

# DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA MICROBACIA DO CÓRREGO TRÊS BARRAS, MARINÓPOLIS, SP

**Autores:** SILVA, M. C<sup>1</sup>.; MOURA, R. S<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônoma, Doutoranda em Ciência do solo, Departamento de Engenharia Rural, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – FCAV, UNESP, Jaboticabal, e-mail: micheleagro@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônoma, Mestranda em Agronomia, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, Ilha Solteira, SP.

**RESUMO:** Atualmente, existe grande preocupação com a preservação dos recursos hídricos, sendo cada vez mais valorizado e cobrado o uso adequado da água. O trabalho objetivou diagnosticar os recursos hídricos na microbacia do córrego Três Barras, município de Marinópolis, SP. Foram avaliados: sólidos totais, suspensos e dissolvidos, turbidez, pH, dureza total, cálcio, magnésio, ferro total, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e coliformes (fecais e totais). Verificou-se que as concentrações de sólidos totais têm aumentado gradativamente, principalmente no período chuvoso. O ferro total foi o único atributo avaliado cuja concentração esteve acima dos limites permitidos em todos os locais de amostragem. As concentrações de cálcio e magnésio não oferecem restrições de uso e, embora os coliformes totais e fecais apresentem altas concentrações, somente o ponto 3 é considerado como inadequado, devido ao lançamento de efluente, devendo-se portanto, evitar a utilização da água nesse trecho do córrego para irrigação de vegetais consumidos *in natura*.

**Palavras-chave:** contaminação, uso antrópico, perda de solo e efluente.

**ABSTRACT:** Currently, there is great concern with the preservation of water resources, increasingly valued and charged the proper use of water. The work sought to diagnose the water resources in the watershed of the stream Três Barras, municipality of Marinópolis, SP. were evaluated: total suspended solids, turbidity, and dissolved, pH, total hardness, calcium, magnesium, iron, electrical conductivity, dissolved oxygen and coliforms (fecal and total). The concentrations of total solids have increased gradually, especially in the rainy season. The total iron was the only attribute evaluated whose concentration was above the limits allowed in all sampling sites. Concentrations of calcium and magnesium does not provide usage restrictions, and although the fecal coliform and presenting high concentrations only point 3 is regarded as inappropriate, due to the release of effluent and so avoid the use of water in this stretch of the Creek for irrigation of plants consumed *in natura*.

**Keyword:** contamination, use anthropic, loss of soil and effluent.

## INTRODUÇÃO

Entre os recursos naturais que o homem dispõe, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável para a sua sobrevivência. 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).

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, e 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 mais 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, deve-se estabelecer 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 n<sup>o</sup> 7.663 em 30 de dezembro de 1991 que estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, portanto com dianteira de cinco anos relativamente à Lei Nacional n<sup>o</sup> 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).

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).

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; 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 e 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; 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.

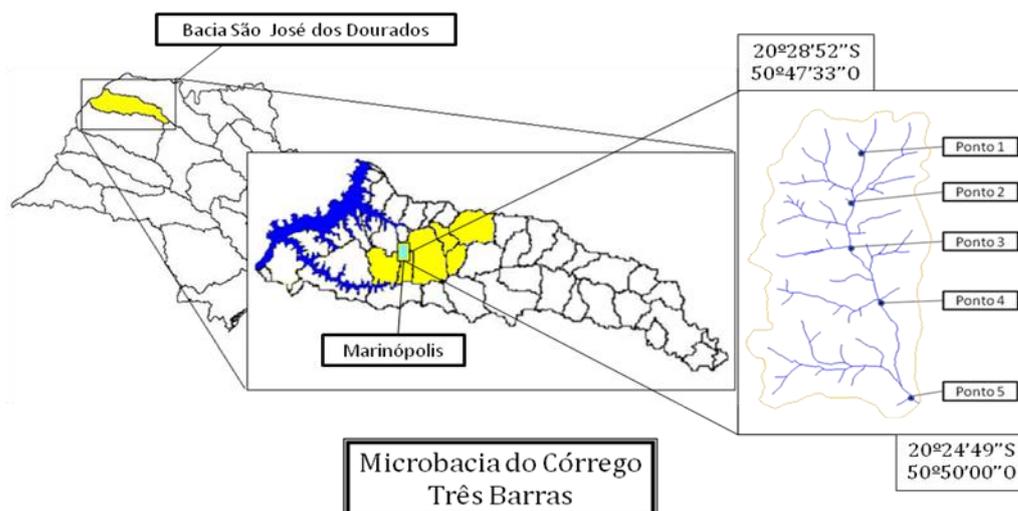
De acordo com Hernandez e Vanzela (2006), o córrego Três Barras tem apresentado vazões abaixo da média da região e descargas sólidas acima das condições ideais, indicando que o manancial está em processo avançado de assoreamento e degradação, sendo que medidas concretas devem ser adotadas para a reversão 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 orgânicos 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 et al., 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, poderia aumentar de 2 a 4 vezes a vazão específica, além de proporcionar redução na concentração de sólidos totais, redução da dureza total e condutividade elétrica e aumento de oxigênio dissolvido.

## **METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado na microbacia do Córrego Três Barras em cinco pontos de coleta, situada no perímetro rural do município de Marinópolis - SP, nos domínios da Bacia do rio 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 emersas 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) (COMITÊ DA BACIA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS, 2003).

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

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.

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 foram realizadas, 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, cujos dados são do período de 20/12/2002 a 10/12/2007 (em 2004 não houve coletas), obtidas nos mesmos pontos e coletadas da mesma forma, somando então 5 anos de pesquisa sobre o comportamento da microbacia.

Para evitar o efeito imediato das chuvas sobre a 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 água; (3) e a subdivisão da microbacia em pontos equidistantes.

Os parâmetros físicos, químicos 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 Alforkit. Para as análises de oxigênio dissolvido, as amostras foram coletadas em garrafas de Van Dorn onde, simultaneamente, foi adicionado reagente para a complexação do oxigênio ainda no campo evitando, assim, a desoxigenação durante o transporte das amostras, posteriormente determinado pelo método de Winkler modificado.

Para a avaliação da qualidade de água, levou-se em consideração o potencial de dano à 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 1.

**Tabela 1.** Parâmetros avaliados e limites estabelecidos para a classificação da qualidade de água para a irrigação.

Problema	Limites Estabelecidos			Referência	
	Classificação	Baixo	Médio		Alto
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)	$\leq 100$	> 100		
	Oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ )	> 5,0	$\leq 5,0$		
	Coliformes totais ( $100 \text{ mL}^{-1}$ )	$\leq 1.000$	> 1.000		
Coliformes fecais ( $100 \text{ mL}^{-1}$ )	$\leq 1000$	> 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.

## DESCOBERTAS E DISCUSSÕES

Na Tabela 2 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.

Verificou-se que para os sólidos suspensos, todos os pontos apresentaram valores considerados de alto dano 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.

**Tabela 2.** Classificação dos resultados de sólidos suspensos e dissolvidos de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação

Parâmetro	N° de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação		
					Baixo	Médio	Alto
<b>Sólidos Suspensos<sup>1</sup></b>					<b>(% das amostras)</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>					<b>(% das amostras)</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

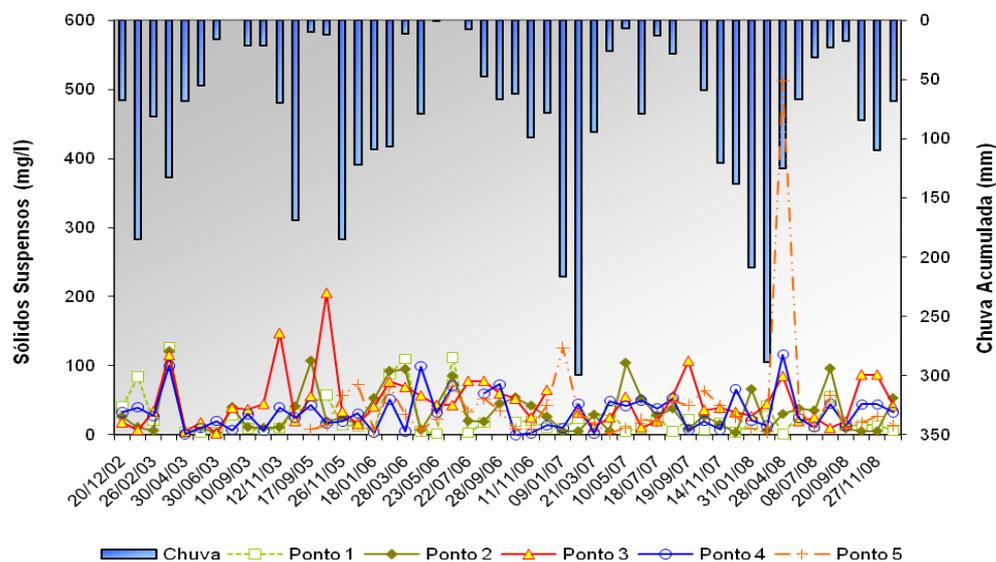
<sup>1</sup> Baixo (< 50 mg L<sup>-1</sup>); Médio (50 - 100 mg L<sup>-1</sup>); Alto (> 100 mg L<sup>-1</sup>);

<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).

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.

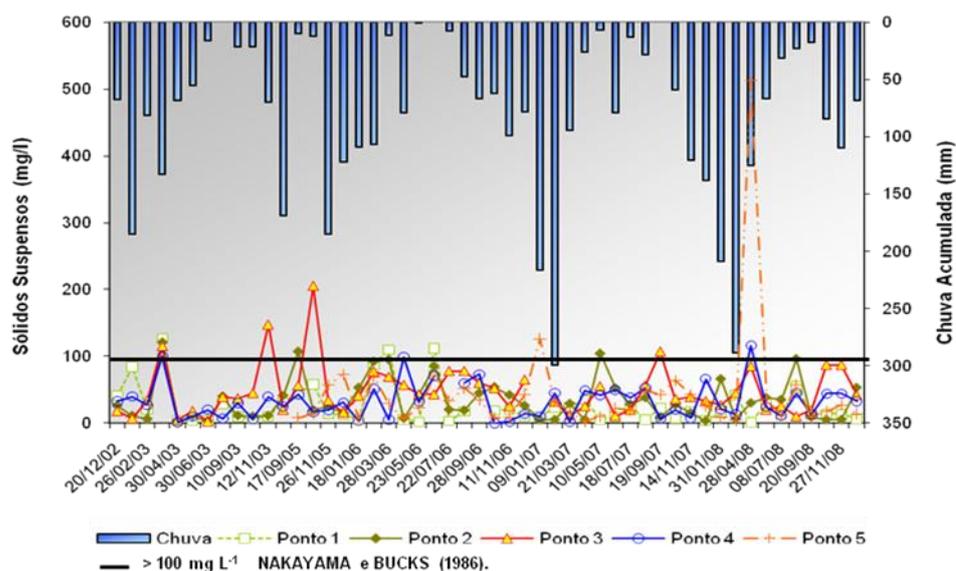
De acordo com a Figura 2, observou-se que as maiores concentrações de sólidos suspensos ocorreram concomitantemente com o período de maior ocorrência de chuvas, pois ao entrar em contato com a superfície do solo, a água transporta partículas de solo, sais e matéria orgânica para o leito do córrego. O ponto 3, por receber o efluente de tratamento de esgoto, apresenta valores maiores que os demais pontos de coleta.



**Figura 2.** Variação espacial e temporal da concentração de sólidos suspensos na água.

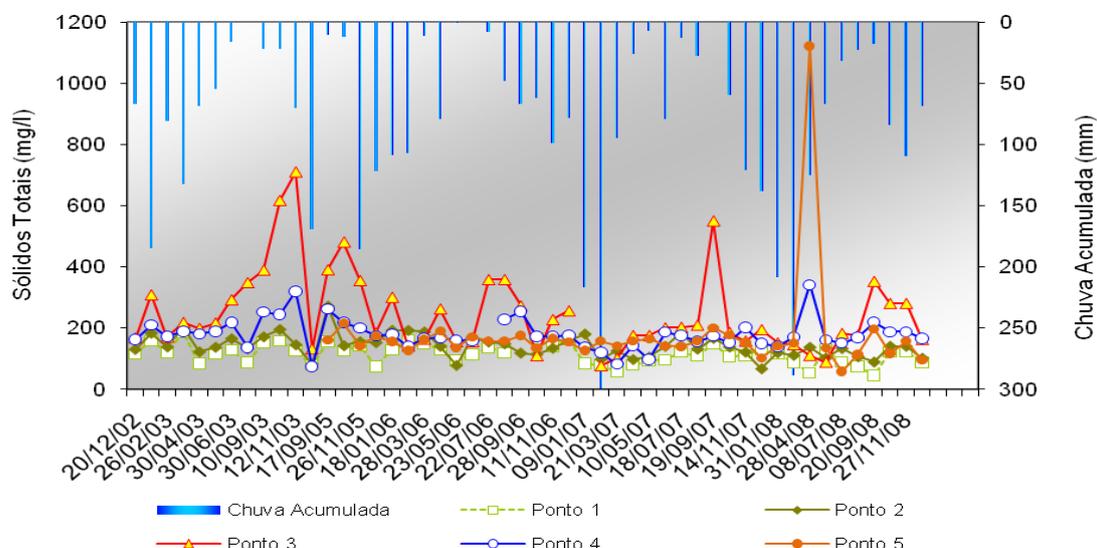
Na Figura 3, verifica-se que, ao contrário dos sólidos suspensos, os valores de concentração de sólidos dissolvidos aumentaram durante o período de menores precipitações. Isso porque, durante o período seco, com a redução do volume de água do córrego, as concentrações de sólidos dissolvidos tendem a 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 efluente de esgoto.



**Figura 3.** Variação espacial e temporal da concentração de sólidos dissolvidos na água.

Os sólidos totais, cuja variabilidade espacial e temporal pode ser verificado pela Figura 4, teve o comportamento similar ao dos sólidos dissolvidos (Figura 3), havendo 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 4.** Variação espacial e temporal da concentração de sólidos totais na água.

Na Tabela 3, verificou-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.

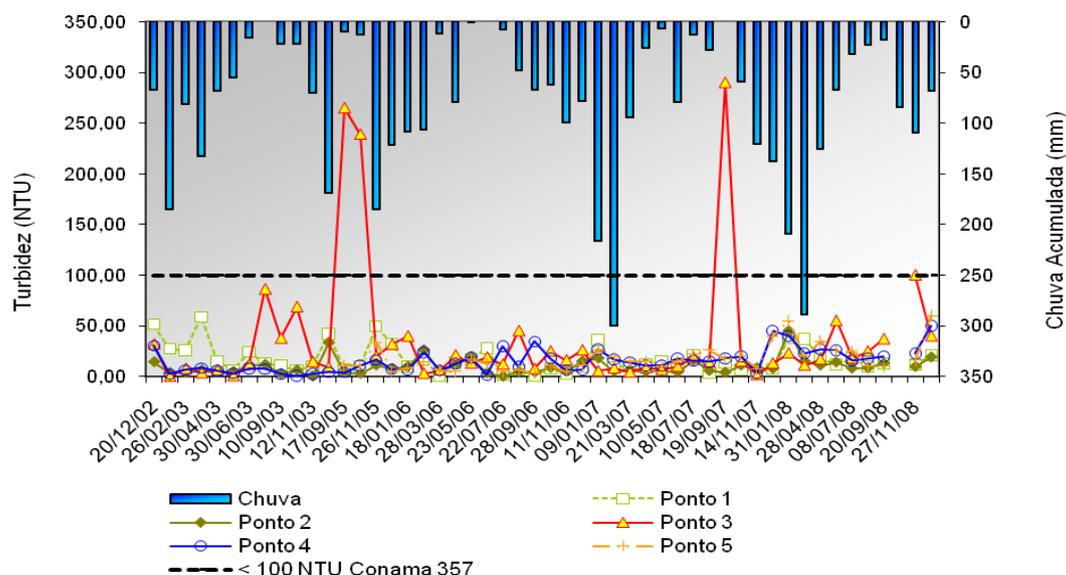
**Tabela 3.** Distribuição dos resultados de turbidez em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Aceitável	Inadequado
<b>Turbidez<sup>1</sup></b>					<b>(% das amostras)</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 Nº 357/05 do CONAMA.

Na Figura 5, 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, carregados pelo escoamento superficial da água nesse período (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO- CETESB, 2003).



**Figura 5.** Variação espacial e temporal da turbidez da água.

Na Tabela 4, observou-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 4.** Distribuição dos resultados de potencial hidrogeniônico (pH) de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

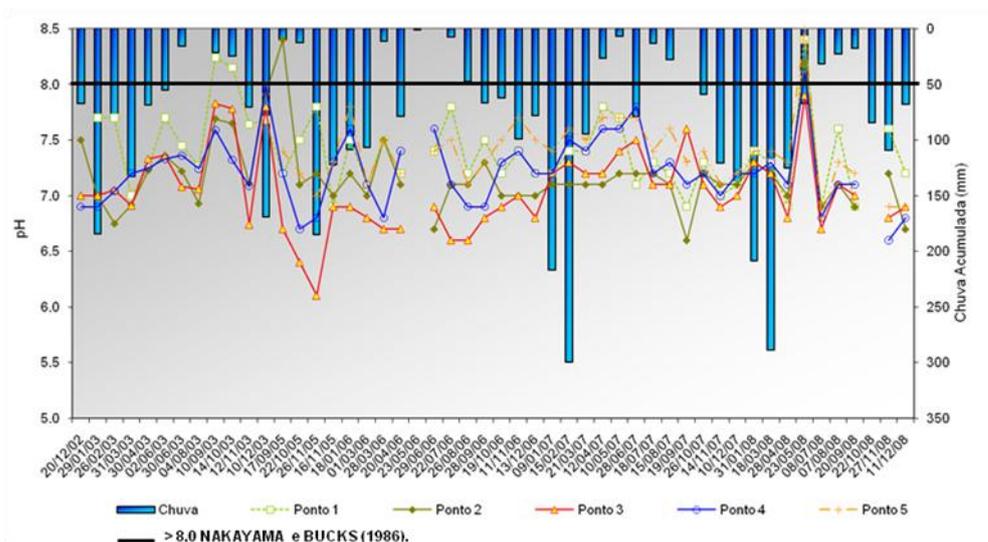
Parâmetro	N° de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação		
					Baixo	Médio	Alto
<b>pH<sup>1</sup></b>					<b>(% das amostras)</b>		
Ponto 1	47	6,9	8,4	7,3	10,6	83,0	6,4
Ponto 2	48	6,6	8,4	7,2	16,7	79,2	4,2
Ponto 3	48	6,1	7,9	7,0	41,7	58,3	0,0
Ponto 4	48	6,6	8,1	7,2	20,8	77,1	2,1
Ponto 5	36	6,8	8,5	7,4	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 6, estão as variabilidades espacial e temporal do pH da água, onde 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.

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 no ponto 3 (VON SPERLING, 1996c).



**Figura 6.** Variação espacial e temporal do pH da água.

Na Tabela 5 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 5.** Distribuição dos resultados de condutividade elétrica (a 25°C) em relação ao potencial de salinização do solo.

Parâmetro	N° de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação		
					Baixo	Médio	Alto
<b>Condutividade Elétrica<sup>1</sup></b>		<b><math>\mu\text{S cm}^{-1}</math> a 25°C</b>			<b>(% das amostras)</b>		
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

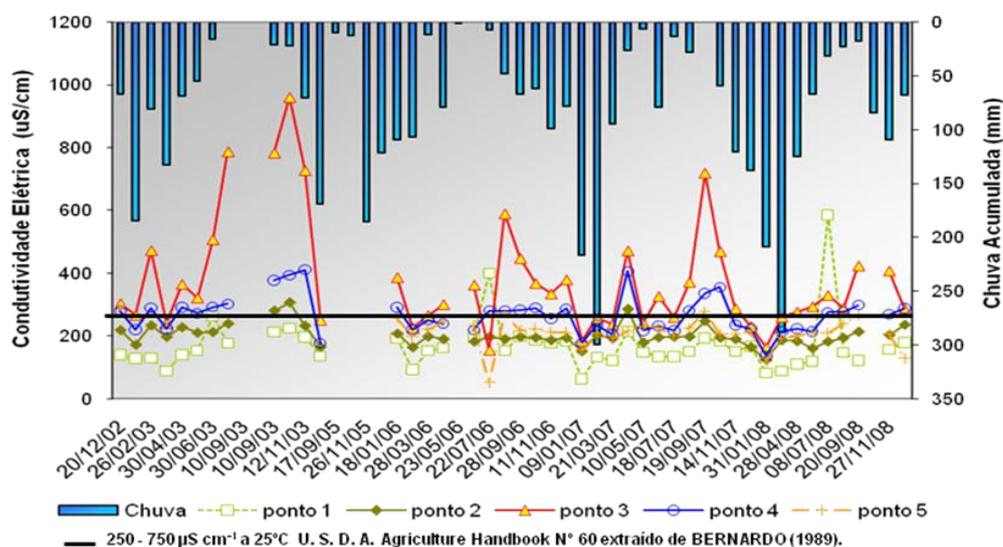
<sup>1</sup> Baixo (< 250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25°C); Médio (250 - 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25°C); Alto (> 750  $\mu\text{S cm}^{-1}$  a 25°C).

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

Na Figura 7, verificou-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 ocorreu porque, durante o período seco, com a redução do volume de água do córrego, a concentração de sais dissolvidos torna-se 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.



**Figura 7.** Variação espacial e temporal da condutividade elétrica da água a 25°C.

Na Tabela 6 estão os valores 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 6.** 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
<b>Ferro Total<sup>1</sup></b>					<b>(% das amostras)</b>		
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>).

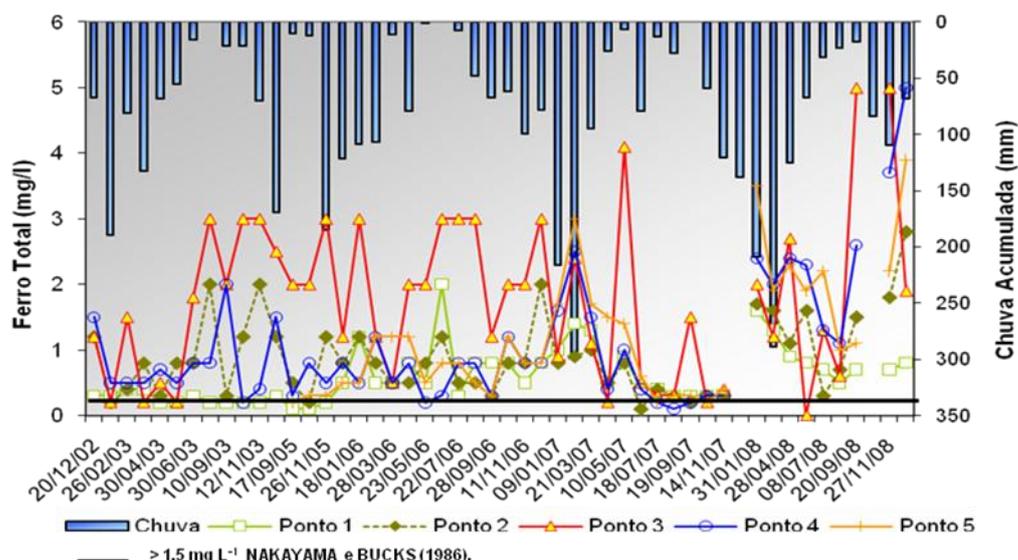
Fonte: NAKAYAMA e BUCKS (1986).

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 Argissolos Vermelhos podem apresentar valores 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 devem-se, 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 8, 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 ETE, 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 8.** 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.

Na Tabela 7, verificou-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.

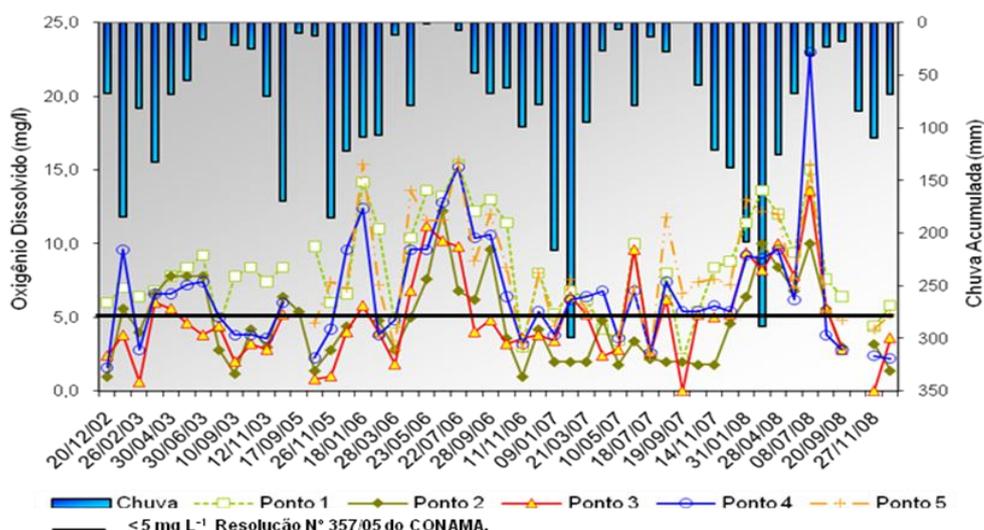
**Tabela 7.** Distribuição dos resultados da concentração de oxigênio dissolvido em relação aos padrões de qualidade de água para a irrigação.

Parâmetro	Nº de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Aceitável	Inadequado
Oxigênio Dissolvido <sup>1</sup>			mg L <sup>-1</sup>		(% das amostras)	
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 Nº 357/05 do CONAMA.

Na Figura 9 está disposta a variabilidade espacial e temporal da concentração de oxigênio dissolvido na água. Verificou-se em todos os pontos 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 9.** 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, conseqüentemente, 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.

Na Tabela 8 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 8.** Distribuição dos resultados de cálcio e magnésio de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação.

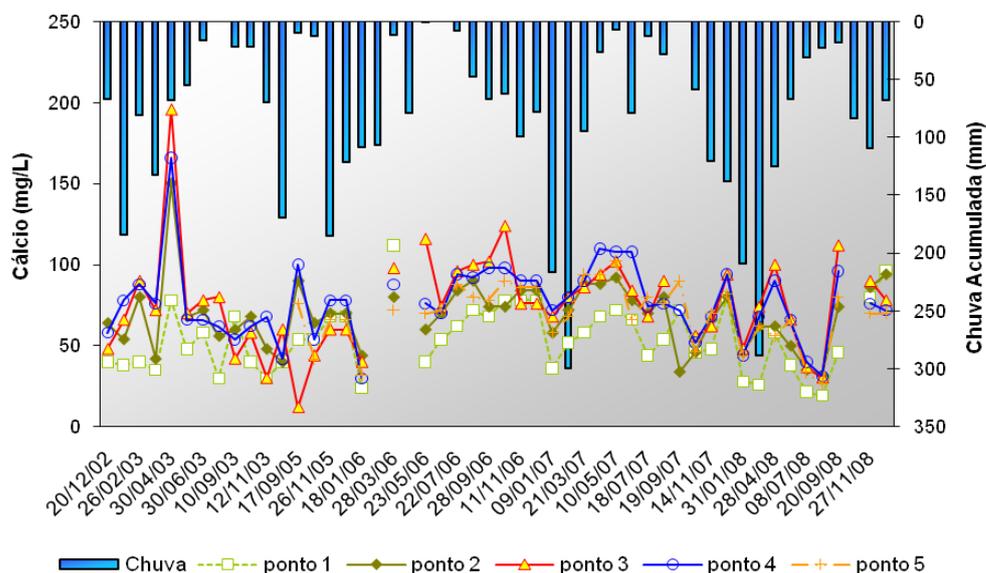
Parâmetro	N° de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Normal	Alto
<b>Cálcio<sup>1</sup></b>			<b>mg L<sup>-1</sup></b>		<b>(% das amostras)</b>	
Ponto 1	47	19,2	112	54,6	100,0	0,0
Ponto 2	47	32,0	150	68,8	100,0	0,0
Ponto 3	46	12,0	196	75,8	100,0	0,0
Ponto 4	47	30,0	166	76,8	100,0	0,0
Ponto 5	35	26,4	102	69,7	100,0	0,0
<b>Magnésio<sup>2</sup></b>			<b>mg L<sup>-1</sup></b>		<b>(% das amostras)</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).

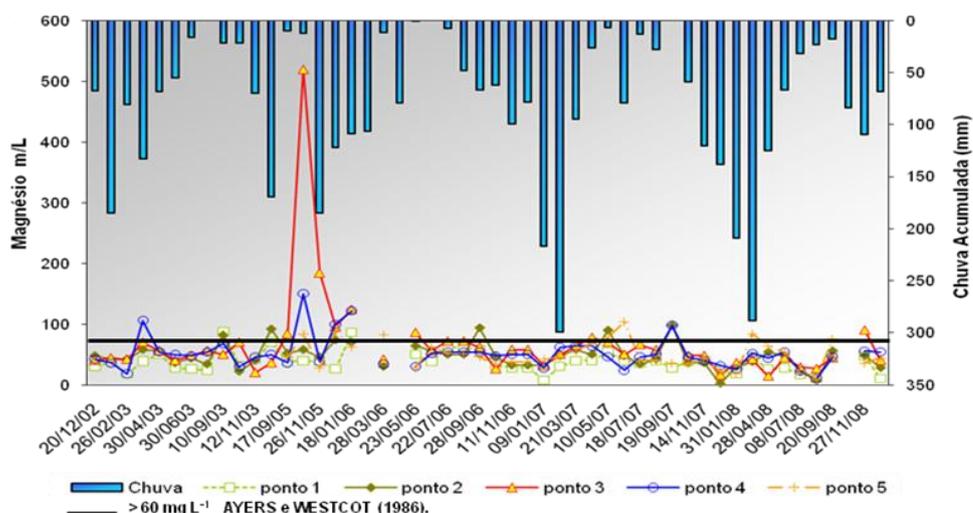
Em nenhum dos pontos houve amostras com altos valores de cálcio na água, sendo o ponto 4 o que apresentou maior média ( $76,8 \text{ mg L}^{-1}$ ). Quanto ao magnésio, todos os pontos apresentaram valores acima da concentração normal.

Na Figura 10, verificou-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 desse elemento.



**Figura 10.** Variação espacial e temporal da concentração de cálcio na água.

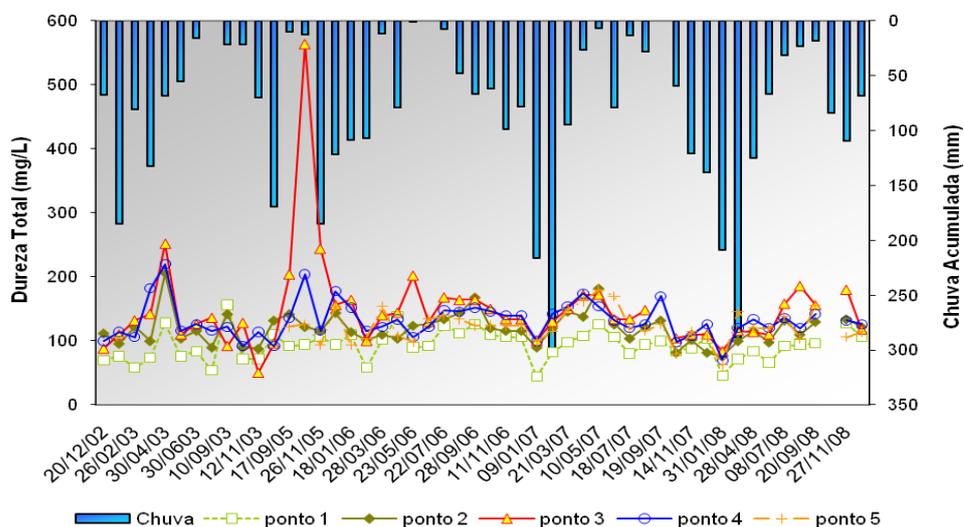
As concentrações de magnésio (Figura 11) apresentaram, em todos os pontos, pouca variação ao longo do tempo, exceto no dia 26/11/05 onde o ponto 3 obteve altas concentrações.



**Figura 11.** 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 12 refere-se a variabilidade espacial e temporal da dureza da água, onde verificou-se que, embora não houvesse grandes diferenças entre os pontos avaliados onde ao longo do ano, quanto ao período, 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 12.** Variação espacial e temporal da dureza total da água.

Na Tabela 9 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.

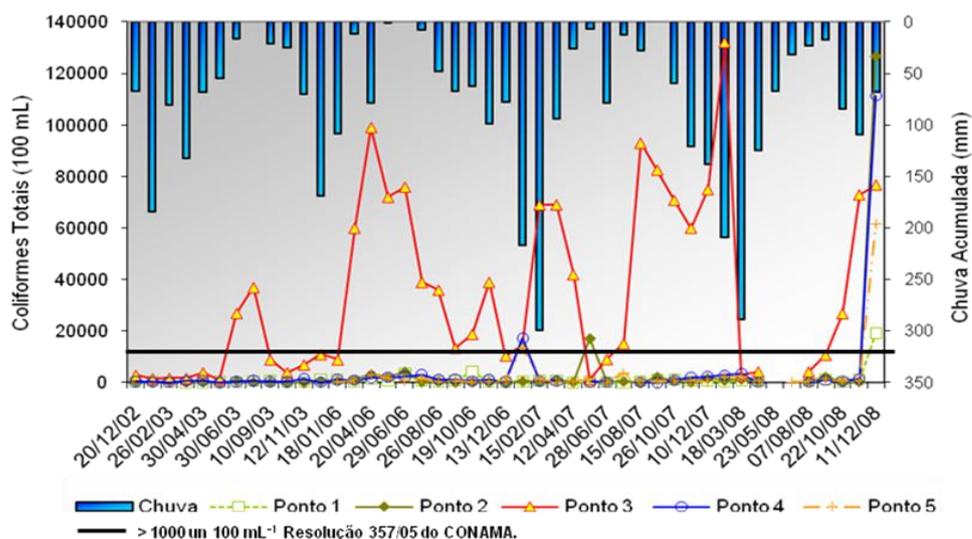
**Tabela 9.** Distribuição dos resultados da concentração de coliformes de acordo com os padrões de qualidade de água para a irrigação

Parâmetro	N° de amostras	Mín.	Máx.	Méd.	Classificação	
					Aceitável	Inadequado
<b>Coliformes Totais<sup>1</sup></b>			<b>100 mL<sup>-1</sup></b>		<b>(% das amostras)</b>	
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>100 mL<sup>-1</sup></b>		<b>(% das amostras)</b>	
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>).

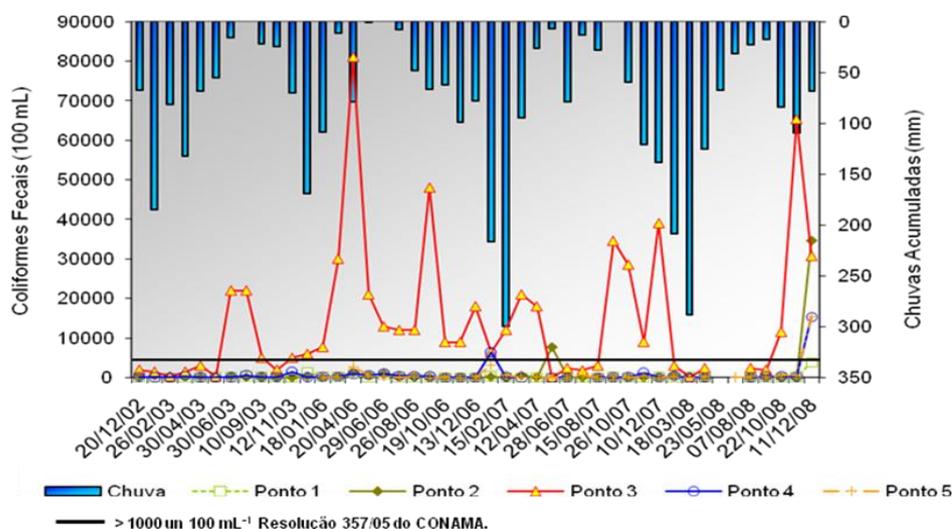
Fonte: Resolução 357/05 do CONAMA (CONAMA, 2005).

Na Figura 13 estão dispostas as variabilidades espacial e temporal da concentração de coliformes, ficando evidente o efeito do lançamento de efluente da ETE, sobre a concentração de coliformes no ponto 3, concordando com Von Sperling (1996c) que estima para cada 100 ml de esgotos domésticos, de 10<sup>6</sup> a 10<sup>9</sup> coliformes totais e de 10<sup>5</sup> a 10<sup>8</sup> coliformes fecais o que, provavelmente, após lançado na água do córrego, tenha contribuído para os altos valores encontrados nesse ponto.



**Figura 13.** Variação espacial e temporal da concentração de coliformes totais na água.

Nas Figuras 13 e 14, pode-se verificar 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 14.** 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, onde houve uma redução na concentração de coliformes, devido a diluição promovida pelos afluentes do córrego, que contribuiu para a autodepuração nesse trecho.

## CONCLUSÕES

As maiores concentrações encontradas de sólidos suspensos e dissolvidos foram no ponto 3, independente do período avaliado e do regime de chuva na microbacia.

O ferro total é o único parâmetro que durante todo o período de avaliação e em todos os pontos, apresenta valores acima dos limites permitidos para a irrigação, oferecendo risco de entupimento de tubulações e emissores de sistemas de irrigação localizada.

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 da estação de tratamento de esgoto, devendo-se evitar a utilização da água nesse trecho do córrego para qualquer tipo de atividade.

Na medição de vazão, o ponto 1 apresentou valores abaixo da vazão de referência, gerando preocupação quanto a disponibilidade hídrica pois, este ponto localiza-se próximo à nascente e a água do

manancial é utilizada para irrigação. Os demais pontos apresentaram valores médios de vazão acima da vazão de referência, não oferecendo risco de restrição de água para irrigação.

## REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **Qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991 (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).

AYERS, R.S; WESTCOT, D. W. **Calidad del agua para la agricultura**. Roma: FAO, 1986. 85p. (Estudio FAO Riego y Drenaje, 29).

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. 4.ed. Viçosa: UFV, 1989. 488p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

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 mar. 2011.

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

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE- CONAMA. **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 mar. 2011.

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

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

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

FERRIER, R. C. et al. Water quality of scottish rivers: spatial and temporal trends. **The Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 265, p. 327-342, 2001.

GEO BRASIL: **Recursos hídricos**: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília: MMA/ ANA, 2007. 264 p.

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. **Tecnologia para todos: compartilhando o conhecimento para o desenvolvimento**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1CD-ROM.

HERNANDEZ, F. B. T.; VANZELA L. S. Transporte de sedimentos na microbacia do córrego três barras, Marinópolis, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **“Inovação tecnológica: reorganização e sustentabilidade dos espaços produtivos”**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. 4p. 1CD-ROM.

HERNANDEZ; F. B. T.; VANZELA, L. S. Diagnóstico da disponibilidade de água e do transporte de sedimentos do Córrego Três Barras, Marinópolis, SP. In: XVI CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2006, Goiânia. 2006. Brasília DF: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID), 6p. 1CD-ROM.

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

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem Integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. 2001. 206f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro- COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2001.

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, Marinópolis - SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito. **“Inovação tecnológica: reorganização e sustentabilidade dos espaços produtivos”**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2007. 4p. 1CD-ROM.

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

PASSERAT DE SILANS, A. M. B.; ALMEIDA, C. N.; ALBUQUERQUE, D. J. S.; PAIVA, A. E. D. B. Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia hidrográfica do rio do Peixe-Estado da Paraíba. **RBRH**: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, 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.** 2002. 111f. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista,. Botucatu, 2002.

PORTO, M. F. A. **Sistemas de gestão da qualidade das águas:** uma proposta para o caso brasileiro. 2002. 131f. Tese (Livre Docência)- Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

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

TOLEDO, L. G.; FERREIRA, C. J. A. Impactos das atividades agrícolas na qualidade da água. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v 2., n. 58, p. 21-27, 2000.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva.** São Paulo: Navegar, 2003. 180p.

VANZELA, L. S; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.1, p.55–64, 2010.

VANZELA, L. S. **Planejamento integrado dos recursos hídricos para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis – SP.** 2008. 219f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 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, 15., 2005, Teresina. Brasília DF: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID), 2005. 6p. 1CD-ROM.

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: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM- CONIRD, 12., 2003, Juazeiro. Brasília DF: Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem (ABID) 6p. 1CD-ROM.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** 2.ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v.2, 211 p.