5	1,8	0,0	45,8	54,2
Ponto 4	48	0,1	5	1,1	2,1	79,2	18,7
Ponto 5	36	0,2	3,9	1,2	0,0	72,2	27,8

<sup>1</sup> Baixo (< 0,2 mg L<sup>-1</sup>); Médio (0,2 - 1,5 mg L<sup>-1</sup>); Alto (> 1,5 mg L<sup>-1</sup>).

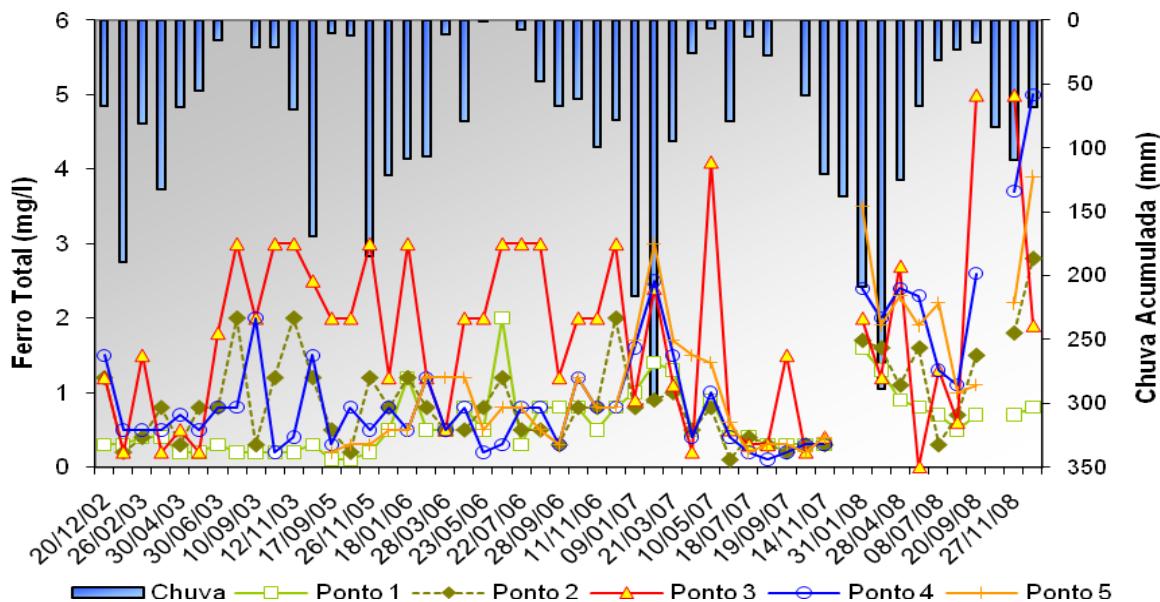
**Fonte:** NACKAYAMA e BUCKS (1986).

Estes altos valores de ferro total encontrados, em todos os pontos, possivelmente estão associados ao processo de assoreamento em que se encontra a microbacia, pois os ARGISOLOS VERMELHOS podem apresentar teores de óxidos de ferro de até 15% (PRADO, 1995) e se erodidos para o leito, podem contribuir com esse elemento na água.

Vanzela (2008) salienta que os altos incrementos de ferro obtidos no ponto 3, se devem provavelmente, a contribuição do efluente de esgoto lançado a montante desse ponto. Análises realizadas no efluente bruto e no tratado, em amostras coletadas no dia 06/05/2004, revelaram alta concentração de ferro total, com valores de 9,6 e 7,7 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente.

De acordo com a Figura 19, a variação temporal e espacial dos valores de concentração de ferro total não apresentou um comportamento definido. Embora a maior parte dos valores estejam elevados não é possível verificar se o regime de chuvas influenciou a maior ou menor concentração de ferro no manancial.

No ponto 3, as maiores concentrações, ocorreram durante o período de menor precipitação. Como esse ponto recebe incrementos constantes de ferro, proveniente do efluente de esgoto, com a redução do volume de água do córrego durante o período seco, a concentração de ferro na água tende a aumentar o que explicaria estes valores durante esse período.



**Figura 19.** Variação espacial e temporal da concentração de ferro total na água.

Nas condições do córrego Três Barras, no uso de sistemas de irrigação localizada é imprescindível projetar sistemas com atenção especial para a filtragem, pois há risco de deposição de ferro na tubulação à exemplo do relatado por Hernandez et al. (2001) com comprometimento de todo o cálculo hidráulico, devido à diminuição da área de passagem da água na tubulação, aumento da perda de carga e diminuição da pressão de serviço.

De acordo com Moura et al. (2007) em função da qualidade da água apresentada ao longo do ano no córrego Três Barras, irrigantes devem ter atenção com o sistema de filtragem, sendo este obrigatório em irrigação localizada, pois se mal dimensionados o desempenho e vida útil do sistema de irrigação pode ser afetado, sendo os elementos ferro e magnésio as principais causas da perda de qualidade química da água do manancial.

#### 4.2.2.4. Oxigênio Dissolvido

Na Tabela 14, verifica-se que o ponto 2 foi o que apresentou maior números de amostras (60,4 % das amostras), com valores inadequados de oxigênio dissolvido. Nos pontos 3 e 4, os valores apresentaram-se inadequados, em respectivamente 56,3 e 35,4 % das amostras. O ponto 1 foi o que apresentou melhor qualidade de água com relação ao oxigênio dissolvido, sendo encontrado valor inadequado em 18,7% das amostras).

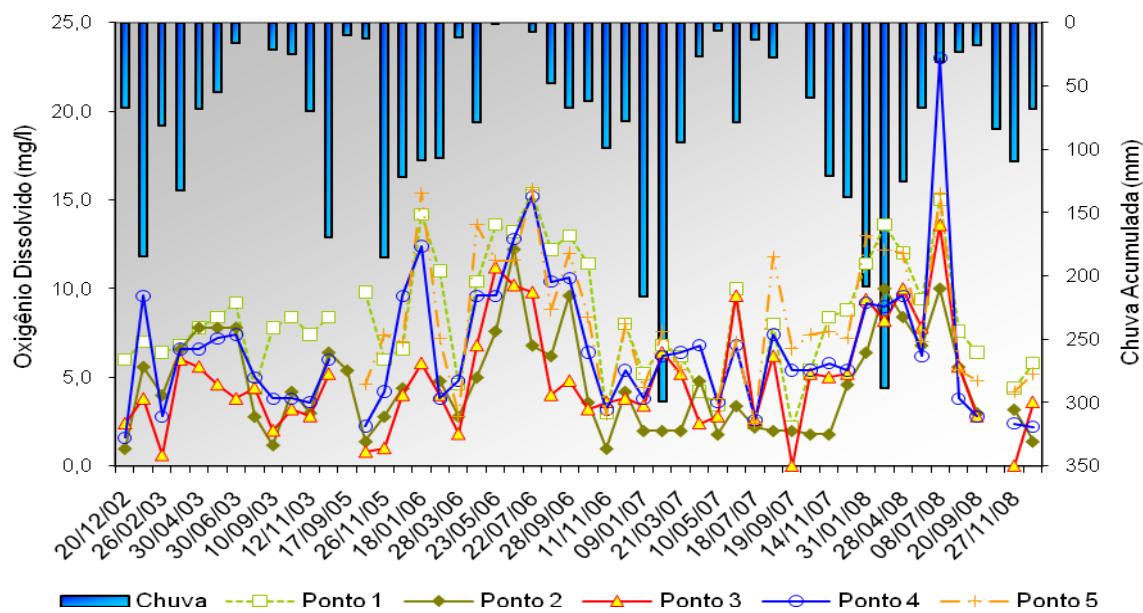
**Tabela 14.** Distribuição dos resultados da concentração de oxigênio dissolvido em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Aceitável	Inadequado
<b>Oxigênio Dissolvido<sup>1</sup></b>					<b>mg L<sup>-1</sup></b>	
Ponto 1	48	2,2	15,4	8,3	81,3	18,7
Ponto 2	48	1,0	12,2	4,6	39,6	60,4
Ponto 3	48	0,0	13,6	4,9	43,7	56,3
Ponto 4	48	1,6	23,0	6,6	64,6	35,4
Ponto 5	35	2,4	15,6	8,2	77,1	22,9

<sup>1</sup>Aceitável ( $\geq 5 \text{ mg L}^{-1}$ ); Inadequado ( $< 5 \text{ mg L}^{-1}$ ).

**Fonte:** Resolução N° 357/05 do CONAMA.

Na Figura 20 está disposta a variabilidade espacial e temporal da concentração de oxigênio dissolvido na água. Verifica-se em todos os pontos um aumento da concentração de oxigênio dissolvido durante o período seco, provavelmente porque a diminuição de chuvas cause uma redução na concentração de sólidos em suspensão, com conseqüente aumento da transparência da água, favorecendo a proliferação de algas, que pelo processo de fotossíntese liberam oxigênio, promovendo o aumento em suas concentrações (ESTEVES, 1998).



**Figura 20.** Variação espacial e temporal da concentração de oxigênio dissolvido na água.

No ponto 3, com o constante lançamento de cargas orgânicas e com a redução do volume de água do córrego durante o período seco, a concentração de matéria orgânica aumenta consideravelmente, promovendo, consequentemente, o

aumento no consumo de oxigênio por microorganismos decompositores, o que provavelmente poderia explicar os baixos níveis de oxigênio nestas condições, por outro lado ocorre também aumento da concentração de sólidos dissolvidos, e com isso, o teor de nutrientes na água favorecendo o desenvolvimento dessas algas, aumentando temporariamente os valores de oxigênio nesse ponto.

Os maiores valores de oxigênio encontrados foram no ponto 4, provavelmente porque nesse trecho o córrego esteja em processo de autodepuração.

#### 4.2.2.5. Cálcio, Magnésio e Dureza Total

Na Tabela 15, estão os valores mínimos, máximos e médios, e a classificação para os parâmetros de cálcio e magnésio, de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

**Tabela 15.** Distribuição dos resultados de cálcio e magnésio de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

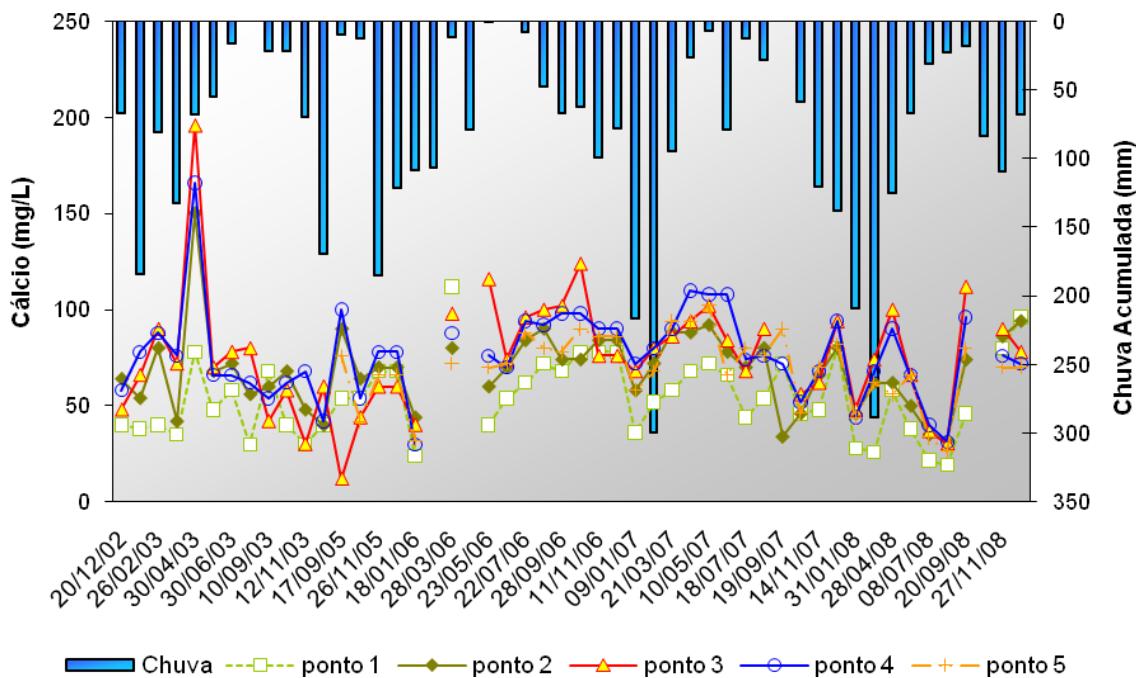
Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Normal (% das amostras)	Alto
<b>Cálcio<sup>1</sup></b>						
Ponto 1	47	19,2	112	54,6	100,0	0,0
Ponto 2	47	32,0	150	68,8	100,0	0,0
Ponto 3	46	12,0	196	75,8	100,0	0,0
Ponto 4	47	30,0	166	76,8	100,0	0,0
Ponto 5	35	26,4	102	69,7	100,0	0,0
<b>Magnésio<sup>2</sup></b>						
Ponto 1	46	8,0	88	37,9	89,1	10,9
Ponto 2	47	2,0	98	48,0	83,0	17,0
Ponto 3	46	14,0	520	66,5	65,2	34,8
Ponto 4	47	10,1	150	51,9	80,9	19,1
Ponto 5	35	9,1	104	50,3	68,6	31,4

<sup>1</sup> Normal ( $\leq 400 \text{ mg L}^{-1}$ ), Alto ( $> 400 \text{ mg L}^{-1}$ ); <sup>2</sup> Normal ( $\leq 60 \text{ mg L}^{-1}$ ), Alto ( $> 60 \text{ mg L}^{-1}$ ).

Fonte: AYERS e WESTCOT (1986).

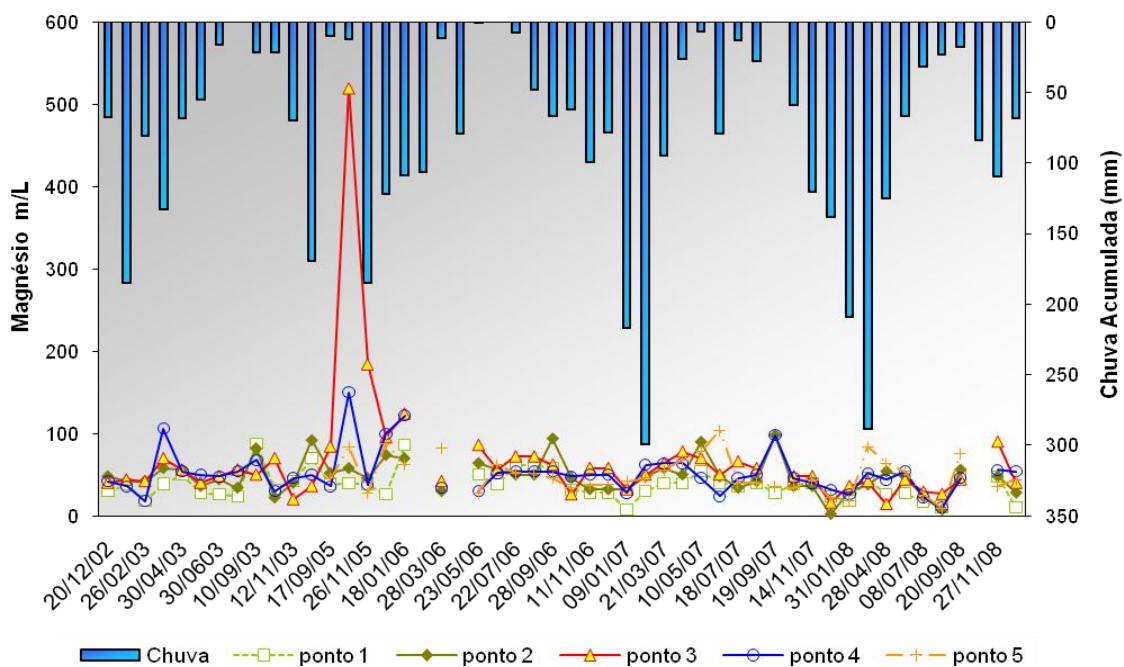
Na Tabela 15, em nenhum dos pontos houve amostras com altos valores de cálcio na água, sendo o ponto 4, o que apresentou uma maior média ( $76,79 \text{ mg L}^{-1}$ ). Quanto ao magnésio, somente os pontos 3 e 5 apresentaram valores acima da concentração normal, com 34,8 e 31,4 % respectivamente.

Na Figura 21, verifica-se que houve pouca variação da concentração de cálcio durante o ano, com exceção do dia 30/04/2003, onde em todos os pontos foram observados picos de concentração de cálcio.



**Figura 21.** Variação espacial e temporal da concentração de cálcio na água.

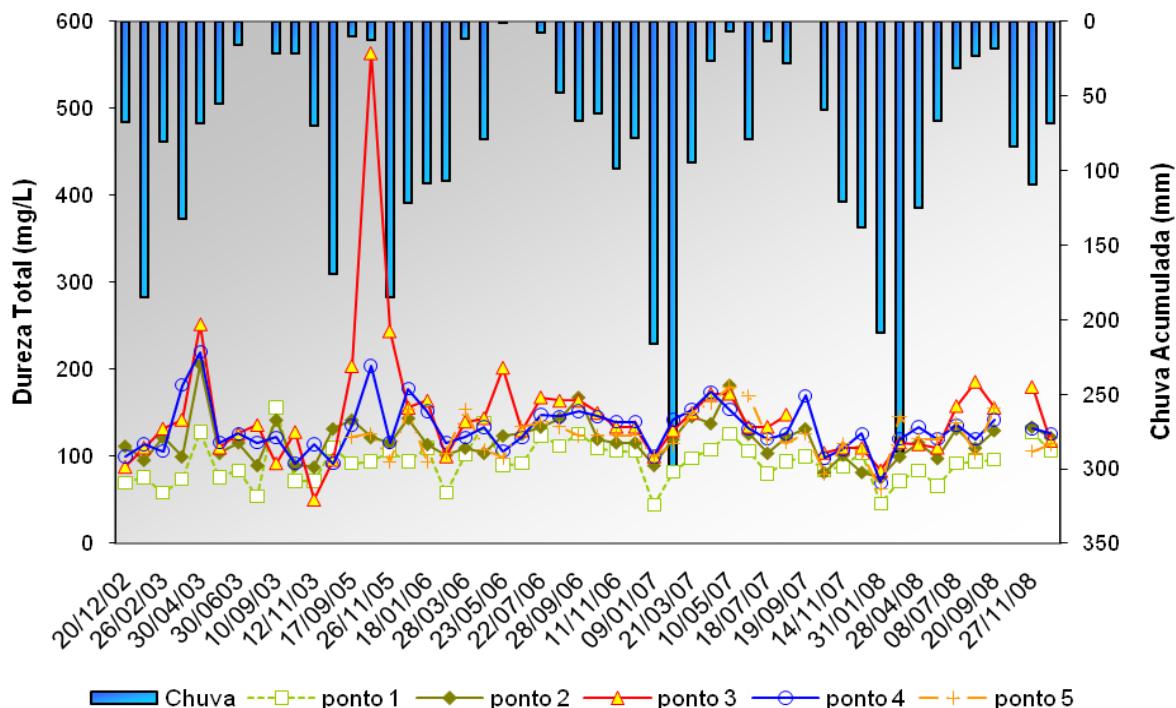
As concentrações de magnésio (Figura 22) apresentaram em todos os pontos pouca variação ao longo do tempo, exceto no dia 26/11/05 onde o ponto 3 obteve altas concentrações.



**Figura 22.** Variação espacial e temporal da concentração de magnésio na água.

Estes dados mostram que não foi possível traçar um perfil bem definido para o comportamento desses dois parâmetros, quando analisados separadamente.

A Figura 23, refere-se a variabilidade espacial e temporal da dureza da água, verificou-se que embora não houvesse grandes diferenças entre os pontos avaliados ao longo do ano, quanto ao período do ano, a tendência é que ocorra valores ligeiramente superiores durante o período seco, em todos os pontos avaliados, pois nesse período há um aumento na concentração de partículas dissolvidas em função da redução de vazão do córrego.



**Figura 23.** Variação espacial e temporal da dureza total da água.

#### 4.2.3. Parâmetros Biológicos

##### 4.2.3.1. Coliformes

Na Tabela 16 estão os valores mínimos, máximos e médios e a classificação da concentração de coliformes, onde o ponto 3 foi o que apresentou maiores concentrações de coliformes totais e fecais, com 100 e 90,7% das amostras, respectivamente, com alto potencial de contaminação para águas de classe 2, usada em irrigação. Os demais pontos também apresentaram valores inadequados de coliformes fecais, durante todo o período de avaliação, mas com menores concentrações.

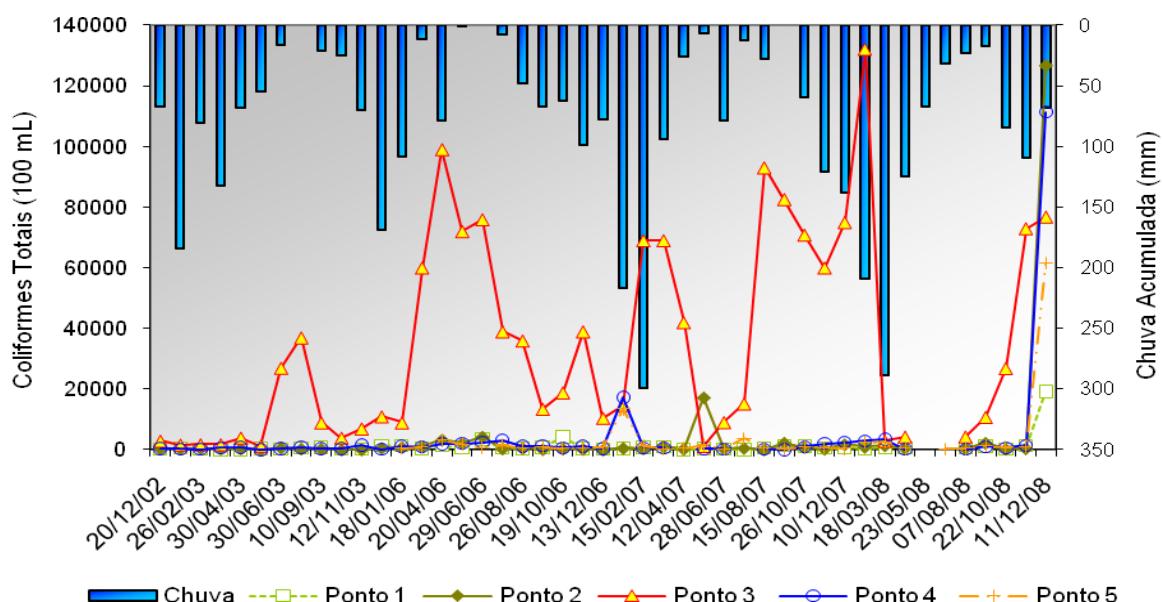
**Tabela 16.** Distribuição dos resultados da concentração de coliformes de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Aceitável	Inadequado
<b>Coliformes Totais<sup>1</sup></b>		<b>Coliformes 100 mL<sup>-1</sup></b>				(% das amostras)
Ponto 1	43	0	19200	1124	76,7	23,3
Ponto 2	43	60	126721	4138	74,4	25,6
Ponto 3	43	1200	132000	35215	0,0	100,0
Ponto 4	41	0	111360	4075	61,0	39,0
Ponto 5	32	180	61440	3329	62,5	37,5
<b>Coliformes Fecais<sup>1</sup></b>		<b>Coliformes 100 mL<sup>-1</sup></b>				(% das amostras)
Ponto 1	43	0	3840	208,84	95,3	4,7
Ponto 2	43	0	34560	1122,79	93,0	7,0
Ponto 3	43	0	81000	14517,91	9,3	90,7
Ponto 4	41	0	15360	793,17	87,8	12,2
Ponto 5	32	0	15360	840,63	90,6	9,4

<sup>1</sup> Aceitável (< 1000 un 100 mL<sup>-1</sup>); Inadequado (> 1000 un 100 mL<sup>-1</sup>).

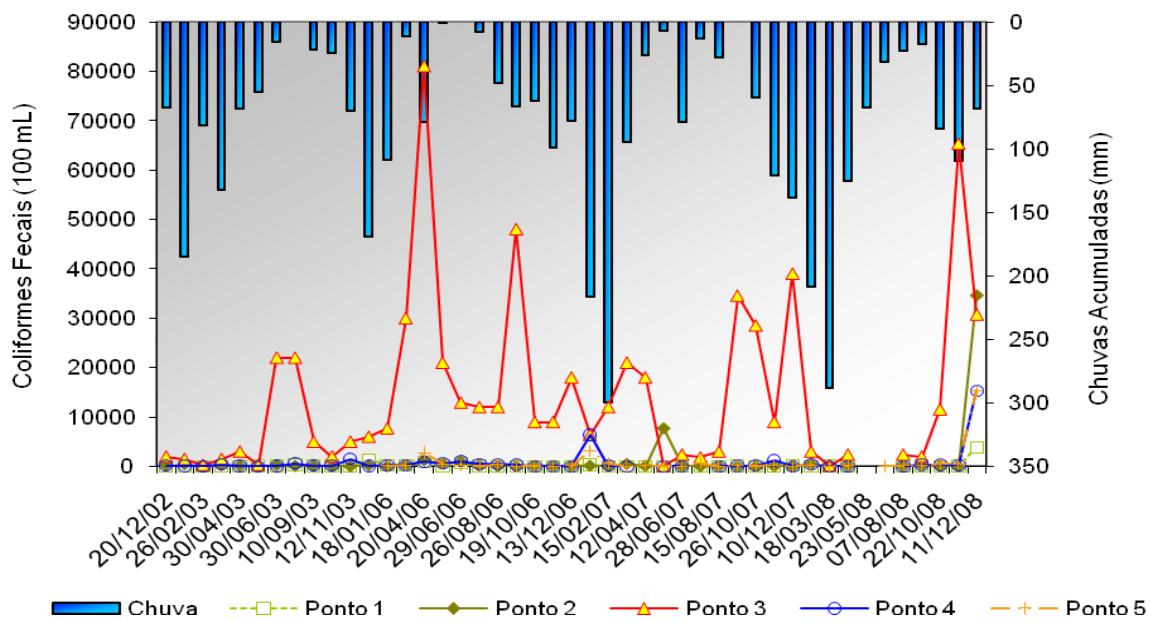
**Fonte:** Resolução 357/05 do CONAMA.

Na Figura 24, estão dispostas as variabilidades espacial e temporal da concentração de coliformes, ficando evidente o efeito do lançamento de efluente de esgoto, sobre a concentração de coliformes no ponto 3, concordando com Von Sperling (1996) que estima para cada 100 ml de esgotos domésticos, de  $10^6$  a  $10^9$  coliformes totais e de  $10^5$  a  $10^8$  coliformes fecais, o que provavelmente, após lançado na água do córrego, tenha contribuído para os altos valores encontrados nesse ponto.



**Figura 24.** Variação espacial e temporal da concentração de coliformes totais na água.

Nas Figuras 24 e 25, verifica-se claramente que os valores mais altos de coliformes, totais e fecais, foram no ponto 3. Como a quantidade de esgoto lançada no córrego é constante no ano, devido ao baixo volume de água no córrego durante o período seco, a concentração de coliformes tende a aumentar nesta época do ano.



**Figura 25.** Variação espacial e temporal da concentração de coliformes fecais na água.

Também é possível verificar a capacidade de recuperação da qualidade de água do ponto 3 para o ponto 4, através de uma significativa redução na concentração de coliformes, devido a diluição promovida pelos afluentes do córrego, que contribuiu para a autodepuração nesse trecho.

#### 4.2.4. Vazão

Os valores médios, máximos e mínimos de vazão registrados no período de monitoramento podem ser observados na tabela 17.

As vazões médias nos pontos 1, 3 e 4 foram de, respectivamente, 10,1; 29,3 e 63,4  $m^3 h^{-1}$ , no ano de 2003. As médias aumentaram nos anos seguintes, sendo o ano de 2007 o que apresentou maiores vazões e maior média de chuva acumulada. De acordo com Carvalho et al. (2000) este comportamento ocorre de forma natural, porque quanto maior a quantidade de chuvas e a área drenada pelo ponto, maior será a vazão.

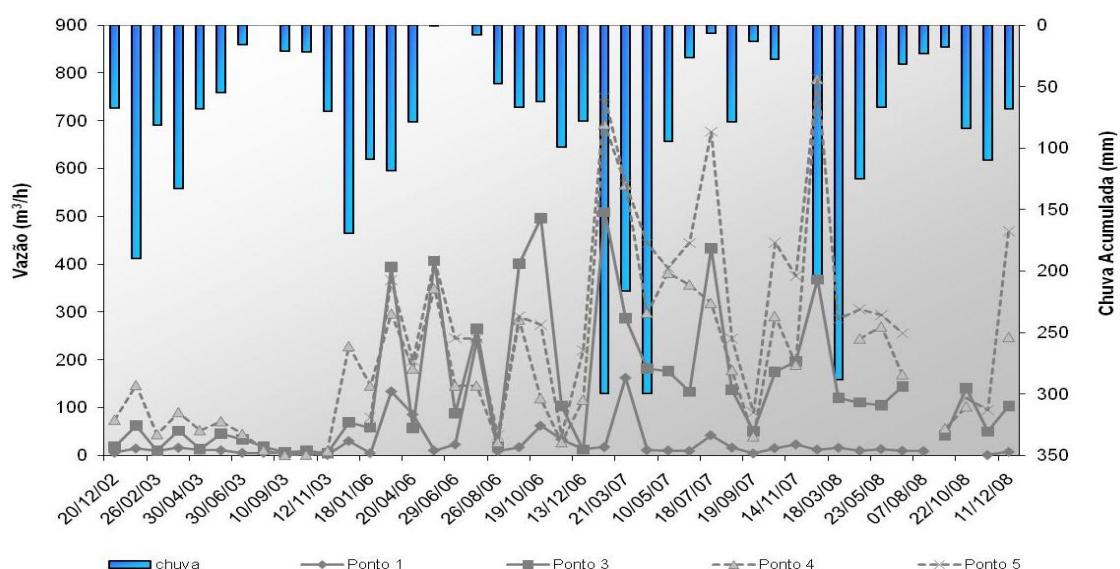
**Tabela 17.** Valores mínimos (Mín.), máximos (Máx.), médios (Méd.) da vazão do córrego Três Barras, município de Marinópolis SP, nos anos de 2003/08.

Variável Vazão (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )	Período avaliado											
	2003			2006			2007			2008		
	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd	Mín	Máx	Méd
<b>Ponto 1</b>	1,0	29,9	10,1	4,6	240,8	57,5	4,1	162,0	31,1	0,7	15,9	9,7
<b>Ponto 3</b>	4,4	69,2	29,3	11,9	496,1	209,1	50,7	509,1	227,8	41,4	367,7	131,3
<b>Ponto 4</b>	0,3	228,2	63,4	27,1	349,5	166,9	39,4	692,4	331,1	56,4	787,3	268,1
<b>Ponto 5</b>				42,4	408,2	219,2	90,1	750,2	443,1	95,1	788,4	326,5
<b>Chuva acum. (mm)</b>	0,0	189,7	74,9	0,0	118,2	60,7	6,7	299,4	118,1	17,8	288,4	102,3

A vazão média para os anos de 2003, 2006, 2007 e 2008 no ponto 1, foi de 210,1; 57,5; 31,1 e 9,7 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente, são valores abaixo da vazão de referência 97,2 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> ( $Q_{7,10}$ ) e isto remete a uma preocupação quanto a disponibilidade hídrica pois a água do manancial é utilizada para irrigação.

Os demais pontos apresentaram valores médios de vazão acima da vazão de referência, devido à contribuição de afluentes, não oferecendo risco de restrição de água para irrigação.

A variação das vazões observadas, nos quatro pontos predeterminados ao longo do Córrego Três Barras, no período de 20/12/2002 até 11/12/2008, e a respectiva quantidade de chuva acumulada em cada período, estão apresentados na figura 26.



**Figura 26.** Variação espacial e temporal da vazão e da chuva acumulada entre os intervalos de avaliação.

Verifica-se que as vazões nos pontos 1, 3, 4 e 5 responderam proporcionalmente a quantidade de chuva acumulada e a abrangência de sua respectiva área de drenagem, aumentando a medida em que se aproxima da foz da microbacia.

## 5. CONCLUSÃO

As concentrações de sólidos totais têm aumentado gradativamente, indicando que a microbacia está suscetível a erosão.

O ferro total foi o único parâmetro avaliado que durante todo o período de avaliação e em todos os pontos avaliados apresentou valores acima dos limites permitidos para a irrigação, oferecendo risco de entupimento dos emissores.

As concentrações de cálcio e magnésio encontrados, de acordo com as classificações estabelecidas, não oferecem restrições de uso para a irrigação. E embora os coliformes totais e fecais apresentem altas concentrações, somente o ponto 3 é considerado como inadequado, devido ao lançamento de efluente de esgoto, devendo-se evitar a utilização da água nesse trecho do córrego para qualquer tipo de atividade.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements.** Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998. 297p.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura.** Tradução: Gheyi, H. R. et al. Campina Grande: UFPB, 1991 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).
- AYERS, R.S; WESTCOT, D. W. **Calidad del agua para la agricultura.** Roma: FAO, Estudio FAO Riego y Drenaje, n. 29, 1984. 85p.
- BERNARDO, S. **Manual de Irrigação.** 4. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 1989. 488p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação.** 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625p.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** São Paulo, Ícone, 1990. 355p.
- CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática.** Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.
- CARVALHO, N. O.; FILIZOLA JUNIOR, N.P.; SANTOS, P.M.C.; LIMA, J.E.F.W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios.** Brasília: ANEEL, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132p.
- CHRISTOFOLLETTI, A., 1974. **Geomorfologia.** Ed. Edgard Blucher Ltda e EDUSP. 149 p.
- COELHO F. E.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. **Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água.** Bahia, 2005. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br>. Acesso em: 06 jul. 2009.
- 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. cap. 1, p. 9-14.

COMITÊ DA BACIA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do São José dos Dourados.** São Paulo, CBH - SJD, 2003. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br>. Acesso em: 10 set. 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002/ CETESB.** São Paulo: CETESB, 2003. 264p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986.** Brasília: D.O.U., 1986. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> . Acesso em: 10 de set. 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 274 de 2000.** Brasília: D.O.U., 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> . Acesso em: 27 de ago. de 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005.** Brasília: D.O.U., 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> . Acesso em: 10 de set. 2009.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E INTEGRAL. **Plano estadual de microbacias hidrográficas: córrego das Três Barras.** Marinópolis, SP, 2003. 50p.

COSTA P. M. C.; ELOI, M. W.; CARVALHO, C. M.; VALNIR JÚNIOR, M.; SILVA, M. A.N. **Caracterização qualitativa da água de irrigação na cultura da videira no município de Brejo Santo, Ceará.** Brejo Santo, 2005. Disponível em: <http://www.uepb.edu.br> . Acesso em: 14 set. 2009.

COUTO, J. L. V. **Limnologia.** Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <http://www.ufrj.br>. Acesso em: 12 set. 2009.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Pesquisa de dados dos recursos hídricos do estado de São Paulo.** São Paulo, 2004. Disponível em: <http://www.daee.sp.gov.br> . Acesso em: 10 set. 2009.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Síntese do relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo.** São Paulo: DAEE, 1999. 53p.

ENDERLEIN, U.S.; ENDERLEIN, R.E.; WILLIAMS, W.P. **Water Quality Requirements.** In: Helmer, R., Hespanhol, I., eds., Water Pollution Control. E&FN Spon. Londres, Inglaterra. 1997.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia.** Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 575p.

FACCIOLI, G. G. **Modelagem da Uniformidade e da Lâmina de Irrigação na Produtividade do Feijoeiro.** Viçosa, MG, UFV, 2002. 192 p. (Tese de doutorado).

FERRIER, R. C., EDWARDS, A. C., HIRST, D., et al. "Water Quality of Scottish Rivers: Spatial and Temporal Trends", The Science of the Total Environment, 2001 v. 265, pp. 327-342.

FUNDAÇÃO CENTRO TÉCNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. **Medidores de vazão para pequenos cursos d'água**. Rio de Janeiro: PRONI, 1990. 88p.

GEO BRASIL: Recursos Hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.264 p.

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. 2. ed. Campina Grande: UPPA, 1997. 390p.

HERNANDEZ, F.B.T. VANZELA, L.S; **Transporte de sedimentos na microbacia do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP**. In: XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Bonito/MS, 30 de julho a 02 de agosto de 2001. Anais.(CD-ROM).

HERNANDEZ, F.B.T.; SILVA, C. R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. **Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista**. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 30., 2001, Foz de Iguaçu. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

HERNANDEZ, F.B.T.; VANZELA L.S. **Transporte de sedimentos na microbacia do córrego três barras, Marinópolis, SP**. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola Bonito - MS, 30 de julho a 02 de agosto de 2007. 4p. CD-ROM.

HERNANDEZ; F.B.T.; VANZELA, L. S. **Diagnóstico da disponibilidade de água e do tranporte de sedimentos do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP**. In: XVI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem - Goiânia - 25 a 30/07/2006. 6p. CD-ROM.

HORTON, R.E., 1932. **Drainage Basin Characteristics**. Trans. American Geophysical Union, 13: 350-361.

IBIAPINA, A. V.. **Evolução da hidrometria no Brasil**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br> . Acesso em: 18 de set. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000 - resultados do universo**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> . Acesso em: 10 set. 2009.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981. 126p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução de C. H. B. A. Prado e A. C. Franco. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.

LIMA, A. F. **Problemas de engenharia sanitária**. Recife: UFPE, 1993. 319p.

LIMA, E.B.N.R. **Modelagem Integrada para Gestão da Qualidade da Água na Bacia do Rio Cuiabá.** Tese de Doutorado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2001, 206 p.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da Irrigação no Brasil. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **O estado das águas no Brasil parte 3 – usuários da água no Brasil.** Brasília: ANEEL, 1999.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia florestal In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H.F. (eds.) **Matas Ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo / FAPESP, 2000. cap.3, p.33-44.

MORAES, A. J. **Manual para a avaliação da qualidade da água.** São Carlos: RiMa, 2001. 44p.

MOURA, R.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; VANZELA, L.S. **Monitoramento da qualidade química da água para fins de irrigação no Córrego Três Barras, Marinópois - SP.** In: XXXVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola Bonito - MS, 30 de julho a 02 de agosto de 2007. 4p. CD-ROM.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production.** St. Joseph: ASAЕ, 1986. 383p.

PASSERAT DE SILANS, A.M.B., ALMEIDA, C. das N., ALBUQUERQUE, D.J.S.DE, PAIVA, A.E.D.B. **Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia hidrográfica do rio do Peixe-Estado da Paraíba.** Rev. Bras. Rec. Hídricos, v.5, n.3, p.5-19, 2000.

PEIXOTO, P. P., P. **Bases para aproveitamento e gerenciamento de recursos hídricos na região de Dourados – MS.** Tese (Doutorado) -- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas. Botucatu, 2002. 111p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba: Agropecuária, 2002. 478p.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. **Caracterização da qualidade de água.** In: BRANCO, S. M. **Hidrologia Ambiental.** São Paulo: Editora Universidade de São Paulo / ABRH, 1991. cap. 2, p. 27-66.

PORTO, M.F.A. **Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro.** Tese de Livre Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

PRADO, H. de. **Manual de classificação de solos do Brasil.** 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 197p.

SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada.** Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372p.

SHIKLOMANOV, L.A., 1998, **Global Water Resouces.** In: Nature and Resouces, PARIS, UNESCO, v. 26, pp. 34-43.

- SOARES, J. B; MAIA, A. C. F. **Água: microbiologia e tratamento.** Fortaleza: EUFC, 1999. 206p.
- STHRALER, A.N., 1957. **Quantitative analysis of watershed geomorphology.** *Trans. American Geophysical Union*, 38: 913-920.
- TOLEDO, L., G.; FERREIRA, C.J.A. **Impactos das atividades agrícolas na qualidade da água.** *Revista Plantio Direto, Passo Fundo*, n. 58, p. 21-27, 2000.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar Editora, 2003. 180p.
- TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1993. 943p.
- 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.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.1, p.55–64, 2010.
- VANZELA, L.S. **Planejamento integrado dos recursos hídricos para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis – SP.** Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2008.
- VANZELA, L.S; HERNANDEZ, F.B.T.; LIMA, R.C.; GARGANTINI, P.E. **Influência antrópica no transporte de sedimentos em microbacia degradada.** In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XV, Teresina, 16 a 21 de outubro de 2005. 6p. CD-ROM.
- VANZELA, L.S. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2004.
- VANZELA, L.S.; HERNANDEZ, F.B.T.; FIORAVANTE, C.D.; MAURO, F; LIMA, R.C. **Diagnóstico da microbacia do Córrego Três Barras no município de Marinópolis - SP para fins de irrigação.** In: XII CONIRD - Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. Juazeiro - BA, 26 a 31 de Outubro de 2003. 6p. CD-ROM.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos** (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; vol. 1). 2 ed. Belo Horizonte - MG: UFMG, 1996. 213 p.
- VON SPERLING, M. **Lagoas de Estabilização** (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; vol. 3). 3 ed. Belo Horizonte - MG: UFMG, 1996. 134 p.
- VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos** (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; vol. 2). 2 ed. Belo Horizonte - MG: UFMG, 1996. 211 p.

## APÊNDICE

### I. Resultado das análises realizadas no ano de 2003.

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA											VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS				
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	Dureza Total	SS mg L <sup>-1</sup>	SD mg L <sup>-1</sup>	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
													Totais	Fecais				
20/12/02	1	-	141	0.3	40	30	70	41	75	116	5.6	6.80	200	0	51.40	5.45	0.0015	
	2	-	219	1.2	64	48	112	26	105	131	1.0	7.50	400	200	14.30	-	-	
	3	-	304	1.2	48	40	88	18	150	168	2.4	7.00	3000	2000	31.80	67.1	18.42	
	4	-	280	1.5	58	42	100	33	130	163	1.6	6.90	300	200	30.50	-	74.25	
29/01/03	1	-	129	0.3	38	38	76	84	75	159	7.0	7.68	500	0	27.20	-	14.40	
	2	-	173	0.2	54	42	96	11	173	184	5.6	6.98	400	500	3.67	189.7	-	
	3	-	267	0.2	66	44	110	7	302	309	3.8	6.95	0	1700	0.00	-	62.74	
	4	-	220	0.5	78	36	114	40	170	210	9.6	6.91	100	200	2.49	-	146.71	
26/02/03	1	-	130	0.4	40	18	58	20	100	120	6.4	7.70	200	0	26.00	-	9.01	
	2	-	234	0.4	80	42	122	6	133	139	4.0	6.75	0	500	3.86	81.0	-	
	3	-	473	1.5	90	42	132	34	137	171	0.6	7.05	300	1800	7.80	-	9.12	
	4	-	290	0.5	88	18	106	27	146	173	2.8	7.04	100	0	6.42	-	43.92	
31/03/03	1	-	89	0.4	35	39	74	126	60	186	6.8	7.00	0	0	58.70	-	15.92	
	2	-	198	0.8	42	58	100	121	83	204	6.6	6.92	500	300	6.12	132.6	-	
	3	-	241	0.2	72	70	142	115	104	219	6.0	6.91	1800	1500	3.44	-	51.61	
	4	-	224	0.5	76	106	182	100	89	189	6.6	7.20	600	400	8.36	-	90.16	
30/04/03	1	-	141	0.2	78	50	128	4	81	85	7.8	7.26	0	0	14.70	-	11.58	
	2	-	228	0.3	150	56	206	3	120	123	7.8	7.23	500	100	5.29	68.3	-	
	3	-	365	0.5	196	56	252	5	194	199	5.6	7.33	4000	3000	6.32	-	12.94	
	4	-	292	0.7	166	54	220	1	181	182	6.6	7.25	800	100	5.76	-	52.40	
02/06/03	1	-	254	0.2	48	28	76	4	111	115	8.4	7.70	400	100	6.31	-	10.68	
	2	-	211	0.8	68	36	104	11	127	138	7.8	7.36	100	0	4.58	54.9	-	
	3	-	322	0.2	70	40	110	18	199	217	4.6	7.36	300	1300	0.60	-	45.40	
	4	-	273	0.5	66	50	116	10	180	190	7.2	7.33	0	0	3.09	-	71.22	

Continuação...

Continuação...

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA												VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS			
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	Dureza Total	SS mg L <sup>-1</sup>	SD mg L <sup>-1</sup>	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
												Totalais	Fecais					
30/06/03	1	-	164	0.3	58	26	84	4	124	128	9.2	7.45	100	100	24.30	5.28	0.0015	
	2	-	213	0.8	72	44	116	3	163	166	7.8	7.22	700	200	11.10	-	-	
	3	-	508	1.8	78	48	126	2	291	293	3.8	7.08	27000	22000	11.60	16.0	33.13	
	4	-	293	0.8	66	48	126	20	199	219	7.4	7.36	300	100	7.97	44.66	0.0124	
04/08/03	1	-	178	0.2	30	24	54	29	59	88	4.4	7.26	500	300	13.30	5.18	0.0014	
	2	-	240	2.0	56	34	90	40	93	133	2.8	6.93	400	100	11.60	0.0	-	
	3	-	788	3.0	80	56	136	39	310	349	4.4	7.06	37000	22000	86.10	18.01	0.0050	
	4	-	302	0.8	62	54	116	7	130	137	5.0	7.24	700	600	7.50	10.62	0.0029	
10/09/03	1	-	213	0.2	68	88	156	9	145	154	7.8	8.24	700	100	10.69	6.28	0.0017	
	2	-	281	0.3	60	82	142	11	161	172	1.2	7.69	400	100	2.63	-	-	
	3	-	784	2.0	42	50	92	37	353	390	2.0	7.83	9000	5000	37.60	21.4	6.53	
	4	-	377	2.0	54	68	122	30	223	253	3.8	7.59	400	200	2.54	0.29	0.0001	
14/10/03	1	-	225	0.2	40	32	72	7	152	159	8.4	8.15	200	100	6.30	2.03	0.0006	
	2	-	307	1.2	68	22	90	10	186	196	4.2	7.65	0	100	6.19	24.7	-	
	3	-	961	3.0	58	70	128	45	573	618	3.2	7.78	4000	2000	68.60	9.70	0.0027	
	4	-	394	0.2	62	30	92	6	239	245	3.8	7.32	300	200	0.60	0.79	0.0002	
12/11/03	1	-	197	0.2	30	42	72	10	115	125	7.4	7.64	100	100	10.48	1.00	0.0003	
	2	-	233	2.0	48	40	88	11	135	146	3.0	7.11	100	0	0.00	70.1	-	
	3	-	728	3.0	30	20	50	147	564	711	2.8	6.74	7000	5000	14.60	4.44	0.0012	
	4	-	411	0.4	68	46	114	40	280	320	3.6	7.09	1500	1500	2.75	9.12	0.0025	
10/12/03	1	-	136	0.3	40	70	110	31	48	79	8.4	7.68	1400	1400	42.00	29.96	0.0083	
	2	-	166	1.2	40	92	132	41	42	83	6.4	7.91	600	200	33.40	169.2	-	
	3	-	251	2.5	60	36	96	20	112	132	5.2	7.80	11000	6000	8.95	69.28	0.0192	
	4	-	177	1.5	42	50	92	25	50	75	6.0	7.98	100	100	4.41	228.26	0.0634	

## II. Resultado das análises realizadas no ano de 2005.

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA										VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS					
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe	Ca	Mg	Dureza Total	SS	SD	STS	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
				mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>		mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	Totais	Fecais					
17/09/05	1	26.0	-	0.1	54	38	92	45	112	157	-	7.20	-	-	6.63	-	-	
	2	27.0	-	0.5	90	52	142	107	165	272	5.4	8.40	-	-	3.89	-	-	
	3	21.0	-	2.0	120	84	204	56	335	391	-	6.70	-	-	265.00	10.00	-	
	4	22.0	-	0.3	100	36	136	43	220	263	-	7.20	-	-	4.13	-	-	
	5	21.2	-	0.2	76	46	122	8	153	161	-	7.40	-	-	10.79	-	-	
22/10/05	1	23.0	-	0.1	54	40	94	58	68	126	9.8	7.50	-	-	10.54	-	-	
	2	22.5	-	0.2	64	58	122	19	124	143	1.4	7.10	-	-	2.82	-	-	
	3	22.5	-	2.0	44	520	564	205	277	482	0.8	6.40	-	-	239.00	12.2	-	
	4	23.0	-	0.8	54	150	204	17	202	219	2.3	6.70	-	-	11.00	-	-	
	5	23.0	-	0.3	42	84	126	14	203	217	4.6	7.20	-	-	10.47	-	-	
26/11/05	1	26.0	-	0.2	68	38	106	14	129	143	6.0	7.80	-	-	49.40	-	-	
	2	23.5	-	1.2	70	46	116	25	131	156	2.8	7.20	-	-	11.20	-	-	
	3	23.0	-	3.0	60	184	244	34	322	356	1.0	6.10	-	-	19.90	185.1	-	
	4	24.5	-	0.5	78	38	116	19	181	200	4.2	6.80	-	-	16.60	-	-	
	5	24.0	-	0.3	66	28	94	57	86	143	7.4	7.00	-	-	33.70	-	-	
16/12/05	1	28.0	-	0.5	68	26	94	13	62	75	6.6	6.90	-	-	32.10	-	-	
	2	26.0	-	0.8	70	74	144	15	138	153	4.4	7.00	-	-	7.60	-	-	
	3	23.0	-	1.2	60	96	156	16	168	184	4.0	6.90	-	-	31.70	121.8	-	
	4	28.0	-	0.8	78	100	178	31	144	175	9.6	7.30	-	-	7.26	-	-	
	5	25.0	-	0.5	66	88	154	73	101	174	7.0	7.30	-	-	5.52	-	-	

### III. Resultado das análises realizadas no ano de 2006.

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA											VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS				
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	Dureza Total	SS mg L <sup>-1</sup>	SD mg L <sup>-1</sup>	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
												Totais	Fecais					
18/01/06	1	28.0	194	1.2	24	86	110	6	123	129	14.2	7.50	1260	240	9.88	4.69	0.0013	
	2	27.5	208	1.2	44	70	114	53	140	193	7.20	7.20	900	0	9.71	-	-	
	3	26.5	387	3.0	40	124	164	41	260	301	5.8	6.90	9000	7680	39.70	108.9	57.91	
	4	30.0	291	0.5	30	122	152	3	177	180	12.4	7.60	1140	240	6.93	145.44	0.0404	
	5	29.5	257	0.5	32	62	94	7	150	157	15.4	7.80	480	120	8.04	78.94	0.0219	
01/03/06	1	28	93	0.5	-	-	58	88	73	161	11.0	7.10	-	-	17.00	133.7	0.0371	
	2	29	165	0.8	-	-	102	92	101	193	4.8	7.00	-	-	26.00	-	-	
	3	27	226	1.2	-	-	100	77	65	142	4.0	6.80	-	-	2.90	106.7	394.13	
	4	28.7	220	1.2	-	-	116	51	90	141	3.8	7.10	-	-	24.00	296.48	0.0824	
	5	29	199	1.2	-	-	104	69	58	127	7.2	7.10	-	-	14.00	366.91	0.1019	
28/03/06	1	27	153	0.5	112	-	102	110	40	150	4.6	7.50	400	180	0.00	-	-	
	2	27.5	199	0.5	80	30	110	95	93	188	2.8	7.50	1020	180	4.60	-	-	
	3	26.5	266	0.5	98	42	140	69	95	164	1.8	6.70	60000	30000	6.30	11.5	-	
	4	29.5	251	0.5	88	34	122	5	163	168	4.8	6.80	900	240	6.10	-	-	
	5	29.5	221	1.2	72	82	154	29	134	163	2.8	7.50	840	240	6.20	-	-	
20/04/06	1	22.3	162	0.8	-	-	138	5	124	129	10.4	7.20	1320	900	14.00	85.42	0.0237	
	2	22	191	0.5	-	-	104	7	134	141	5.0	7.10	3300	1200	12.00	-	-	
	3	21	301	2.0	-	-	144	57	206	263	6.8	6.70	99000	81000	21.00	78.8	57.37	
	4	24	239	0.8	-	-	134	99	70	169	9.6	7.40	1920	900	13.00	181.44	0.0504	
	5	22	246	1.2	-	-	108	7	184	191	13.6	7.20	3060	2760	5.00	197.82	0.0550	
23/05/06	1	22	-	0.5	40	50	90	2	92	94	13.6	-	660	120	17.00	10.42	0.0029	
	2	23	-	0.8	60	64	124	42	37	79	7.6	-	2160	480	19.00	-	-	
	3	21	-	2.0	116	86	202	43	113	156	11.2	-	72000	21000	13.00	0.8	406.80	
	4	22	-	0.2	76	30	106	32	129	161	9.6	-	1980	600	19.00	349.36	0.0970	
	5	22	-	0.5	70	28	98	23	113	136	11.6	-	1860	540	17.00	408.24	0.1134	
29/06/06	1	20	197	2.0	54	38	92	112	2	114	13.2	7.40	3360	660	28.00	22.68	0.0063	
	2	19	183	1.2	70	56	126	85	84	169	12.2	6.70	4320	900	3.50	-	-	
	3	18	363	3.0	74	56	130	43	113	156	10.2	6.90	75900	12900	19.00	0	88.22	
	4	19	219	0.3	70	52	122	71	89	160	12.8	7.60	2400	1080	1.50	145.62	0.0405	
	5	18	235	0.8	72	62	134	70	102	172	11.6	7.40	720	180	13.00	245.07	0.0681	

Continuação...

Continuação...

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA										VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS					
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	Dureza Total	SS mg L <sup>-1</sup>	SD mg L <sup>-1</sup>	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
													Totais	Fecais				
22/07/06	1	19	399	0.3	62	62	124	3	133	136	15.4	7.80	540	60	1.70		240.88	0.0669
	2	19	198	0.5	84	50	134	20	135	155	6.8	7.10	420	180	0.00		-	-
	3	18	155	3.0	96	72	168	78	281	359	9.8	6.60	39000	12000	12.00	7.6	265.19	0.0737
	4	21	281	0.8	94	54	148	-	-	-	15.2	7.10	3180	480	30.00		145.62	0.0405
	5	19	52	0.8	88	52	140	33	125	158	15.6	7.50	1620	180	4.80		245.07	0.0681
26/08/06	1	21	153	0.8	72	40	112	18	102	120	12.2	7.20	300	0	6.40		8.92	0.0025
	2	21	191	0.5	90	54	144	19	130	149	6.2	7.10	600	60	4.60		-	-
	3	21	590	3.0	100	64	164	78	281	359	4.0	6.60	36000	12000	45.00	47.7	17.60	0.0049
	4	22.5	281	0.8	92	54	146	60	169	229	10.4	6.90	1180	460	10.00		27.14	0.0075
	5	21	272	0.5	80	54	134	52	106	158	8.8	7.10	540	420	6.60		42.48	0.0118
28/09/06	1	25	200	0.8	68	58	126	-	-	-	13.0	7.50	720	0	0.28		17.13	0.0048
	2	25	198	0.3	74	94	168	45	74	119	9.6	7.30	180	0	3.99		-	-
	3	21	448	1.2	102	62	164	60	213	273	4.8	6.80	135000	48000	7.58	66.9	401.31	0.1115
	4	27	283	0.3	98	54	152	73	182	255	10.6	6.90	1260	360	34.70		283.28	0.0787
	5	28	217	0.3	78	46	124	35	141	176	12.0	7.30	780	60	3.10		291.06	0.0809
19/10/06	1	27	186	0.8	78	32	110	19	148	167	11.4	7.20	4200	0	7.70		61.99	0.0172
	2	27	195	0.8	74	46	120	54	61	115	3.6	7.00	360	0	8.60		-	-
	3	27	368	2.0	124	26	150	52	58	110	3.2	6.90	18900	900	25.00	62	496.13	0.1378
	4	27	290	1.2	98	48	146	0	173	173	6.4	7.30	660	0	18.00		119.19	0.0331
	5	26	223	1.2	90	34	124	8	127	135	8.4	7.50	540	0	11.00		273.29	0.0759
11/11/06	1	20	177	0.5	78	28	106	20	120	140	3.0	7.40	420	0	2.90		34.04	0.0095
	2	21	187	0.8	84	32	116	42	93	135	1.0	7.00	300	0	5.00		-	-
	3	22	335	2.0	76	58	134	25	203	228	3.6	7.00	39000	9000	16.00	99	103.68	0.0288
	4	21.5	256	0.8	90	50	140	2	171	173	3.2	7.40	1140	0	6.20		27.14	0.0075
	5	21	213	0.8	86	38	124	9	158	167	2.9	7.70	720	0	5.10		42.48	0.0118
13/12/06	1	23	183	0.8	78	28	106	10	153	163	8.0	7.20	120	0	9.20		12.39	0.0034
	2	25	194	2.0	84	32	116	26	134	160	4.2	7.00	60	0	15.00		-	-
	3	24	380	3.0	76	58	134	65	192	257	3.8	6.80	10500	1800	26.00	78.1	11.95	0.0033
	4	24	288	0.8	90	50	140	14	162	176	5.4	7.20	420	0	7.00		116.19	0.0323
	5	24	211	0.8	86	38	124	43	112	155	8.0	7.50	840	120	11.00		219.78	0.0611

#### IV. Resultado das análises realizadas no ano de 2007.

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA											VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS			
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe	Ca	Mg	Dureza Total	SS	SD	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
				mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>		mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>	Total	Fecais				
09/01/07	1	26	63	1.0	36	8	44	9	75	84	5.2	7.20	420	300	36.00	-	-
	2	27	152	0.8	58	32	90	5	176	181	2.0	7.10	600	120	18.00	-	-
	3	26	185	0.9	68	32	100	-	-	-	3.4	7.20	14720	6400	5.30	216.5	-
	4	27	178	1.6	72	28	100	10	128	138	3.8	7.20	17280	6400	27.00	-	-
	5	27	156	1.7	58	42	100	126	1	127	4.4	7.40	13440	3200	26.00	-	-
15/02/07	1	24	134	1.4	52	30	82	23	56	79	6.8	7.40	780	0	9.40	17.42	0.0048
	2	21	203	0.9	72	48	120	5	94	99	2.0	7.10	480	0	5.10	-	-
	3	26	258	2.4	80	50	130	32	45	77	6.4	7.30	69000	12000	8.10	299.4	905.59
	4	27	235	2.5	80	62	142	45	76	121	6.2	7.50	660	180	17.00	692.44	0.1923
	5	27	210	3.0	68	46	114	32	126	158	7.6	7.60	1320	600	19.00	750.24	0.2084
21/03/07	1	27	122	1.3	58	40	98	24	35	59	6.2	7.40	900	0	10.00	162.00	0.0450
	2	24	193	1.0	88	58	146	29	97	126	2.0	7.10	1080	480	6.30	-	-
	3	24	237	1.1	86	64	150	12	89	101	5.2	7.20	69000	21000	4.30	94.4	287.00
	4	25	206	1.5	90	64	154	2	81	83	6.4	7.40	660	0	14.00	566.05	0.1572
	5	25	191	1.7	94	56	150	17	126	143	5.4	7.50	360	60	15.00	568.55	0.1579
12/04/07	1	26	215	0.5	68	40	108	35	44	79	4.2	7.80	0	0	12.00	11.08	0.0031
	2	27	286	0.5	88	50	138	5	93	98	4.8	7.10	320	60	4.80	-	-
	3	25	472	0.2	94	78	172	25	151	176	2.4	7.20	42000	18000	8.80	26.2	181.33
	4	26	406	0.4	110	64	174	49	94	143	6.8	7.60	-	-	11.00	297.78	0.0827
	5	26	215	1.5	94	68	162	2	156	158	-	7.70	540	180	15.00	443.83	0.1233
10/05/07	1	-	147.9	0.9	72	54	126	5	90	95	3.4	7.70	420	0	15.00	10.43	0.0029
	2	-	179.7	0.8	92	90	182	104	2	106	1.8	7.2	17280	7680	6.10	-	-
	3	-	241	4.1	102	70	172	55	121	176	2.8	7.4	1200	0	6.70	6.7	175.96
	4	-	218	1.0	108	46	154	42	56	98	3.6	7.6	240	0	11.00	381.61	0.1060
	5	-	232	1.4	102	78	180	10	155	165	3.8	7.7	1560	60	10.00	392.13	0.1089
28/06/07	1	22	134.2	0.4	66	40	106	9	88	97	10	7.10	120	0	11.00	9.33	0.0026
	2	21	196.1	0.1	78	48	126	52	89	141	3.4	7.2	420	0	4.20	-	-
	3	19	327	0.5	84	50	134	11	190	201	9.6	7.5	9120	2400	10.00	79	133.04
	4	20	232	0.4	108	24	132	50	137	187	6.8	7.8	180	0	18.00	-	356.97
	5	20	227	0.6	66	104	170	22	121	143	7	7.7	240	0	15.00	-	444.44
18/07/07	1	20	135	0.4	44	36	80	25	97	122	2.4	7.30	60	0	21.00	42.08	0.0117
	2	20	198	0.4	70	34	104	28	157	185	2.2	7.2	600	0	16.00	-	-
	3	20	260	0.3	68	66	134	20	183	203	2.6	7.1	15240	1800	19.00	13	432.81
	4	22	218	0.2	74	46	120	38	139	177	2.6	7.2	-	-	16.00	-	937.73
	5	20	201	0.2	80	40	120	19	121	140	2.4	7.4	3720	600	22.00	-	677.30

Continuação...

Continuação...

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA										VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS					
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	Dureza Total	SS mg L <sup>-1</sup>	SD mg L <sup>-1</sup>	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
													Totais	Fecais				
15/08/07	1	20	150.8	0.3	54	40	94	5	104	109	8	7.20	540	0	3.80		16.16	0.0045
	2	20	198.5	0.3	80	42	122	38	94	132	2	7.1	120	0	5.50		-	-
	3	21	372	0.3	90	58	148	56	154	210	6.2	7.1	93000	3000	14.00	27.9	137.23	0.0381
	4	22	282	0.1	76	50	126	53	104	157	7.4	7.3	180	0	15.00		178.31	0.0495
	5	21	225	0.3	76	40	116	48	110	158	11.8	7.6	540	60	26.00		244.94	0.0680
19/09/07	1	25	194	0.3	72	28	100	22	128	150	2.2	6.9	1320	60	14.00		4.06	0.0011
	2	28	248	0.2	34	98	132	9	158	167	2	6.6	2340	0	3.90		-	-
	3	25	720	1.5	-	-	-	107	444	551	0	7.6	82560	34560	290.00	0	50.69	0.0141
	4	27	336	0.2	72	98	170	7	167	174	5.4	7.1	60	60	18.00		39.39	0.0109
	5	25	279	0.3	90	36	126	43	158	201	6.6	7.3	180	120	17.00		90.12	0.0250
26/10/07	1	24	182.9	0.3	46	38	84	7	100	107	5.4	7.3	1200	0	6.60		15.19	0.0042
	2	24	195	0.3	46	36	82	27	112	139	1.8	7.2	900	0	11.00		-	-
	3	23	470	0.2	56	48	104	36	150	186	5.2	7.1	70850	28500	15.00	78	196.56	0.0546
	4	24	356	0.3	52	46	98	20	134	154	5.4	7.2	960	200	20.00		298.98	0.0831
	5	24	207	0.2	46	34	80	64	114	178	7.4	7.4	900	0	20.00		444.60	0.1235
14/11/07	1	24	151.1	0.3	48	40	88	17	94	111	8.4	7	540	0	4.70		22.96	0.0064
	2	26	190.7	0.3	66	36	102	15	107	122	1.8	7.1	300	0	8.30		-	-
	3	25	288	0.4	62	48	110	39	119	158	5	6.9	60000	9000	1.60	120.7	196.56	0.0546
	4	26	235	0.3	68	40	108	8	194	202	5.8	7	1980	1200	3.50		189.48	0.0526
	5	25	208	0.4	70	44	114	42	111	153	7.6	7.1	660	240	7.40		375.84	0.1044
10/12/07	1	24	166.6	-	80	24	104	4	125	129	8.8	7.1	558	180	7.20		-	-
	2	26	165.4	-	80	2	82	3	65	68	4.6	7.1	1800	0	7.70		-	-
	3	25	231	-	94	16	110	33	162	195	5.2	7	75000	39000	13.00	138.1	-	-
	4	26	224	-	94	32	126	66	84	150	5.4	7.2	2400	0	45.00		-	-
	5	26	215	-	82	22	104	26	77	103	7.2	7.2	378	0	40.00		-	-

**V. Resultado das análises realizadas no ano de 2008.**

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA										VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS					
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	Dureza Total	SS mg L <sup>-1</sup>	SD mg L <sup>-1</sup>	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
													Totais	Fecais				
31/01/08	1	28	82.6	1.6	28	18	46	16	102	118	11.4	7.4	240	0	38.00	12.20	0.0034	
	2	28	125.4	1.7	46	30	76	66	54	120	6.4	7.3	960	420	45.00	-	-	
	3	27	163.9	2	48	36	84	27	125	152	9.4	7.3	132000	3000	23.00	208.7	367.74	
	4	27	136.3	2.4	44	26	70	21	120	141	9.2	7.2	2940	420	40.00	787.30	0.2187	
	5	27	118.4	3.5	44	18	62	8	133	141	13	7.4	2460	240	55.00	788.40	0.2190	
18/03/08	1	27	89.1	1.3	26	46	72	42	46	88	13.6	7.3	720	60	37.00	15.99	0.0044	
	2	27	186.7	1.6	62	38	100	6	106	112	10	7.2	1440	180	15.00	-	-	
	3	25	261	1.2	74	42	116	45	101	146	8.2	7.2	2940	120	11.00	288.4	119.707	
	4	25	214	2	68	52	120	13	158	171	9	7.3	3420	0	23.00	-	-	
	5	25	195	1.9	62	84	146	4	147	151	12.2	7.4	2520	0	20.00	285.19	0.0792	
28/04/08	1	28	111.2	0.9	58	26	84	1	53	54	12	6.9	600	0	18.00	9.80	0.0027	
	2	25	184.3	1.1	62	54	116	30	108	138	8.4	7.0	540	0	11.00	-	-	
	3	26	277	2.7	100	14	114	85	26	111	10	6.8	4380	2400	17.00	125.2	78.08	
	4	25	223	2.4	90	44	134	116	226	342	9.6	7.1	120	0	27.00	244.46	0.0679	
	5	24	200	2.3	56	64	120	513	610	1123	12	7.3	420	180	35.00	305.67	0.0849	
23/05/08	1	22	119.2	0.8	38	28	66	30	101	131	9.4	8.4	-	-	12.00	13.17	0.0037	
	2	19	161.6	1.6	50	48	98	38	65	103	6.8	8.2	-	-	14.00	-	-	
	3	22	294	5	66	44	110	20	69	89	7.8	7.9	-	-	55.00	67	104.65	
	4	22	214	2.3	66	54	120	24	138	162	6.2	8.1	-	-	26.00	269.46	0.0749	
	5	21	211	1.9	66	54	120	36	100	136	7	8.5	-	-	25.00	304.37	0.0845	
8/07/08	1	28	585	0.7	21.6	16.89	92	13	76	89	15	6.8	-	-	18	9.75	0.0027	
	2	19	183	0.3	35.2	23.23	132	35	99	134	10	6.9	-	-	7.9	-	-	
	3	18	330	1.3	36.8	29.08	158	25	158	183	13.6	6.7	-	-	18	31.4	143.87	
	4	19	276	1.3	40	23.04	136	11	140	151	23	6.8	-	-	16	169.34	0.0470	
	5	18	209	2.2	33.6	25.06	138	11	48	59	15.4	6.8	180	60	25	227.45	0.0632	

Continuação...

Continuação...

Data	Ponto	T (°C)	PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA												VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS			
			CE uS cm <sup>-1</sup>	Fe mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	Dureza Total	SS mg L <sup>-1</sup>	SD mg L <sup>-1</sup>	ST S	OD	pH	Coliformes 100 mL <sup>-1</sup>		Turbidez NTU	Chuva Acumulada (mm)	Vazão m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	Vazão m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup>
													Totais	Fecais				
7/08/08	1	26	147.8	0.5	19.2	11.04	94	55	20	75	7.6	7.6	600	0	10		9.75	0.0027
	2	26	194.9	0.7	32	7.2	110	96	11	107	5.6	7.1	540	0	8.4		-	-
	3	18	290	0.6	30.4	26.4	186	10	168	178	5.6	7.1	4380	2400	25	23	143.865	0.0400
	4	24	278	1.1	31.2	10.08	120	45	125	170	3.8	7.1	120	0	18		169.344	0.0470
	5	18	240	1	26.4	9.12	104	57	57	114	5.4	7.3	420	180	10		227.448	0.0632
20/09/08	1	19	122	0.7	46	50	96	13	32	45	6.4	6.9	1080	60	13		9.75	0.0027
	2	19	214	1.5	74	56	130	9	81	90	3	6.9	2280	180	13		-	-
	3	18	424	5	112	44	156	19	334	353	2.8	7	10800	1980	37	17.8	143.865	0.0400
	4	19	299	2.6	96	46	142	13	207	220	2.8	7.1	960	300	20		169.344	0.0470
	5	18	266	1.1	80	76	156	9	189	198	4.8	7.2	1260	120	10		227.448	0.0632
22/10/08	1	21	147.8	0	19.2	11.04	94	14	109	123	7.6	7.6	180	0	10		9.75	0.0027
	2	25	194.9	0	32	7.2	110	5	136	141	5.6	7.1	300	0	8.4		-	-
	3	24	290	0	30.4	26.4	186	87	194	281	5.6	7.1	26880	11520	25	84.1	143.865	0.0400
	4	24	278	0	31.2	10.08	120	44	144	188	3.8	7.1	660	300	18		169.344	0.0470
	5	24	240	0	26.4	9.12	104	17	100	117	5.4	7.3	920	480	10		227.448	0.0632
27/11/08	1	25	156.4	0.7	80	48	128	14	109	123	4.4	7.6	1260	120	12		9.75	0.0027
	2	27	204	1.8	86	48	134	5	136	141	3.2	7.2	480	0	9.6		-	-
	3	26	408	5	90	90	180	87	194	281	0	6.8	72960	65280	100	109.5	143.865	0.0400
	4	26	269	3.7	76	56	132	44	144	188	2.4	6.6	1380	240	23		169.344	0.0470
	5	25	207	2.2	70	36	106	27	131	158	4.2	6.9	1080	540	16		227.448	0.0632
11/12/08	1	29	178.6	0.8	96	10	106	6	82	88	5.8	7.2	19200	3840	21		9.75	0.0027
	2	27	236.3	2.8	94	28	122	53	49	102	1.4	6.7	126721	34560	19		-	-
	3	25	287	1.9	78	40	118	42	121	163	3.6	6.9	76800	30730	40	68.1	143.865	0.0400
	4	26	289	5	72	54	126	33	133	166	2.2	6.8	111360	15360	50		169.344	0.0470
	5	25	128.7	3.9	70	44	114	14	82	96	5.2	6.9	61440	15360	60		227.448	0.0632