

Avaliação Preliminar da Qualidade da Água em duas Microbacias do Rio Mogi (SP)

Introdução

O objetivo desta circular técnica é apresentar os resultados referentes à avaliação preliminar da qualidade da água em duas microbacias do rio Mogi (SP); no rio Itupeva, no município de Aguai, SP e no rio Oriçanga, nos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Estiva Gerbi, SP. Nesse sentido, foram realizadas várias ações de pesquisa para identificar os parâmetros físicos e químicos de qualidade de água e a estrutura da comunidade macrobentônica como bioindicadora, a fim de relacioná-los com a integridade ambiental e os impactos antrópicos ocorrentes nestas microbacias.

Para Rosenberg e Resh (1993), o biomonitoramento ou monitoramento biológico pode ser definido como: "o uso sistemático de respostas biológicas para avaliar mudanças no ambiente com o objetivo de utilizar esta informação em um Programa de Controle de Qualidade. Estas mudanças, na maioria das vezes, têm fontes antropogênicas".

Uma vez que fatores abióticos específicos determinam os organismos que podem ocorrer em determinado ambiente, pode-se avaliar a qualidade dos fatores - e do próprio ambiente - a julgar pela ocorrência de organismos, especialmente aqueles estenoecoc (que toleram variações limitadas de parâmetros abióticos), que configuram os melhores bioindicadores (RODRIGUES, 2004). Portanto, de modo geral, o indicador biológico ou bioindicador é aquele organismo que responde às variações ambientais de maneira a indicar ou sinalizar respostas a uma alteração ambiental que se quer medir ou avaliar. Esta indicação pode ser verificada de várias maneiras: redução ou expansão de sua abundância no ambiente; modificações fisiológicas e/ou comportamentais, mutações genéticas, etc.

Material e Métodos

Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu localiza-se na região sudoeste do Estado de Minas Gerais e nordeste do Estado de São Paulo. Sua forma é aproximadamente retangular e se estende no sentido sudoeste-noroeste. Essa bacia é de oitava ordem, com 20.193 canais. Sua área total de drenagem é de 17.460 km², sendo 2.650 km² localizados no Estado de Minas Gerais e 14.653 km² no Estado de São Paulo.

Durante o período compreendido entre maio a dezembro de 2005 foram coletadas amostras de água e sedimento nas microbacias dos seguintes rios: Oriçanga, nos municípios de Espírito Santo do Pinhal e Estiva Gerbi; Itupeva, no município de Aguai. Quatro estações de coleta foram selecionadas, sendo duas no rio Itupeva (duas seções de primeira ordem) e duas no rio Oriçanga (uma seção de 2ª ordem e outra de 3ª ordem). Cada par de estações compreendia um local minimamente perturbado ou ponto de referência, e um local impactado. As culturas agrícolas do ambiente de entorno dos pontos impactados foram: citrus, banana e eucalipto em Estiva Gerbi e Aguai; e café em Estiva Gerbi (Tabela 1, Fig. 1 e Figs. 2 a e 2 b).

Jaguariúna, SP
Setembro, 2008

Autores

Julio Ferraz de Queiroz

Oceanólogo,
Doutor em Ciências Agrárias,
Embrapa Meio Ambiente Rod. SP
340, km 127,5 13.820-000
Jaguariúna/SP
jqqueiroz@cnpma.embrapa.br

José Maria Guzman Ferraz

Biólogo
Dr. em Ecologia,
Embrapa Meio Ambiente Rod. SP
340, km 127,5 13.820-000
Jaguariúna/SP
ferraz@cnpma.embrapa.br

Mariana Pinheiro Silveira

Bióloga,
Mestre em Ecologia,
Embrapa Meio Ambiente Rod. SP
340, km 127,5 13.820-000
Jaguariúna/SP
mariana@cnpma.embrapa.br

Melissa Sifton

Química,
Mestre em Química,
Embrapa Meio Ambiente Rod. SP
340, km 127,5 13.820-000
Jaguariúna/SP
msifton@cnpma.embrapa.br

Ana Lúcia Silva Marigo

Bióloga,
Embrapa Meio Ambiente Rod. SP
340, km 127,5 13.820-000
Jaguariúna/SP
analucia@cnpma.embrapa.br

Marisa Pereira Carvalho

Embrapa Meio Ambiente Rod. SP
340, km 127,5 13.820-000
Jaguariúna/SP
marisa@cnpma.embrapa.br

Daniela Bocagini Ribacinko

Bióloga,
Estagiária
Embrapa Meio Ambiente Rod. SP
340, km 127,5 13.820-000
Jaguariúna/SP

Tabela 1. Relação dos municípios e localização dos pontos de coleta em coordenadas geográficas (UTM), e tipos de cultura agrícola predominantes na área de entorno dos pontos de coleta.

| Rio | Município | Coordenadas (UTM) | Ponto de Coleta | Sigla | Área de entorno |
|--------------|--------------------------|--------------------|-----------------|--------|-----------------------------------|
| Rio Itupeva | Aguai | 0296687 7552738 | 1 | ITUP-1 | Mata ciliar, Laranja e Banana |
| | | 0295431 7555873 | 2 | ITUP-2 | Laranja |
| Rio Oriçanga | Espírito Santo do Pinhal | 0299398 7539564 | 1 | ORIC-1 | Café |
| | Estiva Gerbi | 0310066 7553640 | 2 | ORIC-2 | Café, Laranja, Tomate e Eucalipto |



Fig. 1. Foto aérea da microbacia do Rio Itupeva com destaque para os pontos de coleta ITUP 1 e ITUP 2 no município de Aguai, SP.

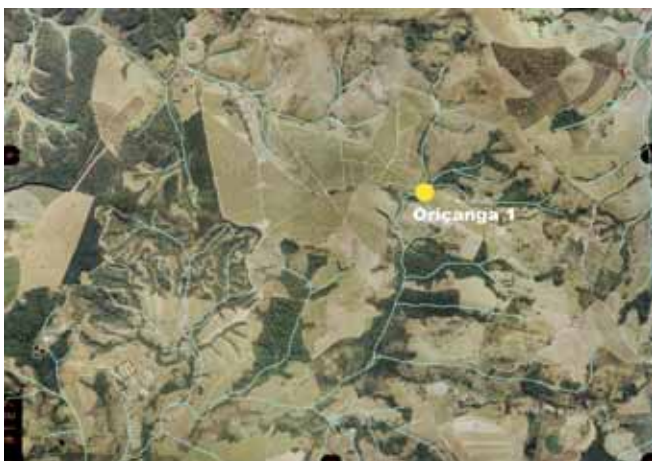


Fig. 2a. Foto aérea da microbacia do Rio Oriçanga com destaque para o ponto de coleta ORIC 1 no município de Espírito Santo do Pinhal, SP.



Fig. 2b. Foto aérea da microbacia do Rio Oriçanga com destaque para o ponto de coleta ORIC 2 no município de Estiva Gerbi, SP.

Descrição da Área do Rio Itupeva (Aguai)

O ponto de coleta denominado Itupeva 1 (ITUP 1), está localizado dentro de uma fazenda de cultivo de banana e laranja, no município de Aguai, UTM 0296687 e 7552738. Trata-se de um riacho de 1ª ordem bastante preservado, apresentando mata ciliar densa. O canal principal apresenta mecanismos de retenção, formado por pedras e folhiço de correnteza (Figura 3). O ponto de coleta denominado Itupeva 2 (ITUP 2) também está localizado no município de Aguai (UTM 0295431 e 7555873), sendo um riacho de 1ª ordem sem mata ciliar e cujo leito caracteriza-se por ser muito arenoso e homogêneo. Esse ponto de coleta recebe efluentes de plantações de citrus, e algumas vezes foi observada a presença de gado dentro do canal estudado (Fig. 4).



Fig. 3. Trecho de 1ª ordem do rio Itupeva (ITUP 1) no município de Aguaí



Fig. 4. Trecho de 1ª ordem do rio Itupeva (ITUP 2) no município de Aguaí.

Descrição da Área do Rio Oriçanga (Espírito Santo do Pinhal e Estiva Gerbi)

Dentro da área abrangida pela bacia do rio Mogi, o município de Estiva Gerbi está entre os que apresentam maior produtividade no Estado de São Paulo no que se refere a tomaticultura. Na área da microbacia hidrográfica do Rio das Pedras, o fruto é produzido em aproximadamente 600 hectares, algo como 6% da área total destinada à atividade agrícola (ALVES FILHO, 2005).

O rio Oriçanga é um afluente do rio das Pedras e o ponto de coleta denominado Oriçanga 1 (ORIC 1) está localizado no município de Espírito Santo do Pinhal (UTM 0299398 e 7539564) e caracteriza-se por ser um córrego de 2ª ordem. Este ponto possui mata ciliar relativamente preservada, sendo que o ambiente de entorno apresenta pastagem e uma pequena área de cultura

de café. O leito do canal principal do ponto ORIC 1 é composto por folhiços de correnteza e de fundo, além de pequenas pedras (Fig. 5).



Fig. 5. Coleta de sedimento em trecho de 2ª ordem do rio Oriçanga, em Espírito Santo do Pinhal – ORIC 1.

O ponto de coleta denominado Oriçanga 2 (ORIC 2) está localizado no município de Estiva Gerbi (UTM 0310066 e 7553640), sendo um córrego de 3ª ordem. Apresenta mata ciliar bastante alterada ou ausente em alguns trechos (presença de barrancos), existindo uma plantação de eucalipto próxima. O substrato de fundo deste ponto (ORIC 2) é bastante homogêneo, sem mecanismos de retenção, sendo composto basicamente por areia e folhiços de fundo esparsos (Fig. 6).



Fig. 6. Medição de parâmetros físico-químicos da água em trecho de 3ª ordem do rio Oriçanga, em Estiva Gerbi – ORIC 2.

Equipamentos e Métodos de Análise

As coletas e análises de água e de sedimento foram realizadas bimestralmente a partir de julho de 2005 para os locais de estudo selecionados nas microbacias dos Rios Itupeva e Oriçanga.

As determinações dos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água foram feitas com o auxílio de uma sonda multiparâmetros com capacidade para determinar *in situ*, e em tempo real as seguintes variáveis de qualidade de água: Temperatura (°C), Oxigênio Dissolvido (O.D. % saturação), Oxigênio Dissolvido (O.D. mg/L), Potencial de Oxi-Redução (ORP mV), pH (unidades de pH), Salinidade (ppt), Condutividade Específica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Turbidez (UNT – Unidades Nefalométricas de Turbidez), Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L), Nitrato (NO_3^- mg/L), Amônia não Ionizada (NH_3 mg/L), e Amônio (NH_4^+ mg/L), além da profundidade (cm), e pressão atmosférica (mm de Hg) (Fig. 7).



Fig. 7. Medição de parâmetros físicos e químicos de qualidade de água utilizando sonda multiparâmetros.

Adicionalmente às medições feitas diretamente no campo, foram conduzidas várias análises no Laboratório de Ecossistemas Aquáticos (LEA) da Embrapa Meio Ambiente com o auxílio de um espectrofotômetro para determinar as concentrações de Fósforo Total (mg/L), Fósforo Dissolvido (mg/L), e também para comparar e confirmar os resultados obtidos com a sonda multiparâmetros para Nitrato (mg/L) e Amônia (mg/L). Além dessas determinações, também foram calculadas as concentrações de clorofila-a pelo método de extração com uma solução de metanol e acetona (MARKER et al., 1980). Simultaneamente às determinações das variáveis físicas e químicas de qualidade de água, foi

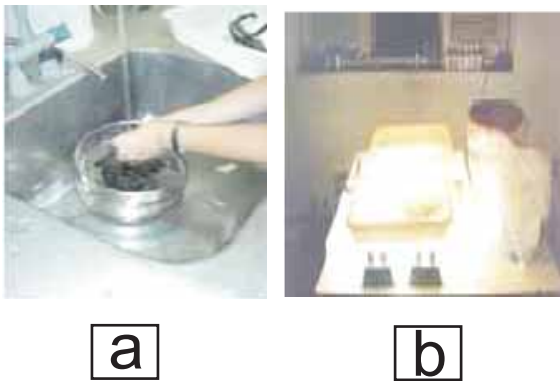
dada continuidade às avaliações em campo da quantidade de coliformes totais e fecais com a utilização de fitas bacteriológicas.

Para a avaliação da comunidade macrobentônica, foi utilizado o coletor Surber, com malha de 250 micrômetros e 0.16 m^2 de área (Fig. 8).



Fig. 8. Coletor Surber, com malha de nylon de 250 micrômetros.

Foram coletadas bimensalmente (de julho a dezembro de 2005) quatro amostras do sedimento em cada um dos quatro pontos de coleta (ITUP 1 e 2; ORIC 1 e 2), a partir da composição dos quatro principais tipos de substrato encontrados (areia, folhiço retido em áreas de correnteza, folhiço retido em áreas de remanso e pedras). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos com um pouco de água do local e identificadas com o nome do ponto e a data de coleta. Depois foram trazidas para o Laboratório de Ecossistemas Aquáticos (LEA) da Embrapa Meio Ambiente. No laboratório, as amostras de sedimento foram colocadas em baldes e oxigenadas com bombas de ar para aquário, a fim de prolongar o tempo de vida dos organismos e facilitar a triagem. As amostras foram então lavadas em água corrente em peneiras do mesmo tamanho de malha do coletor. Após a lavagem foram colocadas em bandejas transluminadas para uma pré-triagem dos organismos. (Figs. 9 a e 9 b).



Figs. 9 a e 9 b. Lavagem do sedimento em peneiras (a) e pré-triagem em bandeja transluminada (b).

Depois deste processo, as amostras foram fixadas em álcool a 80% e observadas em microscópio estereoscópico com aumento de até 50 vezes. No microscópio os espécimes foram identificados até o nível de família com o auxílio das seguintes chaves taxonômicas: Pérez (1988), Angrisano (1995) e Merritt e Cummins (1996). Os dados da comunidade bentônica foram analisados por meio do cálculo de algumas medidas bioindicadoras, tais como: número total de indivíduos, número total de famílias, % Chironomidae, % EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), Índice de riqueza de Margalef (d), índice de diversidade de Shannon (H') e índice biótico BMWP-CETEC/ASPT (JUNQUEIRA; CAMPOS, 1998).

Resultados Preliminares e Discussão

Durante o período de coleta, foram coletados 5.690 macroinvertebrados bentônicos, distribuídos em 45 famílias. A família Chironomidae foi comum a todos os pontos; já outras famílias, como Perlidae (Plecoptera), Naucoridae e Veliidae (Hemiptera) foram exclusivas de pontos não impactados (Tabela 2).

Tabela 2. Listagem das famílias encontradas nos pontos de amostragem nas microbacias dos rios Oriçanga (ORIC 1 e ORIC 2) e Itupeva (ITUP1 e ITUP 2).

| Família | ORIC 1 | ORIC 2 | ITUP 1 | ITUP 2 |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Chironomidae | X | X | X | X |
| Empididae | X | X | X | X |
| Tipulidae | X | X | X | |
| Ceratopogonidae | X | X | X | X |
| Simuliidae | X | X | | X |
| Psychodidae | X | | | |
| Stratiomyidae | | | X | |
| Hydroptilidae | X | X | | X |
| Calamoceratidae | X | | X | |
| Hydropsychidae | X | X | X | X |
| Odontoceridae | | X | X | |
| Leptoceridae | X | X | X | X |
| Polycentropodidae | X | | | |
| Hydrobiosidae | X | | | |
| Baetidae | X | X | | X |
| Caenidae | X | | | X |
| Leptohyphidae | X | X | | X |
| Leptophlebiidae | X | X | X | |
| Perlidae | X | | X | |
| Naucoridae | X | | X | |
| Veliidae | X | | X | |
| Gelastocoridae | | | X | |
| Libellulidae | X | X | X | |
| Calopterygidae | X | X | X | |
| Coenagrionidae | X | X | X | X |
| Gomphidae | | X | X | X |
| Lestidae | X | | X | |
| Elmidae | X | X | X | X |
| Dryopidae | X | | X | |
| Hydrophilidae | X | | X | |
| Gyrinidae | X | | X | X |
| Dytiscidae | X | | X | |
| Limnichidae | X | | X | |
| Ptilodactylidae | | | X | |
| Lutrochidae | | | X | |
| Sciirtidae | | | X | |
| Staphylinidae | | | X | |
| Corydalidae | X | | | |
| Pyrallidae | X | | X | X |
| Tubificidae | X | X | X | X |
| Bivalvia | X | X | | X |
| Gastropoda | X | X | | |
| Planariidae | X | | | |
| Hydrachnidae | X | X | | X |
| Glossiphonidae | | X | | X |

Dentre todos os pontos amostrados, a maior riqueza taxonômica foi observada no ponto ORIC 1, com 37 famílias de macroinvertebrados; e a menor riqueza foi observada no ponto ITUP 2, com 11 famílias registradas. Surpreendentemente, a maior porcentagem de EPT foi observada no ponto ORIC 2, considerado impactado. As famílias que elevaram esta enumera-

ção em ORIC 2 foram Leptoceridae (Trichoptera), Leptohyphidae e Baetidae (Ephemeroptera). Leptoceridae é considerada sensível à poluição orgânica, mas Baetidae é moderadamente tolerante. Contudo, é preciso considerar que o percentual mais elevado de EPT observado no ponto ORIC 2 não pode estar única e exclusivamente relacionado com a ausência poluição orgânica. Para isso, seria necessário realizar uma série de análises complementares para comprovar a inexistência de defensivos agrícolas e fertilizantes nesse ponto com o objetivo de comparar os efeitos da carga orgânica (esgoto doméstico) com esse tipo de poluição. Ainda assim, é importante ressaltar que não foi coletado nenhum indivíduo da ordem Plecoptera (muito sensível à poluição) para a composição da enumeração % EPT no ponto ORIC 2. Também se observou que, apesar dos impactos antrópicos encontrados em ORIC 2, a sua fauna macrobentônica não é muito diferente de ORIC 1, pois os valores das medidas bioindicadoras para estes pontos são próximos (Tabela 3).

Outro resultado de destaque é a presença significativa de indivíduos fragmentadores do gênero *Phylloicus* (Calamoceratidae: Trichoptera) no ponto ITUP 1, o que não ocorreu nos demais pontos (Tabela 3). Nislow e Lowe (2006) constataram uma relação negativa entre abundância de fragmentadores e desmatamento e assoreamento de rios de cabeceira. Essa relação inversa ocorre porque os fragmentadores utilizam as folhas e gravetos que caem da mata ciliar sobre as margens dos riachos para se alimentar e construir abrigos. *Phylloicus*, em particular, é um inseto tricóptero cuja larva constrói seu abrigo com fragmentos de folhas, sendo por isso particularmente sensível à retirada da mata ciliar.

O índice biótico BMWP-CETEC/ASPT e a riqueza de Margalef apresentaram valores esperados, pois os pontos mais preservados em cada microbacia estudada mostraram valores superiores aos pontos impactados.

O índice de diversidade de Shannon (H') não apresentou valores esperados, pois embora o maior valor tenha sido registrado para o ponto ITUP 1, os pontos ITUP 2 e ORIC 2 apresentaram valores quase iguais ao de ITUP 1 para o segundo semestre de 2005. O valor mais baixo para H' foi obtido em ORIC 1, cujo ponto é referência para o rio Orizanga (Tabela 3). Entretanto, esses valores expressam vários meses em conjunto, e talvez uma avaliação separada por estações secas e chuvosas seria mais adequada.

Tabela 3. Valores das medidas bioindicadoras baseadas na comunidade de macroinvertebrados bentônicos para os locais de coleta dos rios Itupeva e Orizanga em 2005.

| Medidas Bioindicadoras | ITUP 1 | ITUP 2 | ORIC 1 | ORIC 2 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Nº Indivíduos | 1037 | 745 | 3390 | 518 |
| Nº Famílias | 31 | 11 | 37 | 22 |
| % Fragmentadores | 16,7 | 0,5 | 1,0 | 3,5 |
| % Chironomidae | 31,6 | 45,5 | 40,9 | 38,6 |
| % EPT | 15,2 | 5,8 | 5,7 | 15,8 |
| BMWP-CETEC/ASPT | 6,21 | 3,91 | 5,88 | 5,56 |
| H' | 0,825 | 0,824 | 0,657 | 0,807 |
| d | 4,32 | 1,51 | 4,43 | 3,36 |

Nas figs. 10 e 11, pode-se observar a proporção de Diptera e EPT nos dois rios estudados. A maior contribuição de indivíduos de EPT foi observada no ponto ITUP 1 em julho (43,4%) e a menor no ponto ITUP 2 em setembro (1,6%). Para Diptera, a maior proporção foi registrada em ITUP 2 em novembro (88,5%) e a menor em ORIC 1, também em novembro (32,2%). Este resultado está de acordo com o esperado, pois as ordens EPT em geral são sensíveis aos distúrbios ambientais, principalmente ao assoreamento e à poluição orgânica, com enriquecimento de nutrientes. Por outro lado, a ordem Diptera possui vários táxons tolerantes a esses impactos. Entretanto, a análise dos dados anuais do rio Orizanga, principalmente no ponto não impactado (ORIC 1), é possível verificar que este ponto apresentou resultados inesperados para as métricas % EPT e % Diptera. Estas tiveram valor inferior e superior, respectivamente, ao ponto impactado ORIC 2 (Tabela 3). Pode ser que este resultado esteja relacionado com alguns parâmetros físicos e químicos, tais como a condutividade específica, o que será melhor explicado a seguir.

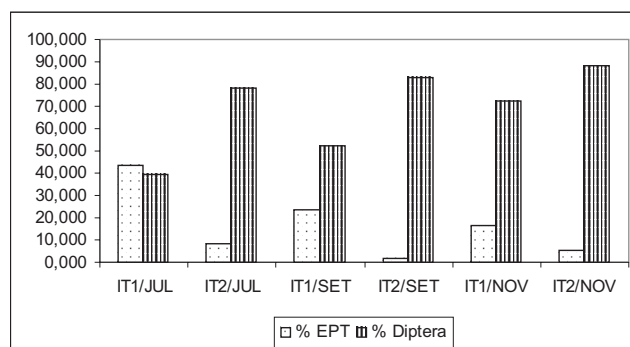


Fig. 10. Proporção entre as ordens Diptera e o conjunto das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera no rio Itupeva em 2005.

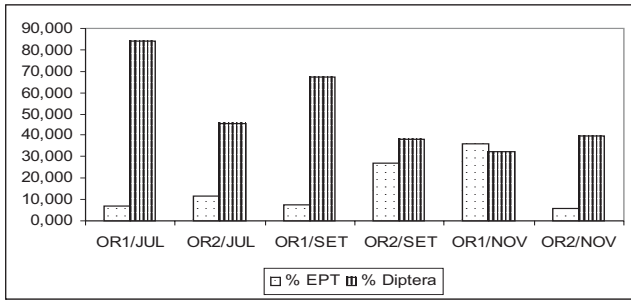


Fig. 11. Proporção entre as ordens Diptera e o conjunto das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera no rio Oriçanga em 2005.

A análise dos diversos parâmetros físicos e químicos de qualidade de água, com pequenas exceções, em destaque nas Figs. 12 a 17, não revelou nenhuma alteração significativa na concentração das variáveis medidas com relação aos limites estabelecidos pela Resolução No. 357/2005 do CONAMA.

Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados obtidos para cada uma das variáveis medidas durante o período de estudo.

Tabela 4. Parâmetros físicos e químicos de qualidade de água determinados nos pontos de coleta do rio Itupeva (Aguai, SP) (ITUP 1 e ITUP 2).

| | Julho | | Setembro | | Novembro | |
|--------------------------------------------------------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | ITUP 1 | ITUP 2 | ITUP 1 | ITUP 2 | ITUP 1 | ITUP 2 |
| Temperatura (°C) | 22,9 | 17,5 | 20,1 | 22,9 | 21,9 | 23,8 |
| pH | 4,98 | 6,06 | 6,10 | 4,80 | 5,34 | 6,22 |
| Condutividade Específica (mS/cm) | 0,007 | 0,011 | 0,010 | 0,006 | 0,008 | 0,010 |
| Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)* | 0,004 | 0,007 | 0,006 | 0,004 | 0,005 | 0,006 |
| Turbidez (UNT) | 25 | 4 | 7 | 14 | 5 | 19 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | 4,23 | 5,93 | 6,90 | 5,40 | 6,01 | 5,43 |
| Amônia não ionizada (NH ₃ mg/L) | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,00 |
| Nitrato (NO ₃ ⁻ mg/L) | 0,4 | 0,0 | 0,4 | 0,4 | 0,9 | 1,3 |
| Nitrato (NO ₂ ⁻ mg/L) | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| Fósforo Total (PO ₄ ⁻ mg/L) | 0,10 | 0,01 | 0,15 | 0,15 | 0,27 | 0,29 |
| Fósforo Dissolvido (PO ₄ ⁻ mg/L) | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,10 | 0,11 | 0,13 |
| Clorofila a (mg/L) | 7,48 | 28,62 | 8,24 | 15,47 | 29,23 | 156,21 |

*Valores calculados a partir dos resultados de condutividade específica (mS/cm) obtidos com a sonda multiparâmetros.

Tabela 5. Parâmetros físicos e químicos de qualidade de água determinados nos pontos de coleta do rio Oriçanga (Espírito Santo do Pinhal, SP – ORIC 1 e Estiva Gerbi, SP – ORIC 2).

| | Julho | | Setembro | | Novembro | |
|--------------------------------------------------------|--------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | ORIC 1 | ORIC 2 | ORIC 1 | ORIC 2 | ORIC 1 | ORIC 2 |
| Temperatura (°C) | 18,8 | 17,0 | 23,7 | 23,2 | 20,4 | 22,1 |
| pH | 6,97 | 7,27 | 6,70 | 6,43 | 6,67 | 6,97 |
| Condutividade Específica (mS/cm) | 0,095 | 0,056 | 0,129 | 0,065 | 0,117 | 0,066 |
| Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)* | 0,062 | 0,037 | 0,084 | 0,042 | 0,076 | 0,043 |
| Turbidez (UNT) | 3 | 10 | 10 | 10 | 8 | 18 |
| Oxigênio Dissolvido (mg/L) | 9,26 | 9,65 | 4,82 | 5,99 | 6,56 | 8,40 |
| Amônia não ionizada (NH ₃ mg/L) | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,07 | 0,02 |
| Nitrato (NO ₃ ⁻ mg/L) | 1,8 | 0,4 | 3,1 | 1,3 | 4,0 | 2,6 |
| Nitrato (NO ₂ ⁻ mg/L) | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 |
| Fósforo Total (PO ₄ ⁻ mg/L) | 0,29 | 0,11 | 0,15 | 0,15 | 0,61 | 0,37 |
| Fósforo Dissolvido (PO ₄ ⁻ mg/L) | 0,02 | 0,07 | 0,12 | 0,06 | 0,27 | 0,16 |
| Clorofila a (mg/L) | 4,79 | 2,70 | 4,69 | 0,61 | 4,64 | 26,57 |

*Valores calculados a partir dos resultados de condutividade específica (mS/cm) obtidos com a sonda multiparâmetros.

A manutenção da vida e a integridade ambiental dos ecossistemas aquáticos estão diretamente relacionadas com a concentração de oxigênio dissolvido. O oxigênio dissolvido é a variável mais importante para avaliar a qualidade da água, e a sua concentração depende de vários fatores, tais como: temperatura, salinidade, altitude, turbidez, concentração de fitoplâncton e oxidação da matéria orgânica. A concentração de oxigênio dissolvido é inversamente proporcional ao aumento da temperatura, da salinidade e da altitude. O aumento da turbidez também afeta a concentração de oxigênio dissolvido na água, principalmente se a turbidez for causada por partículas de sólidos em suspensão, como por exemplo, silte e argila. Uma quantidade elevada de sólidos em suspensão na água prejudica a penetração de luz e reduz as taxas de fotossíntese e a produção de oxigênio por organismos produtores, diminuindo dessa forma a concentração de oxigênio dissolvido e a biodiversidade local.

Nos viveiros de produção de peixes ou em alguns rios e reservatórios eutrofizados o plâncton é a maior fonte de turbidez, sendo que a concentração de clorofila-a tem sido utilizada com sucesso como um indicador da sua concentração. Para todos os pontos de coleta avaliados durante o segundo semestre de 2005, as concentrações de oxigênio dissolvido variaram do mínimo de 4,23 mg/L ITUP 1 para no máximo 9,65 mg/L ORIC 2, com destaque para o ponto ITUP 1 que apresentou a concentração mais elevada de oxigênio dissolvido de 6,90 mg/L, observada em uma das nascentes dos dois ambientes lóticos avaliados de um dos tributários do rio Itupeva durante o período estudado (Fig. 12), e onde foi observado uma predominância de indivíduos da ordem Plecoptera, exigentes por altas concentrações de oxigênio dissolvido.

Dentre as diversas variáveis físicas e químicas medidas, a condutividade específica (mS/cm) e os sólidos totais dissolvidos (g/L) apresentaram valores que também podem ser relacionados com as condições existentes nos pontos de coleta em função da cobertura vegetal, conservação do solo e das práticas agrícolas adotadas na região. Nesse sentido, foi possível estabelecer várias relações diretas entre a turbidez e a quantidade de sólidos em suspensão na água e acumulados no sedimento de fundo dos pontos de coleta localizados a jusante das nascentes dos tributários dos rios Itupeva e Oriçanga.

Embora uma análise preliminar dos resultados encontrados demonstre que ocorreu um aumento na condutividade específica (mS/cm) (Figura 13), entre os pontos de coleta localizados nas áreas não impactadas ITUP 1 e ORIC 1, respectivamente de 0,007 mS/cm para 0,129 mS/cm, e de 0,004 g/L para 0,084 g/L para a concentração de sólidos totais dissolvidos (Fig. 14), é preciso interpretar esses resultados levando-se em consideração outras variáveis e suas relações com as práticas agrícolas adotadas na região e seus efeitos sobre a comunidade de organismos bentônicos, como por exemplo, se estão sendo adotadas técnicas para a conservação do solo e preservação da mata ciliar. Ainda assim, esta elevada condutividade específica encontrada no ponto ORIC 1 pode explicar alguns valores indicativos de perturbação ambiental obtidos nas medidas biológicas, tais como a baixa % EPT (proporção de organismos sensíveis à poluição) e a alta % Díptera (proporção de organismos em geral tolerantes à poluição). Isto significa dizer que o ponto ORIC 1 na verdade não pode ser considerado como um ponto referência, pois suas alterações tanto em parâmetros físicos e químicos quanto na comunidade bentônica indicam algum nível de degradação ambiental, que pode ser atribuída à proximidade do riacho estudado com plantações de café e criação de gado.

Uma boa estimativa da concentração da salinidade pode ser obtida pela soma das concentrações de sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos e bicarbonatos, os quais compreendem mais de 95% do total de íons dissolvidos na água, sendo que muitos desses elementos fazem parte da composição de vários agroquímicos utilizados para a correção da acidez do solo, fertilização das lavouras e etc. Para os rios Itupeva e Oriçanga, os valores encontrados para a salinidade estão bem próximos de 0 mg/L, e a condutividade máxima de todos os pontos amostrados foi de 0,129 mS/cm, de forma que apesar desses valores estarem dentro dos limites considerados normais pelo CONAMA, eles não correspondem aos valores que deveriam ser encontrados para ambientes não impactados, podendo-se, portanto, concluir que as práticas agrícolas adotadas no entorno dos pontos de coleta estão, a princípio, estão causando algum impacto negativo na qualidade da água, embora não tenha sido constatado nenhum aumento da salinidade que poderia estar relacionado ao uso intensivo de agroquímicos na região. Entretanto, ainda é preciso fazer análises de resíduos no sedimento, para que esta hipótese seja confirmada.

A análise dos dados obtidos também permite concluir que durante algumas coletas realizadas nos meses de chuva (setembro e novembro), o Rio Oriçanga recebeu uma carga pesada de silte e argila em decorrência do escoamento superficial, o que causou um grande acúmulo desse material sobre o fundo, a ponto de cobrir o substrato onde os organismos bentônicos vivem, o que pode estar relacionado ao menor índice biótico (BMWP-CETEC/ASPT), e com a baixa riqueza de Margalef encontrados para o ponto ORIC 2. De acordo com a classificação proposta pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), a água do ponto ITUP 2 seria poluída, caracterizando um sistema alterado. No entanto, os demais pontos seriam classificados como águas de qualidade ótima (ITUP 1 e ORIC 1) e boa (ORIC 2), caracterizados por águas muito limpas e limpas, ou sistema perceptivelmente não alterado (IAP, 2006).

As partículas mais finas que permanecem em suspensão na água restringem a penetração da luz e limitam o crescimento do fitoplâncton, o qual constitui a base alimentar de várias espécies de organismos aquáticos. Uma turbidez persistente de argila que restringe a visibilidade da água em 30 cm ou menos pode impedir o desenvolvimento do fitoplâncton e afetar diretamente os hábitos alimentares da comunidade bentônica. Destaca-se que essas condições extremas também foram encontradas para o rio Itupeva em ambos os pontos de coleta nos meses de chuva, o que significa que nos pontos localizados a jusante das culturas agrícolas não somente existe um acúmulo de sedimentos mais finos, facilmente observados pela quantidade de bancos de areia ao longo do canal do rio, como também, é uma indicação mais do que evidente que está ocorrendo um processo acentuado de assoreamento nesses locais. Esta alteração do substrato de fundo, de partículas grossas para partículas mais finas, acarreta em uma substituição de espécies da comunidade bentônica. Em geral, em ambientes constituídos predominantemente por sedimentos finos e assoreados, é esperada uma maior abundância de organismos filtradores e coletores em detrimento de organismos predadores e fragmentadores.

Nesse sentido, é preciso considerar que alguns rios como, por exemplo, o rio Oriçanga, recebem grandes quantidades de material de origem mineral e vegetal em toda a extensão da bacia hidrográfica na qual estão inseridos, a qual vai variar de acordo com a relação entre a área da bacia hidrográfica e o percentual da cobertura vegetal, com destaque para a mata ciliar

existente ao longo dos rios.

Com relação ao pH, não houve alterações significativas e os valores máximos e mínimos foram, respectivamente, 4,98 no ponto denominado ITUP 1 e 7,27 no ponto denominado ORIC 2 (Fig. 15). As concentrações máximas de nitrato encontradas para os pontos ORIC 1 e ORIC 2, respectivamente, 4,0 mg/L e 2,6 mg/L (Figura 16) estão abaixo dos limites estabelecidos pelo CONAMA, entretanto as concentrações observadas para nitrito estão bem elevadas e acima dos limites do CONAMA, para todos os pontos, sem exceção, cuja maioria dos valores encontrados são iguais ou maiores que 3,0 mg/L (Fig. 17) o que pode ser um indicativo de que nesses locais podem estar ocorrendo problemas no ciclo de nitrogênio cujas causas precisam ser verificadas com mais detalhes.

Conclusão

Considerando que este trabalho trata de uma avaliação preliminar da qualidade da água em duas Microbacias do Rio Mogi (SP) e, que ainda se faz necessário realizar algumas análises complementares, seria prematuro apresentar qualquer conclusão sobre quais são os fatores mais relevantes que estão causando impactos ambientais na área de estudo.

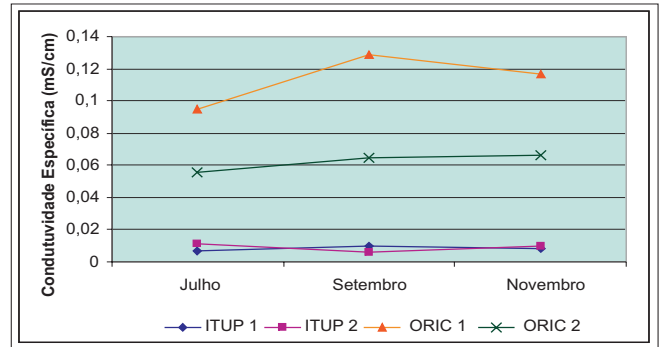


Fig. 13. Variação da Condutividade Específica (mS/cm) nos pontos de coleta (Rio Itupeva - ITUP 1 e ITUP 2, Rio Oriçanga - ORIC 1 e ORIC 2) durante o segundo semestre de 2005.

*(Boyd; Tucker, 1998). Recomendações para padrões de qualidade de água para viveiros de aquicultura (condutividade específica menor do que 1,0 mS/cm).

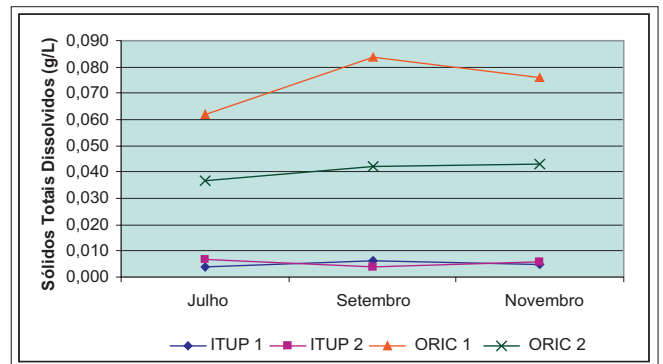


Fig. 14. Variação dos Sólidos Totais Dissolvidos (g/L) nos pontos de coleta (Rio Itupeva - ITUP 1 e ITUP 2, Rio Oriçanga - ORIC 1 e ORIC 2) durante o segundo semestre de 2005.

* Resolução do CONAMA Nº. 357/2005 que estabelece padrões para qualidade de água classe 2 (Sólidos Totais Dissolvidos, máximo 0,5 g/L).

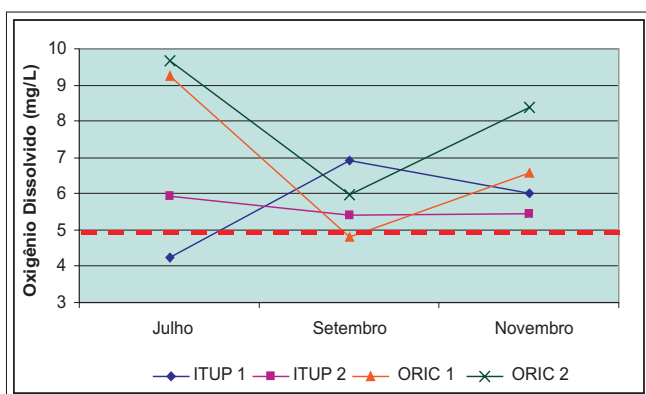


Fig. 12. Variação do Oxigênio Dissolvido (mg/L) nos pontos de coleta (Rio Itupeva - ITUP 1 e ITUP 2, Rio Oriçanga - ORIC 1 e ORIC 2) durante o segundo semestre de 2005.

* Resolução do CONAMA Nº. 357/2005 que estabelece padrões para qualidade de água classe 2 (Oxigênio Dissolvido maior que 5 mg/L).

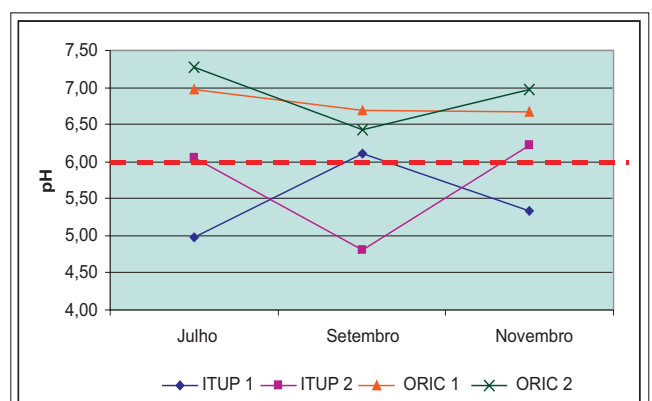


Fig. 15. Variação do pH (unidades de pH) nos pontos de coleta (Rio Itupeva - ITUP 1 e ITUP 2, Rio Oriçanga - ORIC 1 e ORIC 2) durante o segundo semestre de 2005.

* Resolução do CONAMA Nº. 357/2005 que estabelece padrões para qualidade de água classe 2 (pH entre 6,0 e 9,0).

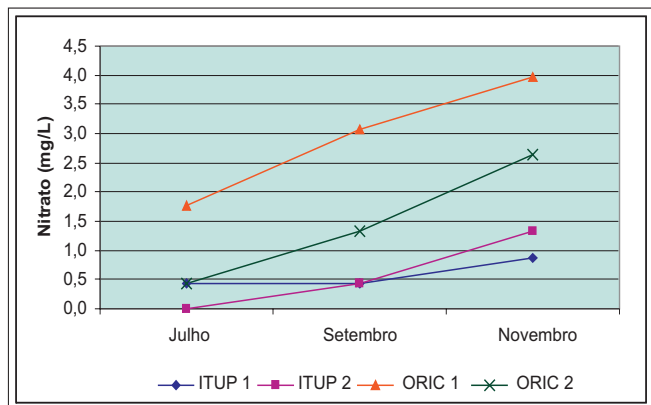


Fig. 16. Variação do Nitrato (mg/L) nos pontos de coleta (Rio Itupeva - ITUP 1 e ITUP 2, Rio Oriçanga - ORIC 1 e ORIC 2 durante o segundo semestre de 2005.

* Resolução do CONAMA Nº. 357/2005 que estabelece padrões para qualidade de água classe 2 (Nitrato, máximo 10 mg/L).

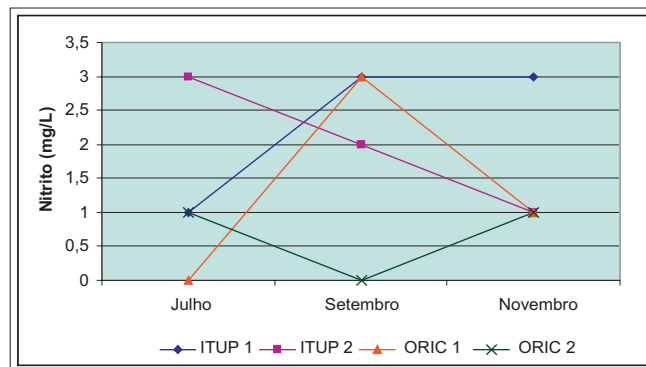


Fig. 17. Variação do Nitrito (mg/L) nos pontos de coleta (Rio Itupeva - ITUP 1 e ITUP 2, Rio Oriçanga - ORIC 1 e ORIC 2 durante o segundo semestre de 2005.

* Resolução do CONAMA Nº. 357/2005 que estabelece padrões para qualidade de água classe 2 (Nitrito, máximo 1 mg/L)

Referências

ALVES FILHO, M. **Irrigação por sulcos na tomaticultura causa desperdício de água e contamina mananciais.** Disponível em: < http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/maio2005/ju287pag09.html > . Acesso em: 23 dez. 2005.

ANGRISANO, E. B. Insecta trichoptera. In: LOPRETTO, E. C.; TELL, G. (Ed.). **Ecosistemas de águas continentales: metodologias para su estudio.** La Plata: Ediciones Sur, 1995. v. 3, p. 1199-1237.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond aquaculture water quality management.** Boston: Kluwer, 1998. 700 p.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2005.

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Índices de qualidade de água – Avaliação da qualidade da água através dos macroinvertebrados bentônicos – Índice BMWP.** Disponível em: < http://www.pr.gov.br/meioambiente/iap/qdd_agua_34_bmwp.shtml > . Acesso em: 9 out. 2006.

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

MARKER, A. F. H.; NUSCH, E. A.; RAI, H.; RIEMAN, M. The measurement of photosynthetic pigments in freshwaters and standardization of methods: conclusions and recommendations. **Archiv fur Hydrologie Beih. Ergebn. Limnologie**, n. 14, p. 91-106, 1980.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. (Ed.). **An introduction to the aquatic insects of North America.** 3. ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 1996. 862 p.

PÉREZ, G. R. **Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia.** Bogotá: Editora Presencia, 1988. 217 p.

RODRIGUES, G. S. Bases ecológicas para seleção de bioindicadores e conformação de índices integrados. In: WORKSHOP SOBRE BIOINDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA, 2004, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. CD-ROM.

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

Circular Técnica, 17

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Meio Ambiente
Endereço: Rodovia SP 340 km 127,5
 Caixa Postal 69, Tanquinho Velho
 13.820-000 Jaguariúna/SP
Fone: (19) 3311-2700
Fax: (19) 3311-2640
E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

1ª edição eletrônica (2008)

Ministério da
 Agricultura, Pecuária
 e Abastecimento



Comitê de publicações

Presidente: Ariovaldo Luchiarri Júnior.
Secretário-Executivo: Luiz Antônio S. Melo.
Secretário: Sandro Freitas Nunes
Bibliotecária: Maria Amélia de Toledo Leme
Membros: Heloisa Ferreira Filizola, Ladislau Araújo Skorupa,
 Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson

Expediente

Tratamento das ilustrações: Alexandre R. da Conceição.
Editoração eletrônica: Alexandre R. da Conceição.