



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL**



FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E MICROBIOLÓGICA
DO CÓRREGO RICO QUE ABASTECE
JABOTICABAL (SP)**

Helen Lira Henriques Torres Zanini

Química Industrial

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2009

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E MICROBIOLÓGICA
DO CÓRREGO RICO QUE ABASTECE
JABOTICABAL (SP)**

Helen Lira Henriques Torres Zanini

Orientadora: Profa. Dra. Lúcia Helena Sipaúba Tavares

Co-Orientador: Prof. Dr. Luiz Augusto do Amaral

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Microbiologia Agropecuária.

JABOTICABAL - SP

Março - 2009

Z31c Zanini, Helen Lira Henriques Torres
Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que
abastece Jaboticabal (SP) / Helen Lira Henriques Torres Zanini. – –
Jaboticabal, 2009
v, 75 f. ; il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009

Orientadora: Lúcia Helena Sipaúba Tavares

Banca examinadora: Márcia Noélia Eler, Laudicéia Giacometti
Lopes, Antônio Carlos Monteiro, João Batista Kochenborger
Fernandes

Bibliografia

1. Água de abastecimento. 2. IQA. 3. Microbiologia Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 628.1:576.8

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E MICROBIOLÓGICA DO CÓRREGO RICO QUE ABASTECE JABOTICABAL (SP)

AUTORA: HELEN LIRA HENRIQUES TORRES ZANINI

ORIENTADORA: Dra. LUCIA HELENA SIPAUBA TAVARES

Co-Orientador(a): DR. LUIZ AUGUSTO DO AMARAL


Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em MICROBIOLOGIA AGROPECUÁRIA pela Comissão Examinadora:


Dra. LUCIA HELENA SIPAUBA TAVARES

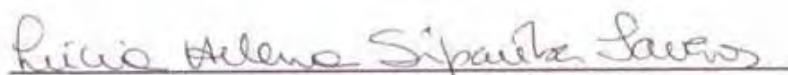

Dra. MÁRCIA NOÉLIA ELER


Dra. LAUDICEIA GIACOMETTI LOPES


Dr. ANTONIO CARLOS MONTEIRO


Dr. JOÃO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

Data da realização: 18 de março de 2009.


Presidente da Comissão Examinadora
Dra. LUCIA HELENA SIPAUBA TAVARES

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

HELEN LIRA HENRIQUES TORRES ZANINI - nascida em 20 de fevereiro de 1975, em Campina Grande – PB, onde cursou o ensino fundamental e médio no Colégio Imaculada Conceição – DAMAS. Ingressou no curso de Química Industrial da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em 1995 e desenvolveu a pesquisa “Controle de qualidade microbiológica do leite em pó comercializado na cidade de Campina Grande – Paraíba”, no Laboratório de Microbiologia da UEPB nos anos de 1998 e 1999, formando-se em 1999. Em 2001 ingressou no curso de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola (Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas), na Universidade Federal de Campina Grande – PB, tendo sido bolsista da CAPES, apresentando dissertação intitulada “Influência do tamanho e da forma da secção da coluna de queda sobre os parâmetros aerodinâmicos de grãos”, em setembro de 2003. Ingressou no Curso de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária na FCAV-UNESP em 2004, sendo aprovada no exame geral de qualificação em agosto de 2008 e bolsista do CNPq (Processo 141688/2008-4) a partir de maio de 2008.

Palco da Vida

Você pode ter defeitos, viver ansioso e ficar irritado algumas vezes, mas não se esqueça de que sua vida é a maior empresa do mundo.

E você pode evitar que ela vá à falência.

Há muitas pessoas que precisam, admiram e torcem por você.

Gostaria que você sempre se lembrasse de que ser feliz não é ter um céu sem tempestade, caminhos sem acidentes, trabalhos sem fadigas, relacionamentos sem desilusões.

Ser feliz é encontrar força no perdão, esperança nas batalhas, segurança no palco do medo, amor nos desencontros.

Ser feliz não é apenas valorizar o sorriso, mas refletir sobre a tristeza.

Não é apenas comemorar o sucesso, mas aprender lições nos fracassos.

Não é apenas ter júbilo nos aplausos, mas encontrar alegria no anonimato.

Ser feliz é reconhecer que vale a pena viver, apesar de todos os desafios, incompreensões e períodos de crise.

Ser feliz é deixar de ser vítima dos problemas e se tornar um autor da própria história. E atravessar desertos fora de si, mas ser capaz de encontrar um oásis no recôndito da sua alma.

E agradecer a Deus a cada manhã pelo milagre da vida.

Ser feliz é não ter medo dos próprios sentimentos.

E saber falar de si mesmo.

E ter coragem para ouvir um “não”.

E ter segurança para receber uma crítica, mesmo que injusta.

Ser feliz é deixar viver a criança livre, alegre e simples que mora dentro de cada um de nós.

E ter maturidade para falar “eu errei”.

E ter ousadia para dizer “me perdoe”.

E ter sensibilidade para expressar “eu preciso de você”.

E ter capacidade de dizer “eu te amo”.

E ter humildade da receptividade.

Desejo que a vida se torne um canteiro de oportunidades para você ser feliz...

E, quando você errar o caminho, recomece.

Pois assim você descobrirá que ser feliz não é ter uma vida perfeita.

Mas usar as lágrimas para irrigar a tolerância.

Usar as perdas para refinar a paciência.

Usar as falhas para lapidar o prazer.

Usar os obstáculos para abrir as janelas da inteligência.

Jamais desista de si mesmo.

Jamais desista das pessoas que você ama.

Jamais desista de ser feliz, pois a vida é um espetáculo imperdível, ainda que se apresentem dezenas de fatores a demonstrarem o contrário.

“Pedras no caminho? Guardo todas, um dia vou construir um castelo...”

(Fernando Pessoa)

A Papai, que é MEU TUDO (*in memorian*),
mãinha,
meu irmão Herlen e família, “meu Zé” e Hya (minha segunda mãe e avó)

Com amor

OFEREÇO

A vizinho - José Roberto de Lira (*in memorian*), um sertanejo nordestino que sonhou a vida inteira em ter um neto Doutor. Foi isso que me estimulou a ter persistência e paciência..., e aos “anjos” que apareceram na minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado duas vezes o direito à vida.

“E ainda se vier, noites traiçoeiras Se a cruz pesada for, Cristo estará contigo O mundo pode até Fazer você chorar Mas Deus te quer sorrindo...”

Padre Reginaldo Manzotti

Aos “anjos” que apareceram na minha vida (Dr. Carlos Cesar Tolloti, Dr. José Carlos Teixeira e Dr. Ulisses Eduardo Ramiro) a quem agradeço pelo fato de estar aqui hoje...

“Não se desespere, nem pare de sonhar. Nunca se entregue, nasça sempre com as manhãs. Deixe a luz do sol brilhar no céu do seu olhar. Fé na vida, fé no homem, fé no que virá. Nós podemos tudo, nós podemos mais. Vamos lá fazer o que será...”

Gonzaguinha

À Professora Dra. Lúcia Helena Sipaúba Tavares, pela orientação e compreensão em relação à minha saúde.

Ao Professor Dr. Luiz Augusto do Amaral, pela co-orientação e por sempre ter uma palavra de conforto e carinho comigo.

“Ó Mestre, fazei que eu procure mais, consolar que ser consolado, compreender que ser compreendido, amar que ser amado. Pois é dando que se recebe, é perdoando que se é perdoado e é morrendo que se vive para a vida eterna...”

Padre Iralá

À minha AMIGA Dra. Laudicéia Giacometti Lopes pela paciência que teve comigo, muitas vezes me tratando e se preocupando comigo como uma mãe faz com uma filha e pelo nas análises de laboratório no SAAEJ e ao seu esposo Prof. Dr. Afonso Lopes, pelo incentivo em momentos difíceis (quase sempre...). A quem devo esse título...

“Quero levar o meu canto amigo, a qualquer amigo que precisar. Eu quero ter um milhão de amigos, e bem mais forte poder cantar, eu quero ter um milhão de amigos e bem mais forte poder cantar...”

Roberto Carlos / Erasmo Carlos

A minha AMIGA Mayhara Martins, por estar sempre ao meu lado ajudando (tanto em relação a fazer as análises que eu não podia fazer como no sentido psicológico e emocional). Boa parte desse trabalho só foi possível pela sua colaboração.

“Mas é claro que o sol vai voltar amanhã. Mais uma vez eu sei. Escuridão já vi pior de endoidecer gente sã. Espera que o sol já vem. Tem gente que está do mesmo lado que você. Mas deveria estar do lado de lá. Tem gente que machuca os outros. Tem gente que não sabe amar. Tem

gente enganando a gente. Veja a nossa vida como está. Mas eu sei que um dia a gente aprende. Se você quiser alguém em quem confiar. Confie em si mesmo. Quem acredita sempre alcança!...

Flávio Venturini/Renato Russo

Aos colegas do Laboratório de Limnologia e Produção de Plâncton (CAUNESP – UNESP) Katherine, Cecília, Moira, Flávia, Tavani, Emerson, Aline, Samuel, Rodrigo, Fernanda e aos funcionários Valdecir e Donizete, pelo auxílio nas coletas de campo e análises em laboratório.

Aos técnicos Lila e Giba, do Laboratório do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, pelo auxílio nas análises microbiológicas.

Ao Prof. Dr. Paulo Berlingieri e ao técnico José Carlos, pelas análises de nitrogênio total, realizadas no Laboratório de Tecnologia da FCAV.

Aos Professores Antônio Sérgio Ferraudó e Gener Tadeu Pereira, pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Edna secretária do programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária, pelos momentos de ajuda e atenção.

Aos secretários dos Programas de Pós-Graduação da UNESP, pelo competente desempenho na função e colaboração no decorrer do curso.

Ao Prof. Dr. José Renato Zanini (“meu Zé”), pelo convívio nos momentos fáceis e difíceis (*“na alegria e na tristeza; na saúde e na doença...”*).

Aos meus familiares: Mãinha, Héy, Marina, Mariana, Roberta, Taty (o tio-pai que conheci), todos os meus tios e familiares, Hya (minha segunda mãe e avó) e “tia” Isolda (mais que tia verdadeira), que apesar da distância, sempre estão juntos a mim e por ser o maior bem da minha vida.

“Sonho meu. Sonho meu, sonho meu. Vai buscar que mora longe. Sonho meu. Vai mostrar esta saudade, sonho meu. Com a sua liberdade, sonho meu. No meu céu a estrela guia se perdeu. A madrugada fria só me traz melancolia. Sonho meu. Sinto o canto da noite. Na boca do vento. Fazer a dança das flores, no meu pensamento. Traz a pureza de um samba. Sentido, marcado de magoas de amor. Um samba que mexe o corpo da gente. E o vento vadio embalando a flor, traz a pureza de um samba. Sentido, marcado de magoas de amor. Um samba que mexe o corpo da gente. E o vento vadio embalando a flor. Sonho meu ...”

Paulinho Moska

Aos centenários Justino Torres e Ana Henriques (Vovô e Vovó), que me fizeram aprender que o amor sempre vale apenas, afinal são 75 anos juntos.

“Se foi amor o que nos fez olhar na mesma direção, se foi amor o que nos fez tomar a mesma decisão, se foi amor, que fale o coração, e nunca mais se canse de falar, te amo e te amarei...”

Padre Zezinho

À minha prima e comadre Hele pelo apoio, mesmo distante... e a minha “filha” Ivana por entender que a madrinha teria que ficar distante por tanto tempo, mesmo sempre perguntando quando eu iria pra lá...

“Carne e unha, alma gêmea. Bate coração. As metades da laranja, dois amantes, dois irmãos. Duas forças, que se atraem. Sonho lindo de viver. Tô morrendo de saudade de você...”

Peninha

À Célia, Manaira e ao grupo dos anjos de João Pessoa (PB), às Irmãs Carmelitas e ao grupo de orações do Mosteiro de Jaboticabal (SP), por sempre estarem orando e pedindo a Deus tudo de bom pra mim.

“Deus é pai, Deus é amor, Deus é esperança naquele que crê. Confiou a construção do Reino de Paz ao homem que ama. Eu creio em Deus, que o meu caminho iluminou, que a minha vida transformou, feliz eu sou. Eu creio em Deus, se posso crer se posso amar, a minha vida tem valor. Feliz eu sou...”

Padre José Cândido

À Família Zanini, pelo convívio.

Aos proprietários do Sítio dos Eucaliptos (nascente) por permitirem entrar na propriedade para realizar as colheitas de amostras.

Ao CNPq, pela bolsa de doutorado e reserva técnica concedidos, que contribuíram para a elaboração e divulgação dos trabalhos e confecção da tese.

Ao Sistema Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal (SAAEJ), pela possibilidade de realização de análises e estágio.

Aos membros da banca examinadora: Prof. Dr. Antônio Carlos Monteiro, Prof. Dr. João Batista Kochenberger Fernandes, Profa. Dra. Laudicéia Giacometti Lopes e Profa. Dra. Márcia Noélia Eler, pelas importantes sugestões durante a avaliação, contribuindo para melhor apresentação deste estudo.

“Viver e não ter a vergonha de ser feliz. Cantar e cantar e cantar. A beleza de ser um eterno aprendiz...”

Gonzaguinha

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
SUMMARY.....	vi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de Literatura.....	3
2.1 Rio e Qualidade de Água.....	3
2.2 Aspectos Microbiológicos da Água.....	7
2.3 Índice de Qualidade de Água (IQA).....	10
2.4 Índice de Estado Trófico (IET).....	15
3. Área de Estudo.....	21
4. Referências.....	26
CAPÍTULO 2 – QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO RICO (SP) USADO PARA ABASTECIMENTO URBANO	36
Resumo.....	36
Summary.....	37
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	40
Resultados e Discussão.....	41
Conclusões.....	52
Referências.....	52
CAPÍTULO 3 – QUALIDADE DA ÁGUA DA MICROBACIA DO CÓRREGO RICO AVALIADA PELOS ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA E DE ESTADO TRÓFICO.....	57
Resumo.....	57
Summary.....	58
Introdução.....	59
Material e Métodos.....	61
Resultados e Discussão.....	62
Conclusões.....	68
Referências.....	69
CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 1	
Tabela 1. Determinação do IQA de acordo com os valores calculados, variando numa escala de 0 a 100.....	14
Tabela 2. Classificação do estado trófico para rios.....	17
Tabela 3. Especificações de cada categoria de estado trófico.....	18
Tabela 4. Possibilidades de usos de lagos, rios e represas em função do estado trófico.....	19
CAPÍTULO 2	
Tabela 1. Resultados da ANOVA “two-way” para as variáveis utilizadas na avaliação da qualidade da água.....	43
CAPÍTULO 3	
Tabela 1. Resultados da ANOVA “two-way” para as variáveis do índice de qualidade de água (IQA) e do índice de estado trófico médio (IETm).....	65
Tabela 2. Valores médios do índice de qualidade de água (IQA) e do índice de estado trófico médio (IETm) para os pontos amostrados (CR1; CR2 e CR3) e períodos (seca e chuva) ao longo do período estudado.....	66

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 1	
Figura 1. Curvas para o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) para coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido (ANA, 2005).....	12
Figura 2. Localização da microbacia do Córrego Rico no Estado de São Paulo (Adaptado de SÃO PAULO, 2002).....	23
Figura 3. Mapa obtido por georreferenciamento, com indicação do Córrego Rico e dos pontos de colheita das amostras (CR1, CR2 e CR3).....	24
Figura 4. Ponto de colheita CR1 (A - vegetação predominante; B - conduto com vazão da nascente).....	24
Figura 5. Ponto de colheita CR2 (A – no Córrego Rico; B – lançamento de dejetos da granja de suínos nas proximidades do ponto CR2).....	25
Figura 6. Ponto de colheita CR3 situado na captação de água para abastecimento de Jaboticabal.....	25
CAPÍTULO 2	
Figura 1. Variação espacial e temporal de contaminação por coliformes totais nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.....	42
Figura 2. Variação espacial e temporal de <i>Escherichia coli</i> nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.....	44
Figura 3. Variação temporal e espacial de sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT), turbidez e DBO ₅ nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.....	45
Figura 4. Variação temporal e espacial de fósforo total (PT), ortofosfato (P-PO ₄ ⁻³), nitrato (N-NO ₃ ⁻), nitrito (N-NO ₂ ⁻), amônia (N-NH ₄ ⁺), e clorofila- <i>a</i> nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.....	47
Figura 5. Variação temporal e espacial de oxigênio dissolvido (OD), temperatura (°C), pH e condutividade elétrica (CE) nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.....	50
CAPÍTULO 3	
Figura 1. Médias mensais dos valores do Índice de Qualidade de Água (IQA) e do Índice de Estado Trófico médio (IETm) para os três pontos de colheita, entre setembro de 2007 e agosto de 2008.....	63
Figura 2. Valores médios das variáveis que fazem parte do IQA e do IETm e ultrapassaram os limites da Resolução CONAMA 357/05 para rio de classe 2.....	64

CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA E MICROBIOLÓGICA DO CÓRREGO RICO QUE ABASTECE JABOTICABAL (SP)

RESUMO - Foi avaliada a qualidade da água do Córrego Rico, utilizada para abastecimento da cidade de Jaboticabal, quanto aos aspectos limnológicos e microbiológicos, índice de qualidade de água (IQA) e o índice de estado trófico médio (IETm) em três pontos: nascente (CR1); após o lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto de Monte Alto e de uma granja de suínos (CR2) e na captação de água para abastecimento, à jusante da confluência com o Córrego Tijuco (CR3). As variáveis analisadas foram: pH, temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, nitrogênio total, fósforo total, ortofosfato, nitrato, nitrito, amônia, clorofila-a, DBO₅, coliformes totais, *E. coli*, condutividade elétrica, sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos totais. As coletas foram realizadas quinzenalmente durante setembro de 2007 a agosto de 2008, envolvendo períodos de seca e chuva, concluindo-se: a) Com exceção da nascente, a água é de má qualidade em relação a aspectos microbiológicos, pois coliformes totais e *E. coli* ultrapassaram os limites exigidos para rios de classe 2, para a maioria dos meses de estiagem; b) As atividades agrícolas e urbanas no entorno do Córrego influenciaram negativamente na qualidade da água, alterando os parâmetros clorofila-a, DBO₅, amônia, ortofosfato e fósforo total; c) Os valores médios de IQA nos três pontos apresentaram relação direta com os valores médios de IETm, porém ocorreu maior discriminação da qualidade da água pelo IETm, identificando diferentes graus de trofia para os pontos e períodos de amostragens; d) O IQA apresentou melhor diferenciação da qualidade da água entre pontos no período seco e o IETm diferenciou melhor no período chuvoso; e) A autodepuração e, ou a confluência do Córrego Tijuco com o Córrego Rico contribuem para melhor qualidade da água no ponto CR3, tornando-a adequada ao abastecimento urbano após tratamento convencional.

Palavras-chave: água de abastecimento, índice de estado trófico, índice de qualidade de água, limnologia, microbiologia

LIMNOLOGICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE RICO STREAM RICO THAT SUPPLIES WATER TO JABOTICABAL SP BRAZIL

SUMMARY - Water quality of Rico stream which supplies the town of Jaboticabal SP Brazil with fresh water has been evaluated with regard to limnological and microbiological aspects, water quality indexes (WQI) and trophic state index (TSI), at three sites. These comprise source site (CR1); a site after the release of effluent from the town of Monte Alto sewage treatment station and a pig farm (CR2); and a site downstream of the confluence with Tijuco Stream, at the water receiving-supply station (CR3). Temperature, pH, dissolved oxygen, turbidity, total nitrogen, total phosphorus, orthophosphate, nitrate, nitrite, ammonia, chlorophyll-a, DBO₅, total coliform bacteria, *Escherichia coli*, conductivity, total suspended solids and total dissolved solids were the analyzed variables. Collection was undertaken fortnightly, from September 2007 to August 2008, during the dry and rainy seasons. Through the results it was concluded: a) Except for the source of the stream, the water is of poor quality for microbiological aspects, as *Escherichia coli* and total coliforms exceed the limits required for rivers of Class 2, for most months of drought; b) The urban and agricultural activities around the Rico Stream adversely affect water quality, changing the parameters chlorophyll-a, BOD₅, ammonia, orthophosphate and total phosphorus; c) The average values of IQA of tree points showed a direct relationship with the average values of mTSI, but there was greater discrimination of water quality by mTSI, identifying different trophic degrees for points and periods of sampling; d) The WQI showed better differentiation between the quality of water for points in dry season and the mTSI showed better differentiation in rainy season; e) The natural depuration process and the confluence of Tijuco Stream contribute to better water quality in CR3 point, making it suitable for urban supply after conventional treatment.

Keywords: water supply; trophic state index; water quality index; limnology; microbiology

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Segundo TEIXEIRA (2004), bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso d'água ou sistema conectado de cursos d'água, representando o somatório das vazões.

Rios e aquíferos rasos são geralmente conectados, sendo que alguns rios perdem água para os seus aquíferos adjacentes enquanto outros ganham água do lençol freático. Em alguns casos os rios perdem água em algumas seções enquanto ganham do lençol freático em outras partes do canal (CARDENAS, 2008).

O crescimento demográfico e o desenvolvimento socioeconômico são freqüentemente acompanhados de aumentos na demanda por água, cuja quantidade e qualidade são de fundamental importância para saúde e desenvolvimento de qualquer comunidade (BUENO et al., 2005).

Os ambientes aquáticos são utilizados em todo o mundo com distintas finalidades, entre as quais se destacam: abastecimento de água, geração de energia, irrigação, navegação, aquíicultura e paisagismo (ASSIS, 1998; FALKENMARK & ALLARD, 1991).

No Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento, a maior parte do esgoto bruto (tanto doméstico, industrial como efluentes de sistema de cultivo) é lançada sem tratamento prévio nos cursos d'água. Esses grandes aportes de matéria orgânica e poluentes têm sido relatados como principais responsáveis pela eutrofização de grande variedade de ambientes aquáticos, gerando preocupação crescente com alto grau de poluição em que se encontram hoje os rios e ambientes de água doce (TUNDISI, 2003). A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS & MEYBECK, 2000).

Como indicadores de poluição fecal recente, os coliformes apresentam vantagem de serem encontrados em grandes densidades nas fezes, facilmente isolados e

identificados na água, utilizando-se técnicas simples e não muito onerosas, além de apresentarem sobrevivência praticamente semelhante à das bactérias enteropatogênicas.

Nitrogênio a partir da água do rio é tipicamente desnitrificado com seu fluxo através do sedimento do rio ou pelos aquíferos aluviais rasos (POOLE et al., 2006). A ciclagem dos nutrientes dirigidas pela mudança entre rios e aquíferos ocorre em escalas de variação temporal e espacial (DUFF & TRISKA, 2000).

O monitoramento dos reservatórios através de parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade da água permite inferir sobre possíveis fontes poluentes que podem prejudicar o uso da água. As fontes poluentes têm origem antrópica e podem ser pontuais ou difusas. As fontes pontuais referem-se aos despejos domésticos e efluentes industriais, enquanto as difusas relacionam-se com insumos agrícolas aplicados no entorno desses reservatórios (SILVA et al., 2006).

Devido ao intenso e diversificado uso dos rios, lagos e suas bacias hidrográficas, há necessidade de ser definidas formas de manejo sustentado e gerenciamento desses ecossistemas. Para isso, torna-se necessária monitoração sistemática, que resulta em séries temporais de dados que permitem avaliar a evolução da qualidade do corpo aquático e conhecer as tendências de sua variação. A caracterização do estado trófico de sistemas aquáticos e utilização de índices de qualidade de água tem como objetivo simplificar uma série de parâmetros em valores inteiros, fáceis de entendimento pelo público, tornando-se ferramenta utilizada para gerenciamento da qualidade de água tanto para comunidade científica, quanto para autoridades relacionadas à saúde pública e saneamento. Porém, existem poucas informações disponíveis, relacionando as condições sanitárias com grau de eutrofização de rios, principalmente, os localizados em regiões tropicais e urbanas (BORGES & GUIMARÃES, 2000).

Diante do exposto e em decorrência da elevada importância da microbacia hidrográfica do Córrego Rico para o abastecimento da cidade de Jaboticabal, o presente trabalho teve como objetivo, verificar a qualidade da água, no trecho entre a nascente e o local de captação de água para abastecimento da cidade quanto a aspectos limnológicos e microbiológicos, utilizando-se como ferramentas o índice de

qualidade de água (IQA) e o índice de estado trófico médio (IETm), da microbacia hidrográfica do Córrego Rico nos períodos de seca e chuva, em três pontos, entre setembro de 2007 a agosto de 2008.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Rio e Qualidade de Água

Na bacia hidrográfica, as águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, cujas cabeceiras são formadas nos terrenos íngremes das serras e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros, aumentando o volume e formando os primeiros rios. Esses continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, até desembocarem no oceano (TEODORO et al., 2007).

A América do Sul é abundante em rios, os quais têm papel ecológico, econômico e social extremamente relevante. Os rios com suas áreas de várzea e vasta planície de inundação, associados a muitos lagos permanentes e temporários, apresentam grande variedade de hábito, flora e fauna altamente especializada e diversificada, constituindo importante reserva de água doce que é utilizada para inúmeras finalidades (TUNDISI, 2003).

Igualmente importante no contexto ecológico e econômico são os pequenos riachos e rios, coletores de material alóctone que é transportado para outros sistemas de maior porte (TUNDISI, 2003).

O uso potencial da água depende primariamente, das propriedades físico-químicas, microbiológicas e, conseqüentemente, do grau de poluição. A contaminação pelo lançamento de efluentes industriais, degradação urbana e atividades agrícolas são algumas das formas pelas quais a qualidade da água é afetada, aumentando os problemas relacionados à sua escassez. Nas últimas décadas, esse precioso recurso vem sendo ameaçado pelas ações indevidas do homem, resultando em prejuízo para a própria humanidade (KÖNIG & RESTELLO, 2006).

A água vem se tornando cada vez mais escassa, devido à expansão da população, indústria e agricultura. Embora a demanda varie entre países, a agricultura é a atividade que mais consome água. Assegurar a quantidade de água necessária não basta, sendo indispensável manter a qualidade, embora a poluição dos lagos e rios seja potencialmente reversível.

O balanço hídrico é fator chave para a existência das águas superficiais e, especialmente para a persistência de um sistema de fluxo, dependendo de abastecimento regular, mais do que da existência de águas lânticas; os fatores climáticos definem as condições hidrológicas e ecológicas de um rio, como também a geomorfológica, geológica, edáficas e fitossociológicas (SCHÄFER, 1985).

Rios que apresentam baixo declive, principalmente, no curso inferior ou rios de planície com grande superfície de água, assemelham-se às condições de um lago, com todas as conseqüências no balanço de substâncias e comunidades. Considera-se um corpo de água como rio quando a relação vazão/superfície representa a velocidade maior que $0,01 \text{ m s}^{-1}$ (SCHÄFER, 1985).

As características físico-químicas das águas estão associadas não só às interferências externas como também, à própria morfologia da bacia. Quanto mais a água se afasta da fonte, mais notória é a variação diária de temperatura e, ao longo do ano, os fatores climáticos locais são as maiores interferências nas condições físico-químicas (PERRY & VANDERKLEIN, 1996).

ZHU et al. (2008) monitorando o rio Han avaliaram diferenças na qualidade da água em função das variáveis climáticas, onde maiores concentrações de amônia e fósforo total foram observadas na estação seca (novembro – abril) do que na estação chuvosa (maio – outubro).

Os padrões de mudança espaço-temporal da precipitação e evapotranspiração influenciam os processos hidrológicos, os quais controlam as condições ecológicas de um ecossistema (LIU et al., 2008).

Em relação aos fatores externos, o manejo adequado do entorno do curso d'água pode ser de grande ajuda nas condições da qualidade da água. BOUZA-DEAÑO et al. (2008) verificaram que a diminuição de fertilizantes lixiviados para o rio em função

dos campos agrícolas, diminuíram ao longo do rio Ebro (Espanha) a concentração de fósforo (>3% de redução por ano) na água.

Característica para todos os rios tropicais é a maior temperatura permanente anual, acima de 27 °C, com amplitudes diárias inferiores a 1 °C. Este tipo de ecossistema pode ser diferenciado em função das condições físico-químicas e principalmente, pelo transporte de material sólido suspenso ou dissolvido (SCHÄFER, 1985).

O monitoramento da qualidade da água de rios constitui grande fonte de dados para obtenção da visão local e temporal do estado dos mesmos (BOUZA-DEAÑO et al., 2008).

O manejo da qualidade da água e sustentabilidade da bacia é um problema mundial, principalmente em países em desenvolvimento, onde os recursos sociais e econômicos têm colocado as fontes de água em alto estresse, próprio dos conflitos entre usuários à jusante e a montante do rio, coexistência de fontes pontuais ou não e projetos de engenharia alterando o sistema original da ecologia da bacia. Assim, ocorre decréscimo na capacidade de suporte do rio, devido aos problemas de qualidade de água da bacia, havendo necessidade de mitigação dos fatores que afetam o corpo receptor (ZHU et al., 2008).

As condições internas do sistema também interferem na hidrologia, visto que a constante entrada de material alóctone pode promover grande sedimentação, e a interação sedimento/água pode ser considerada a porta da degradação da qualidade da água (WANG et al., 2009).

Para manter boas condições ecológicas da água é necessário reduzir o fluxo de nutrientes para o rio, principalmente, os provenientes da produção agrícola e aqueles de áreas urbanas e industriais. No Danúbio cerca de 23% da carga total de nitrogênio é resultante da agricultura e 47% da carga total de nitrogênio flui para o mar Negro (FRÖSCHL et al., 2008).

Além disso, ocorre também o carreamento de herbicidas, transportados depois da aplicação inicial através da lixiviação horizontal e vertical para a água. Com isso,

ocorre a degradação e transformação dessas substâncias químicas através de processos biológicos e bioquímicos, degradando a qualidade da água (GU et al., 2008).

As alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função das chuvas intensas ou em função de mudanças do solo, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias (TEODORO et al., 2007).

A microbacia hidrográfica oferece a vantagem de gerenciamento simultâneo, interdependente e cumulativo de seus aspectos econômicos, sociais e ambientais, através da possibilidade de realizar planejamento e administração integrada dos recursos naturais, ampliando a sinergia dos processos operados, além de oferecer condições geográficas e sociais favoráveis à organização comunitária (SABANÉS, 2002).

As características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida com deflúvio, a evapotranspiração, os escoamentos superficial e sub-superficial (TEODORO et al., 2007).

Variáveis físico-químicas como temperatura da água, turbidez, pH e oxigênio dissolvido são fortemente influenciadas pelas estações do ano. CARVALHO et al. (2000) verificaram significativa relação entre aumento de temperatura da água, sólidos suspensos e condutividade elétrica. Esses autores afirmam que aumentando as chuvas, o pH tende a aumentar e aproximar-se da neutralidade, ocorrendo maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido causado pelo aumento do volume de água. Além da variação mensal da chuva, o ciclo diurno também varia afetando as concentrações das variáveis físico-químicas presentes nos rios (ANGELIS et al., 2004).

Aproximadamente 90% dos recursos hídricos no Brasil são utilizados para produção agrícola, produção industrial e consumo humano (TUCCI et al., 2000).

A atividade humana é o fator chave na deterioração da qualidade da água, pois os processos de urbanização e desenvolvimento econômico promovem eutrofização dos rios. ZHU et al. (2008) verificaram aumento anual na concentração de poluentes acima de 10% no período entre 1998 e 2005 no rio Han (China) em função do

crescimento desordenado no entorno da bacia, promovendo o aparecimento de florescimento de algas nas zonas de remanso desse rio.

2.2 Aspectos Microbiológicos da Água

As bactérias são organismos microscópicos simples, de multiplicação rápida e que necessitam de pouquíssimos nutrientes para seu desenvolvimento. Portanto, em ambientes com grande quantidade de compostos orgânicos, a população pode dobrar em minutos (ALBERTS et al., 2002).

As bactérias possuem dois aspectos, o primeiro é positivo, funcionando como biorremediação de derramamento de óleo no mar, como também de toxinas presentes em poços subterrâneos e derrames químicos, assim como podem ser constituintes dos detritos que integram a cadeia trófica, servindo como fonte de alimento a outros organismos aquáticos, como zooplâncton. Também, podem atuar como decompositoras de matéria orgânica solúvel ou particulada a partir do consumo de oxigênio dissolvido presente na água (DI BERNARDO et al., 2002). O segundo consiste em aspecto negativo, pois as bactérias podem estar relacionadas a fatores ou situações que causam enfermidade, tanto em seres humanos quanto em outros animais. Outra situação em que esses microrganismos podem provocar impacto negativo ocorre quando há algum tipo de desequilíbrio ambiental, levando a alterações nas características físicas e químicas da água, favorecendo a seleção de determinadas espécies de microrganismos potencialmente patogênicos (MORITA et al., 2006).

Segundo a Organização Mundial da Saúde, cerca de 80% de todas as doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento são transmitidas por águas contaminadas (LIUSON et al., 2006).

Em países não desenvolvidos ou em desenvolvimento, as águas residuais de áreas agrícolas e urbanas são comumente descarregadas no ambiente, sem tratamento ou inadequadamente tratadas com altos níveis de microrganismos patogênicos entéricos que representam risco à saúde pública. O desenvolvimento de trabalhos de educação sanitária para a população, adoção de medidas preventivas visando à preservação das fontes de água e tratamento das águas já comprometidas, aliados às

técnicas de tratamento de dejetos, são ferramentas necessárias para diminuir o risco de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica (AMARAL et al., 1992).

Os coliformes vivem normalmente no organismo humano, existindo em grande quantidade nas fezes. Embora não sendo, de modo geral, patogênicos, a presença na água indica presença de material fecal, podendo conter microrganismos patogênicos (MOTA, 2003). Assim, este parâmetro funciona como índice de deterioração de qualidade de água, uma vez que expressa a vulnerabilidade ou eficiência do saneamento básico e técnicas de manejo desenvolvidas na bacia hidrográfica da qual faz parte o corpo aquático.

O grupo coliformes totais inclui as bactérias na forma de bastonetes Gram negativos, não esporogênicos, anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 a 48 horas a 35 °C. O grupo inclui cerca de 20 espécies dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais de sangue quente, como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas, como *Serratia* e *Aeromonas*. Por essa razão, sua enumeração em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação de coliformes fecais ou *Escherichia coli* (SILVA et al., 2005).

Os coliformes fecais ou termotolerantes são capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas a 44,5 - 45,5 °C. O grupo dos coliformes fecais inclui pelo menos três gêneros, *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, dos quais dois (*Enterobacter* e *Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal. Por esse motivo a presença de coliformes fecais em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de *Escherichia coli*, porém, muito mais significativo do que a presença de coliformes totais, dada a alta incidência de *Escherichia coli* dentro do grupo fecal (SILVA et al., 2005).

O grupo de coliformes fecais ou termotolerantes inclui bacilos aeróbios e anaeróbios facultativos produzindo ácido e gás a partir da fermentação da lactose. *Escherichia coli* é um dos mais importantes membros da microbiota intestinal de mamíferos, importante patógeno causador de infecção no trato intestinal e urinário, eliminado em grandes quantidades pelas fezes. Doenças entéricas graves como febre

tifóide e cólera são transmitidas quase exclusivamente pela contaminação fecal de água e alimentos (BOYD & TANNER, 1998).

As principais vantagens dos coliformes como indicadores são o fato de se encontrarem normalmente no intestino do homem e animais de sangue quente e serem eliminados em grande quantidade nas fezes (cerca de $3,0 \times 10^8 \text{ g}^{-1}$). Além disso, em função da sua prevalência nos esgotos, podem ser quantificados na água contaminada, através de métodos simples. As principais limitações são o fato de incluir no grupo espécies de origem não fecal, que podem se multiplicar nas águas poluídas (SILVA et al., 2005).

Como as células microbianas muitas vezes ocorrem em agrupamentos (pares, tétrades, cachos, cadeias, etc.) não é possível estabelecer uma relação entre o número de colônias e o número de células. A relação correta é feita entre o número de colônias e o número de “unidades formadoras de colônias” (UFC) que podem ser tanto células individuais como agrupamentos característicos de certos microrganismos (SILVA et al., 2005).

Existe também outra metodologia de contagem, a técnica dos tubos múltiplos sendo um método de análise quantitativo que permite determinar o Número Mais Provável (NMP) dos microrganismos-alvo na amostra, através da distribuição de alíquotas em uma série de tubos contendo um meio de cultura diferencial para crescimento dos microrganismos-alvo (SILVA et al., 2005).

Os coliformes fecais não se multiplicam e nem se mantêm viáveis na água por longos intervalos de tempo devido às baixas concentrações de nutrientes e temperaturas adversas, portanto, sua presença indica contaminação recente (CARDOSO et al., 2001).

Os fatores climáticos influenciam grandemente as condições microbiológicas de uma bacia, principalmente com a ocupação urbana e rural no seu entorno. Em estudo realizado em 30 pesqueiros do estado de São Paulo, região metropolitana da capital, foi verificado que 75% deles possuíam criações de animais ou agricultura, com resultados

de análises de água negativos para coliformes fecais no período seco, porém tornaram-se positivos no período chuvoso (LIUSON et al., 2006).

2.3 Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os índices de qualidade de água têm uma proposição diferenciada, pois associam parâmetros e seus valores mediante a um referencial numérico. Comumente, os índices são específicos para abastecimento de água, apesar de apresentarem atributos que possam ser considerados para uso de outros fins (DOTTO et al., 1996).

Os rios são sistemas complexos caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagens adjacentes, formando bacias hídricas. A complexidade desses sistemas lóticos deve-se ao uso da terra, geologia, tamanho e forma das bacias de drenagem, além das condições climáticas locais. O uso de indicadores de qualidade de água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com alterações ocorridas na microbacia (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

Esses índices contemplam o grau de subjetividade, dependendo da escolha das variáveis que constituirão os indicadores principais das alterações da qualidade da água. Índices baseados em técnicas estatísticas favorecem a determinação dos indicadores mais característicos do corpo d'água em estudo, embora não permitam generalizações para outros corpos d'água. Por outro lado, como instrumento de avaliação ao longo do tempo ou do espaço, esses índices permitem acompanhar as alterações ocorridas no eixo hidrográfico (TOLEDO et al., 2002).

O monitoramento de parâmetros de qualidade da água em microbacias hidrográficas constitui ferramenta básica para avaliar alterações ambientais causadas pela ação humana ou do próprio ambiente. Isso porque a maior parte das ações desenvolvidas sobre o ambiente acaba refletindo na qualidade dos cursos de água.

Na busca de indicadores de qualidade de água várias técnicas têm sido utilizadas, sendo mais empregado o Índice de Qualidade da Água (IQA), usado em países como EUA, Brasil e Inglaterra. O cálculo do IQA é realizado a partir de diferentes conjuntos de parâmetros ou de um ou mais parâmetros isolados. Dessa forma, o índice pode ser visto como uma ferramenta para avaliar o planejamento de um local (DOTTO

et al., 1996). Segundo esses autores, a aplicação desse índice não é onerosa ao sistema de colheitas de uma rede de monitoramento, possibilitando o estudo da tendência histórica da qualidade da água e auxiliando em programas de conservação de água.

O IQA foi desenvolvido pela *U. S. National Sanitation Foundation*, a partir do estudo realizado em 1970 (MOREIRA & RIBEIRO, 2001; FLORES, 2002), o qual selecionou parâmetros relevantes para avaliar a qualidade da água, atribuindo peso relativo a cada um. Em trabalhos de caracterização de qualidade de água, são analisados diversos parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Dessas análises, como realizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2003) e CETESB (2003), em outros corpos receptores, foram selecionados nove parâmetros para a determinação do IQA: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e resíduos totais. Para o cálculo do IQA, são consideradas variáveis de qualidade que indicam o lançamento de esgoto doméstico e cargas orgânicas de origem industrial sem tratamento no corpo d'água (CETESB, 2008).

A criação do IQA baseou-se na pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de água, indicando parâmetros a serem avaliados, peso relativo de cada um e condição que se apresenta cada parâmetro, segundo escala de valores ("rating"). Dos 35 parâmetros indicadores de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados. Para esses, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas, de acordo com o estado ou condição de cada parâmetro (CETESB, 2007). Essas curvas de variações sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como o peso relativo correspondente, são apresentados na Figura 1.

A dificuldade na elaboração de um índice de qualidade da água é sintetizar em um único número (que pode estar relacionado a um estado de qualidade: ótima, boa, regular, ruim e péssima, por exemplo) a realidade complexa, onde inúmeras variáveis ambientais têm influência. Portanto, a definição clara dos objetivos que se desejam alcançar com este índice de qualidade se faz necessária, pois entre os usos da água

estão irrigação, recreação, indústria, abastecimento público, manutenção da vida aquática, entre outros (SILVA & JARDIM, 2006).

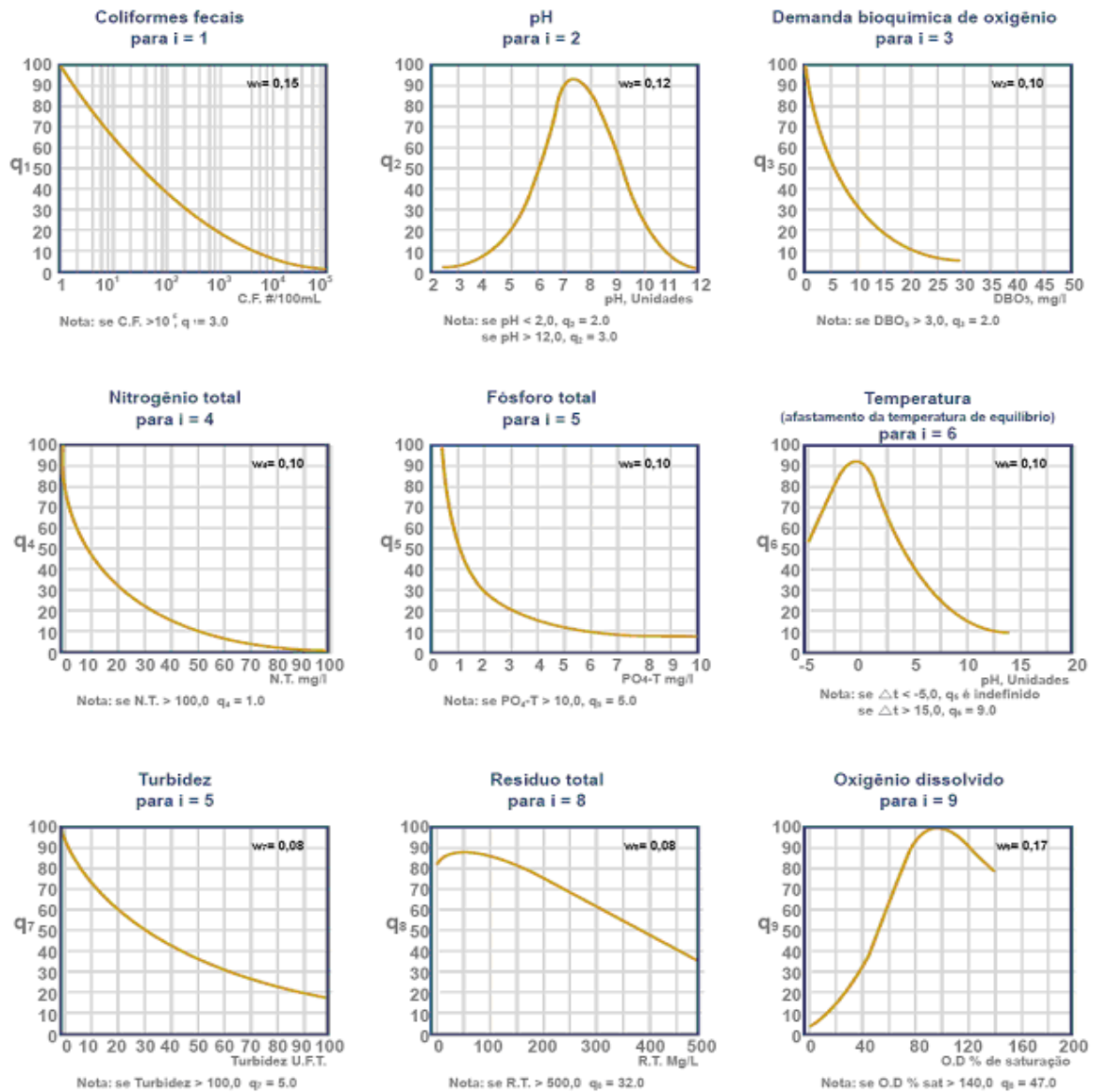


Figura 1. Curvas para o cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) para coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido (ANA, 2005).

De acordo com a CETESB (2007), o IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH,

oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20 °C), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez. A seguinte equação é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

em que,

IQA - Índice de Qualidade da Água: um número entre 0 e 100;

q_i - qualidade do i -ésimo parâmetro: um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida; e,

w_i - peso correspondente ao i -ésimo parâmetro: um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

em que,






n - número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade da água bruta, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme Tabela 1 (CETESB, 2007).

As principais vantagens dos índices de qualidade de água são: facilidade de comunicação com o público não-técnico, associando a qualidade com cores correspondentes (Tabela 1); "status" maior do que os parâmetros individuais; média de diversas variáveis em um único número e combinação de unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, a principal desvantagem consiste na perda de informações das variáveis individuais e da interação entre elas. Apesar de

fornecer avaliação integrada, não substitui avaliação detalhada da qualidade da água de uma determinada bacia hidrográfica (CETESB, 2007).

Tabela 1. Determinação do IQA de acordo com os valores calculados, variando numa escala de 0 a 100.

Valor do IQA (ponderação)	Qualidade da água (categoria)	Cor correspondente
$79 < \text{IQA} \leq 100$	Ótima	
$51 < \text{IQA} \leq 79$	Boa	
$36 < \text{IQA} \leq 51$	Regular	
$19 < \text{IQA} \leq 36$	Ruim	
$\text{IQA} \leq 19$	Péssima	

Em estudos realizados no Ribeirão do Meio (SP) utilizando o IQA, os resultados obtidos permitiram inferir que em diversos trechos da bacia desse ribeirão foram encontrado efeitos negativos da ocupação antrópica, com maior impacto na nascente, devido ao despejo de grande quantidade de material orgânico promovido do pastoreio (ROOSCH et al., 2007).

Na microbacia do Córrego Água da Bomba (SP), os principais condicionantes da redução da qualidade da água medidos pelo IQA foram os lançamentos de esgoto e a água de drenagem urbana, principalmente no período seco do ano e, a erosão nas áreas rurais, no período chuvoso, condicionado pelo manejo incorreto dos solos e degradação das matas ciliares (MOLINA et al., 2006).

Os problemas socioeconômicos e ambientais gerados pela gestão não planejada de recursos naturais são prioridades em todos os governos do mundo atual. Para solucionar tais problemas é preciso desenvolver ou adotar metodologias para diagnosticar eficientemente as condições ambientais, como medidas de proteção. O desenvolvimento urbano altera as condições hidrológicas naturais de muitos córregos e rios, freqüentemente resultando em degradação da qualidade da água, do habitat e da integridade biótica dos sistemas lóticos (DAVIS et al., 2003). Como exemplo dessa degradação, FALQUETO (2008) concluiu que a qualidade do rio Corumbataí (SP) vem

pioorando ao longo dos anos, sendo necessário melhor tratamento do esgoto doméstico em muitas cidades de sua bacia hidrográfica, melhor fiscalização no lançamento dos efluentes industriais e controle da erosão e do assoreamento.

A matéria orgânica presente no esgoto é a causa dos principais problemas de poluição das águas, favorecendo a transmissão de doenças de veiculação hídrica, afetando a saúde da população. Em grande quantidade pode causar aumento da população de microrganismos e, conseqüentemente, consumo excessivo do oxigênio dissolvido nos processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. Sendo assim, o oxigênio passa a ser um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos e um dos principais indicadores da qualidade da água, indispensável para a manutenção dos organismos aeróbios e para o equilíbrio ambiental como um todo (MOTA, 2003).

LIMA et al. (2007) concluíram que o IQA não foi bom indicador da qualidade da água estudada, não destacando as grandes concentrações de nutrientes presentes e, conseqüentemente, a eutrofização dos mananciais. Entretanto, utilizando análise de componentes principais e avaliando o IQA nas águas e nos sedimentos do rio Corumbataí (SP), FALQUETO (2008) concluiu que as nove variáveis utilizadas no cálculo deste índice representaram de forma adequada a qualidade geral dos pontos analisados da bacia hidrográfica.

2.4 Índice de Estado Trófico (IET)

O índice de estado trófico funciona como registro das atividades humanas nas várias bacias hidrográficas, além de constituir a base para o planejamento, controle da eutrofização e dos usos de bacias hidrográficas (VON SPERLING, 1994).

O IET tem por finalidade classificar os corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo de algas, ou o potencial para o crescimento de macrófitas aquáticas (CETESB, 2007).

No IET, os resultados correspondentes ao fósforo, IET(P), devem ser entendidos como medida do potencial de eutrofização, já que esse nutriente atua como agente

causador do processo. A avaliação correspondente à clorofila-*a*, IET(CL), por sua vez, deve ser considerada como medida de resposta do corpo hídrico ao agente causador, indicando de forma adequada o nível de crescimento de algas em suas águas. Em um corpo hídrico em que o processo de eutrofização se encontra plenamente estabelecido, o estado trófico determinado pelo índice da clorofila-*a* certamente coincidirá com o estado trófico determinado pelo índice do fósforo. Já nos corpos hídricos em que o processo esteja limitado por fatores ambientais, como temperatura da água ou baixa transparência, o índice relativo à clorofila-*a* irá refletir esse fato, classificando o estado trófico em nível inferior àquele determinado pelo índice do fósforo (CETESB, 2007).

O IET é o índice clássico introduzido por Carlson, modificado por TOLEDO JÚNIOR et al. (1983) que, através de regressão linear, alteraram as expressões originais para adequá-las a ambientes subtropicais.

O IET é composto pelos índices do estado trófico para o fósforo total - IET(PT), ortofosfato - IET(PO₄) e a clorofila-*a* - IET(CL), sendo:

$$IET(PT) = 10 \left[6 - \frac{\ln(80,32/PT)}{\ln 2} \right] \quad (3)$$

$$IET(PO_4) = 10 \left[6 - \frac{\ln(21,67/PO_4)}{\ln 2} \right] \quad (4)$$

$$IET(CL) = 10 \left[6 - \left(\frac{2,04 - 0,695 \ln(CL)}{\ln 2} \right) \right] \quad (5)$$

PT = concentração de fósforo total ($\mu\text{g L}^{-1}$);

PO₄ = concentração de ortofosfato ($\mu\text{g L}^{-1}$);

CL = concentração de clorofila-*a* ($\mu\text{g L}^{-1}$); e,







ln = logaritmo natural.

Nos meses em que estejam disponíveis dados de todas as variáveis, o resultado apresentado de IET é a média aritmética simples (IET_m) dos índices relativos ao fósforo total, ortofosfato e à clorofila-a, segundo a equação:

$$IET_m = \frac{IET(PT) + IET(PO_4) + IET(CL)}{3} \quad (6)$$

Para a classificação do IET são adotados os seguintes estados de trofia, apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Classificação do estado trófico para rios¹.

Estado trófico	Critério	Cor correspondente
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	
Hipereutrófico	$IET > 67$	

Fonte: CETESB (2007);

¹segundo Índice de Carlson, modificado por TOLEDO JÚNIOR et al. (1983).

Para classificar lagos e represas de acordo com o estado trófico, TUNDISI (2003) sugere um programa de monitoramento e gerenciamento da eutrofização baseado nos seguintes tópicos:

- a) identificar a procedência da eutrofização e das contribuições difusas e pontuais;
- b) realizar balanços de massa e nutrientes para lagos, represas ou rios;
- c) identificar o estado trófico do ecossistema aquático em função das concentrações de nitrogênio, fósforo e clorofila (de oligotrófico a eutrófico);
- d) criar cenários que possibilitem a avaliação da progressão do estado trófico em função de futuros impactos;

- e) identificar possíveis organismos indicadores de eutrofização, além das cianobactérias;
- f) ampliar informação sobre eutrofização para o grande público e autoridades.

Tabela 3. Especificações de cada categoria de estado trófico.

Estado Trófico	Especificação dos corpos de água
Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
Oligotrófico	Limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, pela presença de nutrientes.
Mesotrófico	Com produtividade intermediária e possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
Eutrófico	Com alta produtividade e redução da transparência, afetados por atividades antrópicas, ocorrendo alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
Supereutrófico	Corpos de água com alta produtividade, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, com freqüentes alterações indesejáveis na qualidade da água, como florações de algas e interferências nos seus múltiplos usos.
Hipereutrófico	Corpos de água afetados pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a florações de algas ou mortandades de peixes, com conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB (2007)

A Resolução CONAMA 274/00 (BRASIL, 2000) estabelece padrões de água para uso recreacional e balneabilidade. A Portaria MS 518/04 do Ministério da Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004) estabelece padrões para abastecimento público. A

Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) estabelece classes de qualidade de água para corpos de água doce, salina e salobra, de acordo com seus usos pretendidos, contudo não associa essa condição a níveis de trofia. Assim, todos os programas de monitoramento de qualidade de água devem também considerar os limites e usos estabelecidos pela legislação vigente. Na Tabela 4 é apresentada a relação entre usos múltiplos e estado trófico de ambientes aquáticos.

Tabela 4. Possibilidades de usos de lagos, rios e represas em função do estado trófico.

Uso preponderante	Estado trófico (ou Classe de trofia)		
	Oligotrófico	Mesotrófico	Eutrófico
Abastecimento	Desejável	Tolerável	
Uso industrial		Desejável	
Uso para resfriamento			Tolerável
Recreação contato primário		Desejável	
Recreação contato secundário			Tolerável
Criação de peixes (espécies sensíveis)		Desejável	
Criação de peixes (espécies tolerantes)			Tolerável
Irrigação			Tolerável
Produção de energia			Tolerável
Paisagismo		Desejável	Tolerável

Fonte: Modificado de Thornton & Rast (1994); Tundisi (2003); Von Sperling (1995).

Alterações no ciclo dos nutrientes são observadas principalmente em relação à fixação de nitrogênio, variações na relação nitrogênio/fósforo e liberação de nutrientes do sedimento (carga interna) (HARPER, 1992).

A solubilidade do oxigênio na água é inversamente proporcional à temperatura, sendo o fitoplâncton a maior fonte de oxigênio para água e a concentração de oxigênio em um corpo d'água depende da rapidez dos processos de decomposição que aumentam a demanda de oxigênio no hipolimnio e a taxa de produção primária no epilimnio (WETZEL, 1981; COLE & HANNAN, 1990). A extensão da mudança no

balanço de oxigênio também é influenciada pela morfometria do sistema, especialmente em relação à profundidade média e a bacia de drenagem (JORGENSEN & VOLLENWEIDER, 1989).

O aumento no aporte de nutrientes, inicialmente resulta no aumento da produtividade primária, conseqüentemente alterando o padrão sazonal de distribuição. Nessa condição, a comunidade fitoplanctônica passa a ser dominada por poucas espécies de grupos melhores adaptados (KIMMEL et al., 1990). Em termos de biomassa de peixes, a concentração pode aumentar ou se manter devido à maior oferta alimentar, contudo a mudança na composição das espécies pode reduzir o valor econômico dos estoques pesqueiros (TUNDISI, 2003).

A eutrofização implica em aumento nos custos para tratamento da água devido: 1) aumento no uso de coagulantes e alcalinizantes para ajuste de pH de coagulação; 2) uso de polímero para auxiliar a floculação e evitar a flotação; 3) diminuição na eficiência de remoção de flocos na decantação, com aumento da turbidez e do número de partículas na água decantada; 4) obstrução do meio filtrante, redução na duração da cadeia de filtros e aumento no consumo da água de lavagem; 5) aumento no consumo de cloro devido à presença de matéria orgânica e amônia, diminuindo a eficiência da desinfecção e aumentando a possibilidade de formação de componentes tóxicos organoclorados, prejudiciais à saúde humana; 6) possibilidade de crescimento de bactérias nos sistemas de distribuição, devido ao aumento da matéria orgânica que serve de substrato com ocorrência de sabor e odor provocados por algumas espécies de algas e aumento na deposição de ferro e manganês (DI BERNARDO, 1995).

Toda vez que as condições de temperatura, luz e disponibilidade de nutrientes forem adequadas, as águas superficiais (água doce ou marinha) poderão propiciar aumento no crescimento de algas. Quando tal proliferação for dominada por uma ou poucas espécies o fenômeno é conhecido como floração ou "bloom". Os problemas relacionados às algas são mais sujeitos a acontecer em áreas que passam por crescimento populacional, onde falta o tratamento concomitante de esgotos ou em áreas onde as práticas agrícolas causam a perda de nutrientes para os corpos d'água

pela superfertilização ou erosão (BARTRAM et al., 1999). Essas florações provocam os seguintes efeitos diretos sobre a qualidade da água: aumento da matéria orgânica particulada; aumento de substâncias orgânicas dissolvidas que podem conferir gosto ou odor à água e serem precursoras da formação de compostos organoclorados; conferir cor à água; servir de substrato para o crescimento de bactérias; aumento de pH e mudanças em sua variação diária; reduzir os teores de oxigênio nas camadas de fundo (DI BERNARDO, 1995).

Dentre os diversos microplancctontes, o desenvolvimento de florações de cianobactérias apresenta-se como sério problema, sobretudo, devido à capacidade desses organismos produzirem metabólitos secundários tóxicos para muitos seres vivos, incluindo os seres humanos (FIGUEIREDO et al., 2004).

Os maiores problemas da deterioração da qualidade da água estão relacionados à saúde humana, e de acordo com BARTRAM et al. (1999), as doenças de veiculação hídrica podem ser classificadas em quatro categorias: surtos relacionados à água, doenças causadas pela falta de higiene, doenças de contato primário com a água e doenças causadas por vetores de vida aquática.

O aumento e a diversificação dos usos múltiplos da água de uma bacia hidrográfica resultam em multiplicidade de impactos de diversas magnitudes que exigem, evidentemente, diferentes tipos de avaliação quantitativa e monitoramento adequado da qualidade da água.

É de vital importância a caracterização de mananciais utilizados para abastecimento urbano, pois desta maneira o controle e técnicas de manejo, poderão ser adotadas como forma de diminuir a eutrofização.

3. ÁREA DE ESTUDO

A microbacia hidrográfica do Córrego Rico foi escolhida para o presente estudo pela grande representatividade na região, revelando-se de elevada importância agrícola

na sub-região de Jaboticabal, com importantes características sócio-econômicas. Esta bacia também se destaca por ser a maior e a principal fonte de captação de água para abastecimento público do município de Jaboticabal, sendo que 70% do volume é captado superficialmente, 15% subterrâneo e 5% sub-superficialmente. A água captada no Córrego Rico é bombeada até a Estação de Tratamento de Água, para distribuição à população (ITALIANO et al., 2003).

A área de estudo compreende uma porção da extensão territorial que abrange parte dos municípios de Jaboticabal, Monte Alto, Taquaritinga, Santa Ernestina e Guariba. Localiza-se na região nordeste do Estado de São Paulo, região administrativa de Ribeirão Preto (Figura 2). A posição geográfica é definida pelas coordenadas, latitudes 21°10' e 21°27' S e longitudes de 48°08' e 48°33' W, com extensão de aproximadamente 541 km² entre altitudes de 410 m a 740 m (ITALIANO et al., 2003). A bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu possui como os mais importantes afluentes, os córregos Santa Rita, Palmital, Santa Izaura, Tijuco, Jaboticabal, Cerradinho e Córrego Rico (TEIXEIRA, 2003).

O Córrego Rico desemboca diretamente no rio Mogi-Guaçu, sendo pertencente ao Comitê de Bacias deste rio, segundo a Divisão Hidrográfica do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 1994).

A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) define e classifica, a nível nacional, as águas doces, salinas e salobras. As águas de classe II são aquelas destinadas à agricultura e atividade de pesca, onde está incluso o Córrego Rico que pode ser destinada a:

- a) abastecimento doméstico, após tratamento convencional;
- b) proteção das comunidades aquáticas;
- c) recreação de contato primário;
- d) irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e,
- e) criação natural e ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

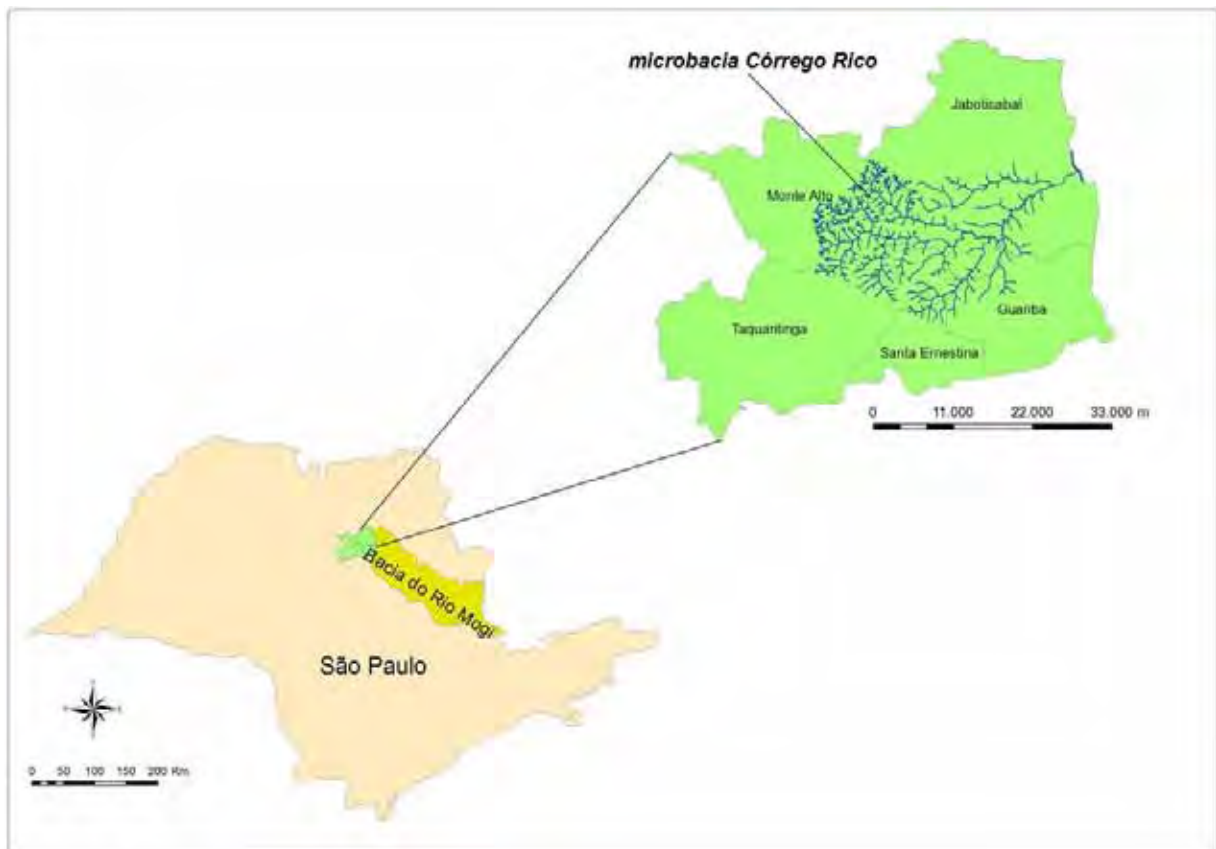
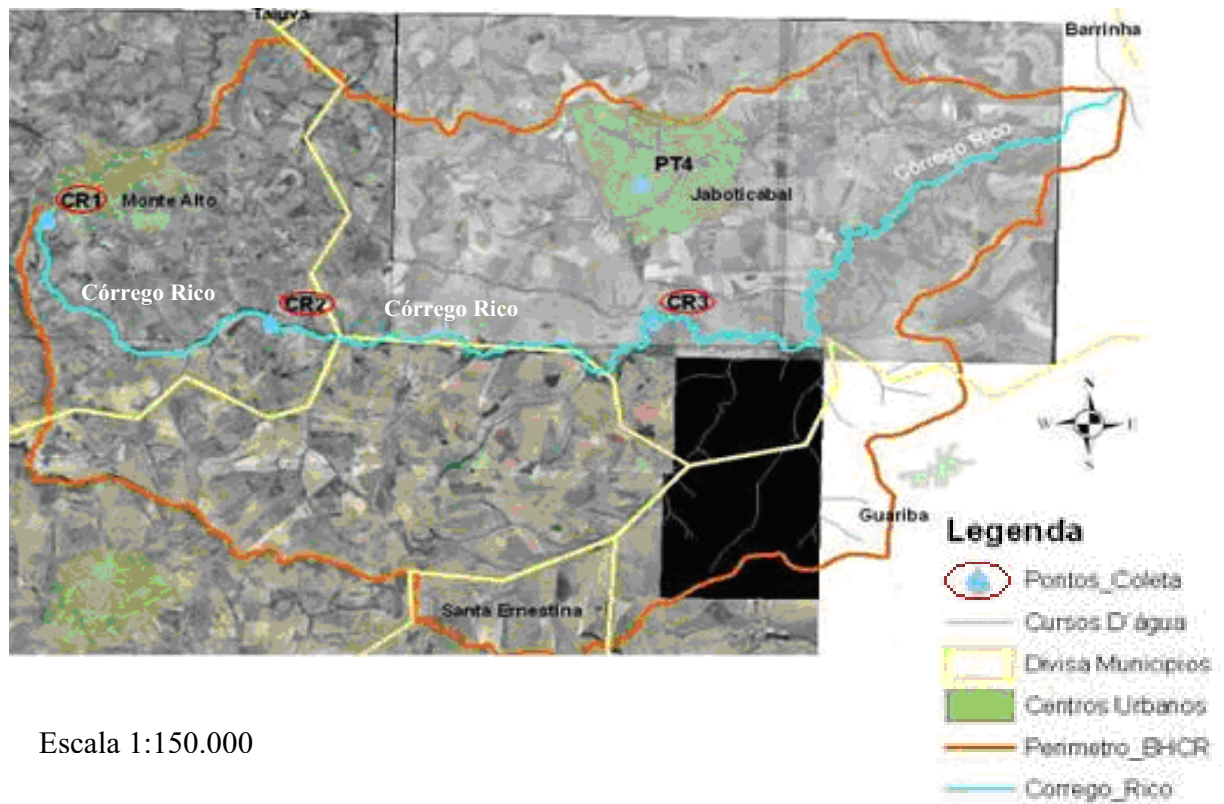


Figura 2. Localização da microbacia do Córrego Rico no Estado de São Paulo. (Adaptado de SÃO PAULO, 2002).

A microbacia do Córrego Rico apresenta atualmente sérios problemas de degradação ambiental, sendo caracterizada por ocupação de fins residenciais e rural, com grande desmatamento em seu entorno (IHA et al., 2004).

O estudo foi desenvolvido em um trecho de 26,14 km, entre as cidades de Monte Alto e Jaboticabal (SP), compreendendo três pontos distintos: nascente (CR1), situada no município de Monte Alto ($21^{\circ}17'19''$ S e $48^{\circ}31'59''$ W); após lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgoto - ETE de Monte Alto e de uma granja de suínos (CR2) ($21^{\circ}18'44''$ S e $48^{\circ}26'57''$ W) e à jusante da confluência dos Córregos Rico e Tijuco (CR3), na captação de água do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal (SAAEJ) ($21^{\circ}18'37''$ S e $48^{\circ}19'25''$ W) (Figuras 3 a 6).



Escala 1:150.000

Figura 3. Mapa obtido por georreferenciamento, com indicação do Córrego Rico e dos pontos de colheita das amostras (CR1, CR2 e CR3).



Figura 4. Ponto de colheita CR1 (A - vegetação predominante; B - conduito com vazão da nascente).



Figura 5. Ponto de colheita CR2 (A – no Córrego Rico; B – lançamento de dejetos da granja de suínos nas proximidades do ponto CR2).



Figura 6. Ponto de colheita CR3 situado na captação de água para abastecimento de Jaboticabal.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen é do tipo Aw (mesotérmico, com verão úmido e inverno seco), com precipitação pluvial anual média variando entre 1.100 e 1.700 mm, com temperaturas médias do mês mais quente de 22 °C e do mês mais frio 18 °C. O relevo é fortemente ondulado a suavemente ondulado, com ocorrências de quebra de declives. Os argissolos ocupam as cotas superiores no relevo mais acidentado (montante), enquanto que, à medida que o relevo se suaviza (jusante) predominam os latossolos (ITALIANO et al., 2003).

O material geológico formador dos solos a montante da bacia é constituído de arenitos consolidados com cimento calcário, pertencentes à formação Bauru e à

jusante, rochas efusivas básicas da Formação Serra Geral. A área está localizada no Planalto Ocidental Paulista, representado pelo reverso da “cuesta” interna, marcado pelas escarpas arenítico-basálticas, que delimitam a borda do Planalto de Cravinhos, São Simão e Jataí. Essa parte do planalto apresenta relevo na forma subtabular mantido por basaltos capeados de arenito Bauru, denominado planalto de Jaboticabal, onde são distintas duas áreas morfológicas: as “cuestas” de Monte Alto e o planalto colinoso (SÃO PAULO, 1974).

A vegetação natural original é do tipo Floresta Latifoliada Tropical e, atualmente a cobertura vegetal se manifesta com capoeiras e campos de pastoreio e culturas anuais e permanentes, destacando-se a cana-de-açúcar e pomares de citros (OLIVEIRA et al., 1999).

A característica do padrão de drenagem e do relevo da microbacia é de 2ª ordem, revelando freqüência ou quantidade de cursos de água nas partes altas da bacia (PISSARRA et al., 2004).

Utilizando técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica, em conjunto com trabalho de campo, para as microbacias do Córrego Rico e Córrego Tijuco, ITALIANO et al. (2003) concluíram que a maior parte da área é utilizada com monocultura da cana-de-açúcar; forte desmatamento das áreas de preservação permanente; em algumas áreas existe efluentes de esgoto industrial e animal lançado a céu aberto e sem tratamento; intenso processo erosivo, agravado pela ação antrópica, soterramento de nascentes e assoreamento de rios; materiais resultantes de voçorocas são carregados com os efluentes lançados, poluindo as águas superficiais.

4. REFERÊNCIAS

ALBERTS, B.; BRAY, D.; JOHNSON, A.; LEWIS, O.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATER, R. *Fundamentos da biologia celular* – uma introdução à biologia molecular da célula. Porto Alegre: Artmed, 2002. 864 p.

ANA – Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil/ Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos: ANA, SPR, 2005. 176 p. (Caderno de Recursos Hídricos, 1).

ANGELIS, C.F.; MCGREGOR, G.R.; KIDD, C.A. Three year climatology of rainfall characteristics over tropical and subtropical South America based on Tropical Rainfall Measuring Mission Precipitation Radar data. *International Journal of Climatology*, v.24, 385-99, 2004.

AMARAL, L.A. do; NADER FILHO, A.; ROSSI JÚNIOR, O.D. Redução do número de bactérias indicadoras de poluição e microrganismos mesófilos nas diferentes fases do tratamento da água na Estação de Tratamento de Água da cidade de Jaboticabal/SP. *Ciência Veterinária*, Jaboticabal, v.6, n.1-2, p.8-9, 1992.

ASSIS, J.C. Água sob medida. *Agroanalysis*, v.18, p.83-8, 1998.

BARTRAM, J.; CARMICHAEL, W.W.; CHORUS, I.; JONES, G.; SKULBERG, O.M. Introduction. In: CHORUS, I.; BARTRAM, J. (Ed.). *Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health, consequences, monitoring and management*. London: World Health Organization, 1999. p.1-14.

BORGES, J.T.; GUIMARÃES, J.R. Utilização do índice de qualidade de águas (IQA – CETESB) e do índice de estado trófico (IET – CARLSON) para classificar a qualidade das águas da lagoa do Taquaral - Campinas-SP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 23. 2000. Poços de Caldas. *Anais...* Disponível em: <http://www.sbg.org.br/ranteriores/23/resumos/0386-1/index.html>. Acesso em: 28 ago 2007.

BOUZA-DEAÑO, R.; TERNERO-RODRIGUES, M.; FERNÁNDEZ-ESPINOSA, A.J. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). *Journal of Hydrology*. v.361, n. 3-4, p.227-39. 2008.

BOYD, C.E.; TANNER, M. Coliform organisms in water of channel catfish ponds. *World Aquaculture Society*, v.29, n.2, p. 74-8. 1998.

BRASIL - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO URBANO E MEIO AMBIENTE. Resolução 274/2000 de 6/06/2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res00/res27400.html>.

BRASIL - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 357 de 17/03/2005 – *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá providências*. 23 p. 2005.

BUENO, L.F.; GALBIATTI, J.A.; BORGES, M.J. Monitoramento de variáveis de qualidade de água no horto Ouro Verde – Conchal – SP. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-8, set/dez. 2005.

CARDENAS, M.B. The effect of river bend morphology on flow and timescales of surface water groundwater exchange across poinsbars. *Journal of Hidrology*, v.362, p.134-41. 2008.

CARDOSO, A.L.P.; TESSARI, E.N.C.; CASTRO, A.G.M.; KANASHIRO, A.M.I. A técnica da membrana filtrante, aplicada ao estudo bacteriológico da água de rede de abastecimento, utilizada pela população de Descalvado, SP. *Higiene Alimentar*, v.15, n.82, p.33-8. 2001.

CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.H.M; TORNISIELO, V.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, São Paulo, v.23, n.5, p.618-22. 2000.

CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Indicadores de qualidade das águas*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10 nov 2003.

CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Água: rios e reservatórios*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/indice.asp>. Acesso em: 11 set 2007.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. IQA – Índice de Qualidade das Águas. Disponível em: <[HTTP://www.cetesb.sp.gov.br/](http://www.cetesb.sp.gov.br/)>. Acesso: 19 jun 2008.

COLE, T.M.; HANNAN, H.H. Dissolved oxygen dynamics. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (Ed.). *Reservoir limnology – ecological perspectives*. New York: John Wiley & Sons, 1990. p. 227-38.

DAVIS, N.M.; WEAVER, V.; PARKS, K.; LYDY, M.J. An assessment of water quality, physical habitat and biological integrity of urban stream in Wichita, Kansas, prior to restoration improvements. *Archives of Environmental Contamination Toxicology*. v.44, n.3, p.351-9, 2003.

DI BERNARDO, L. *Algas e suas influências na qualidade das águas e nas tecnologias de tratamento*. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 140p.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A., CENTURIONE FILHO, P.J. *Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos aerados em estações de tratamento de água*. Rima, São Carlos, 2002. p.237.

DOTTO, S.E.; SANTOS, R.P. dos; SINGER, E. da M. Determinação de um índice de qualidade de água para algumas culturas irrigadas em São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.55, n.1, p.193-200. 1996.

DUFF, J.H.; TRISKA, F.J. Nitrogen biogeochemistry and surface-subsurface exchange in streams. In: JONES, J.B.; MULTROLAND, P.J. (Ed.). *Stream and ground waters*. Academic Press, San Diego, CA, 2000, p.197-220.

FALKENMARK, M.; ALLARD, B. Water Quality and disturbances of natural freshwaters. In: HUTZINGER, O. *The handbook of environmental chemistry. Part A - Water pollution*. Berlin: Ed. Springer Verlag, 1991. v.5. p.46-78.

FALQUETO, M.A. *Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) e dos elementos químicos nas águas e nos sedimentos do rio Corumbataí – SP*. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). ESALQ/USP. Piracicaba, 2008.

FIGUEIREDO, D.R.; AZEITEIRO, U.M.; ESTEVES, S.M.; GONÇALVES, F.J.M.; PEREIRA, M.J. Microsystem – producing blooms – a serious global public health issue. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.59, n.2, 2004. p.151-63.

FLORES, J.C. Comments to the use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquiya river. *Water Research*, v.36, p.464-6, 2002.

FRÖSCHL, L.; PIERRAS, R.; SCHÖN-BÄCH, W. Cost-efficient choice of measures in agriculture to reduce the nitrogen load flowing from the Danube River into the Black Sea: an analysis for Austria, Bulgaria, Hungary and Romania. *Ecological Economics*, v.68, n.1-2, 2008. p.96-105.

GU, J.G.; HAN, B.; DUAN, S. Initial transformation step of dicamba by a sulfate-reducing consortium enriched from sediment of the Pearl River of China. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v.62, 2008. p.455-9.

HARPER, D. *Eutrofication of freshwaters: principles, problems and restoration*. Great Britain: Chapman & Hall, 1992. 327p.

IGAM – INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Águas de Minas. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/index.htm>. Acesso em: 09 nov 2003.

IHA, D.S.; GALBIATTI, J.A.; PISSARRA, T.C.T.; BORGES, M.J. Estudo de alguns parâmetros da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico no município de Jaboticabal (SP) com vistas ao uso e manejo dos recursos hídricos. In: XV ENCONTRO DE BIÓLOGOS DO CRBio-1, 2004. São Pedro, SP. Livro de resumos, 2004. v.1. p.89-90.

ITALIANO, W.J.; HOJAIJ, A.; COSTA, L.L.; GIACOMETTI, L.; ZANETTI, L.M.F.; GALBIATTI, J.A.; PISSARRA, T.C.T.; PALA, V.L. Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica aplicadas no Projeto de Gestão Hídrica do Município de Jaboticabal – Córrego Rico Limpo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XI. Belo Horizonte, 2003. p.575-81.

JORGENSEN, S.E.; VOLLENWEIDER, R.A. *Guidelines of Lake Management*. v.1. Principles of Lake Management. ILEC/UNEP. Japan, 1989. 199p.

KIMMEL, B.L.; LIND, O.T.; PAULSON, L.J. Reservoir primary production. In: THORNTON, K.W.; KIMMEL, B.L.; PAYNE, F.E. (Ed). *Reservoir limnology: ecological perspectives*. New York: A Wiley – Interscience, 1990. p. 133-93.

KÖNIG, R.; RESTELLO, R.M. Avaliação da qualidade ambiental de riachos no município de Erechim – RS, utilizando componentes abióticos e biológicos. *Vivências*, v.1, ano 2, n.3, p.213-32, 2006.

LIMA, A.J.B.; COSTA, G.R.L.X.; SOARES, L.P.C. Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) nos reservatórios com capacidade de acumulação de água acima de 5 milhões de metros cúbicos, monitorados pelo IGARN na bacia hidrológica Apodí-Mossoró (RN) em 2005 e 2006. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, VII, 2007, Caxambu (MG). *Anais...*2p.

LIU, Q.; ZHIFENG, Y.; CUI, B. Spatial and temporal variability of annual precipitation during 1961-2006 in Yellow River Basin, China. *Journal of Hydrology*, v.361, n.3-4, 2008, p.330-8.

LIUSON, G.; ISHIKAWA, C.M.; BALIAN, S. de C. Condições sanitárias de pesqueiros da região metropolitana de São Paulo. In: ESTEVES, K.G.; SANT'ANNA, C.L. (Ed.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo*. São Carlos: Editora Rima, cap. 7. 2006. p.121-46.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - SECRETARIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria GAB/SNVS n.518. *Diário Oficial da União*, Brasília, 26 mar 2004. Seção I, p. 266.

MOLINA, P.M.; HERNANDEZ, F.B.T.; VANZELA, L.S. Índice de qualidade de água na microbacia do córrego Água da Bomba – município de Regente Feijó – SP. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, XVI. Goiânia. *Anais...*, ABID, 2006. p.1-5.

MOREIRA, R.C., RIBEIRO, M.A.M. Qualidade das águas. Alternativas para o abastecimento do Distrito Federal. *Anais da Associação Brasileira de Química*. v.50, n.1, p.8-13, 2001.

MORITA, M.; MATTÉ, G.R.; DROPA, M.; AZEVEDO, V.M.; MATTÉ, M.H. Utilização de indicadores bacterianos e a pesquisa de *Salmonella spp.* na avaliação da qualidade sanitária de águas de pesqueiro. In: ESTEVES, K.G.; SANT'ANNA, C.L. (Ed.). *Pesqueiros sob uma visão integrada de meio ambiente, saúde pública e manejo*. São Carlos: Rima, cap. 7. 2006. p.91-104.

MOTA, S. *Introdução à Engenharia Sanitária*. 3. ed., Rio de Janeiro: ABES, 2003. 416p.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. *Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil*. Brasília, EMBRAPA, 1999.

PERRY, J.; VANDERKLEIN, E. *Water quality: management of a natural resource*. London. Blackwell Science, 1996. 639 p.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. *Water International*, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PISSARRA, T.C.T.; POLITANO, W., FERNANDO, A.S. Avaliação das características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.28, n.2. p.297-305. 2004.

POOLE, G.C.; STANFORD, J.A.; RUNNING, S.W.; FRISSELL, C.A. Multiscale geomorphic drivers of ground water flow paths: sub-surface hydrologic dynamics and hyporheic habitat diversity. *Journal of the North American Benthological Society*, v.25, n.2 ,2006. p.288-303.

ROOSCH, P.M.; COPRERSKI, B.; VIEIRA, J. do A.; FURLAN, L.A. Índice de qualidade da água realizado no Ribeirão do Meio.: In: CONGRESSO DE GEOLOGIA DO BRASIL, VIII. Caxambu, MG, *Anais...*, p. 1-2. 2007.

SABANÉS, L. *Manejo sócio-ambiental de recursos naturais e políticas públicas: um estudo comparativo dos projetos "Paraná Rural e Microbacias"*. 2002. 175 f. Dissertação – Faculdade de Ciências Econômicas, UFRGS, Porto Alegre, 2002.

SÃO PAULO. INSTITUTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO. *Mapa geológico do Estado de São Paulo*. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas (Coletânea Cartas). 1974.

SÃO PAULO. Secretaria dos Recursos Hídricos, Saneamento e Obras. *Legislação sobre recursos hídricos*. São Paulo: DAEE, 1994. 72 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Informações básicas para o planejamento ambiental/Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Coordenadoria de Planejamento Ambiental. São Paulo: SMA, 2002. 84p.

SCHÄFER, A. *Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais*. Porto Alegre: EDUNI-SUL, 1985. 532 p.

SILVA, N. da; CANTÚSIO NETO, R.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F. de A. *Manual de métodos de análise microbiológica da água*. São Paulo: Varela, 2005. 164 p.

SILVA, G. S.; JARDIM, W. de F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicada ao rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. *Química Nova*, v.29, n.4, p.689-694, 2006.

SILVA, M.G.; GARCIA, C.A.B.; ALVES, J.P.H.; GARCIA, H.L. Qualidade da água da barragem Jacarecica I: estado trófico. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE E NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, I. Natal. *Anais...*, 2006. 13 p.

TEIXEIRA, B.A.N. (Ed.). *Cadernos Jaboticabal sustentável: conhecendo o município*. Jaboticabal: Artsigner Editores, 2003. v.2, 48 p.

TEIXEIRA, B.A.N. (Ed.). *Cadernos Jaboticabal sustentável: a água e a sustentabilidade*. Jaboticabal: Artsigner Editores, 2004. v.3, 36 p.

TEODORO, W.L.J.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D.J.L.; FULLER, B.B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista UNIARA*. n. 20, p. 137-56, 2007.

THORNTON, J.A.; RAST, W. The management of international river basins. In: *Qualidade das águas continentais no Mercosul*. Porto Alegre: ABRH, 1994. 420p. (Publicação n.2).

TOLEDO JÚNIOR, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e

reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 12. 1983, Camboriú, *Anais...* Camboriú: ABES, 1983. 1 CD-ROM.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, n.1, p.181-6, 2002.

TOLEDO, L.G.; DESCHAMPS, F.C.; NICOLELLA, G.; NOLDIN, J.A.; EBERHARDT, D.S. Impacto ambiental da cultura de arroz irrigado com uso de índice de qualidade de água (IQA). Comunicado Técnico 8, 2002. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

TUCCI, C.E.M.; HESPANHOL, I; CORDEIRO NETTO, O.M.de. *A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025*. São Paulo: 2000. 145 p.

TUNDISI, J.G. *Água no século XXI: Enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2003. v.1. 248 p.

VON SPERLING, E. Avaliação do estado trófico de lagoas e reservatórios tropicais. *Revista BIO*. v.2, n.3, 1994. p.68-76.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Belo Horizonte: Editora do Departamento de Engenharia Sanitária, UFMG, 1995. 243p.

WANG, X.; MENG, Z.; CHEN, B.; YANG, Z.; LI, C. Simulation of nitrogen contaminant transportation by a compact difference scheme in the downstream. *Nonlinear Science and Numerical Simulation*, v.14, 2009. p.935-45.

WETZEL, R.G. *Limnologia*. Barcelona: Ediciones Omega, 1981. 679 p.

ZHU, Y.P.; ZHANG, H.P.; CHEN, L.; ZHAO, J.F. Influence of the South-North water Diversion Project and the mitigation projects on the water quality of Han River. *Science of the Total Environment*. v.406, n.1-2. p.57-68, 2008.

CAPÍTULO 2 - QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO RICO (SP) USADO PARA ABASTECIMENTO URBANO

RESUMO - Foi avaliada a qualidade da água do Córrego Rico, utilizada para abastecimento da cidade de Jaboticabal (SP), quanto a aspectos limnológicos e microbiológicos, em três pontos: CR1 (nascente); CR2, após lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgoto da cidade de Monte Alto e de uma granja de suínos e CR3, à jusante da confluência dos Córregos Rico e Tijuco, na captação de água para abastecimento. Foram analisadas variáveis físicas, químicas e microbiológicas, em amostras colhidas quinzenalmente, de setembro de 2007 a agosto de 2008, envolvendo os períodos de seca e chuva. O número de coliformes totais e *Escherichia coli* ultrapassou os limites exigidos para rios de classe 2 estabelecidos pela resolução CONAMA 357/05, para a maioria dos meses no período de estiagem, nos pontos CR2 e CR3. Os valores encontrados de clorofila-*a*, DBO, amônia, ortofosfato e fósforo total foram maiores no ponto CR2, demonstrando influência das atividades agrícolas e urbanas do entorno do córrego na qualidade da água. A água no ponto CR3 é de melhor qualidade que no CR2, devido à confluência do Córrego Tijuco com o Córrego Rico e, ou processo de autodepuração entre esses pontos, tornando-se adequada ao abastecimento urbano após tratamento convencional.

Palavras-chave: água de abastecimento, *Escherichia coli*, limnologia, microbiologia

QUALITY OF WATER FROM RICO STREAM (SP) USED FOR URBAN WATER SUPPLY

SUMMARY - Quality of water from Rico stream which supplies the town of Jaboticabal SP Brazil with fresh water was evaluated with regard to limnological and microbiological aspects, at three sites: CR1 (source); CR2, after release of effluents from the Monte Alto sewage treatment station and a pig farm; and CR3 at the downstream of the confluence of Tijuco and Rico streams in the water receiving end for supply. Physical, chemical and microbiological variables were evaluated. Samples were collected fortnightly, between September 2007 and August 2008, during the dry and rainy periods. The number of total coliforms bacteria and *Escherichia coli* rates were higher than limits established by CONAMA decree 357/2005 for Class 2 rivers, during most months in the dry period, at sites CR2 and CR3. The values found about chlorophyll-*a*, BOD₅, ammonia, orthophosphate and total phosphorus were highest at CR2, demonstrating the influence of agricultural and urban activities in the neighborhood of the stream on water quality. The water in the CR3 site is of better quality than in CR2, due to the confluence of the Tijuco Stream with Rico Stream or by natural depuration process, making it suitable to supply the town after conventional treatment.

Keywords: water supply, *Escherichia coli*, limnology, microbiology

INTRODUÇÃO

A crescente redução da qualidade da água, tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento, tem elevado os custos de tratamento e encarecido a produção de água potável. O Brasil apresenta sérios problemas relacionados à degradação da qualidade da água, principalmente nos grandes centros urbanos (TUNDISI, 2003).

A qualidade da água é reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (PETERS & MEYBECK, 2000). De acordo com LIMA (2001), a qualidade da água não se traduz apenas pelas características físicas e químicas, e sim em função da qualidade de todo o funcionamento do ecossistema.

O monitoramento dos corpos hídricos, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos da água determina as fontes poluentes de origens antrópicas que podem ser pontuais (efluentes domésticos e industriais) ou difusas (relacionadas com insumos agrícolas). Este fato permite melhor compreensão da evolução temporal da qualidade ambiental e da correlação com outros fenômenos, indicando prioridades para ações de controle, fiscalização, investimentos ou de legislações específicas, que levem à proteção ou melhoria da qualidade ambiental, além de servirem para o estabelecimento de políticas ambientais (SILVA et al., 2006).

As características físicas, químicas e biológicas de um ecossistema aquático representam resultados da integração de vários fatores ambientais, alguns naturais como tipo do solo e vegetação, e outros de natureza antrópica, como número de habitantes, colheita e tratamento de esgoto, uso da terra, entre outros (SILVA et al., 2001).

Para assegurar a manutenção da fauna aquática e garantir a ingestão de substâncias que não sejam nocivas à saúde, alguns parâmetros foram estabelecidos para medir a qualidade da água. De acordo com a CETESB (2008), as variáveis que compõem os parâmetros físico-químicos são: temperatura da água, que desempenha importante papel no controle do meio aquático; pH, que influencia os ecossistemas aquáticos naturais devido aos seus efeitos na fisiologia de diversas espécies; turbidez,

que é influenciada pela presença de sólidos em suspensão, impedindo que o feixe de luz penetre na água, reduzindo a fotossíntese da vegetação submersa; condutividade, que indica possíveis modificações na composição da água, principalmente, mineral e oxigênio dissolvido, elemento essencial no metabolismo dos seres aquáticos aeróbicos. Essas variáveis são as que mais sofrem influência das estações do ano (SILVA et al., 2007).

O escoamento de água em bacias agrícolas provoca o transporte e perda de nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal (KYLLMAR et al., 2006), resultando em impactos ambientais negativos nos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, com ocorrência da eutrofização das massas de águas superficiais (CASTILLON, 2005).

Oitenta por cento de todas as moléstias e mais de um terço dos óbitos nos países em desenvolvimento são causados pelo consumo de água contaminada e, em média, até um décimo do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas à água (AMENDOLA & SOUZA, 2007).

Segundo a CETESB (2008) é difícil a detecção dos agentes patogênicos em amostras de água, principalmente, bactérias, protozoários e vírus, devido à baixa densidade presente. A avaliação da presença de patógenos geralmente é feita indiretamente, através dos organismos indicadores de contaminação fecal do grupo dos coliformes. Grande número de coliformes na água significa nível elevado de poluição e risco à saúde, pela presença de organismos patogênicos, havendo necessidade de exames rotineiros da água para determinar o grau de segurança, sob o ponto de vista bacteriológico.

Estudando a caracterização da poluição orgânica no rio Camanducaia (SP), ALBERTO & FERNANDES (2008) concluíram que coliformes fecais foi a variável de maior correlação e melhor indicadora dos níveis de poluição. Segundo ALMEIDA et al. (2004), após receberem efluentes, as águas poluídas podem apresentar processo de autodepuração. Os principais fatores que influenciam na redução do crescimento bacteriano levando a autodepuração são: temperatura, sedimentação, nutrientes, pH, luz solar, floculação, adsorção, filtração e oxigênio dissolvido.

A microbacia hidrográfica do Córrego Rico é classificada como classe 2, que segundo a resolução do CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação de hortaliças e à aquicultura, evidenciando a importância agrícola e sócio-econômica.

Assim, o objetivo deste trabalho foi pesquisar a qualidade da água no Córrego Rico, no trecho entre a nascente e o local de captação de água para abastecimento da cidade de Jaboticabal (SP), identificando o local e período mais críticos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em um trecho de 26,14 km, entre as cidades de Monte Alto e Jaboticabal (SP), compreendendo três pontos: nascente (CR1), situada no município de Monte Alto (21°17'19" S e 48°31'59" W); após o lançamento de efluente da Estação de Tratamento de Esgoto de Monte Alto - ETE (21°18'44" S e 48°26'57" W) e de uma granja de suínos (CR2); à jusante da confluência dos Córregos Rico e Tijuco (CR3), na captação de água do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal (SAAEJ) (21°18'37" S e 48°19'25" W).

O clima da região segundo a classificação Köppen é do tipo Aw - mesotérmico de inverno seco, com valores médios anuais de 1.425 mm de chuva e 28,9 °C, 16,8 °C e 22,2 °C de temperatura máxima, mínima e média, respectivamente (ITALIANO et al., 2003).

As colheitas de água foram realizadas quinzenalmente ao longo de um ano (setembro de 2007 a agosto de 2008), envolvendo os períodos de chuva e estiagem. Todas as amostragens, desde a nascente até o ponto CR3, ocorreram entre 8 e 11 horas.

As análises de coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas pelo método do substrato cromogênico segundo APHA (1998). Os sólidos dissolvidos totais (SDT) e sólidos suspensos totais (SST) segundo BOYD & TUCKER (1992), DBO₅ e turbidez

(por turbidimetria), de acordo com APHA (1998). Os nutrientes fósforo total, ortofosfato, nitrato e nitrito foram realizadas segundo GOLTERMAN et al. (1978), nitrogênio amoniacal determinado de acordo com metodologia descrita em KOROLEFF (1976) e clorofila-a determinada segundo NUSH (1980).

O oxigênio dissolvido, temperatura, pH, e condutividade elétrica da água foram medidos nos locais de amostragens, com oxímetro YSI-55 e sonda Horiba U-10.

O modelo “two-way” ANOVA foi aplicado às variáveis físicas e químicas a fim de comparar os pontos (CR1 ao CR3) e períodos (meses do ano) e a interação entre eles (FOWLER et al., 1998). Foi avaliada a homogeneidade de variância para as variáveis limnológicas e, no caso de variância homogênea, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (SIEGEL, 1975) seguido do teste de Dunn (VANZOLINI, 1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados microbiológicos obtidos para coliformes totais, foram observados níveis acima dos padrões para a maioria dos meses no período de estiagem, variando de $9,6 \times 10^3$ NMP (100 mL)⁻¹ a $24,2 \times 10^3$ NMP (100 mL)⁻¹ no CR2 e de $2,7 \times 10^3$ NMP (100 mL)⁻¹ a $19,9 \times 10^3$ NMP (100 mL)⁻¹ no CR3 (Figura 1). Esses picos de valores demonstram a ação de despejo de forma pontual no ponto CR2 e que o processo de autodepuração não foi suficiente para reduzir os valores de coliformes no ponto CR3, ou que o Córrego Tijuco contribui para contaminação microbiológica da água do Córrego Rico.

Para os meses de setembro a março, os valores de coliformes totais para o ponto CR2 são constantes e sobrepõem-se aos valores de CR3 (Figura 1). Isso ocorreu porque para esses meses não foram realizadas diluições das amostras, portanto os valores do gráfico devem ser interpretados como maiores que o valor obtido pelo método utilizado de leitura de cartelas que desenvolveram coloração (substrato cromogênico, Quanti-tray/Colilert – Indextx Laboratories), ou seja $2,419$ NMP (100 mL)⁻¹.

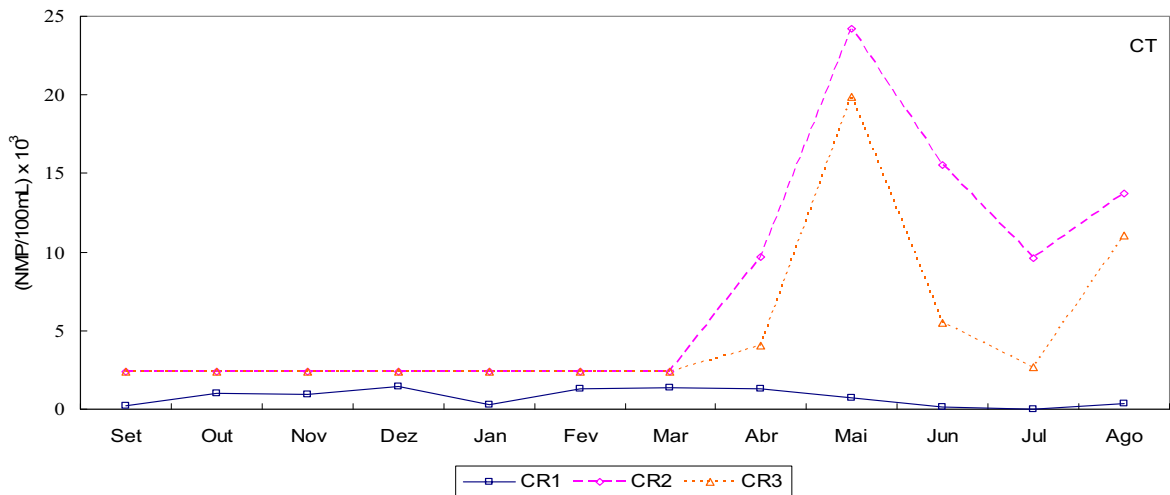


Figura 1. Variação espacial e temporal de contaminação por coliformes totais nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.

Em relação à análise estatística das variáveis (Tabela 1), verifica-se que apenas turbidez não foi significativa para pontos e nem para períodos de amostragens. *E. coli*, DBO₅, PT, ortofosfato e clorofila-a foram significativos para pontos e não significativos para períodos. SST, SDT e temperatura foram não significativos para pontos e significativos para períodos. Nitrato, nitrito, amônia, OD e pH foram significativos para pontos e períodos.

Apesar de não haver diferenças significativas ($p > 0,05$) entre períodos (seca e chuva), em relação aos pontos de amostragem houve diferença significativa ($p < 0,01$) para a *E. coli* na água do Córrego Rico, sendo que os valores médios (CR1 = $0,46 \text{ NMP (100 mL)}^{-1}$); CR2 = $1,27 \times 10^3 \text{ NMP (100 mL)}^{-1}$ e CR3 = $5,05 \times 10^3 \text{ NMP (100 mL)}^{-1}$ estiveram acima do permitido pela resolução CONAMA 357/05 para rio de classe 2. No CR1 a *E. coli* esteve ausente na maioria dos meses, porém quando ocorreu variou de $0,3$ a $2,5 \text{ NMP (100 mL)}^{-1}$. No período de fortes chuvas houve grande densidade no ponto CR3, maior que o permitido pela resolução CONAMA357/05. Tal fato também foi observado no CR2, região próxima a atividades agrícolas e urbanas, apresentando o

maior pico ($5,3 \times 10^3$ NMP (100 mL)⁻¹) no mês de abril, início do período de estiagem (Figura 2).

Tabela 1. Resultados da ANOVA “two-way” para as variáveis utilizadas na avaliação da qualidade da água.

Variável	Pontos	Períodos	Interação
<i>E. coli</i>	0,001**	0,672 ^{NS}	0,103
Sólidos suspensos totais (SST)	0,145 ^{NS}	0,030*	0,316
Sólidos dissolvidos totais (SDT)	0,081 ^{NS}	0,031*	0,790
DBO ₅	0,000**	0,081 ^{NS}	0,020
Turbidez	0,203 ^{NS}	0,082 ^{NS}	0,389
Fósforo total (PT)	0,000**	0,184 ^{NS}	0,363
Ortofosfato	0,000**	0,059 ^{NS}	0,050
Nitrato	0,006**	0,002**	0,262
Nitrito	0,000**	0,024*	0,170
Amônia	0,000**	0,049*	0,050
Clorofila-a	0,011*	0,43 ^{NS}	0,967
Oxigênio dissolvido (OD)	0,000**	0,001**	0,039
Temperatura	0,489 ^{NS}	0,000**	0,037
pH	0,000**	0,007**	0,197
Condutividade elétrica	0,000**	0,277 ^{NS}	0,394

* significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$); ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$);

^{NS} não significativo.

Os resultados obtidos são similares aos encontrados por SATAKE et al. (2007), que estudando propriedades rurais no entorno da bacia hidrográfica do Córrego Rico, verificaram que 100% dos valores eram maiores que o estabelecido pela resolução 518/04 do Ministério da Saúde, para coliformes totais e 46,6% para *E. coli*, evidenciando qualidade de água fora dos padrões para consumo humano. COSTA JUNIOR (2002) também relatou valores maiores que os limites estabelecidos para coliformes totais ($108,6 \times 10^3$ NMP (100 mL⁻¹)) e fecais ($71,4 \times 10^3$ NMP (100 mL⁻¹)) em

locais próximos aos pontos CR2 e CR3, confirmando o efeito do despejo de esgoto nessas áreas. No ponto CR3, onde ocorre influência do Córrego Tijuco, que faz junção com o Rico a montante desse ponto, foi observada diminuição dos valores de *E. coli* para sete meses (58,3%) entre os meses de setembro de 2007 a agosto de 2008, em função da influência diluidora desse outro córrego e autodepuração.

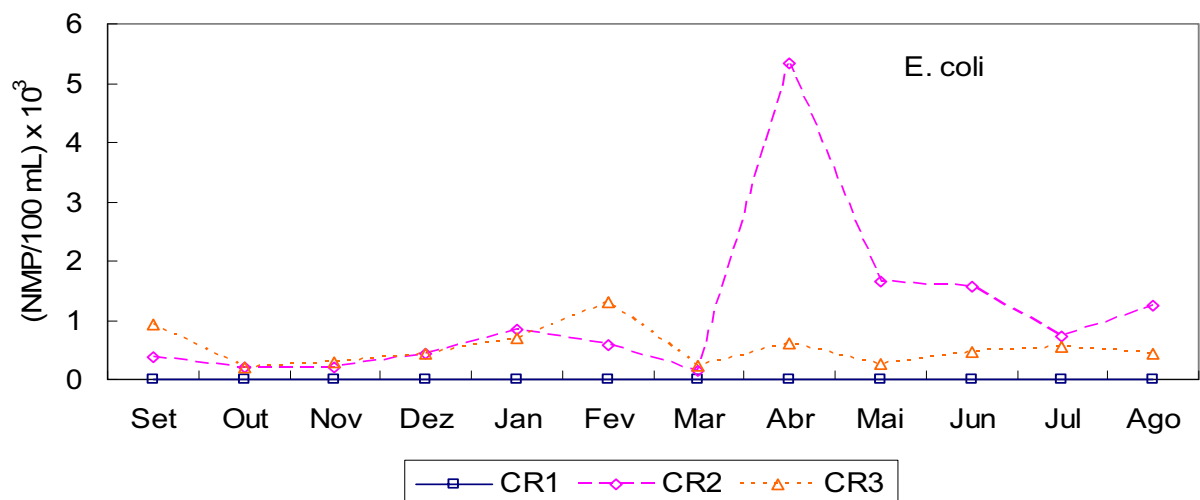


Figura 2. Variação espacial e temporal de *Escherichia coli* nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.

O efeito do material alóctone no entorno foi também evidente em relação aos SST e SDT ao longo do tempo ($p < 0,05$), sendo os maiores valores no período de chuva com os três maiores picos obtidos entre fevereiro (CR1 – 237 mg L⁻¹ e CR2 – 372,5 mg L⁻¹) e março (CR3 – 199 mg L⁻¹) para SDT. A concentração de SST na água do ponto CR1 variou de 0 a 12,5 mg L⁻¹ e o CR2 e CR3 apresentaram picos distintos de 124 e 85 mg L⁻¹ respectivamente, no período de chuva. Os picos de SST em fevereiro (CR2) e para SDT (CR1 e CR2) coincidiram com o dia de maior precipitação naquele mês, ao redor de 58,2 mm. No ponto CR1, por ser região de nascente e protegida, ocorre maior contribuição das folhagens nesse local, que sofrem processo rápido de decomposição promovendo aumento do SDT (Figura 3).

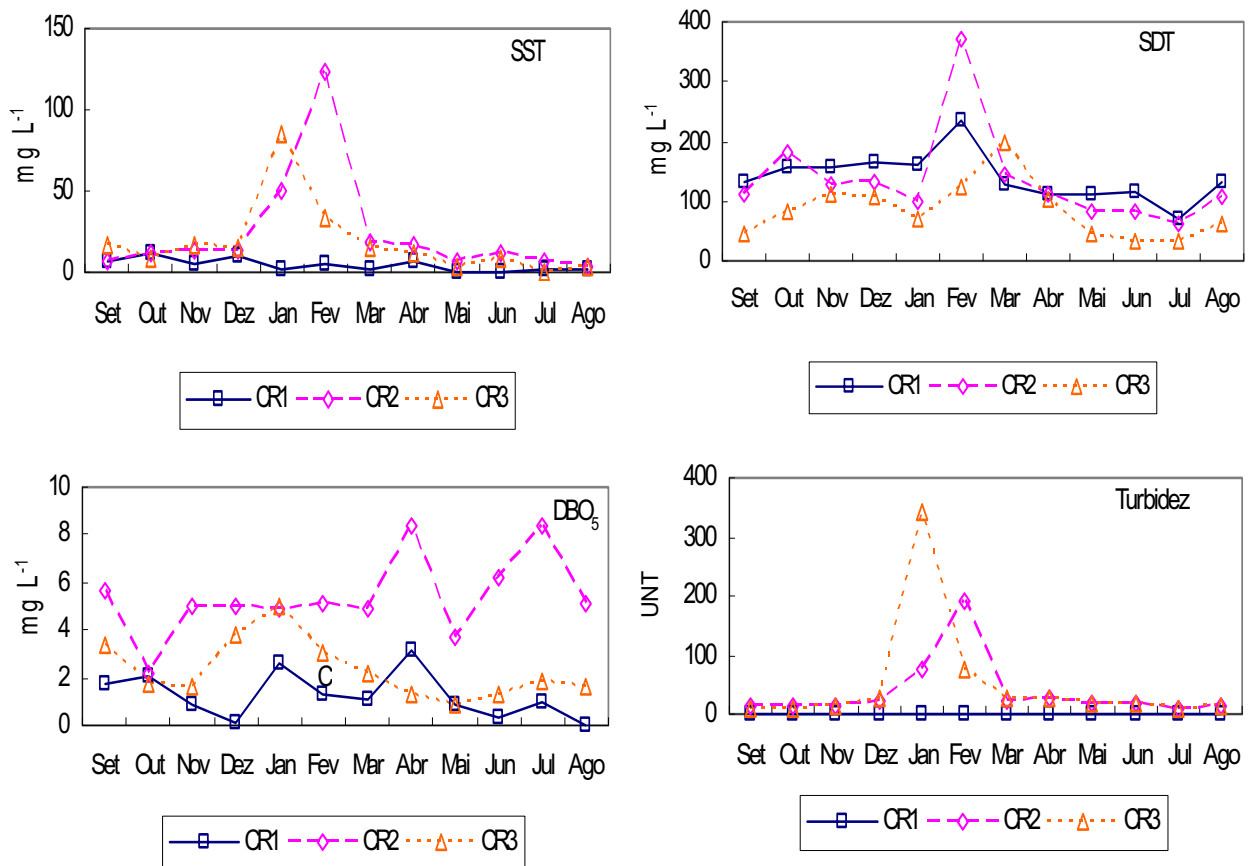


Figura 3. Variação temporal e espacial de sólidos suspensos totais (SST), sólidos dissolvidos totais (SDT), turbidez e DBO₅ nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.

A resolução CONAMA 357/05 impõe limite de 500 mg L⁻¹ para SDT, não sendo observado valores acima desse padrão.

A turbidez também sofreu influência direta das chuvas nos pontos CR2 (193,10 UNT) e CR3 (343,55 UNT) em janeiro e fevereiro quando foram observados os maiores picos, sendo que no restante dos meses estudados foram observados valores menores de 75,95 UNT. Devido a proteção existente no entorno do CR1 os valores variaram de 0,17 a 1,26 UNT. Os valores máximos de turbidez coincidiram com os valores máximos de SST nos mesmos meses (Figura 3).

No rio Mogi-Guaçu nas proximidades do Córrego Rico, foram obtidos valores de turbidez variando de aproximadamente 21 a 136 UNT, similares aos obtidos neste

estudo, evidenciando o efeito dos fatores climáticos nesta variável (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

Grande valor da DBO_5 pode indicar incremento da microbiota presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis (SABESP, 2008).

O valor médio de DBO_5 ($2,94 \text{ mg L}^{-1}$) manteve-se menor que o limite estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 (5 mg L^{-1}) para cursos d'água classe 2. O ponto CR1, por ser trecho de nascente, apresentou menores concentrações, variando de 0 a $3,17 \text{ mg L}^{-1}$ ao longo do período experimental. Já, para o ponto CR3 os valores tenderam a diminuir a partir de fevereiro até maio, quando foi observado menor valor nesse ponto ($0,91 \text{ mg L}^{-1}$), porém o mesmo não ocorreu com CR1 e CR2 que apresentaram picos em abril ($3,17$ e $8,38 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). As concentrações de DBO_5 variaram significativamente nos três pontos ($p < 0,01$), sendo que CR2 devido a ação antrópica no entorno da bacia, apresentou os maiores valores, variando de $2,21$ a $8,38 \text{ mg L}^{-1}$.

Em águas naturais com menores teores de nutrientes, a DBO_5 pode não ultrapassar 5 mg L^{-1} , enquanto que, águas com maiores teores de nutrientes, como esgotos domésticos, a DBO_5 pode variar de 100 a 300 mg L^{-1} (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003). Com exceção do CR2, as concentrações de DBO_5 neste estudo foram menores que 5 mg L^{-1} (Figura 3).

As contribuições de compostos de fósforo estão, em geral, associadas às fontes de origem pontual (VERVIER et al., 1999), como pode ser comprovado neste estudo no CR2, com contribuição de esgoto e empreendimento agrícola. Além disso, o fluxo contínuo de água pode causar menor sedimentação em sistemas rasos e aumentar a liberação de fósforo do sedimento, disponibilizando para a coluna d'água (BOYD & GAUTIER, 2000).

O fósforo total (PT) apresentou decréscimo no período chuvoso (novembro a março), devido ao efeito de diluição, com o mesmo padrão para o ortofosfato. O ponto CR2 apresentou maiores concentrações de fósforo total e ortofosfato ($p < 0,01$), com pico de abundância em outubro ($1,27$ e $0,33 \text{ mg L}^{-1}$, respectivamente). O menor teor de

PT para o ponto CR2 ($0,19 \text{ mg L}^{-1}$) ultrapassou o limite máximo ($0,10 \text{ mg L}^{-1}$) permitido para ambientes lóticos (Figura 4).

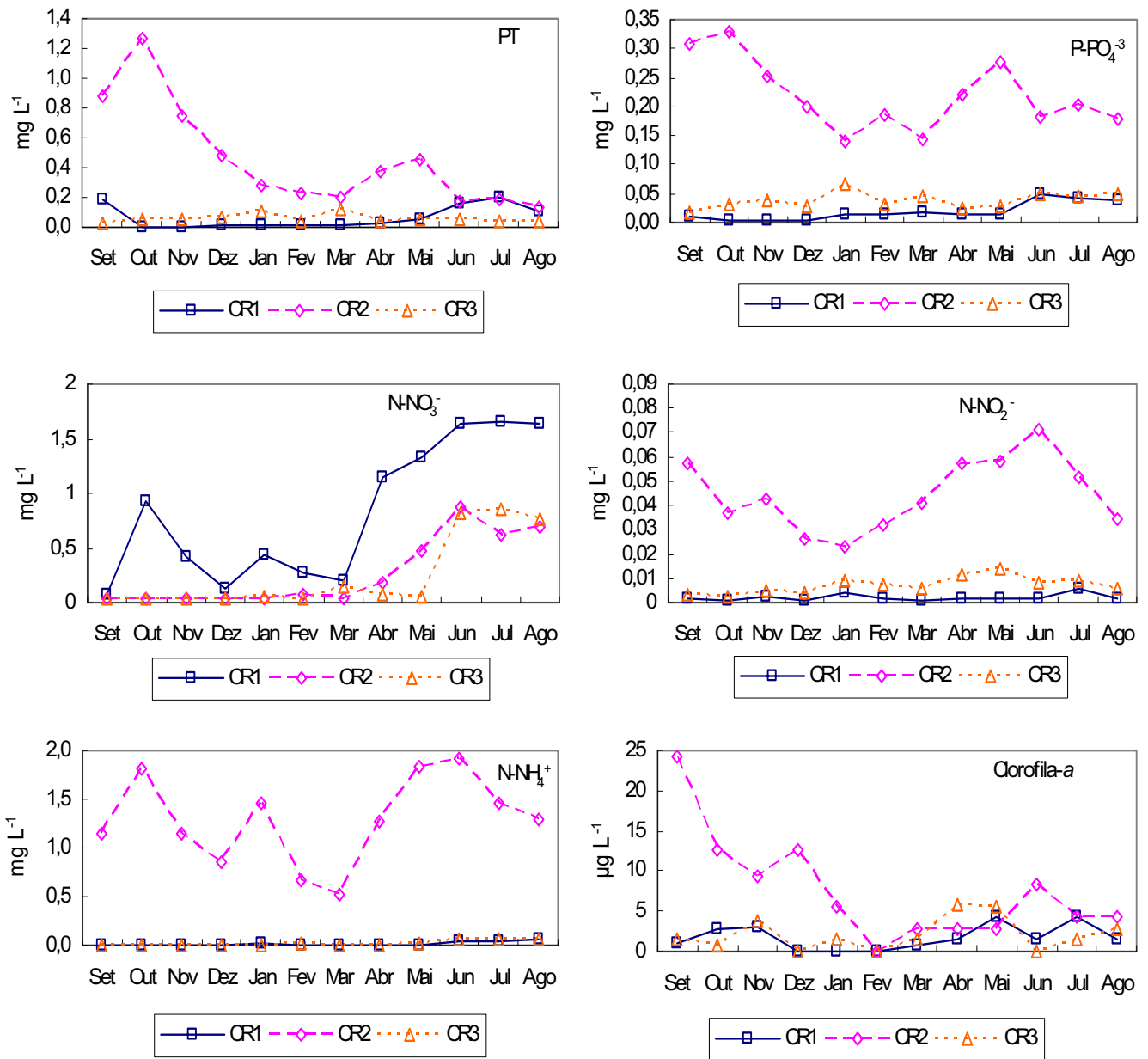


Figura 4. Variação temporal e espacial de fósforo total (PT), ortofosfato (P-PO_4^{3-}), nitrato (N-NO_3^-), nitrito (N-NO_2^-), amônia (N-NH_4^+), e clorofila-a nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.

Segundo BRIGANTE & ESPÍNDOLA (2003), as prováveis fontes de nitrato na água das nascentes seriam os fertilizantes nitrogenados, os quais, por lixiviação ou percolação, atingem o lençol subterrâneo ou a água superficial através do escoamento. Por sua característica resiliente, o nitrato é um eficiente indicador de poluição. Outra possível explicação para os menores teores de nitrato nos pontos CR2 e CR3 é o efeito de diluição, em decorrência do aumento da vazão nesses pontos.

O nitrato, nitrito e amônia são decorrentes da decomposição da matéria orgânica ou do carreamento de fertilizantes. Esses fatos podem estar associados às maiores concentrações de nitrato no CR1, apresentando valores maiores que 1 mg L^{-1} a partir de abril, coincidindo com o início do período de estiagem, o mesmo foi observado para amônia e nitrito, apresentando variação entre pontos ($p < 0,01$) e períodos amostrados (Figura 4).

No CR1 menores concentrações de amônia e maiores de nitrato aumentam a disponibilidade de nitrogênio para o fitoplâncton, aumentando conseqüentemente, a biomassa fitoplanctônica, expressa pela concentração de clorofila-a e influenciada pela concentração de fósforo na água (KARJALAINEN et al., 1998). Além disso, plantas apresentam grande habilidade de absorver maiores concentrações de nutrientes a partir do meio para seu crescimento (GOPAL, 1999).

Dentre os compostos nitrogenados amônia foi dominante estando maior que $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, com maior pico no período seco ($1,92 \text{ mg L}^{-1}$) no CR2, cujo ponto apresentou também os maiores valores de nitrito, variando de $0,02$ a $0,07 \text{ mg L}^{-1}$ (Figura 4).

Grandes teores de amônia ($1,94 \text{ mg L}^{-1}$) já foram observados no Córrego Rico, evidenciando a influência do entorno da bacia (cidade de Monte Alto) e entrando em Jaboticabal com níveis elevados (COSTA JUNIOR, 2002).

Em ambientes lóticos, devido à alta relação entre volume de água e região marginal, além de maior velocidade das águas, comparados aos ambientes lênticos, são encontradas maiores concentrações de fósforo e menores concentrações de clorofila-a (LAMPARELLI, 2004).

Os teores de clorofila-a variaram significativamente ($p < 0,05$) entre os pontos de amostragens, sendo mais representativo no CR2, variando de 0 a $24,18 \mu\text{g L}^{-1}$, com tendência a decrescer no período chuvoso, apresentando relação inversa com a turbidez, devido a redução de penetração de luz, promovendo diminuição da biomassa algal. A pluviosidade desempenha papel fundamental dentre os fatores ambientais que possivelmente influem nas variações da biomassa algal (ALMEIDA & GIANI, 2000). Neste estudo, durante o período de chuva foi observado aumento da concentração de material particulado em suspensão (SST), turbidez, DBO_5 e diminuição dos nutrientes, demonstrando que o fluxo da corrente tem papel fundamental nas características físicas, químicas e biológicas da água.

A média de oxigênio dissolvido (OD) nas águas dos três pontos ($5,37 \text{ mg L}^{-1}$), envolvendo todo o período estudado, esteve dentro do limite da resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), embora o ponto CR1 tenha apresentado concentrações menores que o mínimo necessário ($< 4 \text{ mg L}^{-1}$). Durante a estação chuvosa, foram observados os menores teores de OD (Figura 5), em função do carreamento da matéria orgânica do solo para o rio. O ponto CR3 apresentou maiores concentrações de OD, variando de $5,69$ a $8,35 \text{ mg L}^{-1}$. Em geral, o OD esteve maior que $5,69 \text{ mg L}^{-1}$, que segundo a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) prevê para águas classe 2, concentração mínima de 5 mg L^{-1} . Somente no ponto CR3 o OD permaneceu maior que este limite, sendo o inverso observado para o CR1 ($3,49$ a $4,40 \text{ mg L}^{-1}$) em função da presença de vegetação aquática no local, alta decomposição e utilização direta pela biota aquática, sendo o local mais lântico quando comparado aos outros dois pontos que apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) entre si (Figura 5). Esse mesmo padrão foi observado no córrego Ribeirão dos Porcos no município de Espírito Santo do Pinhal (SP), com flutuações de OD observadas da nascente ao longo do córrego, com declínio nos pontos em que ocorreram maiores teores de matéria orgânica (ALMEIDA et al., 2004).

Foi observada a relação direta nos pontos amostrados entre OD e nitrato e, quando ocorrem concentrações de OD abaixo de $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ as bactérias anaeróbicas

podem usar o nitrato como aceptor final de elétrons no processo de denitrificação, retirando este componente da coluna d'água (BRATVOLD & BROWLY, 2001).

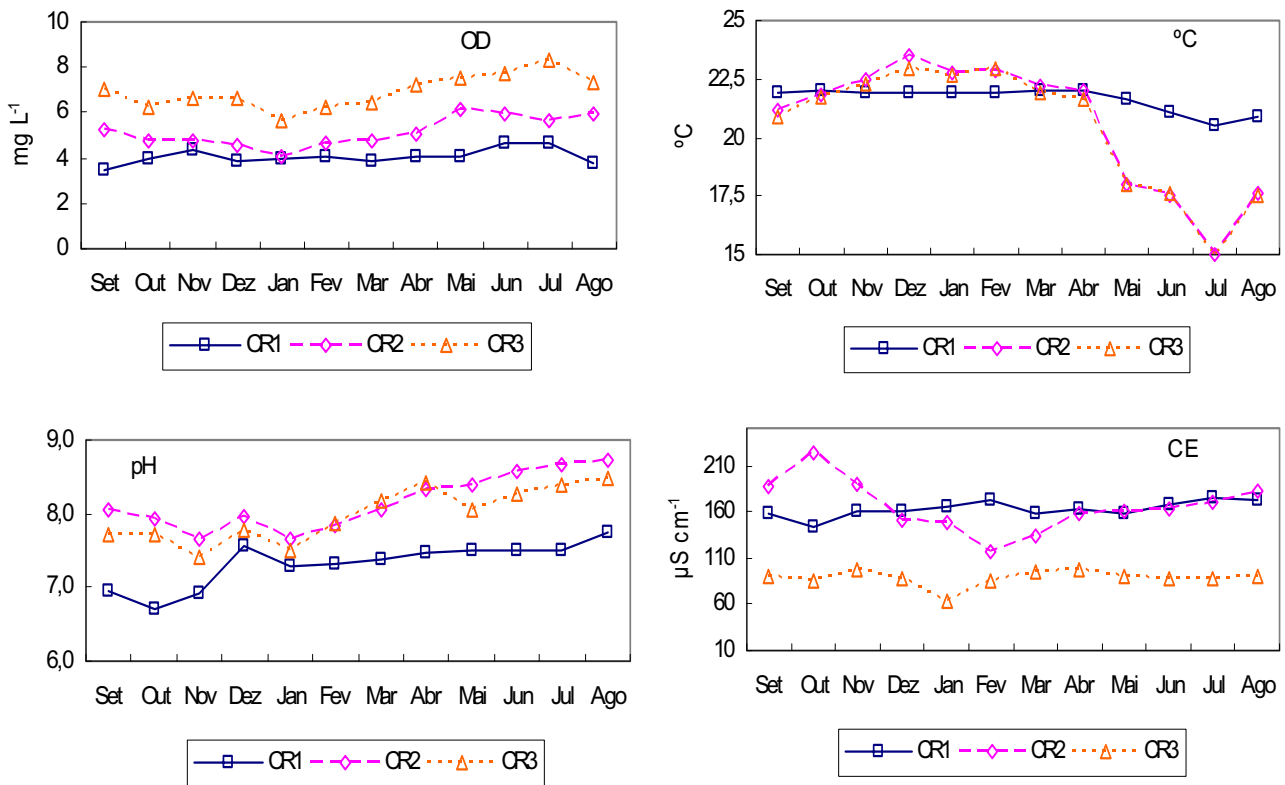


Figura 5. Variação temporal e espacial de oxigênio dissolvido (OD), temperatura (°C), pH e condutividade elétrica (CE) nas águas de três pontos do Córrego Rico, no período de setembro de 2007 a agosto de 2008.

Não houve diferença ($p > 0,05$) da temperatura da água em relação aos pontos de amostragens, porém a temperatura sofreu influência direta das condições ambientais, apresentando diferença entre períodos ($p < 0,01$), com maiores valores no verão e menores no inverno (Figura 5). A maior constância da temperatura no CR1 (21 a 21,9 °C) está associada ao local mais protegido, porém para os pontos CR2 e CR3 os valores de temperatura da água diminuíram bruscamente no período mais frio (maio a julho), sofrendo influência das condições climáticas locais (Figura 5).

A denitrificação influencia o pH da água, porém valores maiores de clorofila-a no período de estiagem favoreceram o aumento do pH da água (Figuras 4 e 5). Grandes quantidades de algas podem retirar o gás carbônico da água devido ao processo

fotossintético, causando ligeiro aumento nos valores de pH (SIPAÚBA-TAVARES et al., 2006).

O pH da água variou entre 6,9 a 7,7 no CR1; 7,6 a 8,7 no CR2 e de 7,4 a 8,4 no CR3, apresentando variações significativas ($p > 0,01$) ao longo do tempo e nos pontos amostrados (Figura 5), estando dentro da faixa limite (6 a 9) da Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Em estudo realizado sobre a qualidade da água da hidrografia do Rio Bonito, em Descalvado (SP), foram observados valores de condutividade ao redor de $170,5 \mu\text{S cm}^{-1}$ no período chuvoso, explicado pelo impacto causado pelos esgotos domésticos, devido a aportes de material com grande quantidade de sais dissolvidos (FONSECA & SALVADOR, 2005). Em geral, valores de condutividade em rios variam entre 10 a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ em função das condições da bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2000).

Neste estudo, a condutividade esteve maior que $60 \mu\text{S cm}^{-1}$, com os maiores valores encontrados nos pontos CR1 ($174 \mu\text{S cm}^{-1}$) e CR2 ($223 \mu\text{S cm}^{-1}$). Isto se justifica, pois no CR1 há grande quantidade de plantas, que ao se decomporem liberam nutrientes para a água. Próximo ao ponto CR1, onde o solo é bastante arenoso, existem plantações de culturas como cebola e cana-de-açúcar, caracterizando fontes difusas de poluição, que recebem intensas adubações, aumentando a concentração de nutrientes nas áreas de infiltrações que abastecem esse ponto, e conseqüentemente a condutividade da água, mantendo essa variável em níveis elevados, entre 158 a $174 \mu\text{S cm}^{-1}$. Para o CR2 o entorno é o principal fator, estando localizado próximo ao lançamento de efluentes urbanos e agrícolas, caracterizando fontes pontuais de contaminações, com condutividade alcançando valores de $223 \mu\text{S cm}^{-1}$, podendo ser considerado ambiente poluído (MITCHELL, 1998) e valores superiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2008). Em relação ao ponto CR3, os valores de condutividade elétrica ($85,5$ a $98,0 \mu\text{S cm}^{-1}$) da água foram sempre menores do que os valores obtidos para os outros dois pontos, o que pode ter sido provocado pela redução da concentração de nutrientes da água do Córrego Rico pelo processo de autodepuração, ou devido a confluência com o Córrego Tijuco.

CONCLUSÕES

De acordo com resultados obtidos pode-se concluir que:

- Em relação a aspectos microbiológicos, com exceção da nascente do córrego, constatou-se que a água é de má qualidade, pois coliformes totais e *Escherichia coli* ultrapassaram os limites exigidos para rios de classe 2, para a maioria dos meses no período de estiagem.
- As atividades agrícolas e urbanas no entorno do Córrego Rico influenciaram na qualidade da água, alterando negativamente os parâmetros clorofila-a, DBO₅, amônia, ortofosfato e fósforo total.
- A confluência do Córrego Tijuco com o Córrego Rico e a autodepuração influenciaram positivamente na qualidade da água captada para o abastecimento urbano, contribuindo para reduzir os efeitos nocivos provocados pelas atividades urbanas e agrícolas no entorno do córrego.
- A água do Córrego Rico é adequada ao abastecimento urbano após tratamento convencional.

REFERÊNCIAS

ALBERTO, A.; FERNANDES, M.N. *Caracterização da poluição orgânica no rio Camanducaia a montante e a jusante da cidade de Amparo, SP*. Disponível em: <<http://www.propg.ufscar.br/publica/4jc/posgrad/resumos/0071-Alberto.htm>>. Acesso: 30 jan 2008.

ALMEIDA, L.R.; GIANI, A. Fitoplâncton do reservatório de Ibitaré (MG) com ênfase na taxonomia das espécies. *Revista BIOS*, v.8, n.8, p.75-87, 2000.

ALMEIDA, R.M.A.A; HUSSAR, G.J.; PERES, M.R.; FERRIANI JUNIOR, A.L. Qualidade microbiológica do Córrego “Ribeirão dos Porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal – SP. *Engenharia ambiental*. Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.51-6, 2004.

AMENDOLA, M.; SOUZA, A. Investigação teórica do processo de redução de coliformes em leitos cultivados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.11, n.6, p.637-43, 2007.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for examination of water and wastewater*. New York, 1998. 824 p.

BOYD, C.E.; TURCKER, C.S. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Alabama: Agricultural Experiment Station, 1992. 183 p.

BOYD, E.C.; GAUTIER, D.E. Effluent composition & water quality standards. *Advocate*, v.3, n.5, p.61-66, 2000.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá providências. Resolução n. 357, de 17-03-2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso: 10 jun. 2008.

BRATVOLD, D.; BROWDY, C.L. Effects of sand sediment and vertical surfaces on production water quality and microbial ecology in an intensive *Litopenaeris vannamei* culture system. *Aquaculture*, v.195, n.4, p. 81-94, 2001.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E.L.G. *Limnologia fluvial: um estudo do rio Mogi-Guaçu*. São Carlos: Rima, 2003. 255 p.

CASTILLON, P. Le phosphore: Sources, flux et rôles pour la production végétale et l'eutrophisation, *INRA Productions Animales*, v.18, n.3, p.153-8, 2005.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Qualidade das águas*. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/website/default.asp?tp=3&pag=qualidade.htm>>. Acesso: 19 jun 2008.

- COSTA JUNIOR, L.L. (org.). *Gestão hídrica no Município de Jaboticabal*. Jaboticabal: Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal, Artsigner Editores, 2002. 68 p.
- FONSECA, H.S.; SALVADOR, N.N.B. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Bonito em Descalvado – SP. *Ver. Instituto Adolfo Lutz*. v.64, n.2, 179-85, 2005.
- FOWLER, J.; COHEN, L.; JARVIS, P. *Practical statistics for Field biology*. New York, 1998. 259p.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. Oxford: Blackwell Scientific Publication. (IBP Handbook n.8), 1978. 213p.
- GOPAL, B. Natural and constructed wetlands for wastewater treatment potentials and problems. *Water Science Technology*, v.40, n.3, p.25-27, 1999.
- ITALIANO, W.J.; HOJAIJ, A.; COSTA, L.L.; GIACOMETTI, L.; ZANETTI, L.F.; GALBIATTI, J.A.; PISSARRA, T.C.T.; PALA, V.L. Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica aplicadas no Projeto de Gestão Hídrica do Município de Jaboticabal – Córrego Rico Limpo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XI. Belo Horizonte, 2003. p.575-81.
- KARJALAINEN, H.; SEPPALAS, S.; WALLS, M. Nitrogen, phosphorous and *Daphnia* grazing in controlling phytoplankton biomass and composition: an experimental study. *Hydrobiologia*, v.363, p.309-21, 1998.
- KYLLMAR, K.; CARLSSON, C.; GUSTAFSON, A.; ULÉN, B.; JOHNSON, H. Nutrient discharge from small agricultural catchments in Sweden: characterization and trends. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.115, n.1-4, p.15-26, 2006.
- KOROLEFF, F. Determination of phosphorus. In: Grasshoff, K. (ed.) *Methods of seawater analysis*. Verlag Chemie, Weinheim, New York, 1976.

LAMPARELLI, M.C. *Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. 2004. 235 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2004.

LIMA, E.B.N.R. *Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá*. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

MITCHELL, A. Testing for water quality problems. *Aquaculture Magazine*, v.4, p.78-82, 1998.

NUSH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Archives of Hydrobiology*, v.14, p.14-36, 1980.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. *Water International*, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

SABESP. Demanda de oxigênio em corpos d'água. Disponível em: <http://sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=4&proj=sabesp&pub=T&d>. Acesso: 07 jun 2008.

SATAKE, F.M.; ASSUNÇÃO, A.W.A; SILVA, L.J.; FERREIRA, A.C.N; AMARAL, L.A.; LOPES, L.G. Características da água em propriedades rurais situadas na microbacia do córrego rico durante o período chuvoso. In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, São Paulo. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo: ABRH, 2007.

SIEGEL, S. *Estatística não-paramétrica*. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, 1975. 350 p.

SILVA, M.A.L.; CALASANS, C.F., OVALLE, A.R.C.; REZENDE, C.E. Dissolved nitrogen and phosphorus dynamics in the lower portion of the Paraíba do Sul river, Campos dos

Goytacazes, RJ, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.44, n.4, p. 365-71, 2001.

SILVA, M.G.; GARCIA, C.A.B.; ALVES, J.P.H.; GARCIA, H.L. Qualidade da água da barragem Jacarecica. I: estado trófico. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 1, Natal, *Anais...* 2006. 13 p.

SILVA, A.E.P.; ANGELIS, C. F.de; MACHADO, L.A.T. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis. 2007, INPE, p.3577-84.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; BACHION, M.A.; COLUS, D.S. de. Estudos limnológicos em três níveis de criação de peixe em fluxo contínuo de água. *Boletim Técnico do CEPTA*, v.19, p.35-47, 2006.

TUNDISI, J.G. *Água no século XXI – enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima/IIIE, 2003. 247 p.

VANZOLINI, P.E. *Métodos estatísticos elementares em sistemática zoológica*. Ed. Hucitec, São Paulo, 130p. 1993.

VERVIER, P.; PINHEIRO, A.; FABRE, A.; PINAY, G.; FUSTEC, E. Phosphorus point-source and nitrate nonpoint source pollution along an agricultural river. *Water Research*, v.33, n.1, p.95-104. 1999.

VON SPERLING, E.A. Utilização do parâmetro condutividade na avaliação da qualidade da água em mananciais de abastecimento. In: SILUBESA - SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 8, João Pessoa. O saneamento ambiental na preservação dos recursos hídricos. Rio de Janeiro: ABES; 2000. 3. 748 - 51.

CAPÍTULO 3 - QUALIDADE DA ÁGUA DA MICROBACIA DO CÓRREGO RICO AVALIADA PELOS ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA E DE ESTADO TRÓFICO

RESUMO - A avaliação do índice de qualidade da água (IQA) e índice de estado trófico médio (IETm) em sistemas aquáticos pode oferecer subsídios para a formulação de planos de manejo e gestão desses ecossistemas. Neste trabalho foi avaliada a qualidade da água da microbacia do Córrego Rico, responsável pelo abastecimento da cidade de Jaboticabal (SP), através do IQA e IETm. As colheitas foram realizadas quinzenalmente entre setembro de 2007 e agosto de 2008, em três pontos entre a nascente e o local de captação de água para abastecimento público, para comparações entre os períodos de seca e chuva. Foram analisadas variáveis físicas, químicas e microbiológicas da água para o cálculo do IQA e IETm e utilizadas médias mensais dos resultados das análises, concluindo-se: a) As atividades antrópicas desenvolvidas às margens do Córrego Rico reduzem a qualidade de sua água, durante os diferentes períodos do ano; b) Os valores médios de IQA nos três pontos analisados apresentaram relação direta com os valores médios de IETm, porém ocorreu maior discriminação da qualidade da água pelo IETm, identificando diferentes graus de trofia para os pontos e períodos de amostragens; c) O IQA apresentou melhor diferenciação da qualidade da água entre pontos no período seco e o IETm diferenciou melhor no período chuvoso; d) O processo de autodepuração e, ou a confluência do Córrego Tijuco com o Córrego Rico contribuem para melhor qualidade da água no ponto CR3, tornando-a adequada ao abastecimento urbano após tratamento convencional.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, eutrofização, microbiologia, variáveis físicas e químicas.

WATER QUALITY OF RICO STREAM MICRO-BASIN EVALUATED BY WATER QUALITY INDEX AND TROPHIC STATE INDEX

SUMMARY - The evaluation of water quality index (WQI) and mean trophic state index (mTSI) in water systems may be useful for management and administration projects of these ecosystems. Quality of water from the stream Rico micro-basin which supplies the town of Jaboticabal SP Brazil with fresh water has been evaluated, using WQI and mTSI. Collections were undertaken fortnightly, between September 2007 and August 2008, at three sites between the source and the water receiving site which supplies fresh water, during the dry and rainy periods. The water's physical, chemical and microbiological variables were analyzed to calculate WQI and TSI mean monthly results of analysis were employed. Results show (a) The anthropic activities developed in the neighborhood of the Rico Stream reduces the quality of their water during different times of the year; (b) The average values of WQI in three points analyzed showed a direct relationship with the average values of mTSI, but there was more discrimination of water quality by mTSI, identifying different trophic degrees for points and periods of sampling; (c) The WQI showed better differentiation of water quality in dry period and the mTSI showed better differentiations in the rainy season; (d) The natural depuration and the confluence of the Tijuco Stream with the Rico Stream contribute to better water quality at the point CR3, making it suitable for urban supply after conventional treatment.

Keywords: hydrographic basin; eutrophization; microbiology; physical and chemical variables.

INTRODUÇÃO

A utilização da água para determinado propósito não deve prejudicar os diversos usos possíveis, entre os quais figuram as atividades de consumo humano, produção agropecuária, recreativas e a preservação da diversidade biológica. Em consequência, é necessário monitorar os cursos hídricos, a fim de disponibilizar informações que permitam propor medidas de manejo para manter os ambientes aquáticos com qualidade ecológica (STRIEDER et al., 2003). Assim, para assegurar o gerenciamento sustentado dos recursos hídricos e seus múltiplos usos, a avaliação da qualidade da água numa bacia hidrográfica é de fundamental importância (STRIEDER et al., 2006).

Para interpretação da qualidade das águas superficiais é necessário a utilização de métodos simples. Para isso, o uso de índices de qualidade de água é uma alternativa que todo programa de monitoramento de águas superficiais prevê, para acompanhar, de forma resumida, possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

Alterações no sistema aquático conduzem a prejuízos econômicos, que vão desde a redução da pesca até o aumento do custo de aquisição e tratamento da água. Nesse aspecto, para caracterizar a qualidade da água, uma metodologia que pondera diversos parâmetros consiste no índice de qualidade da água (IQA), permitindo classificar os cursos d'água em classes ou níveis de qualidade (BILICH & LACERDA, 2005).

Utilizando o IQA, CARVALHO et al. (2000) avaliaram os impactos da atividade pecuária e agrícola na qualidade da água nas microbacias do Ribeirão da Onça e do Feijão, na região Oeste do Estado de São Paulo, verificando variação sazonal da qualidade da água, com melhores resultados no período chuvoso. Também utilizando o IQA para trinta pontos de abastecimento do Distrito Federal (Brasília), BILICH & LACERDA (2005) verificaram que o padrão de qualidade da água foi bom ao longo de dez anos de estudo, ocorrendo redução da qualidade no período de chuva, em função do intenso escoamento superficial. Avaliação detalhada de resultados do IQA em Ribeirão Correias (Franca – SP) foi inversa a do Distrito Federal, com redução do IQA

no período de estiagem, em função da menor vazão de água e concentração de poluentes (JACINTHO, 2006).

Para avaliação da qualidade da água da bacia do rio Alegre (ES) em diferentes épocas do ano, ZONTA et al. (2004) concluíram que os pontos que apresentaram IQA inferior, foram aqueles localizados na saída das vilas e cidades.

Cada corpo d'água possui, até certo ponto, capacidade natural de receber poluentes e essa capacidade de neutralização da matéria poluidora através dos processos de diluição, sedimentação e estabilização química é denominada autodepuração. Nos cursos d'água poluídos ocorre transformação gradual dos componentes orgânicos em sais minerais e gás carbônico. O equilíbrio está diretamente relacionado à capacidade do corpo d'água assimilar os lançamentos, não conflitando com sua utilização (COSTA et al., 2003).

Além do IQA, outros índices são utilizados, como o índice do estado trófico (IET), que tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito, relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento de infestação de macrófitas aquáticas (CETESB, 2007).

Determinar o estado trófico é uma ação fundamental para obtenção de informações sobre o corpo de água, pois seu conhecimento permite descrever as relações bióticas e abióticas desse ecossistema. A avaliação do estado trófico da água é muito importante para o manejo sustentável dos recursos hídricos (SILVA et al., 2006). Quanto aos nutrientes, tanto o fósforo como o nitrogênio são determinantes no processo de degradação da água, porém o fósforo é a principal causa do processo de eutrofização (PRADO & NOVO, 2006)

O Córrego Rico é a principal fonte de abastecimento público da cidade de Jaboticabal – SP, sendo relevante a importância dessa microbacia para a região, visto que os efeitos antrópicos neste sistema ocorrem de forma direta ou indireta, provavelmente em função do lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto doméstico do município de Monte Alto e de uma granja de produção de suínos.

Assim, este estudo objetivou avaliar a qualidade da água em três pontos distintos do Córrego Rico, ao longo de um ano entre períodos de seca e de chuva utilizando o IQA e IETm.

MATERIAL E MÉTODOS

As colheitas de água foram realizadas quinzenalmente, ao longo de um ano (setembro de 2007 a agosto de 2008). As amostras foram colhidas em um trecho de 26,14 km, entre as cidades de Monte Alto (SP) e Jaboticabal (SP), compreendendo três pontos: nascente (CR1), situada no município de Monte Alto (21°17'19" S e 48°31'59" W); após o lançamento de efluentes da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE e de uma granja de suínos (CR2) de Monte Alto (21°18'44" S e 48°26'57" W) e, à jusante da confluência dos Córregos Rico e Tijuco (CR3), na captação de água do Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Jaboticabal (SAAEJ) (21°18'37" S e 48°19'25" W). Para avaliações da qualidade da água foram utilizados o índice de qualidade de água (IQA), e o índice de estado trófico médio (IETm), de acordo com CETESB (2007) e TOLEDO JÚNIOR et al. (1983), respectivamente.

As categorias de qualidade da água em função dos valores do IQA são: ótima ($79 < IQA \leq 100$); boa ($51 < IQA \leq 79$); regular ($36 < IQA \leq 51$); ruim ($19 < IQA \leq 36$); péssima ($IQA \leq 19$) e para o IETm são classificados como: ultraoligotrófico ($IET \leq 47$); oligotrófico ($47 < IET \leq 52$); mesotrófico ($52 < IET \leq 59$); eutrófico ($59 < IET \leq 63$); supereutrófico ($63 < IET \leq 67$) e hipereutrófico ($IET > 67$) (CETESB, 2007).

O IQA foi calculado utilizando-se as variáveis: oxigênio dissolvido, *Escherichia coli*, pH, DBO₅, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total. O IETm foi calculado utilizando-se: fósforo total, ortofosfato e clorofila-a.

O oxigênio dissolvido, pH e temperatura da água foram medidos nos locais de amostragens, com oxímetro YSI-55 e sonda Horiba U-10. As análises de fósforo total e ortofosfato foram realizadas segundo GOLTERMAN et al. (1978); a clorofila-a foi determinada segundo NUSH (1980); as análises de DBO₅, *Escherichia coli* e turbidez

foram realizadas segundo APHA (1998) e os resíduos totais, segundo BOYD & TUCKER (1992).

As variáveis foram analisadas considerando-se dois fatores: pontos de colheita (CR1, CR2 e CR3) e períodos do ano: seca (junho a setembro) e chuva (dezembro a março) e suas interações, como também ao longo de um ano, utilizando o procedimento estatístico “two-way” ANOVA (DER & EVERITT, 2006). Os valores médios do IQA e IETm foram analisados pelo programa “Proc GLM (General Linear Model)” do SAS. O nível de significância dos testes utilizado foi $p < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseando-se na classificação do IQA e do IETm para os doze meses de estudo, verificou-se que os comportamentos desses índices foram semelhantes em relação aos pontos de colheita. Assim, para todo o período de monitoramento, as águas do ponto CR1 apresentaram os melhores resultados de IQA (média anual de 75,9; classificando a água como de boa qualidade) e IETm (média anual de 44,0; classificado como ultraoligotrófico). O IQA apresentou (média anual de 56,9, classificando a água como de boa qualidade) e IETm (média anual de 74,0; classificado como hipereutrófico) em relação as águas colhidas no ponto CR2 e finalmente, no ponto CR3 as águas apresentaram IQA (média anual de 67,0; classificando-as como de boa qualidade) e IETm (média anual de 52,8; classificado como mesotrófico) (Figura 1). Estes resultados estão coerentes com a localização dos pontos, pois o CR1 refere-se à região da nascente, local ainda preservado, enquanto o ponto CR2 pode ter sido influenciado por fontes pontuais de contaminação (Estação de Tratamento de Esgotos e granja de suínos) e no ponto CR3, após diluição e autodepuração ocorre melhor qualidade da água.

Neste estudo, de acordo com os resultados de IQA para a maior parte dos meses e pontos estudados, a qualidade da água foi boa, sendo ótima apenas para os meses de junho (79,9) e julho (79,4) em relação ao ponto CR1, obtendo os maiores

valores durante todo período estudado. No ponto CR2 foram obtidos os menores valores em relação à qualidade da água, sendo classificada como boa para todos os meses estudados, porém, para o mês de abril (51,8) a classificação foi próxima do limite entre boa ($> 51,0$) e regular ($\leq 51,0$). Para o ponto CR3, os valores do IQA foram intermediários aos outros pontos, sendo a água classificada como boa para todo o período estudado (Figura 1).

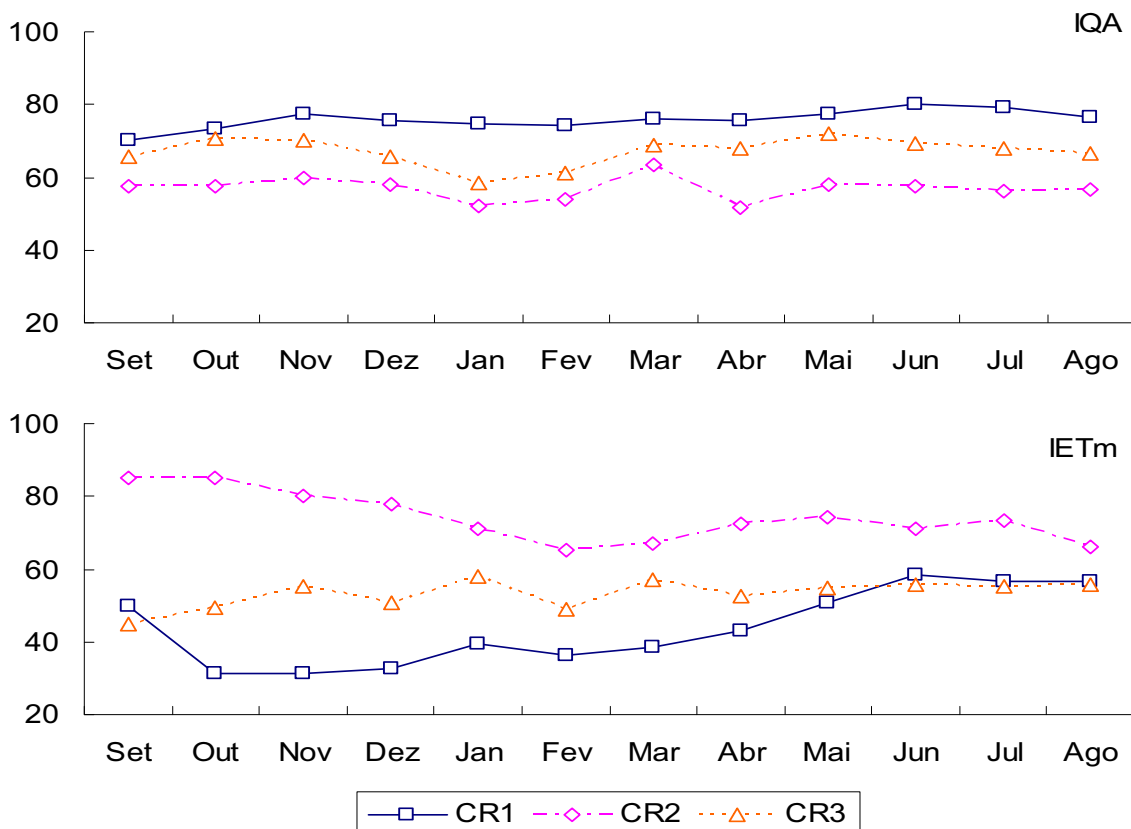


Figura 1. Médias mensais dos valores do Índice de Qualidade de Água (IQA) e do Índice de Estado Trófico médio (IETm) para os três pontos de colheita, entre setembro de 2007 e agosto de 2008.

Os resultados obtidos de IQA na presente pesquisa são semelhantes aos apresentados pela CETESB (2001) para o rio São José dos Dourados (67) no Estado de São Paulo. Neste estudo, a média do IQA ao longo do Córrego Rico, envolvendo os três pontos estudados, foi de 66,6, embora algumas variáveis como turbidez (janeiro),

oxigênio dissolvido (outubro, janeiro e fevereiro), coliformes fecais (abril) e fósforo (setembro, outubro, novembro, dezembro, janeiro, março, abril, maio, junho e julho) ultrapassaram os valores estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para rio de classe 2 (Figura 2).

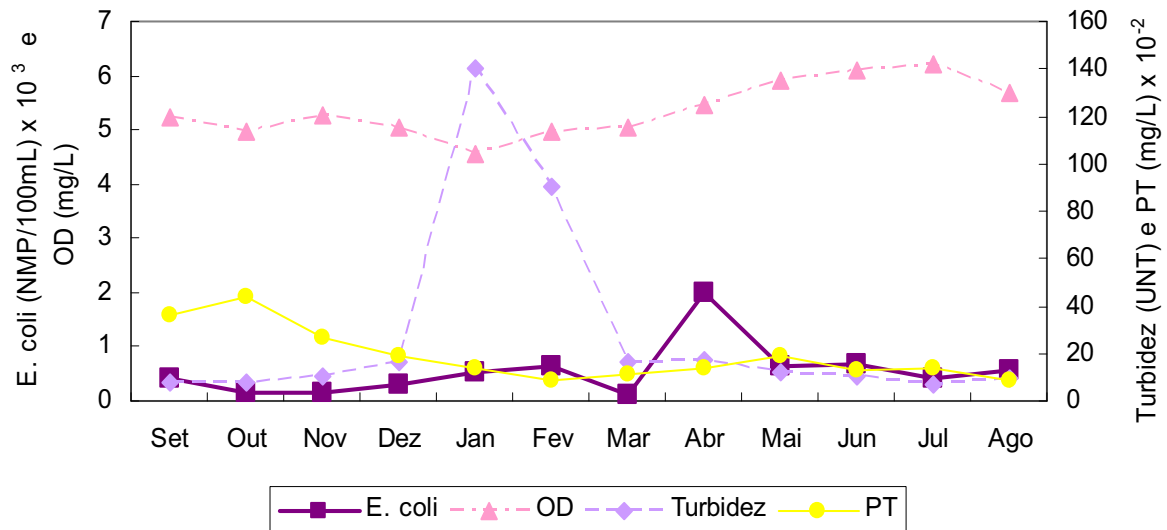


Figura 2. Valores médios das variáveis que fazem parte do IQA e do IETm e ultrapassaram os limites da Resolução CONAMA 357/05 para rio de classe 2.

Através dos resultados obtidos para as variáveis que compõem o IQA, em relação aos pontos amostrados, somente temperatura, turbidez, nitrogênio total e resíduo total não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$), o mesmo sendo observado para *E. coli*, DBO_5 , turbidez e fósforo total em relação aos períodos ($p > 0,05$) (Tabela 1). Já em relação às variáveis que compõem o IETm foram observadas diferenças significativas ($p < 0,01$) para PT e ortofosfato e ($p < 0,05$) para a clorofila-a em relação aos pontos, porém em relação aos períodos ocorreu o inverso ($p > 0,05$). Avaliando o IQA no rio Corumbataí (SP), FALQUETO (2008) obteve significância estatística para todas as variáveis e pontos amostrados.

Para o IQA, em relação às variáveis utilizadas, somente o OD e pH foram significativos ($p < 0,01$) entre períodos e pontos amostrados; *E. coli*, DBO_5 e fósforo total

foram significativos ($p < 0,01$) entre pontos e não significativos ($p > 0,05$) entre períodos; temperatura, nitrogênio total e resíduo total foram significativos ($p < 0,01$) entre períodos e não significativos ($p > 0,05$) entre pontos e, turbidez não significativa ($p > 0,05$) para períodos e pontos (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados da ANOVA “two-way” para as variáveis do índice de qualidade de água (IQA) e do índice de estado trófico médio (IETm).

Variáveis e Índices	IQA			IETm		
	F _A	F _B	F ₁	F _A	F _B	F ₁
OD	<0,0001**	<0,0001**	0,0322	-	-	-
<i>E. coli</i>	0,0005**	0,3279 ^{NS}	0,2064	-	-	-
pH	<0,0001**	0,0091**	0,1071	-	-	-
DBO ₅	<0,0001**	0,5923 ^{NS}	0,0319	-	-	-
Temperatura	0,1796 ^{NS}	<0,0001**	0,0166	-	-	-
Nitrogênio total	0,0780 ^{NS}	0,0004**	0,4522	-	-	-
Turbidez	0,1927 ^{NS}	0,0618 ^{NS}	0,3390	-	-	-
Resíduo total	0,2877 ^{NS}	0,0038**	0,5890	-	-	-
Fósforo total	0,0072**	0,4285 ^{NS}	0,4635	0,0072**	0,4285 ^{NS}	0,4635
Ortofosfato	-	-	-	<0,0001**	0,0756 ^{NS}	0,2647
Clorofila-a	-	-	-	0,0134*	0,2671 ^{NS}	0,5884
Índices	0,0001**	0,2107^{NS}	0,5557	<0,0001**	0,0038**	0,069

- variáveis que não fazem parte do cálculo do índice.

F_A=entre pontos; F_B=entre períodos; F₁=interação; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; ^{NS} não significativo.

Avaliando os valores médios dos índices utilizados entre períodos não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para o IQA e para o IETm somente ($p < 0,05$) no CR1, ocorrendo melhor grau de trofia no período chuvoso (ultraoligotrófico), comparado ao período seco (mesotrófico), indicando que o aumento da vazão pelas chuvas reduziu a concentração de fósforo total, ortofosfato e clorofila-a na nascente (Tabela 2). Em relação aos pontos amostrados ocorreram diferenças significativas ($p < 0,05$) para o IQA na seca; na chuva somente para o ponto CR1. Para o IETm ocorreu o inverso, ou seja, diferença na chuva ($p < 0,05$) e na seca somente para o CR2, indicando o ponto com

maior grau de trofia do sistema, devido ação antrópica (Tabela 2). No período seco a água do ponto CR1 foi classificada no grau mesotrófico, pois nesse período ocorre acentuada redução da vazão na nascente, como consequência da diminuição das chuvas nas áreas de infiltração da água no solo, que abastecem esse ponto, aumentando a concentração de ortofosfato na água. Essas áreas de infiltração estão próximas ao ponto CR1, onde o solo é arenoso e são realizadas intensas adubações de culturas como cebola e cana-de-açúcar; para o CR3, devido sua distância em relação ao ponto CR2, permitindo maior período para autodepuração e estando o Córrego Rico associado ao Córrego Tijuco, a redução da vazão é menor, mantendo o grau de trofia da água mesotrófico.

Tabela 2. Valores médios do índice de qualidade de água (IQA) e do índice de estado trófico médio (IETm) para os pontos amostrados (CR1; CR2 e CR3) e períodos (seca e chuva) ao longo do período estudado.

Índice	Período	Pontos		
		CR1	CR2	CR3
IQA	Seca	76,55Aa	56,96Ab	67,34Ac
	Chuva	75,16Aa	56,80Ab	63,51Ab
IETm	Seca	55,36Aa	73,97Ab	52,82Aa
	Chuva	36,76Ba	70,31Ab	53,59Ac

- Médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas ou minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Mesmo havendo diferenças significativas ($p < 0,05$) do IQA entre pontos, todos os valores indicaram boa qualidade de água conforme classificação apresentada pela CETESB (CETESB, 2007), porém em janeiro, fevereiro e abril os valores de IQA no ponto CR2 estiveram próximos do limite de qualidade regular ($\leq 51,0$). Embora o ponto CR2 receba maior aporte de contaminações pontuais, a água do mesmo foi classificada como de boa qualidade, devido ao efeito eclipse do IQA. O efeito eclipse resulta do processo de agregar diversas variáveis em um único número, podendo produzir

atenuação do impacto negativo de uma ou mais variáveis frente ao comportamento estável das demais (SILVA & JARDIM, 2006).

Os resultados do IETm estão associados à poluição ao longo da microbacia e também, à localização de cada ponto amostral, demonstrando correlação com o entorno do Córrego Rico e com o uso da terra nas propriedades ribeirinhas. Assim, embora o ponto CR2 receba forte poluição, no ponto CR3 ocorre significativa melhoria da qualidade da água devido ao processo de autodepuração e à influência do Córrego Tijuco no Córrego Rico.

Entre a montante e a jusante do lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto e do sistema de tratamento da granja de produção de suínos ocorrem diferenças do IQA, o que também foi observado por TOLEDO & NICOLELLA (2002), que obtiveram diferenças do IQA para o Ribeirão Jardim a montante e à jusante da cidade de Guaira (SP). Nas bacias dos rios Anta Gorda e Jirau (PR), a falta de manejo adequado dos dejetos de suínos contaminaram toda a rede de drenagem (TOMAZONI et al., 2003).

Em períodos chuvosos, na microbacia hidrográfica do Córrego Rico a quantidade de material suspenso aumenta acentuadamente a turbidez, havendo indícios de carreamento de fósforo e cloreto (LOPES et al., 2005). No presente estudo, o período chuvoso não afetou o IQA obtido, porém o IETm no ponto CR1 mudou de estado mesotrófico para ultraoligotrófico (Tabela 2).

Em outras microbacias, como Ribeirão da Onça e do Feijão (São Carlos – SP) foi constatada variação sazonal do IQA, sendo menor no verão, atribuída à precipitação pluvial, que aumentou o escoamento superficial no solo (CARVALHO et al., 2000). O mesmo foi observado para a bacia dos rios Anta Gorda, Brinco e Jirau (Sudoeste do Paraná) passando de classe 2 para classe 3 (TOMAZONI et al., 2003). No reservatório do Tanque Grande (Guarulhos – SP) a redução do IQA esteve associada aos períodos chuvosos, coincidindo com aumento da concentração de coliformes (SAAD et al., 2007).

No rio Pariquera-Açu (Vale Ribeira do Iguape – SP) a variação do estado trófico foi nítida, com aumento do grau de trofia da nascente à foz, evidenciando impactos no sistema aquático advindos das intervenções antrópicas (CUNHA & CALIJURI, 2007).

Em ampla avaliação das concentrações de nutrientes em 35 rios do estado de São Paulo, não foram observadas diferenças significativas entre as concentrações de fósforo na água nos períodos seco e chuvoso (LAMPARELLI, 2004). Na bacia do Ribeira do Iguape (SP), os teores de formas fosfatadas no rio aumentaram no período chuvoso, enquanto no rio Pariquera-Açu não foi verificado padrão definido de variação sazonal de clorofila-a e formas fosfatadas (CUNHA et al., 2008).

Nesta pesquisa, pela análise do sistema aquático associado à ocupação da microbacia hidrográfica, verificou-se que a degradação da qualidade da água se deve às atividades agropecuárias, que interferem na cobertura da terra e também devido aos resíduos gerados pela população urbana, que se traduzem em fontes difusas e pontuais de poluição. Esses aspectos discutidos são semelhantes aos apontados por PRADO & NOVO (2006) que analisaram a relação do estado trófico com o potencial poluidor das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiaí e Tietê/Sorocaba. Desta forma, fica evidenciada a importância da gestão dos recursos hídricos na bacia estudada.

CONCLUSÕES

As atividades antrópicas desenvolvidas nos diferentes pontos às margens do Córrego Rico reduzem a qualidade de sua água, durante todo o período estudado.

Os valores médios de IQA nos três pontos analisados apresentaram relação direta com os valores médios de IETm, porém ocorreu maior discriminação da qualidade da água pelo IETm, identificando diferentes graus de trofia para os pontos e períodos de amostragens.

O período de seca influencia na qualidade da água da nascente (ponto CR1), demonstrada pelo Índice de Estado Trófico médio (IETm), classificando como mesotrófico.

O IQA apresentou melhor diferenciação da qualidade da água entre pontos no período seco, enquanto que o IETm diferenciou melhor no período chuvoso;

O processo de autodepuração e, ou a confluência do Córrego Tijuco com o Córrego Rico contribuem para melhor qualidade da água no ponto CR3, tornando-a adequada ao abastecimento urbano após tratamento convencional.

REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for examination of water and wastewater*. New York, 1998. 824 p.

BILICH, M.R.; LACERDA, M.P.C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal por meio de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, Goiânia, 2005. Anais...p.2059-65.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. *Water quality and pond soil analyses for aquaculture*. Alabama: Agricultural Experiment Station, 1992. 183 p.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá providências. Resolução n. 357, de 17-03-2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso: 10 jun. 2008.

CARVALHO, A.R.; SCHLITTLER, F.H.M.; TORNISIELO, W.L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. *Química nova*. v.23, n.5, p.618-622. 2000.

CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Defesa do Meio Ambiente. *Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2000*. São Paulo, CETESB, v.1, 2001. 214p.

CETESB - Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e Defesa do Meio Ambiente. *Água: rios e reservatórios*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/indice.asp>. Acesso em: 11 set 2007.

COSTA, L.L.; CEBALLOS, B.S.O.; CELEIDE, M.B.S.; CAVALCANTI, M.L.F. Eficiência de wetlands construídos com dez dias de detenção hidráulica na remoção de colílagos e bacteriófagos. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. v.3, n.1. 2003. Disponível em: <<http://www.uepb.edu.br/eduep/rbct/sumarios/pdf/wetlands.pdf>>. Acesso em: < 6 mar. 2007.

CUNHA, D.G.F.; CALIJURI, M.C. Variação do estado trófico de um rio tropical em curto período de tempo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, XV, 2007, São Carlos. Anais eletrônicos do XV SIICUSP, 2007.

CUNHA, D.G.F.; FALCO, P.B.; CALIJURI, M.C. Densidade fitoplanctônica e estado trófico dos rios Canha e Pariquera-Açu, bacia hidrográfica do rio Ribeira do Iguape, SP, Brasil. *Revista Ambiente e Água*. v.3, n.2. p.90-104. 2008.

DER, G.; EVERITT, B.S. *A handbook of statistical analysis using SAS*. 2. ed. 2006. 360p.

FALQUETO, M.A. *Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) e dos elementos químicos nas águas e nos sedimentos do rio Corumbataí – SP*. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). ESALQ/USP. Piracicaba, 2008.

GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. Oxford: Blackwell Scientific Publication. (IBP Handbook, n.8), 1978. 213p.

JACINTHO, A.C.B. *Utilização do índice de qualidade da água no monitoramento do ribeirão Correias, município de Franca, Estado de São Paulo*. 2006. 98 f. Tese (doutorado em Medicina Veterinária). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

LAMPARELLI, M.C. *Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. 2004. 235 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências, São Paulo, 2004.

LOPES, L.G.; AMARAL, L.A.; HOJAIJ, A. Seleção de indicadores para gestão da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal – SP. In: ASSEMBLÉIA NACIONAL DE SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO. ASSEMAE, v.1, 2005. 4p.

NUSH, E.A. Comparison of different methods for chlorophyll and phaeopigments determination. *Archives of Hydrobiology*, v.14, p.14-36, 1980.

PRADO, R.B.; NOVO, E.M.L.M. *Análise espaço-temporal da relação do estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) com o potencial poluidor da bacia hidrográfica*. Disponível em: <http://www.dpi.INPE> ePrint: sid.inpe.br/ePrint@80/2006.

SAAD, A.R.; SEMENSATO JUNIOR, D.L.; AYRES, F.M.; OLIVEIRA, P.E. Índice de qualidade da água do reservatório do Tanque Grande, município de Guarulhos – SP: 1990 – 2006. *Revista UnG – Geociências*. v.6, n.1. p.118-33. 2007.

SILVA, M.G.; GARCIA, C.A.B.; ALVES, J.P.H.; GARCIA, H.L. Qualidade da água da barragem Jacarecica I: estado trófico. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 1, Natal, *Anais...* 2006. 13p.

SILVA, G.S; JARDIM, W.F. Um novo índice de qualidade das águas para proteção da vida aquática aplicado ao rio Atibaia, região de Campinas/Paulínia – SP. *Química nova*. v.29, n.4. p. 689-94. 2006.

STRIEDER, M.N.; RONCHI, L.H., NEISS, U.G., OLIVEIRA, M.Z. Avaliação dos efeitos de fontes de poluição pontual sobre os macroinvertebrados bentônicos no arroio Peão, RS. In: RONCHI, L.H.; COELHO, O.G.W. *Tecnologia, diagnóstico e planejamento ambiental*. São Leopoldo: Unisinos. 2003. p. 61-85.

STRIEDER, M.N.; RONCHI, L.H., STENERT, C.; SCHERER, R.T.; NEISS, U.G. Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no sul do Brasil. *Acta Biológica Leopondensia*. v.28, n.1, 2006. p.17-24.

TOLEDO JUNIOR, A.P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA, 12, 1983, Camboriú. *Anais...* p. 1-34.

TOLEDO, L.G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, v.59, n.1, p.181-6, jan./mar. 2002.

TOMAZONI, J.C.; BITTENCOURT, A.V.L.; ROSA FILHO, E.F.; MANTOVANI, L.E. A qualidade da água das bacias dos rios Anta Gorda, Brinco e Jirau – Sudoeste do Paraná. *Revista técnica da Sanepar*. Curitiba, v.20, n.20, p.28-34. 2003.

ZONTA, J.H.; BRAUN, H. PEZZOPANE, J.E.M. REIS, E.F. Determinação do índice de qualidade das águas da bacia do rio Alegre nas diferentes épocas do ano. In: VIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IV Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. São José dos Campos (SP). 2004. p.480-2.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa estudou-se a qualidade da água do Córrego Rico usado para abastecimento urbano de Jaboticabal (SP), utilizando o índice de qualidade de água (IQA) e o índice de estado trófico médio (IETm). As amostras de água foram colhidas em três pontos: a) na nascente, b) após a entrada do efluente da Estação de Tratamento de Água da cidade de Monte Alto e de uma granja de suínos e c) após a confluência dos Córregos Tijuco e Rico, na captação de água para abastecimento de Jaboticabal. Através dos resultados obtidos, para os três pontos de colheitas (CR1; CR2 e CR3), durante setembro de 2007 a agosto de 2008, envolvendo períodos de estiagem e chuvoso, pôde-se verificar que:

- Com exceção da nascente do córrego, constatou-se que a água é de má qualidade, pois coliformes totais e *Escherichia coli* ultrapassaram os limites exigidos para rios de classe 2, para a maioria dos meses no período de estiagem.
- Os valores encontrados de Clorofila-*a*, DBO₅, amônia, ortofosfato e fósforo total foram maiores no ponto CR2, demonstrando influência de atividades agrícolas e urbanas às margens do Córrego Rico, reduzindo a qualidade de sua água durante todo o período estudado.
- Os valores médios de IQA nos três pontos apresentaram relação direta com os valores médios de IETm, porém ocorreu maior discriminação da qualidade da água pelo IETm, identificando diferentes graus de trofia para os pontos e períodos de amostragens.
- O IQA apresentou melhor diferenciação da qualidade da água entre pontos no período seco, enquanto que o IETm diferenciou melhor no período chuvoso.
- No período de seca a qualidade da água da nascente (ponto CR1) é menor, sendo classificada em estado mesotrófico pelo IETm.
- A qualidade da água do Córrego Rico no ponto CR3 melhora em relação ao ponto CR2, devido efeito de autodepuração e à confluência com Córrego Tijuco.

- Pelo IQA a água foi classificada como de boa qualidade em todos os pontos e períodos, porém os valores encontrados em alguns meses estiveram próximos do limite de classificação regular, indicando que a qualidade da água do Córrego Rico é preocupante.

Diante dos resultados obtidos, são sugeridos alguns temas para próximas pesquisas e ações de políticas públicas:

a) Pesquisas

- Identificação do local de origem e fonte de poluição da nascente do Córrego Rico.
- Adotar uma estação intencional de amostragem, comparando análises de água em ponto anterior e posterior ao CR2, para verificar a influência do lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgotos de Monte Alto e da granja de suínos na qualidade da água do Córrego Rico.
- Análises na extensão CR2–CR3 do Córrego Rico e no final do Córrego Tijuco, para identificar a autodepuração nessa extensão e a influência do Córrego Tijuco na qualidade da água captada para abastecimento de Jaboticabal.
- Análises da água do Córrego Rico em curtos intervalos de tempo, para identificar picos de contaminação durante o dia, permitindo adotar estratégias para facilitar o tratamento de água destinada ao abastecimento de Jaboticabal.
- Incluir medições periódicas de vazão do córrego em estudos sobre a qualidade da água, para correlação com outras variáveis e com os índices de qualidade.

b) Políticas públicas

- Reflorestar as áreas de proteção das nascentes e das margens do Córrego Rico, conforme previsto pela legislação atual.
- Estimular os produtores rurais a adotarem programas de conservação do solo e da água, mediante cursos de educação ambiental, programas de financiamento e de assistência técnica.

- Maior investimento das prefeituras em atividades relacionadas com a preservação e fiscalização ambiental, tais como conservação de estradas, construção de bacias para contenção de enchentes, programas de coleta de lixo e de embalagens de insumos agrícolas.
- Identificação de granjas de criação e confinamento de animais para implantação de programas de tratamento de dejetos.
- Levantamento para identificar os locais e formas de uso da água do Córrego Rico pelos agricultores, possibilitando orientação em relação a abastecimentos de animais, irrigação de olerícolas, forrageiras, frutícolas e outras atividades.
- Maior apoio às estações de tratamento de efluentes urbanos e monitoramento da qualidade da água resultante dessas estações.
- Investir em programas de educação, ministrando cursos de percepção ambiental, principalmente nas redes de ensino de primeiro e segundo graus, para desenvolver responsabilidade dos usuários dos recursos hídricos.
- Estimular parcerias, envolvendo ações conjuntas dos municípios pertencentes à microbacia do Córrego Rico e entre órgãos de assistência técnica, cooperativas agrícolas e instituições de ensino e pesquisa, para desenvolver programas de investimento em qualidade da água, servindo de modelo para outros recursos hídricos.