

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA - UNIARA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO  
DAS CRUZES – ARARAQUARA (SP) ATRAVÉS DAS VARIÁVEIS  
FÍSICAS E QUÍMICAS E DOS MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS**

**ANGÉLICA LOT**

**ARARAQUARA – SP**

**2006**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA - UNIARA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO  
DAS CRUZES – ARARAQUARA (SP) ATRAVÉS DAS VARIÁVEIS  
FÍSICAS E QUÍMICAS E DOS MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS**

**ANGÉLICA LOT**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO –  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO  
REGIONAL E MEIO AMBIENTE DO  
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE  
ARARAQUARA – UNIARA, PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto da Gama  
Alves**

**ARARAQUARA – SP**

**2006**

Lot, Angélica

Caracterização da qualidade da água do Ribeirão das Cruzes – Araraquara – (SP) através das variáveis físicas e químicas e dos macroinvertebrados bentônicos. Angélica Lot. Araraquara – SP, 2006.

Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário de Araraquara – UNIARA  
Área de Concentração: Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade  
Orientador: Alves, Roberto da Gama

1. Monitoramento biológico; 2. Macroinvertebrados bentônicos; 3. Chironomidae (Diptera); 4. Oligochaeta; 5. Substrato artificial.

***Tudo posso Naquele que me fortalece***

Filipenses 4, 13

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador Professor Dr. Roberto da Gama Alves, pelo conhecimento transmitido, pela paciência, compreensão, amizade e dedicação.

Aos membros da banca do exame de defesa: Prof<sup>a</sup>. Susana Trivinho Strixino e Prof. Denílson Teixeira, pelas valiosas sugestões.

Ao Gilmar Simões pelo auxílio nas análises químicas da água.

Ao Luiz Eduardo Moschini pela confecção do mapa para localização dos pontos de coleta.

Ao meu pai pelo auxílio na confecção dos substratos artificiais e nas coletas.

A minha família: pais (José Augusto e Édena), irmãs (Fabiana e Vanessa), pelo amor, compreensão, apoio e conforto durante a realização deste trabalho.

Ao meu namorado (Alessandro) pelo amor, companheirismo, paciência, compreensão, incentivo e apoio nos momentos de dificuldades durante a realização deste trabalho.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização desta dissertação.

A DEUS, pelo dom da vida e por permitir que eu pudesse realizar este trabalho.

## RESUMO

O Ribeirão das Cruzes, localizado no município de Araraquara (SP), possui grande importância para a cidade, pois é nele que ocorre a principal captação de água para abastecimento da população. O objetivo deste trabalho foi caracterizar a qualidade da água do Ribeirão das Cruzes e de dois de seus afluentes, o Córrego do Tanquinho e o Córrego do Marivan, por meio das variáveis físicas e químicas e da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos. Para isso, no período de junho a novembro de 2004 foram obtidas em 07 pontos de amostragem, amostras de água para análise física e química e de macroinvertebrados, com o uso de substrato artificial. Os resultados das análises das variáveis físicas e químicas mostraram variação espacial, resultado da influência da área urbana e da ação antrópica. Foram coletados e identificados 4.327 organismos pertencentes a 21 unidades taxonômicas. A identificação taxonômica dos organismos se deu em nível de família. A variação espacial também foi verificada na estrutura da comunidade dos macroinvertebrados bentônicos, com maiores densidades numéricas de organismos e riqueza taxonômica no ponto 1. Este ponto foi classificado, segundo o índice BMWP, com qualidade satisfatória da água. Já nos pontos 6 e 7 os valores de abundância de Tubificidae, a relação de O/O+C e do índice BMWP indicaram qualidade muito ruim da água. Embora, Araraquara possua estação de tratamento de esgoto, o Ribeirão das Cruzes ainda recebe uma carga elevada de material orgânico, que exerce influência nas características limnológicas e na estrutura da fauna macrobentônica.

Palavras-Chave: Monitoramento biológico; macroinvertebrados bentônicos; Chironomidae; Oligochaeta; substrato artificial.

## **ABSTRACT**

The Ribeirão das Cruzes, located in Araraquara (SP), has a great importance to this city because it is in it that occurs the main captivation of water for the population's supply. The aim of this work was to characterize the quality of Ribeirão das Cruzes water and its two affluents: Tanquinho and Marivan streams, through physical and chemical variables and the community of the benthic macroinvertebrates. For this, it was got from June to November of 2004, 7 points of samplings, water samples for physical and chemical analysis and macroinvertebrates samples with the use of artificial substrate. The results of the physical and chemical variables analysis showed spatial variation, result of the urban area influence and of the anthropic action. It was collected and identified 4.327 organisms that belong to 21 taxonomic unities. The taxonomic identification of the organisms happened in the family level. The spatial variation was also verified in the structure of the benthic macroinvertebrate community, with higher organism densities and taxonomic richness in point 1. This point was classified, according to the BMWP index, with satisfactory quality of water. In the points 6 and 7 the abundance values of Tubificidae, relation of O/O+C and BMWP index, indicated very bad quality of water. Although Araraquara has a sludge treatment station, the Ribeirão das Cruzes still receives a high amount of organic material that has influence in the limnologic characteristics and the macroinvertebrate fauna structure.

Key words: Biological monitoring; benthic macroinvertebrates; Chironomidae; Oligochaeta; artificial substrate.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>05</b>
<b>2.1. Objetivo Geral .....</b>	<b>05</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>05</b>
<b>3. ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>06</b>
<b>3.1. Caracterização dos pontos de coleta .....</b>	<b>09</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>13</b>
<b>4.1 Variáveis Físicas e Químicas da Água .....</b>	<b>15</b>
- pH .....	15
- Oxigênio Dissolvido .....	15
- Demanda Química de Oxigênio .....	15
- Demanda Bioquímica de Oxigênio .....	15
- Condutividade Elétrica .....	16
- Turbidez .....	16
- Velocidade da Água .....	16
- Matéria Orgânica do sedimento .....	16
<b>4.2. Índices Biológicos .....</b>	<b>16</b>
- BMWP .....	16
- Riqueza .....	17
- Relação O/O+C .....	17
- Índice de Abundância de Tubificidae .....	17



- Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats .....	18
4.3. Análise Estatística .....	18
<b>5. RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
5.1. Turbidez .....	19
5.2. pH .....	20
5.3. Demanda Química de Oxigênio .....	20
5.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio .....	21
5.5. Condutividade Elétrica .....	21
5.6. Oxigênio Dissolvido .....	22
5.7. Velocidade da Água .....	22
5.8. Matéria Orgânica do Sedimento .....	23
5.9. Riqueza .....	24
5.10. Relação O/O+C .....	25
5.11 Índice de Abundância de Tubificidae .....	25
5.12. Índice BMWP .....	26
5.13. Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de Habitats .....	26
5.14. Análise de Agrupamento .....	27
<b>6. DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>35</b>
<b>8. RECOMENDAÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DO SISTEMA .....</b>	<b>36</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1: Localização dos pontos de coleta no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan –Araraquara(SP) .....</b>	<b>07</b>
<b>FIGURA 2: Ponto 1 de coleta – Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP) .....</b>	<b>09</b>
<b>FIGURA 3: Ponto 2 de coleta - Córrego do Tanquinho-Araraquara(SP) .....</b>	<b>09</b>
<b>FIGURA 4: Ponto 3 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP) .....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 5: Ponto 4 de coleta - Córrego do Marivan-Araraquara(SP) .....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 6: Ponto 5 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP) .....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 7: Ponto 6 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP) .....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURA 8: Ponto 7 de coleta – Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP) .....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 9: Substrato artificial utilizado nas coletas de macroinvertebrados no presente estudo .....</b>	<b>13</b>
<b>FIGURA 10: Valores médios e desvio-padrão de turbidez da água nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 11: Valores médios e desvio-padrão de pH nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 12: Valores médios e desvio-padrão de demanda química de oxigênio - DQO nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 13: Valores médios e desvio-padrão de demanda bioquímica de oxigênio - DBO nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 14: Valores médios e desvio-padrão de condutividade elétrica nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>21</b>

<b>FIGURA 15: Valores médios e desvio-padrão de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 16: Valores médios e desvio-padrão da velocidade da água nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>22</b>
<b>FIGURA 17: Porcentagens de matéria orgânica no sedimento nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 18: Valores do índice de riqueza de táxons nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 19: Valores da relação O/O+C nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 20: Valores do índice de abundância de Tubificidae nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 21: Valores do índice BMWP nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 22: Valores do protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 23: Dendograma de similaridade entre os pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, no município de Araraquara (SP) .....</b>	<b>27</b>

## **LISTA DE TABELAS**

<b>TABELA I: Cronograma das jornadas adotadas para a introdução e retirada dos substratos artificiais para coleta de macroinvertebrados no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, no município de Araraquara (SP) .....</b>	<b>14</b>
<b>TABELA II: Classificação da qualidade da água, segundo o índice BMWP, modificado por JUNQUEIRA &amp; CAMPOS, 1998 .....</b>	<b>17</b>
<b>TABELA III: Valores médios e desvio-padrão das variáveis físicas e químicas nos pontos de coleta no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan-Araraquara (SP), no período de junho a novembro de 2004 .....</b>	<b>19</b>
<b>TABELA IV: Valores dos índices de riqueza, O/O+C, abundância de Tubificidae, BMWP, protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats nos pontos de coleta no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan-Araraquara (SP), no período de estudo .....</b>	<b>24</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Como consequência da explosão demográfica e do rápido aumento das necessidades na agricultura e na indústria moderna os recursos hídricos constituem objeto de uma demanda crescente (DERÍSIO, 1992). Superexplorado por uma humanidade numerosa, consumista e poluidora, este recurso coletivo está rareando. Os sinais de alarme são bem nítidos: esgotamento dos lençóis freáticos, seca de lagos e rios, poluição e desertificação crescentes (MAYOR, 1999).

Além disso, a distribuição da água doce no planeta não é homogênea. Nas calotas polares estão retidos 68,9% desse recurso, enquanto 29,9% estão retidos em reservatórios subterrâneos, 0,3% nos rios e lagos e 0,9% em outros reservatórios (TUNDISI, 2003). A água prontamente disponível ao homem, portanto, é um recurso extremamente reduzido.

Aos problemas de baixa disponibilidade acrescenta-se a inquietante degradação da qualidade da água. As causas dessa perda de qualidade são múltiplas, entre essas podemos citar a poluição por efluentes não tratados, por resíduos químicos, por despejo de lixo e por infiltrações no solo de produtos químicos utilizados na agricultura.

O aumento e a diversificação dos usos múltiplos, o extenso grau de urbanização e o aumento populacional resultaram em uma multiplicidade de impactos que exigem evidentemente diferentes tipos de avaliação, novas tecnologias de monitoramento e avanços tecnológicos no tratamento e gestão das águas (TUNDISI, op. cit.).

Ainda segundo esse autor, os resultados desses impactos são muito severos para as populações humanas, sob o aspecto econômico e da saúde. Estas consequências podem estar relacionadas com a degradação da qualidade da água superficial e subterrânea, ao aumento das doenças de veiculação hídrica, à diminuição da água disponível per capita, ao aumento no custo da produção de alimentos e ao aumento dos custos de tratamento de água.

Portanto, há necessidade de uma gestão racional para garantir a conservação da quantidade e da qualidade da água, através de processos que incluam o monitoramento, o desenvolvimento e aperfeiçoamento das técnicas de utilização e recuperação desse recurso (DERÍSIO, 1992).

Neste contexto, a utilização de estudos bioecológicos, paralelos às análises físicas e químicas da água, torna possível avaliar com maior exatidão o grau de eutrofização ou

contaminação de um corpo d'água e os danos decorrentes desses processos (ALBA-TERCEDOR, 1996; FIGUEROA, et al., 2003).

As análises físicas e químicas oferecem uma visão pontual do estado momentâneo das águas no instante da coleta das amostras, enquanto que os macroinvertebrados bentônicos apresentam a vantagem de poder refletir as condições pré-existentes, antes da coleta das amostras (ALBA-TERCEDOR, 1996).

Estudos de monitoramento biológico têm utilizado a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, para avaliar a qualidade dos recursos hídricos e caracterizar causas e fontes de impactos, em diversas partes do mundo (CRAWFORD et al., 1992; MARQUES & BARBOSA, 1997; FIGUEROA et al., 2003).

O estilo de vida sésstil, o seu ciclo de vida relativamente longo e a sua fácil visualização fazem dos macroinvertebrados bentônicos importantes bioindicadores de qualidade das águas (ROSENBERG & RESH, 1993).

O monitoramento biológico é efetuado principalmente pela aplicação de diferentes protocolos de avaliação, índices biológicos e multimétricos, baseando-se na utilização de organismos indicadores da qualidade da água e do habitat. Os principais métodos desenvolvidos para essa finalidade abrangem o levantamento e a avaliação de modificações na riqueza de espécies, índices de diversidade, perda de espécies sensíveis, entre outras (CAIRNS & PRATT, 1993).

Entre os macroinvertebrados bentônicos, as larvas de Chironomidae (Diptera) e os Oligochaeta estão entre os principais organismos utilizados em estudos das condições ecológicas de ambiente de água doce (KAWAI et al., 1989; VERDONSCHOT, 1989; GUERESCHI & MELÃO, 1997).

Estes invertebrados vivem em contato íntimo com o sedimento, encontrando neste compartimento recursos alimentares e possibilidades de proteção contra situações adversas (ALVES, 1998). De acordo com VERDONSCHOT (1989), Oligochaeta é um grupo de invertebrados freqüentemente citados para propostas de bioindicadores, porque a alta densidade numérica é alcançada em locais de forte contaminação orgânica. As larvas de Chironomidae também formam um dos mais importantes grupos de macroinvertebrados aquáticos, participando significativamente da composição faunística dos mais variados

biótopos lacustres e fluviais, além de serem potencialmente importantes em estudos de avaliação da qualidade da água (SAETHER, 1979; KAWAI et al., 1989).

Mais recentemente, a visão do biomonitoramento tem sido ampliada com o objetivo de abranger os diagnósticos do entorno do corpo d'água, principalmente no que se refere ao estado de conservação da mata ciliar, ao uso do solo da bacia hidrográfica e, em muitos casos, atingindo até o levantamento da fauna de aves e mamíferos terrestres (KUHLMANN, 2001).

No Brasil esses métodos começam a despertar interesse, com destaque para o uso de invertebrados bentônicos na avaliação da qualidade dos ambientes aquáticos. Entretanto a maioria desses estudos tem sido desenvolvida por órgãos ambientais, universidades e institutos de pesquisa e fica restrita a avaliações pontuais, tanto em termos temporais quanto espaciais, dificultando uma padronização dos procedimentos a serem utilizados, e conseqüentemente, o estabelecimento de um programa de biomonitoramento mais amplo (KUHLMANN, op. cit.). Alguns trabalhos realizados no Brasil utilizando macroinvertebrados bentônicos para avaliação da qualidade da água: TAKEDA et al., 1991, no Mato Grosso do Sul; PEREIRA & DE LUCA, 2003, no Rio Grande do Sul; JUNQUEIRA et al., 2000, em Minas Gerais; SANSEVERINO et al., 1998, no Rio de Janeiro; SANTOS & HENRY, 1997; STRIXINO et al., 1997; KIKUCHI & UIEDA, 1998; ROQUE & TRIVINHO-STRIXINO, 1999; CORBI & TRIVINHO-STRIXINO, 1999; FREIRE, 2000, em São Paulo. No município de Araraquara ALVES & DE LUCCA (2000), por meio de variáveis físicas e químicas e dos macroinvertebrados bentônicos realizaram uma avaliação de trechos dos Córregos Pinheirinho e Santa Clara e LOT et al. (2001), fizeram estudos similares em trechos do Córrego Água Branca.

Os sistemas lóticos são bastante heterogêneos, ressalta-se que a diversidade da fauna bentônica varia com o tipo de substrato. Contudo em substratos semelhantes, observa-se que a diversidade da fauna pode estar relacionada com outros fatores abióticos, como velocidade de fluxo, temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade entre outros fatores, que também estão sujeitos a variações sazonais (GUERESCHI, 2004). Ainda segundo a autora, variáveis biológicas, como a presença de competidores e predadores, também são importantes e podem causar alterações na estrutura da comunidade.

Para a amostragem dos macroinvertebrados existe uma variedade de equipamentos, que devem ser escolhidos, segundo as características do ambiente a ser amostrado, de maneira que as amostras possam refletir com maior grau de fidelidade a situação real. Alguns exemplos de amostradores são as dragas de Ekman-Birge e Van Veen; rede em D, o surber e os substratos artificiais (BRANDIMARTE et al., 2004).

A utilização de substratos artificiais padronizados é uma forma de amenizar os problemas de variabilidade dos substratos naturais nos diferentes locais a serem estudados e comparados (GUERESCHI, 2004).

O uso de substrato artificial, para amostragem de macroinvertebrados bentônicos, é uma técnica que vem sendo aplicada desde a década de 1930 (HILSENHOFF, 1969), originalmente utilizada para coleta de indivíduos em ambientes onde não é possível o uso de equipamentos como redes e dragas (BEAK et al., 1973). Atualmente os substratos artificiais têm sido utilizados em programas de biomonitoramento, considerando-se algumas vantagens que apresentam sobre os amostradores convencionais, como a diminuição da variabilidade ambiental, a realização de amostragens sem interferir demasiadamente no ambiente em estudo e a obtenção de um número maior de amostras processáveis em tempo menor. Além disso, convém ressaltar seu baixo custo e a construção simples desses amostradores (HILSENHOFF, 1969; CLEMENTS et al., 1989). Entretanto essa técnica traz algumas desvantagens, como a falta de conhecimento da dinâmica de colonização (CLEMENTS et al., op. cit.), do tempo ideal de exposição e principalmente as perdas por vandalismo e enchentes (BRANDIMARTE, et al., 2004).

Os substratos artificiais foram utilizados por LIMA (2002), em seu trabalho no rio Cuiabá (MT), por GUERESCHI (2004), no estudo realizado nos Córregos da Estação Ecológica de Jataí em Luiz Antonio (SP) e por SIMÕES (2005), no rio São Lourenço, no município de Matão (SP).



## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Caracterizar a qualidade da água do Ribeirão das Cruzes, no município de Araraquara (SP), através das variáveis físicas e químicas e dos macroinvertebrados bentônicos.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Conhecer a estrutura e composição da fauna bentônica do Ribeirão das Cruzes;
- Obter informações sobre parâmetros limnológicos do Ribeirão.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O município de Araraquara ocupa uma posição geográfica central no Estado de São Paulo, dista 273km da capital e tem a seguinte posição geográfica: 21°47'31'' latitude Sul e 48°10'52'' longitude Oeste. O clima é caracterizado tropical de altitude-CWA pela classificação de Koppen (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2005).

Está situado numa área integrante do planalto ocidental, planalto arenítico-basáltico, formado pelos derrames de lavas processadas durante o triássico ou jurássico com camadas intercaladas de arenitos do mesozóico. Como consequência da estrutura geológica, o relevo é levemente ondulado. A topografia se apresenta com características tabulares, pouco onduladas, aplainadas pelo trabalho da rede hidrográfica, comandada pelo rio Mogi-Guaçu e cursos d'água da bacia do rio Tietê (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2005).

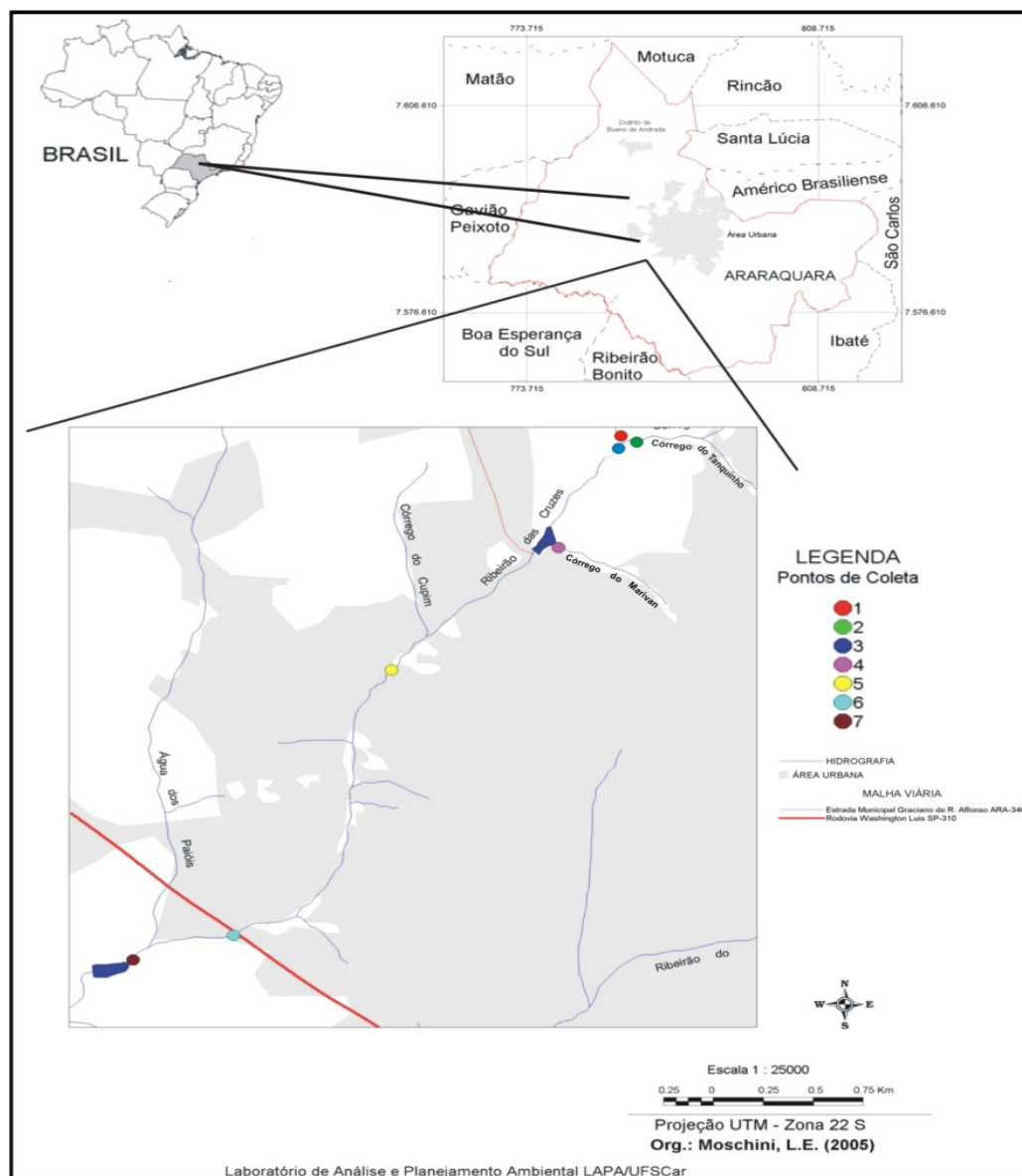
A vegetação primária do município era de floresta Latifoliada Tropical que apresentava diversas espécies como a peroba, o pau d'alho, a figueira branca, vegetação característica das áreas de solos latosol roxo. Também registra a presença de cerrado em grande parte do município. Conhecida como "Morada do Sol" (do tupi "ara", que significa claridade, luz do dia e "quara", toca, buraco, morada), é considerada uma das cidades mais arborizadas do país, com 34,2m<sup>2</sup> de área verde por habitante (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2005).

A base da economia hoje é a agro-indústria de cana e laranja, com produção em grande escala de açúcar, álcool e suco de laranja. Há outros ramos industriais de destaque, além do alimentício, como o setor metal-mecânico e o de tecidos (O IMPARCIAL, 1999). O comércio e serviços representam atualmente 60% da mão-de-obra formalmente empregada no município. Araraquara tem ao seu redor um pólo aeroespacial – Embraer – Kawasaki e TAM (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2005).

A cidade tem 100% de água tratada e 98% do esgoto. Tanto a Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), quanto à de água para abastecimento são de responsabilidade do DAAE – Departamento Autônomo de Água e Esgoto. Atualmente, a captação de água bruta é feita através dos sistemas superficial e subterrâneo. O tratamento da água é feito em duas estações: Fonte Luminosa, principal e a do Paiol, unidade mais compacta. A estação

de tratamento de esgoto localiza-se a 5 Km da cidade, às margens do Ribeirão das Cruzes. O processo utilizado é o de lagoas aeradas (DAAE, 1999).

Para a realização do estudo foi escolhido o Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP) e também dois de seus afluentes o Córrego do Tanquinho e o do Marivan (Figura 1). O Ribeirão nasce próximo a Cesário Bastos e a foz é o rio Jacaré –Guaçu. Ele passa pela parte norte e noroeste da cidade e sua extensão total é de 25 Km (MAZOCCO, 2000).



**Figura 1:** Localização dos pontos de coleta no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan – Araraquara(SP).

É neste corpo d'água que ocorre a maior captação de água ( $1.368 \text{ m}^3/\text{h}$ ) para abastecimento da cidade e onde, também está localizado um dos interceptores da rede coletora da Estação de Tratamento de Esgoto de Araraquara (ETE). Após o tratamento na ETE, a água retorna para o Ribeirão das Cruzes (DAAE, 1999).

### 3.1. Caracterização dos pontos de coleta

**Ponto1:** Ribeirão das Cruzes, localizado dentro da Fazenda Samua-Araraquara(SP), sem mata ciliar, apenas a presença de alguns eucaliptos e gramíneas, possui largura de 1,50m e profundidade de 0,50m, sedimento composto de 21,30% de matéria orgânica e velocidade média da água de 0,26m/s.



**Figura 2:** Ponto 1 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP).

**Ponto 2:** Córrego do Tanquinho, localizado também dentro da Fazenda Samua, afluente do Ribeirão das Cruzes, percorre o bairro residencial Selmi Dei e uni-se ao Ribeirão das Cruzes na Fazenda Samua, logo após o ponto 1. É desprovido de mata ciliar, há apenas algumas moitas de bambu e gramíneas, apresenta largura de 2,10m e profundidade de 0,40m, sedimento composto de 9,52% de matéria orgânica e velocidade média da água é de 0,32m/s.



**Figura 3:** Ponto 2 de coleta - Córrego do Tanquinho-Araraquara(SP).

**Ponto 3:** Ribeirão das Cruzes após a união com o Córrego do Tanquinho, dentro da Fazenda Samua. Volume maior de água, presença de pedras no sedimento. O sedimento apresenta uma porcentagem de 10,10% de matéria orgânica. Presença de algumas árvores em suas margens, porém não caracteriza uma mata ciliar, erosão das margens, possui largura de 2,00m e profundidade de 0,60m. A velocidade média da água é de 0,28m/s.



**Figura 4:** Ponto 3 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP)

**Ponto 4:** Córrego do Marivan, afluente do Ribeirão das Cruzes, também dentro da Fazenda Samua. Área sombreada, presença de alguma vegetação, moitas de bambu, samambaias, porém não caracteriza uma mata ciliar. Apresenta uma porcentagem de 32,14% de matéria orgânica no sedimento, largura de 1,00m e profundidade de 0,10m e uma velocidade média da água de 0,20m/s.



**Figura 5:** Ponto 4 de coleta – Córrego do Marivan -Araraquara(SP)

**Ponto 5:** Ribeirão das Cruzes- Ponte do Matadouro, localizado no bairro residencial Vale do Sol, desprovido de mata ciliar, área altamente urbanizada, na margem direita localiza-se um conjunto habitacional do CDHU, e na margem esquerda um matadouro desativado. Dista do ponto 4, cerca de 4Km, apresenta sedimento composto por 11,83% de matéria orgânica. Possui uma largura de 2,00m e profundidade de 0,80m, a velocidade média da água neste ponto é de 0,43m/s.



**Figura 6:** Ponto 5 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP).

**Ponto 6:** Ribeirão das Cruzes, ponte da Rod. Washington Luiz -SP 310, desprovido de mata ciliar, erosão e assoreamento, apresenta largura de 6,00m e profundidade de 0,40m, sedimento composto por 5,34% de matéria orgânica, apresenta velocidade média da água de 0,48m/s.



**Figura 7:** Ponto 6 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP)

**Ponto 7:** Ribeirão das Cruzes, próximo à Fazenda Hotel Salto Grande. Sem mata ciliar, assoreamento, presença de animais (gado) nas margens, largura de 7,00m e profundidade de 0,40m. A porcentagem de matéria orgânica presente no sedimento é de 10,89%, apresenta uma velocidade média da água de 0,35m/s.



**Figura 8:** Ponto 7 de coleta - Ribeirão das Cruzes-Araraquara(SP).

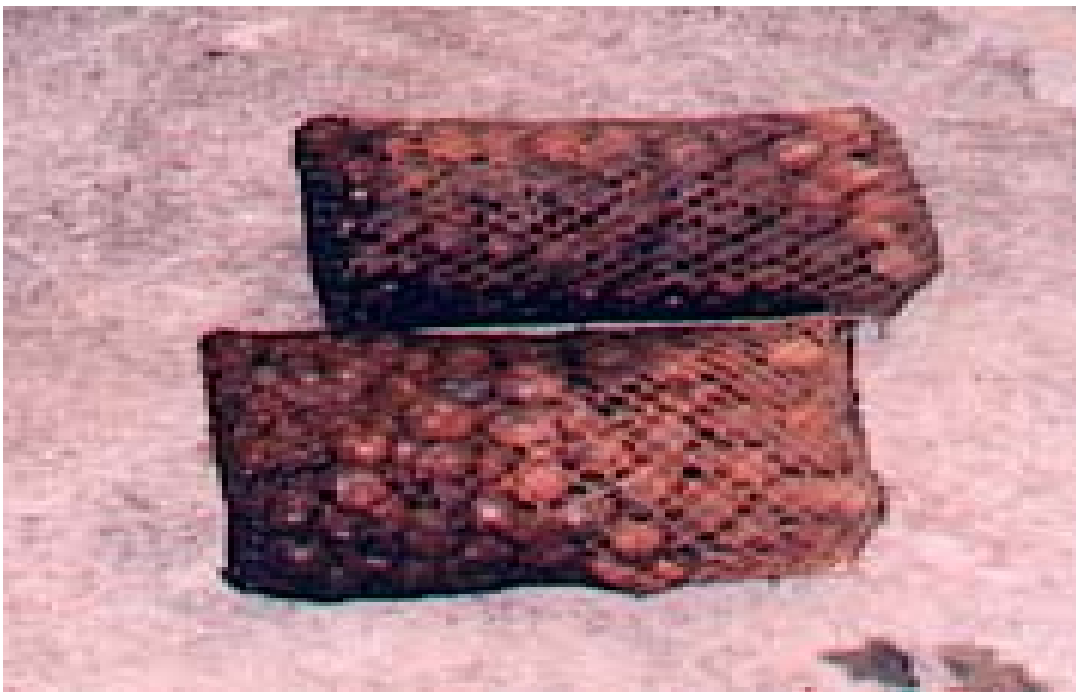


#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho de campo foi realizado durante os meses de junho a novembro de 2004, em cinco pontos no Ribeirão das Cruzes (1, 3, 5, 6, 7), um ponto no Córrego do Tanquinho (2) e um ponto no Córrego do Marivan (4), afluentes do Ribeirão das Cruzes, no município de Araraquara – SP.

Para se avaliar as características físicas e químicas da água em cada ponto de coleta, foram analisadas, mensalmente, o oxigênio dissolvido, pH, condutividade elétrica, turbidez, DBO, DQO. Foram também analisadas a velocidade da água e a porcentagem de matéria orgânica do sedimento.

Existe uma variedade de técnicas e de amostradores para a coleta de macroinvertebrados bentônicos. Como nos trabalhos de LIMA (2002), GUERESCHI (2004) e SIMÕES (2005), neste estudo foi utilizado o substrato artificial, que consiste de um cesto com 26 x 13 x 8cm de dimensões, confeccionado em tela de pvc, com malha de 15mm, preenchido com bolas de argila expandida.



**Figura 9:** Substrato artificial utilizado nas coletas de macroinvertebrados no presente estudo.

Em cada ponto foram fixados 02 cestos, por um período de exposição de 6 semanas (GUERESCHI, 2004; LIMA, 2002). A exposição dos substratos artificiais iniciou-se a partir do dia 12/06/2004 e seguiu o cronograma apresentado na Tabela I.

**Tabela I:** Cronograma das jornadas adotadas para a introdução e retirada dos substratos, artificiais para coleta de macroinvertebrados no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, no município de Araraquara(SP).

JORNADA	INTRODUÇÃO	RETIRADA
I	12/06/2004	24/07/2004
II	14/08/2004	25/09/2004
III	16/10/2004	27/11/2004

No período de estudo foram realizadas 06 campanhas para coleta de água e 03 para coleta de macroinvertebrados no período de junho a novembro de 2004.

Após o período de seis semanas, o substrato foi retirado dos corpos d'água e acondicionado em sacos plásticos para transporte até o laboratório. A lavagem do material foi feita em peneira com malha de 0,21mm de abertura. O material retido foi preservado em recipiente de plástico com solução de formol a 4% e corado com rosa de bengala a 0,1% . A triagem dos macroinvertebrados bentônicos foi realizada em bandeja retangular de pvc sobre uma fonte de luz.

Os organismos triados foram preservados em álcool 70% e posteriormente identificados com o auxílio de uma lupa da marca DIMEX, Mod. MZS-250. Sendo os Oligochaeta identificados com o auxílio do microscópio marca NIKON, Mod. Eclipse E200. A identificação taxonômica dos organismos se deu em nível de família, exceto Chironomidae, separados em subfamílias e as larvas da subfamília Chironominae foram separadas em tribos.

Os macroinvertebrados coletados nas três campanhas foram reunidos e analisados conjuntamente.

Para se conhecer os táxons coletados utilizou-se as bibliografias especializadas: TRIVINHO-STRIXINO & STRIXINO (1995) para família Chironomidae; McCAFFERTY (1981) para demais organismos da classe Insecta e BRINKHURST & MARCHESE (1989) para Oligochaeta.

#### **4.1. Variáveis Físicas e Químicas da Água**

##### **- pH**

Os valores de pH foram medidos com o auxílio de um aparelho digital portátil com compensação automática de temperatura, marca COMBO, modelo pHEP Plus.

##### **- Oxigênio Dissolvido - OD**

As concentrações de oxigênio dissolvido foram determinadas pelo método de Winkler, modificado pela azida sódica, conforme normatização técnica descrita pela CETESB L.5.121, 1ª Edição (1973), segundo o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 13<sup>th</sup> Edition, 1971.

##### **- Demanda Química de Oxigênio - DQO**

A demanda química de oxigênio fornece medidas da quantidade total de oxigênio requerida para oxidação de resíduos orgânicos através de um agente químico (DERÍSIO, 1992).

Os valores de DQO foram obtidos através do método da oxidação por dicromato de potássio em meio ácido sulfúrico, conforme normatização técnica descrita pela CETESB L.5.121, 1ª Edição (1973), segundo o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 13<sup>th</sup> Edition, 1971.

##### **- Demanda Bioquímica do Oxigênio - DBO**

A demanda bioquímica de oxigênio corresponde à quantidade de oxigênio consumida pelos microrganismos na oxidação biológica da matéria orgânica, quando mantida uma dada temperatura em um espaço de tempo previamente estabelecido (DERÍSIO, 1992).

Os valores de DBO foram obtidos conforme normatização técnica descrita pela CETESB L.5.120, 1ª Edição (1973), segundo o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, 13<sup>th</sup> Edition, 1971.

**- Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

Esta variável foi medida em laboratório através de um condutivímetro marca Micronal modelo Tec-4MP, com compensação automática de temperatura para 25°C.

**- Turbidez (UNT)**

As medidas de turbidez da água foram obtidas em laboratório com turbidímetro marca HACH, modelo DR/2010.

**- Velocidade da água (m/s)**

Para se determinar a velocidade média da água foram feitas três medidas do tempo gasto por uma bolinha de isopor para percorrer uma distância determinada (SANTOS, 1993).

A velocidade foi calculada usando a seguinte fórmula:

$$V = \frac{d}{t} \text{ onde } \begin{array}{l} V = \text{velocidade da água} \\ d = \text{distância percorrida pela bolinha de isopor (m)} \\ t = \text{tempo gasto para percorrer a distância (s)} \end{array}$$

**Matéria orgânica do sedimento (%)**

O teor de matéria orgânica foi obtido através de incineração em mufla a 550°C por 4 horas e calculada pela diferença entre os pesos das amostras antes e depois da queima (TRINDADE, 1980).

**4.2. Índices Biológicos**

**- BMWP (Biological Monitoring Working Party Score System)** modificado (JUNQUEIRA & CAMPOS, 1998).

Este índice utiliza a taxonomia dos organismos em nível de família. Cada família corresponde a um valor numérico, que varia em função da sua maior ou menor tolerância à poluição.

**Tabela II:** Classificação da qualidade da água, segundo o índice BMWP, modificado por JUNQUEIRA & CAMPOS, 1998.

Classe	Score	Qualidade da Água
I	$\geq 86$	Excelente
II	64 - 85	Boa
III	37 - 63	Satisfatória
IV	17 - 36	Ruim
V	$\leq 16$	Muito Ruim

**- Riqueza (ODUM, 1985)**

Considera o número de espécie em relação ao número total de organismos da amostra. Para este trabalho foi considerado o número de táxon em relação ao número total de organismos da amostra.

$$d = S-1 / \log N, \quad \text{onde } S = n^\circ \text{ de espécies ; } \quad N = n^\circ \text{ de indivíduos}$$

**- Relação O/O+C (WIEDERHOLM, 1980)**

Utiliza a proporção de dois grandes grupos, Oligochaeta e Chironominae. Considera-se que ambientes organicamente poluídos tendem a apresentar uma proporção maior de Oligochaeta.

Onde, O = Oligochaeta (Tubificidae);      C = Chironominae

**- Índice de Abundância de Tubificidae (PARELE & ASTAPENOK, 1975):**

Considera-se que a dominância de Tubificidae dentro do grupo Oligochaeta indica ambiente organicamente poluído.

$$D = T / O$$

onde      T = número de Tubificidae ;      O = número total de Oligocheta da amostra

**- Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats (CALLISTO et al., 2002)**

Esse protocolo baseia-se na caracterização das condições ecológicas em trechos de bacias hidrográficas. Ele avalia um conjunto de parâmetros em categorias descritas e pontuadas de 0 a 4. Essa pontuação é atribuída a cada parâmetro com base na observação das condições de habitat. O valor final do protocolo é obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro independentemente.

As pontuações finais refletem o nível de preservação das condições ecológicas dos trechos estudados, onde de:

0 a 40 pontos	– trechos “impactados”
41 a 60 pontos	– trechos “alterados”
acima de 61 pontos	– trechos “naturais”

**4.3. Análise Estatística:**

Para avaliar o grau de similaridade dos pontos de coletas realizou-se análise de cluster (UPGMA e o coeficiente de distância Euclidiana).

O programa utilizado para as análises foi o MVSP 2.0.

## 5. RESULTADOS

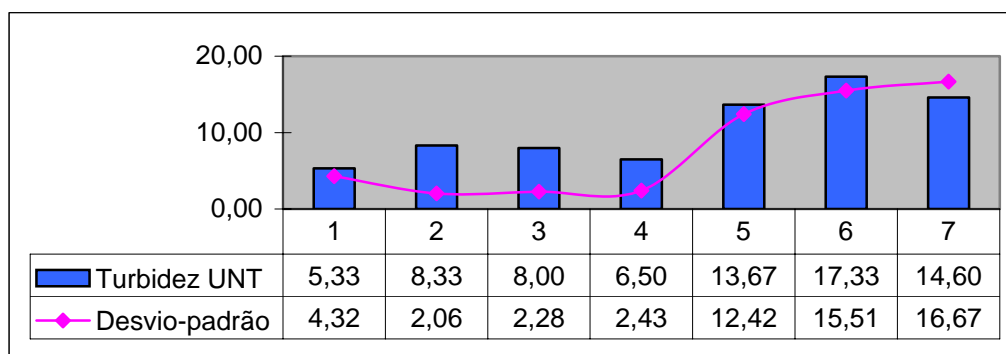
Os valores das variáveis físicas e químicas apresentados na Tabela III e nas Figuras de 10 a 17, referem-se aos valores médios obtidos nos pontos de 1 a 7, nos meses de junho a novembro de 2004, no Ribeirão das Cruzes (1, 3, 5, 6 e 7), Córrego do Tanquinho (2) e Córrego do Marivan (4)-Araraquara-SP.

**Tabela III:** Valores médios e desvio-padrão das variáveis físicas e químicas nos pontos de coleta no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan-Araraquara (SP), no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Turbidez (UNT)	5,33 ±4,32	8,33 ±2,06	8,00 ±2,28	6,50 ±2,43	13,67 ±12,42	17,33 ±15,51	14,60 ±16,67
pH	6,53 ±0,22	6,63 ±0,17	7,17 ±1,44	6,26 ±0,14	6,47 ±0,16	6,71 ±0,30	6,68 ±0,36
DQO (mg/L)	63,50 ±10,88	75,17 ±12,09	61,48 ±10,99	37,02 ±5,74	91,00 ±15,23	123,05 ±35,59	168,76 ±75,46
DBO (mg/L)	12,78 ±2,91	16,25 ±4,77	14,62 ±4,73	9,78 ±3,86	37,08 ±9,75	52,13 ±24,69	57,78 ±34,75
Cond.Elétrica (µS/cm)	32,53 ±2,03	59,18 ±4,03	71,06 ±52,67	50,37 ±8,28	68,49 ±8,79	114,27 ±15,49	89,52 ±10,54
OD (mg/L)	6,78 ±1,23	6,63 ±0,44	6,94 ±0,84	4,48 ±0,72	6,01 ±0,74	5,46 ±1,75	6,12 ±0,55
Veloc. da água (m/s)	0,26 ±0,03	0,32 ±0,02	0,28 ±0,01	0,20 ±0,04	0,43 ±0,03	0,48 ±0,02	0,35 ±0,01
Mat. Orgânica (%)	21,30	9,52	10,10	32,14	11,83	5,34	10,89

### 5.1 Turbidez

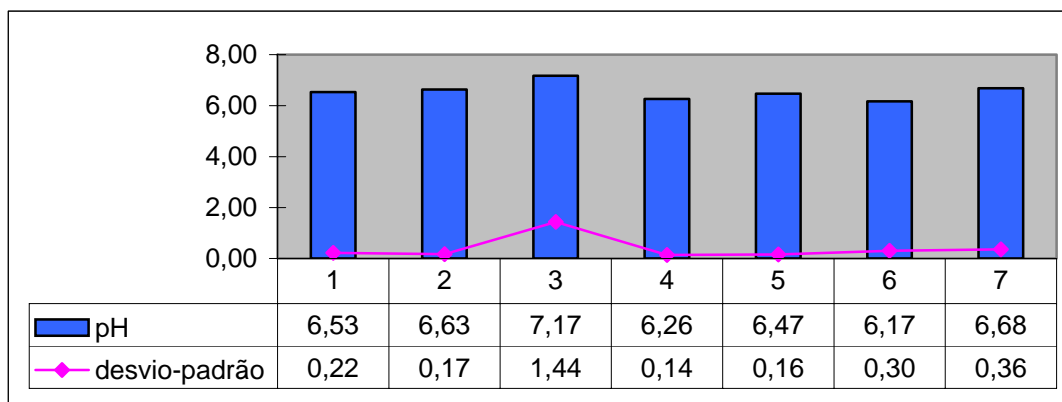
Entre os valores médios de turbidez da água, apresentados na Figura 10, observa-se os maiores valores nos pontos 5, 6 e 7, enquanto o menor valor foi observado no ponto 1.



**Figura 10** – Valores médios e desvio-padrão de turbidez da água nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

## 5.2. pH

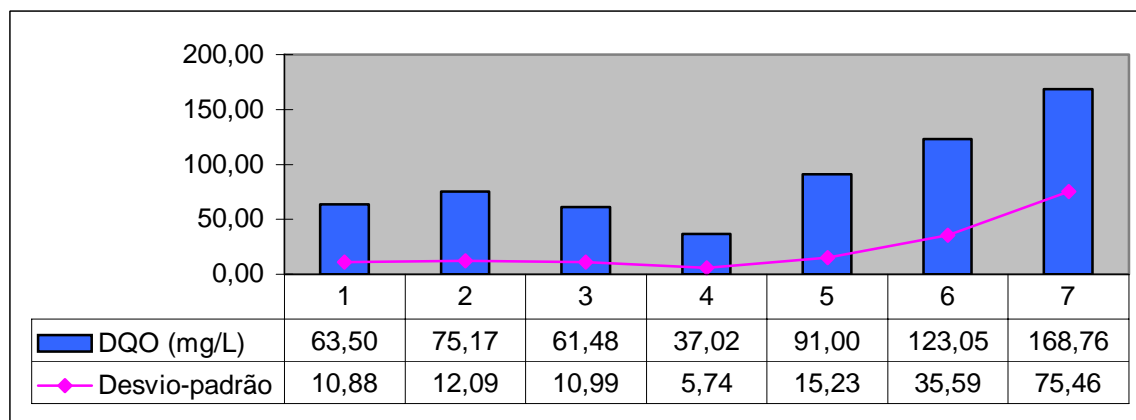
Na Figura 11 estão apresentados os valores médios de pH. O maior valor médio ocorreu no ponto 3 e o menor foi verificado no ponto 6.



**Figura 11** – Valores médios e desvio-padrão de pH nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

## 5.3. Demanda Química de Oxigênio – DQO

Os maiores valores médios de DQO foram verificados nos pontos 5, 6 e 7, conforme mostra a Figura 12. E o menor valor médio foi registrado no ponto 4.

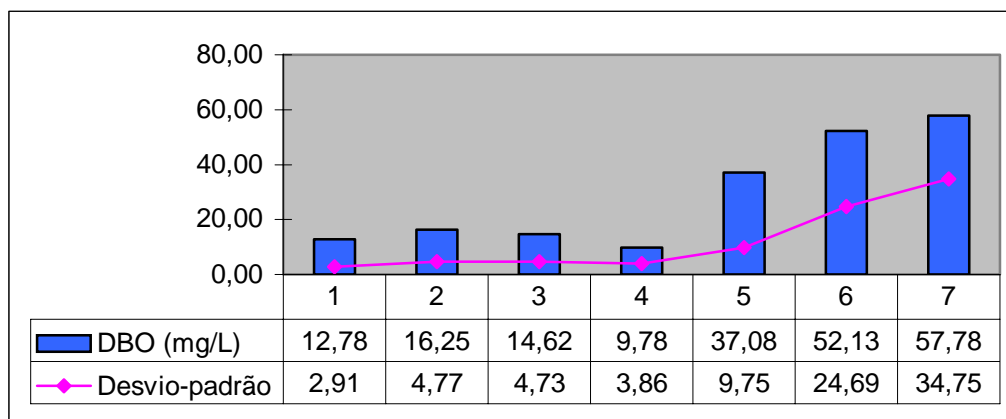


**Figura 12** – Valores médios e desvio-padrão de demanda química de oxigênio - DQO nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.



#### 5.4. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

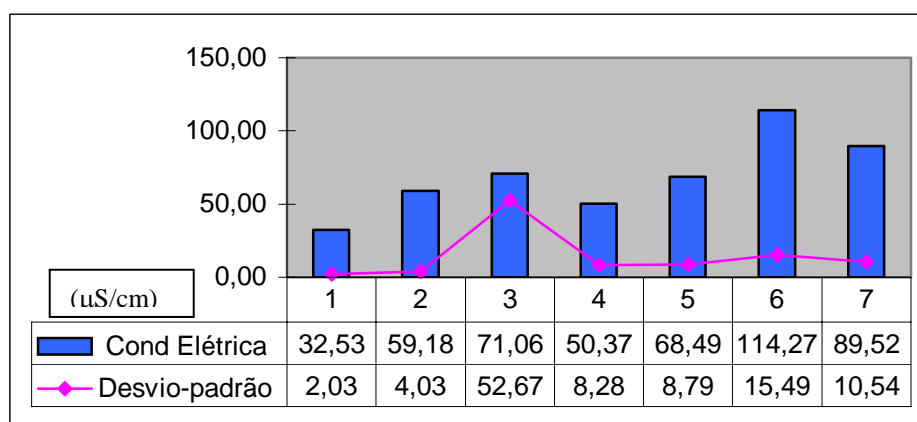
Conforme a Figura 13, os maiores valores médios de DBO foram verificados nos pontos 5, 6 e 7 e o menor no ponto 4.



**Figura 13** – Valores médios e desvio-padrão de demanda bioquímica de oxigênio – DBO nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

#### 5.5. Condutividade Elétrica

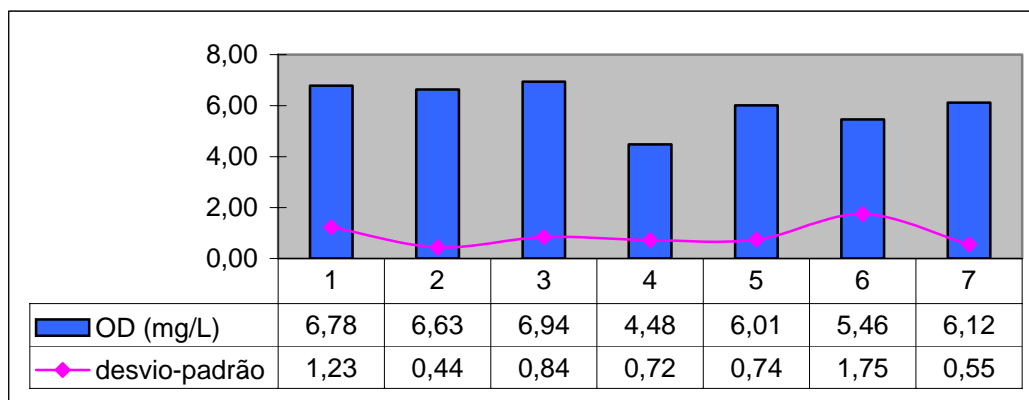
Os valores médios máximo e mínimo referente à condutividade elétrica foram detectados nos pontos 6 e 1, respectivamente, conforme apresentado na Figura 14.



**Figura 14** – Valores médios e desvio-padrão de condutividade elétrica nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

## 5.6. Oxigênio Dissolvido

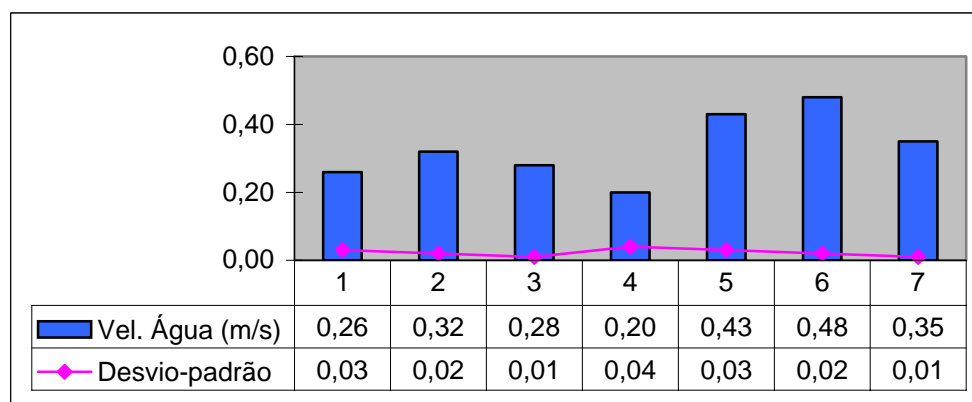
O ponto 3 foi o que apresentou maior valor médio de oxigênio dissolvido, já o menor valor foi observado no ponto 4, conforme Figura 15.



**Figura 15** – Valores médios e desvio-padrão de oxigênio dissolvido nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

## 5.7. Velocidade da água

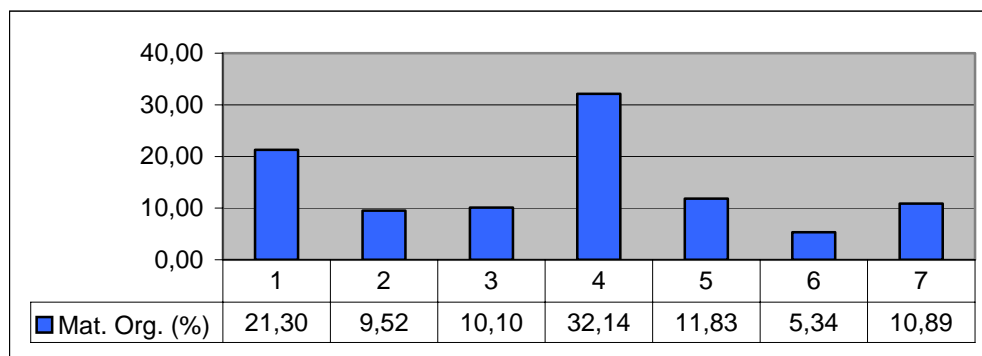
A maior velocidade média da água foi registrada no ponto 6 e a menor no ponto 4, conforme Figura 16.



**Figura 16:** Valores médios e desvio-padrão da velocidade da água nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

### 5.8. Matéria orgânica do sedimento

O ponto 4 foi o que apresentou a maior porcentagem de matéria orgânica no sedimento e o ponto 6 a menor, conforme os dados da Figura 17.



**Figura 17** – Porcentagens de matéria orgânica no sedimento nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

Durante o estudo foram coletados e identificados 4.327 organismos pertencentes a 21 unidades taxonômicas (Tabela V - anexa).

As análises indicaram que as famílias Chironomidae (Diptera), Tubificidae e Naididae (Oligochaeta) e Glossiphoniidae (Hirudinea) foram predominantes, cada uma, representando 69,19%, 11,90% , 6,77% e 5,04%, respectivamente, do total da taxocenose macrobentônica. Chironomidae, Glossiphoniidae, juntamente com Oligochaeta estiveram presentes em todos os pontos amostrados.

Observando a Tabela V (anexa), verifica-se que o ponto 1 apresentou maior número de táxons em relação aos demais pontos. Neste ponto, os Chironomidae foram predominantes, 1.811 organismos, divididos nas subfamílias Tanypodinae, Orthoclaadiinae e Chironominae, sendo esta última a que apresentou a maior densidade, depois a família Hydropsychidae (Trichoptera) com 116 organismos e Oligochaeta com 57 organismos, divididos entre as famílias Naididae, Tubificidae, Enchytraeidae e Megadrilli.

Chironomidae foi a família que apresentou a maior densidade em todos os pontos, exceto nos pontos 6 e 7, nos quais predominaram Oligochaeta.

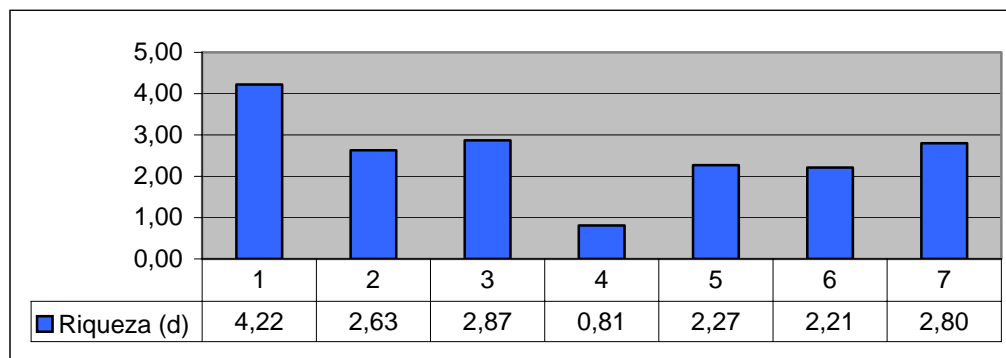
Na Tabela IV estão apresentados os valores dos índices: Riqueza (d), O/O+C, Abundância de Tubificidae, BMWP e Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats para os sete pontos amostrados.

**Tabela IV:** Valores dos índices de riqueza, relação O/O+C, abundância de Tubificidae, BMWP, protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats nos pontos de coleta no Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan-Araraquara (SP), no período de estudo.

Índices	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
Riqueza (d)	4,22	2,63	2,87	0,81	2,27	2,21	2,80
O/O+C	0,02	0,26	0,01	0,00	0,02	1,00	0,99
Abundância de Tubificidae	0,37	0,50	0,03	0,00	0,26	0,62	0,81
BMWP	45	9	9	6	9	6	9
Prot. Aval. Ráp. Div. Habitats	32	30	30	34	22	20	28

### 5.9. Riqueza (d)

Quanto à riqueza, o maior valor foi registrado no ponto 1, e o menor no ponto 4, conforme mostra a Figura 18.

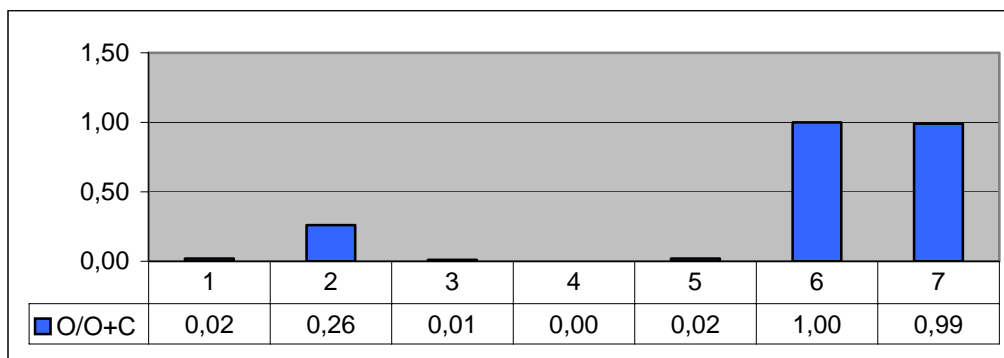


**Figura 18:** Valores do índice de riqueza de táxons nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

### 5.10. Relação O/O+C

No ponto 4 não foi possível calcular a relação O/O+C, nem o índice de Abundância de Tubificidae, pois neste ponto não foi registrada a presença de organismos da família Tubificidae (Oligochaeta).

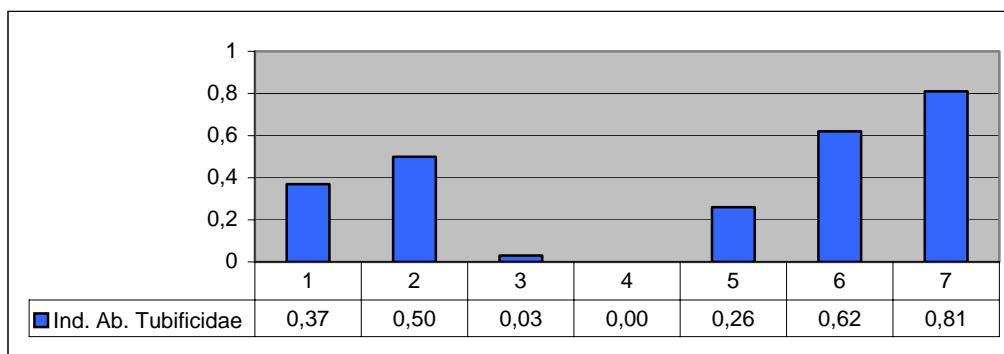
A relação de O/O+C teve o menor valor registrado no ponto 3, enquanto os maiores foram nos pontos 6 e 7, conforme dados da Figura 19.



**Figura 19:** Valores da relação O/O+C nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

### 5.11. Índice de Abundância de Tubificidae

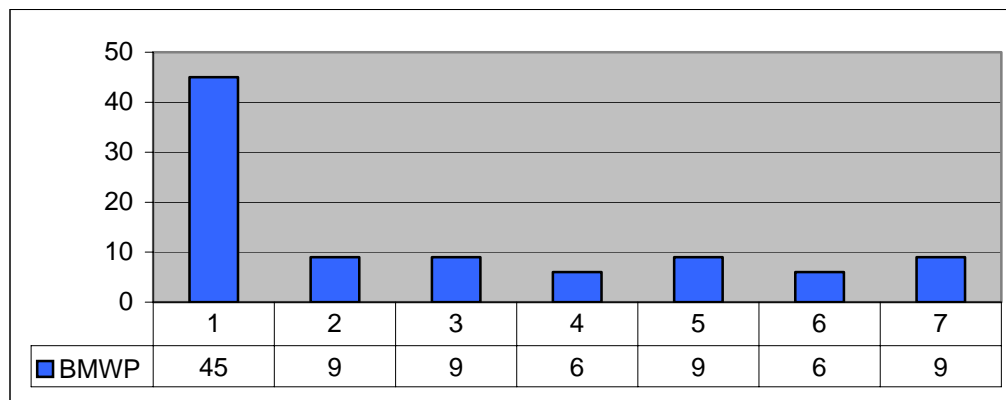
O índice de abundância de Tubificidae foi maior nos pontos 6 e 7, e a menor no ponto 3, conforme Figura 20.



**Figura 20:** Valores do índice de abundância de Tubificidae nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

### 5.12. Índice BMWP

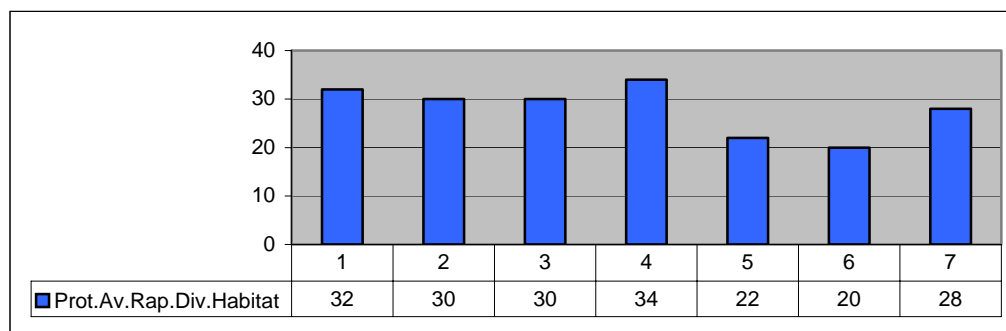
Quanto ao BMWP, o ponto 1 apresentou valor de 45. Segundo este índice, o valor apresentado neste ponto considera satisfatória a qualidade das águas. Já os pontos 2, 3, 5 e 7, apresentaram valor igual a 9 e os pontos 4 e 6, valor igual a 6, todos considerados com qualidade da água muito ruim, dados apresentados na Figura 21.



**Figura 21:** Valores do índice BMWP nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

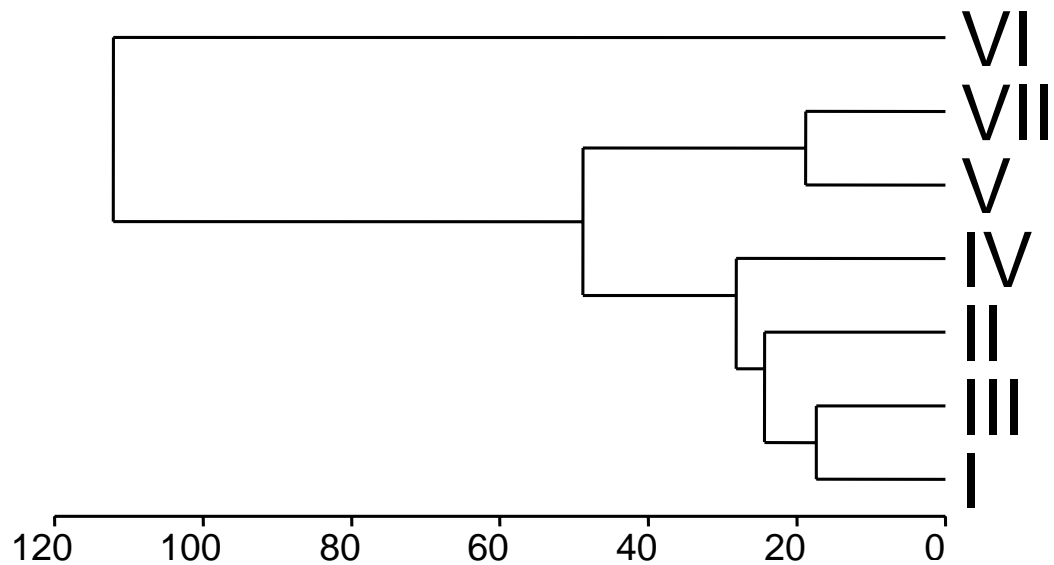
### 5.13. Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de Habitats

Os valores registrados para o Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats ficaram dentro da faixa até 40, caracterizando todos os pontos como “impactados”, conforme mostra a Figura 22, abaixo.



**Figura 22:** Valores do protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats nos pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP), no período de estudo.

### 5.14. Análise de Agrupamento



**Figura 23:** Dendrograma de similaridade entre os pontos de coleta do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan, município de Araraquara (SP).

A análise mostrou a formação de três grupos um composto pelos pontos I, III, II e IV; o outro formado pelos pontos V e VII e o terceiro composto pelo ponto VI isoladamente. Por ser uma análise de dissimilaridade, observa-se que quanto menor o valor da distância, maior é a similaridade entre os pontos.

## 6. DISCUSSÃO

O Ribeirão das Cruzes, nos trechos estudados, está sujeito a diversas influências, tipicamente antrópicas: ausência de mata ciliar, áreas altamente urbanizadas, esgoto clandestino, pesque-pague e áreas de pastagens.

Os ecossistemas aquáticos refletem a geomorfologia e a fisiologia do local, o clima da região, o histórico e a escala das perturbações que se desenvolvem nas áreas circunvizinhas a esses ambientes (GUERESCHI, 2004). Portanto, para conhecer a qualidade de um ambiente aquático é necessário o estudo das variáveis bióticas e abióticas do sistema, que possam indicar o grau da influência externa.

Neste estudo, uma das variáveis abióticas analisadas foi a turbidez da água, que é caracterizada pela quantidade de material em suspensão e é segundo MAIER (1978 apud LIMA, 2002), influenciada pela topografia, composição do solo da área de drenagem, tipo de vegetação e atividades que se desenvolvem dentro da bacia. Os resultados obtidos mostram valores crescentes no sentido montante-jusante, apontando para a influência das áreas urbanas no aporte de materiais para o Ribeirão das Cruzes. LIMA (2002), em seu trabalho no rio Cuiabá-MT, também constatou a influência das áreas urbanas no aumento da turbidez.

Os valores de turbidez registrados neste trabalho assemelham-se aos obtidos por PRIMAVESI et al., (2000), na microbacia do ribeirão Canchim em São Carlos (SP), cujos valores não ultrapassaram 19 UNT, esses valores são considerados valores baixos quando comparados com valores registrados em outros corpos d'água dessa mesma região.

Nos sistemas naturais, o pH da água é influenciado pela concentração de íons  $H^+$  originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH, e das reações entre os íons carbonato e bicarbonato com a água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina. Segundo ESTEVES (1988), muitos fatores como a geologia do local, a decomposição da matéria orgânica e a produção primária, contribuem para a variação do pH em ecossistemas aquáticos. O mesmo afirma também, que a maioria dos corpos d'água continentais tem pH que varia entre 6 e 8, e aqueles que apresentam valores baixos têm elevadas concentrações de ácidos orgânicos dissolvidos de origem alóctone e autóctone. Já MAIER (1978 apud LIMA, 2002) registrou que as águas dos rios brasileiros tendem a



apresentar valores de pH variando do neutro para o ácido. No presente estudo, os valores médios de pH apresentaram pequena faixa de variação, os valores médios estiveram próximos da neutralidade.

Quanto à demanda química de oxigênio, os dados obtidos apontam para aumento dos valores no sentido montante-jusante, devido à carga de dejetos que o ribeirão recebe, via escoamento superficial das áreas urbanas, provenientes de águas pluviais e possivelmente também de esgoto clandestino. NECCHI et al. (2000), encontraram valor médio de DQO de 16,1 mg/L no rio São Francisco, valor esse considerado alto pelos autores. No presente estudo, os valores registrados foram bem maiores, o ponto 7 apresentou valor de 168,76 mg/L.

Em relação à demanda bioquímica de oxigênio, os pontos 6 e 7 apresentaram os maiores valores de DBO, indicando a presença de matéria orgânica na água. No rio Monjolinho em São Carlos (SP), GUERESCHI & MELÃO (1997), encontraram valores semelhantes de DBO, apontando também a presença de matéria orgânica como responsável pelos valores elevados.

A condutividade elétrica é a capacidade da água em conduzir corrente elétrica e indica a quantidade de sais existentes no sistema, sendo dependente das concentrações iônicas e da temperatura e representa indiretamente uma medida da concentração de poluentes (CETESB, 2003).

Vários fatores como a geologia da área de drenagem dos afluentes, o regime de chuvas e a influência antrópica, aos quais os ecossistemas são submetidos, influenciam a composição de íons dos sistemas aquáticos.

As variações da medida de condutividade concedem informações a respeito da entrada e decomposição de matéria orgânica. Assim, de modo geral, os valores da condutividade aumentam quando os processos de decomposição tornam-se mais intensos, principalmente devido à entrada de matéria orgânica no sistema (FREIRE, 2000).

O ponto 6, apresentou maior valor médio de condutividade (114,27  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), isso caracteriza um aporte de material orgânico. FREIRE op. cit., encontrou valores menores de condutividade no Ribeirão Canchim em São Carlos (SP), o valor máximo foi de 36,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . GUERESCHI (2004), encontrou valores bem menores, que podem ser considerados valores baixos a muito baixos, inferiores a 18  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , nos córregos da Estação Ecológica de

Jataí, em Luiz Antonio (SP), sugerindo, segundo a autora, que esses sistemas ainda não sofrem interferência antrópica significativa. Já GUERESCHI & MELÃO (1997), encontraram no rio Monjolinho em São Carlos (SP), valores bem elevados de condutividade elétrica, 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , sugerindo a presença de fontes poluidoras bastante intensas.

O oxigênio dissolvido é considerado uma das mais importantes variáveis limnológicas, tanto para a caracterização dos ecossistemas aquáticos quanto para a manutenção da vida aquática (GUERESCHI, 2004). A concentração desse gás na água depende do equilíbrio que ocorre entre a sua entrada pela atmosfera e pela fotossíntese e as perdas devido às oxidações químicas e bióticas (WETZEL, 1983). Em decorrência da pouca profundidade, da grande superfície exposta e do movimento constante, os córregos apresentam, em geral, abundância de oxigênio, mesmo na ausência de plantas verdes (ODUM, 2001).

Os corpos d'água aqui estudados caracterizaram-se por apresentar suas águas bem oxigenadas. Os menores valores foram observados nos pontos 4 e 6. O ponto 4, apresenta fluxo de velocidade mais lento e presença de alguma vegetação em suas margens, que contribui para o aporte de matéria orgânica, ocasionando diminuição da disponibilidade de  $\text{O}_2$  no ambiente, devido ao processo de decomposição. Já o ponto 6, apresentou baixa concentração de oxigênio e condutividade elétrica alta, indicando que nesse local a carga orgânica alóctone é elevada e que o oxigênio é utilizado para oxidação da mesma (GUERESCHI & MELÃO, 1997).

Através da análise de agrupamento pode-se observar uma maior similaridade entre os pontos I e III e entre V e VII. O ponto que mais diferiu dos demais foi o ponto VI.

Nos pontos I e III as variáveis que possivelmente influenciaram o agrupamento foram a DQO, o oxigênio dissolvido e a velocidade da água. Esses dois pontos possuem alguma vegetação em suas margens e também localizam-se dentro da Fazenda Samua, recebendo menor influência antrópica.

Nos pontos V e VII, as variáveis que possivelmente influenciaram o agrupamento foram a turbidez, o pH, o oxigênio dissolvido e a porcentagem de matéria orgânica no sedimento. O ponto V localiza-se num bairro residencial e o ponto VII é o ponto mais a

jusante, também sob influência das áreas urbanas, além disso, ambos são desprovidos de mata ciliar.

O ponto VI, que diferiu de todos os outros, apresentou o maior valor médio de turbidez, condutividade elétrica e velocidade da água e um dos menores valores de oxigênio dissolvido.

O monitoramento da qualidade das águas através de comunidades bióticas junto aos parâmetros abióticos apresenta-se hoje como a melhor forma de detecção de alterações nos sistemas aquáticos.

A maioria dos organismos que habita um substrato em geral o coloniza passivamente. O comportamento de deriva é considerado por vários autores (WISE & MOLLES JR., 1979; BENSON & PEARSON, 1987; MACKAY, 1992) como sendo o principal mecanismo utilizado pelos organismos na colonização de substratos artificiais.

Os colonizadores de substratos são principalmente organismos que se dispersam pela deriva (KLEMM et al., 1990), como Simuliidae, Chironomidae, Trichoptera Ephemeroptera (MACKAY, 1992). Com exceção de Simuliidae, os demais táxons estiveram presentes nos substratos dos pontos amostrados neste estudo.

Outra via de colonização que pode, em certos períodos, superar a deriva em importância é a migração ativa, por rastejamento ou natação, a partir de substrato próximo da região hiporréica (MACKAY, op cit.)

Entre os colonizadores, geralmente a família Chironomidae é dominante, já que suas características eurióicas, somadas ao seu comportamento de dispersão pela deriva, conferem a ela condições de pioneirismo (MEIER, et al., 1979; MACKAY, op cit.). Isso explica os resultados obtidos no presente estudo, uma vez que os Chironomidae foram dominantes na maioria dos pontos amostrados.

Outras famílias também estiveram presentes nos substratos como Hydropsychidae, Hydroptilidae, Polycentropodidae, Pyralidae, Baetidae, Elmidae, Ceratopogonidae, Tipulidae e Glossiphoniidae, porém com menor frequência e abundância.

Os Oligochaeta também estiveram presentes e foram importantes em frequência e abundância, juntamente com Chironomidae.

As atividades antropogênicas, incluindo alterações de habitats, são frequentemente complexas e difíceis de serem descritas em relação às repercussões ecológicas. Entretanto,

sugere-se que seus efeitos poderiam ser avaliados e monitorados pela análise das comunidades bióticas (CHEVANEC et al., 2000 citado por LIMA, 2002). Entre essas comunidades a de macroinvertebrados bentônicos é a mais amplamente empregada nas avaliações ambientais (ROSENBERG & RESH, 1993; OMETTO, 2001; WALSH et al., 2001).

A comunidade presente num certo local reflete a totalidade de fatores que intervêm no seu desenvolvimento. Assim, num ecossistema em equilíbrio as comunidades bióticas são diversificadas e desenvolvem relações complexas entre os organismos e o meio permitindo que essas comunidades continuem estáveis (ODUM, 2001). Se as condições do local se modificarem, vai haver imediatamente, a médio ou a longo prazos alterações das características físicas e químicas da água e conseqüentemente o rompimento do equilíbrio existente. Os organismos mais sensíveis desaparecem e os menos sensíveis desenvolvem-se abundantemente (GUERESCHI, 2004).

É reconhecida a supremacia da família Chironomidae em córregos expostos a interferências antrópicas como o desmatamento (SPONSELLER et al., 2001; HAWKINS et al., 1982) e mais comumente alterações direta na qualidade da água pela entrada de poluentes orgânicos, decorrentes de despejos domésticos (CAIRNS & PRATT, 1993; REICE & WOHLBERG, 1993) e inorgânicos, pela entrada de efluentes industriais ou agrotóxicos lixiviados dos campos agrícolas (BUKEIMA & VOSHELL, 1993; JOHNSON et al., 1993, NORRIS & GEORGES, 1993).

Os representantes da família Chironomidae formam um dos mais importantes grupos de insetos aquáticos, participando significativamente da composição faunística dos mais variados biótopos, onde geralmente ocorrem em elevadas densidades numéricas na condição de larvas (SANTOS, 1993). No presente estudo Chironomidae foi predominante em todos os pontos amostrados, exceto nos pontos 6 e 7 que predominou Oligochaeta.

Organismos da classe Oligochaeta são típicos de ambientes enriquecidos por matéria orgânica (SANG & CHRISTER, 1985; ROSENBERG & RESH, 1993). Organismos deste grupo, especialmente da família Tubificidae, são classificados como organismos exploradores (JAMES & EVISON, 1979) e reconhecidos como indicadores de ambientes degradados (ROSENBERG & RESH, op. cit.).

No ponto 1, foi registrado a presença de organismos das famílias Ephemeroptera e Trichoptera, considerados organismos sensíveis a perturbações ambientais (ROSENBERG & RESH, 1993), além disso também apresentou maior índice de riqueza taxonômica. Ainda, neste ponto, o índice BMWP indicou água de qualidade satisfatória.

Este ponto, juntamente com o ponto 4, foram os que apresentaram as maiores porcentagens de matéria orgânica no sedimento, provavelmente devido a presença de alguma vegetação em suas margens e menor velocidade da água nesses pontos. Segundo GUERESCHI & MELÃO (1997), a velocidade da corrente influencia o transporte de material orgânico para locais de menores velocidades.

O ponto 4 apresentou a maior quantidade de matéria orgânica e o menor valor médio de O<sub>2</sub>, isto provavelmente influenciou a estrutura zoobêntica, uma vez que neste ponto foi encontrada menor riqueza em relação aos demais pontos. DI PERSIA (1986) cita que a presença de matéria orgânica pode ser fator inibidor da comunidade bentônica.

O maior valor do índice de riqueza encontrado no ponto 1, reflete um maior equilíbrio e estabilidade do sistema, o que pode talvez ser explicado pela presença de alguma vegetação nas margens, embora não caracterize uma mata ciliar, e menor impacto antropogênico, já que este ponto localiza-se dentro da Fazenda Samua. Os demais pontos apresentam valores menores para esse índice, como se esperava, devido à entrada de materiais poluentes no sistema.

O ponto 6 apresentou o maior valor de DQO e condutividade elétrica que, segundo LUTTERBACH et al.(2001), correlacionam-se positivamente com altos números de Oligochaeta. Neste ponto também foi encontrado maior abundância de Glossiphoniidae (Hirudinea). Segundo PEREZ (1988), Hirudinea são organismos que toleram baixas quantidades de oxigênio, sendo que, no presente estudo esse ponto foi o que registrou um dos menores valores de oxigênio dissolvido.

Segundo ROSENBERG & RESH (1993), os organismos da família Tubificidae (Oligochaeta) são reconhecidos como indicadores de ambientes degradados. Os maiores valores de O/O+C, assim como, os do índice de abundância de Tubificidae foram detectados nos pontos 6 e 7. Analisando conjuntamente com os resultados das variáveis físicas e químicas obtidos, pode-se sugerir que muito provavelmente esses pontos recebem

material orgânico, já que esses organismos estão intimamente relacionados com enriquecimento orgânico do sedimento (SANG & CHRISTER, 1985).

Existem vários índices para avaliação da qualidade da água. Uma das diferenças entre eles é em relação ao nível taxonômico utilizado. Quanto mais específico, maior a dificuldade para aplicá-lo (RICO et al., 1992).

O método “BMWP” para avaliação da qualidade da água foi escolhido porque requer identificação taxonômica apenas em nível de família (JUNQUEIRA & CAMPOS, 1998). Esses autores concluíram em estudos realizados que o “BMWP” forneceu as melhores respostas em relação a outros métodos estudados para a região tropical. Segundo o BMWP, o ponto 1 apresentou qualidade satisfatória da água. Já os pontos 6 e 7 apresentaram qualidade da água muito ruim, corroborando com os resultados das análises físicas e químicas e dos demais índices bióticos obtidos nestes pontos.

A qualidade do habitat físico é essencial em qualquer pesquisa biológica porque a fauna aquática freqüentemente tem exigências específicas de habitats que são independentes da qualidade de água (HANNAFORD et al., 1997). Atualmente, estudos acerca da avaliação rápida da qualidade de habitats têm sido desenvolvidos, visando uma descrição geral e qualitativa dos vários atributos dos habitats que são pontuados ao longo de um gradiente de ótimo a pobre, utilizando observações visuais com um mínimo de medidas (CALLISTO et al., 2001b). Essas técnicas visam avaliar a estrutura e funcionamento dos ecossistemas aquáticos contribuindo para o manejo e conservação destes ecossistemas apoiados por protocolos simplificados com parâmetros de fácil entendimento e utilização (CALLISTO et al., 2002). O Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats baseia-se na caracterização das condições ecológicas em trechos de bacias hidrográficas.

Os resultados obtidos através do Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats caracterizaram todos os pontos estudados como “impactados”, porém, verifica-se que os menores valores foram registrados nos pontos 5, 6 e 7, indicando que nestes pontos há maior perturbação. Provavelmente a ausência de mata galeria e a proximidade de áreas urbanas devem ser fatores responsáveis pela instabilidade desses sistemas.

## 7. CONCLUSÕES

No Ribeirão das Cruzes houve uma variação espacial das variáveis físicas e químicas, resultado da influência da área urbana, da ação antrópica e, embora, a cidade de Araraquara possua estação de tratamento de esgoto, o Ribeirão ainda recebe uma carga elevada de matéria orgânica, que exerce influências nos valores das variáveis limnológicas deste corpo d'água.

A variação espacial também foi verificada na estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos. O ponto 1, segundo as análises dos índices bióticos apresentou maior riqueza de táxons e qualidade satisfatória da água. Já os pontos 6 e 7, apresentaram maiores valores na abundância de Tubificidae e na relação O/O+C. A análise conjunta desses índices com os resultados das variáveis físicas e químicas desses pontos, permitiu concluir que eles recebem material orgânico.

## **8. RECOMENDAÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DO SISTEMA**

- A recomposição da mata ciliar do Ribeirão das Cruzes e seus afluentes seria um fator importante para a recuperação da diversidade faunística.
- Uma fiscalização mais rígida quanto ao despejo clandestino de matéria orgânica nos corpos d'água, pois a cidade de Araraquara possui Estação de Tratamento de Esgoto.
- Incluir o monitoramento biológico em conjunto com as análises químicas e físicas que já são realizadas pelo DAAE – Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara, para se obter uma melhor avaliação da qualidade desses ambientes.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA-TERCEDOR, J. **Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad De Las Águas De Los Rios**. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almeria, 1996, vol. II: 203-213p.

ALVES, R.G. **Dinâmica Espaço Temporal dos Macroinvertebrados Bentônicos de uma lagoa marginal**. São Carlos: UFSCar, 1998, 136f. Tese (Doutorado em Ecologia).

ALVES, R. G. & DE LUCCA, J. V. **Oligochaeta (Annelida: Clitellata) como indicador de poluição em dois córregos pertencentes à Bacia do Ribeirão do Ouro – Araraquara(São Paulo-Brasil)**. Rio Claro(SP): Brazilian Journal of Ecology, v 1 e 2, 2000, 112-117p.

BEAK, T. W.; GRIFFING, T. C.; APPEBY, A. G. **Use of artificial substract samples to acess water pollution, biological methods for the assessment of water quality**. Philadelphia, PA: ASTM, 1973. 224-241p.

BENSON, L. J.; PEARSON, R.G. **The role of drift and effect of season on macroinvertebrate colonization of implanted substrata in a tropical Australian stream**. Freshwater Biology, 18. 1987.109-116p.

BRANDIMARTE, A. L. et al. Amostragem de Invertebrados Bentônicos. In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. **Amostragem em Limnologia**. Ed. RIMA, 2004, 212-230p.

BRINKHURST, R.O.; MARCHESE, M.R. **Guia para la Identificacion de Oligoquetos aquáticos continentales de Sud y Centroamerica**. Santa Fé: Clímax, 1989, 207p.

BUKEIMA, A. L. Jr.; VOSHELL JR, J. R.. Toxicity studies using freshwater benthic macroinvertebrate. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapmann & Hall, 1993. 344-398p.

CAIRNS Jr, J.; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. 10-27p.

CALLISTO, M., MORETTI, M. & GOULART, M. **Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos**. Ver. Bras. Rec. Hídricos, 6: 71-82. 2001b.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W. R.; MORENO, P.; GOULART, M. & PETRUCIO, M. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ)**. Acta Limnol. Bras., 14(1): 91-98p, 2002.

CETESB. **Normatização Técnica L.5.120**, 1ª Edição, São Paulo, 1973.

CETESB. **Normatização Técnica L.5.121**, 1ª Edição, São Paulo, 1973

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2002**. São Paulo, SP, 2003. 263p.

CLEMENTS, W.H.; VAN HASSEL, J. H.; CHERRY, D. S.; CAIRNS Jr, J. **Colonization, variability, and use of substratum filled trays for biomonitoring benthic communities**. Hydrobiologia, 173: 45-53p. 1989.

CORBI, J. J.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Chironomidae (Diptera) e outros macroinvertebrados em rios sob influência de cultura canavieira (Araraquara, SP)**. In: III ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE TAXONOMIA E ECOLOGIA DE CHIRONOMIDAE. Resumos. Rio de Janeiro, 4 e 5 de Novembro de 1999.

CRAWFORD, C. G.; WANGNESS, D. J.; MARTIN, J.D. **Recovery of benthic-invertebrate communities in the White River near Indianapolis, Indiana, USA**,

**following implementation of advanced treatment of municipal wastewater.** Arch. Hydrobiol.,126:67-84. 1992.

DAAE - 30anos. Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara-São Paulo, junho 1999, 20p.

DERISIO, J.C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental.** São Paulo: Cetesb, 1992, 201p.

DI PERSIA, D. H. Zoobenthos of the Paraná system. In: DAVIES, B. R. & WAKER, K. F. (ed). **The Ecology of river system.** Dordrecht: Dr. W. Junk Publishers, 1986. 589-598p.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos da Limnologia.** Rio de janeiro: Interciência:FINEP, 1988, 544p.

FIGUEROA, R.; VALDOVINOS, C.; ARAYA, E.; PARRA, O. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile.** Revista Chilena de História Natural 76: 275-285, 2003.

FREIRE, C.F. **Impactos de diversos usos do solo sobre o Ribeirão Canchin (CCPSE-EMBRAPA), São Carlos-SP: Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores.** São Carlos:UFSCar, 2000. 87p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de São Carlos-SP.

GUERESCHI, R. M. **Monitoramento biológico das microbacias hidrográficas da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antonio, SP.** São Carlos: UFSCar, 2004. 79p. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de São Carlos-SP.

GUERESCHI, R. M.; MELÃO, M. G. G. **Monitoramento biológico da bacia hidrográfica do rio do Monjolinho pelo uso de macroinvertebrados bentônicos.** In:

SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, VIII., 1997, São Carlos. Anais...São Carlos: UFSCar, 1997. 61-79p.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T. & RESH, V. H. **Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat.** J, North Am. Benthol. Soc., 16: 853-860, 1997.

HAWKINS, C. P.; MURPHY, M. L.; NADERSON, N. H. **Effects of canopy substrate composition, and gradiente on the structure of macroinvertebrate communities in Cascade Range stream of Orange.** Ecology, 63(6). 1982. 1840-1856p.

HILSENHOFF, W. L. **An artificial substrate device for sampling benthic stream invertebrates.** Limnol. Oceanogr. 14, 1969. 465-471p.

JAMES, A. & EVISON, L. The value of biological indicators in relation to other parameters of water quality, p. 1-15. In: **Biological indicators of water quality.** New York. John Wiley & Sons, 1979.

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D. M. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations, and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: Chapman & Hall, 1993. 40-158p.

JUNQUEIRA, V.M.; CAMPOS, S.C.M. **Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed Minas Gerais, Brazil.** São Paulo: Acta Limnológica Brasiliensia, vol 10(2), 1998, 125-135p.

JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. **Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados.** Acta Limnol. Bras., 12: 73-87, 2000.

KAWAI, K., YAMAGISHI, T., KUBO, Y., KONISHI, K. **Usefulness of chironomid larvae as indicators of water quality.** Jpn .J. Sanit. Zool., v.40, n.4, 1989, 269-283p.

KIKUCHI, R. M. & UIEDA, V. S. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. In: NESSIMIAN, J. L. & CARVALHO, E. (eds). **Ecologia de Insetos Aquáticos.** Series Oecologia Brasiliensis, vol V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 1998, 157-173p.

KLEMM, D. J.; LEWIS, P. A.; FULK, F.; LAZORCHAK, J. M. **Macroinvertebrates field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters.** EPA-600-4-90-030. Environmental monitoring systems laboratory, US/EPA, Cincinnati. 1990. 256p.

KUHLMANN, M. L. **Biomonitoramento com invertebrados bentônicos: estado atual e perspectivas.** In: Encontro Brasileiro sobre Chironomidae, IV., 2001, Ribeirão Preto. Resumos...Ribeirão Preto:FFCLRP-USP, 2001. 5-7p.

LIMA, J. B. **Impactos das atividades antrópicas sobre a comunidade dos macroinvertebrados bentônicos do rio Cuiabá no perímetro urbano das cidades de Cuiabá e Várzea Grande – MT.** São Carlos: UFSCar, 2002. 143p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos-SP.

LOT, A.; ALVES, R. G.; MINATEL, D. A. C.; CORBI, J. J. **Chironomidae (Diptera, Insecta) associado ao sedimento do córrego Água Branca – Bacia do Ribeirão do Ouro – Araraquara-SP.** In: Encontro Brasileiro sobre Chironomidae, IV, 2001, Ribeirão Preto. Resumos...Ribeirão Preto: FFCLRP-USP, 2001. 46-47p.

LUTTERBACH, M. T. S.; VASQUEZ, J. C.; PINET, J. A.; ANDREATA, J. V. & SILVA, A. C. **Monitoring and spatial distribution of heterotrophic bacteria and fecal coliforms**

**in the Rodrigo de Freitas Lagoon, Rio de Janeiro, Brazil.** Brazilian Archives of biology and Technology, vol 44, n. 1, mar. 2001, 7-13p.

MACKAY, R. J. **Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of process and patterns.** Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49. 1992. 617-628p.

MARQUES, M. M. G. S. M.; BARBOSA, F. A. R. **Eficiência de alguns parâmetros da comunidade de macroinvertebrados utilizados na avaliação da qualidade de água.** In: SEMINÁRIO REGIONAL DE ECOLOGIA, VIII., 1997, São Carlos. Anais...São Carlos: UFSCar, 1997. 113-126p.

McCAFFERTY, W. P. **Aquatic entomology: the fishermns's and ecologist's illustrated guide to insects and their relatives.** Boston: Jones and Barlett publishers, 1981. 448p.

MAYOR, F. **Por uma "Ética da Água".** O Correio da UNESCO. Abril, 1999. 9p.

MAZOCCO, F. **Cetesb aponta melhoria na qualidade da água dos rios que cruzam Araraquara.** Tribuna Imprensa, Araraquara – São Paulo, 10 set. 2000.

MEIER, P. G.; PENROSE, D. L.; POLAK, L. **The rate of colonization by macroinvertebrates.** Freshwater Biology, 9. 1979. 281-392p.

NECCHI, O. Jr.; BRANCO, L. H. Z.; BRANCO, C. C. Z. **Características limnológicas da bacia do Alto Rio São Francisco, Parque nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais.** Acta Limnol. Brás., 12, 2000. 11-22p.

NORRIS, R. H.; GEORGES, A. Analysis and interpretation of benthic macroinvertebrate surveys. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: Chapman & Hall, 1993. 234-286p.

O IMPARCIAL. **Araraquara – A Morada do Sol – dos nossos dias**. Araraquara-São Paulo, 26 set. 1999. Caderno Especial. 13p.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1985, 434p.

ODUM, E. P. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução de António Manuel de Azevedo Gomes. 6<sup>a</sup> ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001. 927p. Título original: *Fundamentals of ecology*.

OMETTO, J. P. H. B. **Efeito das mudanças do uso do solo e efluentes domésticos sobre a composição química da água e a comunidade de macroinvertebrados bentônicos em duas pequenas bacias hidrográficas localizadas na bacia do rio Piracicaba**. 2001. 82p. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração energia nuclear na agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PARELE, E. A.; ASTAPENOK, E. B. **Tubificids (Oligochaeta: Tubificidae) Indicators of the Quality of Water Bodies, (In Russian)**. Latv Psr Zinat Akad Vestis 9, p.44-46, 1975.

PEREIRA, D. & DE LUCA, S. J. **Benthic macroinvertebrates and the quality of the hydric resources in Maratá Creek basin (Rio Grande do Sul, Brazil)**. Acta Limnol. Bras., 15(2): 57-68, 2003.

PÉREZ, G. R. **Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia**. Fondo Fen Colombia, Colciencias, Universidad de Antioquia. Bogotá: Presencia, 1988, 217p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARARAQUARA em [www.araraquara.sp.gov.br](http://www.araraquara.sp.gov.br) Acesso em 20 set. 2005.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A. R.; OLIVEIRA, H. T.; PRIMAVESI, A. C. P. A. **A qualidade da água na microbacia hidrográfica do Ribeirão Canchin, São Carlos, SP, ocupada por atividade pecuária.** Acta Limnol. Brás., 12, 2000. 95-111p.

REICE, S. R.; WOHLBERG, M. Monitoring freshwater benthic macroinvertebrates and benthic processes: measures for assessment of ecosystem. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: Chapman & Hall, 1993. 287-305p.

RICO, E.; RALLO, A.; SEVILLANO, M. A. & ARRETXE, M. L. **Comparison of several biological indices based on river macroinvertebrate benthic community for assessment of running water quality.** Annls. Limnol. 28 (2): 147-156, 1992.

ROQUE, F. O.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Avaliação preliminar da qualidade da água das microbacias hidrográficas de Luiz Antônio utilizando macroinvertebrados como bioindicadores: subsídios para o monitoramento ambiental.** Revista PUC-Ciências Biológicas e do Ambiente (no prelo), 1999.

ROSENBERG, D. D.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.** New York: Chapman and Hall, 1993. 488p.

SAETHER, O. A. **Chironomid communities as water quality indicators.** Holarctic Ecology, 2, 1979. 65-74p.

SANG, Q., CHRISTER, E. **Ecological survey of the aquatic oligochaetes in the Lower Pearl River (People's Republic of China).** Hydrobiologia, 128, 1985. 39-44p.

SANSEVERINO, A. M.; NESSIMIAN, J. L. & OLIVEIRA, A. L. H. A fauna de Chironomidae (Diptera) em diferentes biótipos aquáticos na Serra do Subaio (Teresópolis, RJ). In: NESSIMIAN, J.L. & CARVALHO, A. L. (eds). **Ecologia de Insetos Aquáticos.** Series Oecologia Brasiliensis, vol V. PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 1998, 253-263p.



SANTOS, C. M. & HENRY, R. **Análise da densidade e diversidade da fauna bentônica da Represa de Jurumirim (Rio Paranapanema-SP) em dois períodos do ano.** Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, vol VIII, 1997. 151-162p.

SANTOS, M. J. **Estudo Limnológico dos Córregos da Água Fria e da Água Quente.** São Carlos, 1993. 291p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental). Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de São Carlos

SIMÕES, G. **O estudo dos macroinvertebrados bentônicos como indicadores das variações ambientais do rio São Lourenço – Matão – SP.** Araraquara, 2005. 107p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente). Centro Universitário de Araraquara - UNIARA.

SPONSELLER, R. A.; BENTFIELD, E. F.; VALETT, H. M. **Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities.** Freshwater Biology, 46. 2001. 1409-1424p.

STRIXINO, G.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; ALVES, R. G. **Macroinvertebrados bentônicos de lagoas marginais da planície de inundação do Rio Mogi-Guaçu (Estação Ecológica de Jataí).** Anais do VIII Seminário Regional de Ecologia, vol VIII, p. 33-42, 1997.

TAKEDA, A.M.; BÜTTOW, N. C. & MELO, S.M. **Zoobentos do Canal Corutuba – MS (Alto Rio Paraná – Brasil).** Revista UNIMAR, Maringá 13(2)353-364p, outubro, 1991.

TRINDADE, M. **Nutrientes em sedimentos da Represa do Lobo (Brotas-Itirapina SP).** São Carlos. Dep. Ciências Biológicas. UFSCar. Dissertação de Mestrado, 1980. 219p.

TRIVINHO-STRIXINO, S., STRIXINO, G. **Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: Guia de identificação e diagnose dos gêneros.** São Carlos: PPG-ERN/UFSCar, 1995, 229p.

TUNDISI, J. G. **RECURSOS HÍDRICOS**. Multiciência. Campinas, nov. 2003. Disponível em <http://www.multiciencia.unicamp.br/art03.htm>> Acesso em 14 nov. 2003.

VERDONSCHOT, F. M. **The role of oligochaetes in the management of waters**. Hydrobiologia, 180. 1989. 213-227p.

WALSH, C. J.; SHARPE, A. K.; BREEN, P.F. **Effects of urbanization on streams of the Melbourne region, Victoria, Australia and benthic macroinvertebrate communities**. Freshwater Biology, 46, 2001. 535-551p.

WETZEL, R. G. **Limnology**. 2 ed. Washington: Saunders College Publ., 1983, 919p.

WIEDERHOLM, T. **Use of benthos in the lake monitoring**. J. Wat. Poll. Control Fider, 1980, v 52, n° 3, 537-547p.

WISE, D. H.; MOLLES Jr, M. C. **Colonization of artificial substrates by stream insects: influence of substrate size and diversity**. Hydrobiologia, 65(1), 1979. 69-74p.

**ANEXOS**

**Tabela V:** Valores da densidade (ind/3 amostras) e riqueza total dos macroinvertebrados bentônicos nos pontos de coletas do Ribeirão das Cruzes, Córrego do Tanquinho e Córrego do Marivan – Araraquara(SP), no período de junho a novembro de 2004.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7
<b>Trichoptera</b>							
Hydropsychidae	116	0	0	0	0	0	0
Hydroptilidae	4	0	0	0	0	0	0
Polycentropodidae	3	0	0	0	0	0	0
<b>Lepidoptera</b>							
Pyralidae	1	0	0	0	0	0	0
<b>Ephemeroptera</b>							
Baetidae	2	0	0	0	0	0	0
<b>Coleoptera</b>							
Elmidae	1	0	0	0	0	0	0
<b>Diptera</b>							
Ceratopogonidae	29	1	24	0	1	0	0
Tipulidae	0	0	0	0	0	0	11
<b>Chironomidae</b>	<b>1811</b>	<b>34</b>	<b>483</b>	<b>281</b>	<b>381</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
Tanypodinae	478	4	71	13	131	1	0
Orthoclaadiinae	182	2	186	5	6	0	1
Chironominae	<b>1151</b>	<b>28</b>	<b>226</b>	<b>263</b>	<b>244</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Chironomini	236	13	38	189	218	1	1
Tanytarsini	915	15	188	74	26	0	0
<b>Glossiphoniidae</b>	35	25	3	10	32	50	63
<b>Oligochaeta</b>							
Naididae	26	7	44	1	13	170	32
Tubificidae	21	10	3	0	5	282	194
Enchytraeidae	5	0	3	0	0	3	12
Megadrilli	5	3	46	0	1	1	2
<b>Nematoda</b>	10	0	1	0	0	3	0
<b>Platyhelminthes</b>	1	0	13	0	3	0	2
Total	<b>2070</b>	<b>80</b>	<b>620</b>	<b>292</b>	<b>436</b>	<b>511</b>	<b>318</b>
Riqueza	15	6	9	3	7	7	8

**Tabela VI** – Valores das variáveis físicas e químicas da água do Ribeirão das Cruzes, Araraquara (SP) – ponto 1, no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	12/06	24/07	28/08	25/09	30/10	27/11
Turbidez (UNT)	3,00	5,00	4,00	3,00	3,00	14,00
pH	6,19	6,46	6,69	6,54	6,84	6,48
DQO (mg/L)	50,00	64,00	58,00	70,00	58,00	81,00
DBO (mg/L)	10,00	13,00	9,00	15,00	13,00	16,70
Cond. Elétrica ( $\mu$ S.cm)	33,90	34,90	29,10	33,30	32,25	31,70
OD (mg/L)	7,90	7,70	7,80	6,30	6,20	4,80

**Tabela VII** – Valores das variáveis físicas e químicas da água do Córrego do Tanquinho, Araraquara (SP) – ponto 2, no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	12/06	24/07	28/08	25/09	30/10	27/11
Turbidez (UNT)	9,00	6,00	6,00	8,00	10,00	11,00
pH	6,45	6,38	6,81	6,69	6,76	6,68
DQO (mg/L)	60,00	69,00	71,00	86,00	72,00	93,00
DBO (mg/L)	12,00	14,70	10,10	21,00	18,00	21,70
Cond. Elétrica ( $\mu$ S.cm)	63,20	57,90	53,90	56,30	59,40	64,40
OD (mg/L)	6,90	6,80	7,00	6,80	6,50	5,80

**Tabela VIII**- Valores das variáveis físicas e químicas da água do Ribeirão das Cruzes, Araraquara (SP) – ponto 3, no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	12/06	24/07	28/08	25/09	30/10	27/11
Turbidez (UNT)	8,00	5,00	6,00	10,00	8,00	11,00
pH	6,15	6,42	6,92	6,78	10,05	6,71
DQO (mg/L)	40,00	60,00	69,00	65,00	68,00	66,90
DBO (mg/L)	9,00	12,40	9,93	18,00	19,00	19,40
Cond. Elétrica ( $\mu$ S.cm)	49,50	46,80	43,90	52,30	178,25	55,60
OD (mg/L)	7,71	7,00	7,30	7,30	7,00	5,30

**Tabela IX** – Valores das variáveis físicas e químicas da água do Córrego do Marivan, Araraquara (SP) – ponto 4, no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	12/06	24/07	28/08	25/09	30/10	27/11
Turbidez (UNT)	8,00	3,00	4,00	9,00	8,00	7,00
pH	6,36	6,13	6,49	6,25	6,15	6,17
DQO (mg/L)	30,00	36,00	45,00	37,00	32,00	42,10
DBO (mg/L)	7,00	8,00	6,70	9,00	11,00	17,00
Cond. Elétrica ( $\mu$ S.cm)	46,90	63,10	57,40	48,80	45,15	40,90
OD (mg/L)	4,66	5,10	4,10	3,20	5,10	4,70

**Tabela X** – Valores das variáveis físicas e químicas da água do Ribeirão das Cruzes, Araraquara (SP) – ponto 5, no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	12/06	24/07	28/08	25/09	30/10	27/11
Turbidez (UNT)	31,00	5,00	5,00	28,00	9,00	4,00
pH	6,54	6,28	6,74	6,41	6,43	6,40
DQO (mg/L)	80,00	91,00	98,00	74,00	86,00	117,00
DBO (mg/L)	25,00	31,10	32,40	44,00	38,00	52,00
Cond. Elétrica ( $\mu$ S.cm)	72,50	53,30	80,30	67,90	68,25	68,70
OD (mg/L)	6,79	6,67	6,30	5,80	5,70	4,80

**Tabela XI** – Valores das variáveis físicas e químicas da água do Ribeirão das Cruzes, Araraquara (SP) – ponto 6, no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	12/06	24/07	28/08	25/09	30/10	27/11
Turbidez (UNT)	42,00	12,00	5,00	30,00	13,00	2,00
pH	6,66	6,19	6,92	6,65	7,07	6,75
DQO (mg/L)	190,00	112,60	123,70	87,00	102,00	123,00
DBO (mg/L)	67,00	36,80	37,10	33,00	43,00	95,90
Cond. Elétrica ( $\mu$ S.cm)	131,50	92,90	98,10	117,20	119,40	126,50
OD (mg/L)	6,18	2,25	7,00	4,70	6,60	6,00

**Tabela XII** – Valores das variáveis físicas e químicas da água do Ribeirão das Cruzes, Araraquara (SP) – ponto 7, no período de junho a novembro de 2004.

Variáveis	12/06	24/07	28/08	25/09	30/10	27/11
Turbidez (UNT)	0,00	12,00	5,00	44,00	6,00	6,00
pH	0,00	6,06	6,91	6,68	6,90	6,86
DQO (mg/L)	0,00	88,00	94,80	230,00	179,00	252,00
DBO (mg/L)	0,00	29,40	29,70	65,00	51,00	113,80
Cond. Elétrica ( $\mu$ S.cm)	0,00	80,60	88,00	107,30	82,70	89,00
OD (mg/L)	0,00	6,61	6,10	5,20	6,40	6,30

Obs.: Não houve coleta de água no ponto 7 no dia 12/06, pois este ponto foi incluído posteriormente.



**Quadro 1:** Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats.

Localização:			
Data de coleta: ___/___/___		Hora da Coleta:	
Tempo (situação do dia):			
Modo de coleta (coletor):			
Tipo de Ambiente: Córrego ( ) Rio ( )			
Largura:			
Profundidade:			
Temperatura da água			
<b>Parâmetro</b>	<b>4 pontos</b>	<b>Pontuação 2 pontos</b>	<b>0 pontos</b>
1. tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ Agricultura/monocultura/ Reflorestamento	Residencial/comercial Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (esgoto, lixo)	Alterações de origem industrial / urbana (fábricas, siderurgias, canalização, reutilização do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	turva/cor de chá-forte	opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	esgoto (ovo podre)	óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	pedras/cascalho	lama/areia	cimento/canalizado