

DANILO LEME SOUZA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO CÓRREGO
BANDEIRANTES, MUNICÍPIO DE RIO CLARO,
SP. Parâmetros biológicos e metais-traço.**

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UnespNESP, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2010.

Orientadora: Profa. Dra. Sâmia Maria Tauk-Tornisielo

Rio Claro – SP

2010

DANILO LEME SOUZA

ORIENTADORA: PROFA. DRA. SÂMIA MARIA TAUK-
TORNISIELO

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO CÓRREGO
BANDEIRANTES, MUNICÍPIO DE RIO CLARO,
SP. Parâmetros biológicos e metais-traço.**

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UnespNESP, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2010.

Rio Claro – SP

2010

DANILO LEME SOUZA

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO CÓRREGO
BANDEIRANTES, MUNICÍPIO DE RIO CLARO,
SP. Parâmetros biológicos e metais-traço.**

Monografia apresentada à Comissão do Trabalho de Formatura do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, Campus de Rio Claro (SP), como parte das exigências para o cumprimento da disciplina Trabalho de Formatura no ano letivo de 2010.

Comissão Examinadora

(orientadora)

Rio Claro, _____ de _____ de _____.

assinatura do aluno

assinatura da orientadora

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido a fim de verificar a qualidade da água e os impactos ambientais relacionados à ocupação da microbacia do Córrego Bandeirantes, situada no município de Rio Claro, SP. A intenção foi propor medidas que possibilitem a mitigação dos impactos negativos e potencializem a recuperação e manutenção da qualidade do recurso hídrico. Análises da água foram realizadas em três pontos distintos, nascente, travessia do Estradão e confluência com o Ribeirão Claro. Foram analisadas as variáveis metais-traço e biológicas, como coliformes totais, *Escherichia coli*, toxicidade e demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Os resultados indicaram degradação significativa da água, com parâmetros acima do limite máximo definido pela legislação vigente, principalmente após a travessia, onde se presenciou acúmulo de resíduos sólidos e facilidade de acesso ao córrego. O Índice de Qualidade da Água classificou 60% das amostras como boa, porém bem próximas do limite da categoria regular. Outro impacto verificado foi a construção do Fórum de Rio Claro na vertente direita do córrego estudado, causando mudança no relevo, alteração as propriedades de escoamento e supressão da vegetação existente no local da obras, definida como área de preservação permanente (APP) por lei. Medidas como: recuperação da mata ciliar, tratamento de efluentes, crescimento urbano planejado e educação ambiental da população, seriam essenciais para mitigar os impactos ambientais da microbacia do Córrego Bandeirantes.

Palavras chave: qualidade da água, recuperação, mitigação, supressão da vegetação

ABSTRACT

ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS OF STREAM BANDEIRANTES, RIO CLARO, SP. BIOLOGICAL PARAMETERS AND TRACE METALS

This study was conducted to verify water quality and environmental impacts related to the occupation of the watershed of the Bandeirantes stream, located in Rio Claro, SP. The intention is to propose measures to enable the mitigation of negative impacts, and boosting the recovery and maintenance of the quality of water resources, preventing its complete degradation. Water analysis were performed at three different points, east, crossing the Ring Road (dirt road) and near the confluence with the Ribeirão Claro. The results indicated significant degradation of water, especially after the crossing, where it witnessed the accumulation of solid waste and easy access to the stream, both for animals as for people, due to limited riparian it. Another impact was observed the current construction of the Forum of Rio Claro in the right side of the stream studied, causing change in the landscape, change the flow properties and removal of existing vegetation at the site of work, defined as an environmentally protected area, as determined by existing law. Measures such as: restoration of riparian zones, effluent treatment, planned urban growth and environmental education of the population, would be essential to mitigate the environmental impacts of watershed Bandeirantes stream.

Keywords: water quality, recovery, mitigation, removal of vegetation

À minha família: Jair, Telma, Denis e Dona Léa, que são meus exemplos de vida. Minha namorada Beatriz, meu companheiro de trabalho Sertório e aos que ajudaram na concretização deste trabalho: Elite, Zero, Sara e Sâmia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela possibilidade de completar mais um ciclo na minha vida, e conseguir me formar em uma universidade pública.

À Profa. Dra. Sâmia Maria Tauk-Tornisielo por todo suporte, compreensão e amizade oferecidos na realização deste trabalho.

Principalmente à Eleni Nadai Malagutti, que colaborou nas coletas, análises e em tudo que foi possível para a conclusão do trabalho.

Ao Departamento de Microbiologia do Instituto de Biociências e ao Centro de Estudos Ambientais (CEA) pelo auxílio e infra-estrutura cedidos para realização das análises.

Ao Zito e Francisca pelo auxílio na realização das análises das amostras coletadas.

À minha namorada Beatriz Fonseca pela compreensão e ajuda na digitação da monografia.

À minha família pelo suporte e carinho cedidos durante todo o tempo na Universidade.

Aos colegas da Universidade, principalmente ao Sertório, Felipe Augusto (Ney) e Carlos Alberto (Jabuti) que ajudaram nas coletas.

À natureza que nos proporciona tanta beleza e saúde, a qual é necessária valorizar e repensar como usufruir sem agredir.

SUMARIO

	Página
RESUMO.....	i
v	
ABSTRACT.....	v
iv	
AGRDECIMENTOS.....	vi
i	
LISTA	DE
TABELAS.....	ix
LISTA	DE
FIGURAS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4.1 Pontos de Amostragem.....	9
4.2 Metodologia de Coletas de Água.....	11
4.3 Metodologia Analítica de Qualidade da Água.....	11
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	16
5.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	16
5.2 Coliformes Totais.....	17
5.3 <i>Escherichia coli</i>	19
5.4 Toxicidade.....	20
5.5 Metais-traço.....	21
5.5.1 Cádmio.....	21
5.5.2 Níquel.....	22
5.5.3 Cobre.....	22
5.5.4 Zinco.....	23

5.5.5 Chumbo.....	23
5.6 IQA.....	24
5.7 Aspectos Ambientais da Área Estudada.....	25
6. CONCLUSÕES.....	32
7. RECOMENDAÇÕES.....	33
8. REFERÊNCIAS.....	34

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 - Classificação das águas segundo o IQA desenvolvido pela CETESB.....	15
Tabela 2 - Valores de DBO (mg.L ⁻¹) referentes aos pontos P1, P2, e P3 no Córrego Bandeirantes.....	16
Tabela 3 - Valores de Coliformes Totais (NMP) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	18
Tabela 4 - Valores de <i>Escherichia coli</i> (NMP) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	19
Tabela 5 - Valores de Toxicidades referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	21
Tabela 6 - Valores da concentração de Cádmio (mg.L ⁻¹) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	22
Tabela 7 - Valores da concentração de Níquel (mg.L ⁻¹) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	22
Tabela 8 - Valores da concentração de Cobre (mg.L ⁻¹) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	23
Tabela 9 - Valores da concentração de Zinco (mg.L ⁻¹) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	23
Tabela 10 - Valores da concentração de Chumbo (mg.L ⁻¹) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	24

Tabela 11 - Valores do IQA referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.....	24
---------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localização da bacia do Rio Corumbataí nos limites da UGRHI 5	6
Figura 2. Localização dos pontos de coleta no Córrego Bandeirantes.....	9
Figura 3. Nascente do Córrego Bandeirantes ou P1.....	10
Figura 4. Travessia do Estradão ou P2, no Córrego Bandeirantes.....	10
Figura 5. Próximo à foz do Ribeirão Claro ou P3.....	10
Figura 6. Aparelho utilizado para incubação da amostra marca Hach, modelo BOD TrakTM.....	12
Figura 7. Presença de <i>E. coli</i> indicada pela fluorescência dos celas do sistema Colilert onde foram colocadas amostras das águas de coletas..	12
Figura 8. Presença de coliformes totais indicada pela coloração amarela nas celas do sistema Colilert que receberam amostras de água das coletas.....	13
Figura 9. Resultados dos valores de DBO (mg.L ⁻¹) referentes aos pontos P1, P2 e P3, no Córrego Bandeirantes.....	17
Figura 10. Valores de coliformes totais (NMP) nos pontos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes, durante as seis coletas de amostras de água.....	18
Figura 11. Valores de <i>Escherichia coli</i> (NMP) observados nos pontos P1, P2, e P3 de coletas de amostras de água do Córrego Bandeirantes.....	20
Figura 12 a, b, c, d. Aspectos da trilha de acesso à nascente utilizada como bota-fora.....	26

Figura 13. Porção esquerda da vertente do Córrego Bandeirantes entulhada por resíduos descartados pela população.....	26
Figura 14. Obra de travessia em estado de abandono (a) e manilha “encaixada” no fundo do córrego (b).....	27
Figura 15. Canal formado pela grande quantidade de chuva e pela falta de estruturas de microdrenagem no Estradão.....	27
Figura 16. Obras para a implantação do Fórum de Rio Claro na vertente direita do Córrego Bandeirantes.....	28
Figura 17. Parte da mata ciliar cercada por arame farpado.....	28
Figura 18. Resíduos (a, b, c) que vieram carreados das ruas pela água da chuva, e também os que foram descartados por freqüentadores do local (d).....	29
Figura 19. Utilização da várzea como pasto para criação de animais.....	29
Figura 20. Escassez de mata ciliar e abundância de lixo no corpo da água.....	30

1. INTRODUÇÃO

O Planeta Terra possui 70% de sua superfície coberta por água, esta significativa porcentagem causa uma falsa sensação quanto a sua disponibilidade. Outrossim, sua falta é um problema ambiental que assusta o século XXI, ao contrário do que parece, este recurso não é um bem infinito e inesgotável, mas o uso indiscriminado, as cargas poluidoras e a desconsideração quanto ao seu valor tornam esse recurso cada vez mais escasso.

A Terra contém 1,4 bilhões km³ de água, sendo que 97,4% se encontram nos oceanos. Somente 40 milhões de quilômetros cúbicos são de água doce, sendo que destes, 77,2% correspondem às calotas polares e glaciais, 22,4% as águas subterrâneas, 0,35% aos lagos e pântanos, 0,04% se encontram na atmosfera e apenas 0,01% correspondem aos rios. Apesar da contribuição significativa das águas subterrâneas cerca de 70% correspondem as reservas profundas, de exploração difícil e antieconômica (CUNHA et al., 1980). Somente esta pequena porcentagem está relacionada à necessidade de consumo, compreendendo uma distribuição desigual e uma parte já está comprometida com os aspectos de poluição. Segundo Tauk-Tornisielo e Esquierro (2008) os mais frequentes fatores desse comprometimento são: erosões em encostas; assoreamentos de cursos de água; inundações; lançamentos indiscriminados de detritos, como os resíduos domésticos; efluentes sanitários e industriais; entulhos, agrotóxicos e muitos outros fatores que alteram o equilíbrio dos ecossistemas.

A água é um recurso vital para o ser humano, que depende dela desde o nascimento e ao longo de seu desenvolvimento, tanto físico como sócio-econômico. Visto que as principais cidades crescem a partir de um recurso hídrico, juntamente com o desenvolvimento populacional e agro-industrial, que são os principais responsáveis pela perda da qualidade da água (TAUK-TORNISIELO et al. 2008). Isto devido, principalmente, a falta de tratamento de rejeitos ou efluentes antes de descartá-los ou através de acidentes, possibilitando o “in put” de poluentes nos ambientes aquáticos.

Os diversos componentes presentes na água e que alteram suas características podem ser retratados por meio de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Tais parâmetros buscam de modo geral detectar condições mais ou menos restritas ao uso desse recurso essencial da natureza sejam pelo homem ou por outros seres presentes na biosfera (PALMA-SILVA, 2006).

Devido às dimensões cada vez maiores de degradação da qualidade dos corpos hídricos, medidas preventivas ou até mesmo corretivas em algumas regiões, são necessárias para garantir o suprimento de água nas cidades, indústrias e agricultura, como também a própria vida aquática. Esse quadro impõe a necessidade do monitoramento dos corpos hídricos para obtenção de dados referentes aos aspectos quantitativos e qualitativos da água (MORAIS, 2010).

Parâmetros microbiológicos, físicos e químicos devem respeitar valores exigidos por órgãos de saúde pública. A Resolução CONAMA nº 357 de 07 de março de 2005 (BRASIL, 2005) estabeleceu a classificação para águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.

Essa crescente e acelerada demanda pela água em decorrência do aumento das atividades antrópicas vem preocupando vários segmentos da sociedade, quanto à disponibilidade da mesma para os usos futuros. Especialmente no Estado de São Paulo, a maior parte das suas bacias hidrográficas já se encontra em situações onde medidas preventivas para conservação se tornaram ineficientes, necessitando de medidas de recuperação para as mesmas. Entre estas últimas destacam-se a preservação e recuperação de aquíferos, controle das principais fontes poluidoras, tratamento dos efluentes domésticos e industriais e recomposição da mata ciliar (PALMA-SILVA, 2006). Indiferentemente, na Bacia do Corumbataí, tais compromissos necessitam ser acelerados para acarretarem em desenvolvimento sustentável regional.

As ações como indústrias de mineração, pecuaristas, madeireiras, agricultores e a urbanização desordenada também são responsáveis pela destruição de matas ciliares, mesmo sendo protegida por lei desde 1965 através do Art. 2º do Código Florestal, Lei nº 4.771 de 15 de Setembro de 1965 (BRASIL, 1965), o qual estabeleceu que ao longo de rios ou de qualquer outro curso de água, desde o seu nível mais alto em faixa marginal a largura mínima, deve haver 30 metros de largura de mata ciliar para todos aqueles com menos de 10 metros de largura. Além disso, considerou-se que nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados “olhos d’água”, independentes de sua topografia, haja no mínimo um raio de 50 metros de largura de mata preservada ao redor dos mesmos.

A manutenção da mata nativa presente ao longo dos cursos e no entorno das nascentes tem extrema importância devido ao papel que esta desempenha para a proteção dos mananciais, controlando entrada de nutrientes e sedimentos, diminuindo a ocorrência de erosão nas ribanceiras; agindo na filtragem de poluentes e

contaminantes, como os agrotóxicos e fertilizantes e atuando também na absorção e interceptação da radiação solar. Esta última proporciona o equilíbrio térmico da água, determinando assim a manutenção das características físicas, químicas e biológicas de cada curso de água. Além de sua importância na teia alimentar envolvida nos cursos de água, onde suas folhas, flores e frutos fazem parte da dieta de animais aquáticos, aves e mamíferos silvestres, servindo de refúgio para algumas destas espécies (PRATA, 2006).

Todo esse interesse pela proteção dos recursos hídricos foi aprimorado a partir da abordagem por Bacias Hidrográficas, facilitando o manejo sobre os recursos naturais da bacia. Constituindo nas seguintes vantagens e características: desenvolvimento de estudos interdisciplinares, gerenciamento dos usos múltiplos e conservação, é uma unidade física com fronteira delimitada, um ecossistema hidrologicamente integrado, com componentes e subsistemas interativos e oferece oportunidade para o desenvolvimento de parcerias e resolução de conflitos. Permite ainda que a população participe no processo de decisão na educação ambiental e sanitária, garante alternativas para o uso de mananciais e de seus recursos, promove a integração de cientistas, gerentes e tomadores de decisão com o público em geral, permitindo que trabalhem juntos em uma unidade física com limites definidos. Acrescenta-se a possibilidade de uma integração institucional necessária para o gerenciamento do desenvolvimento sustentável (TUNDISI, 2003).

Existem diversos estudos envolvendo a bacia do rio Corumbataí, porém não fornecem condições reais de conhecimento da atual situação do Córrego Bandeirantes, não somente em relação à qualidade de suas águas, como também informações sobre fatores ambientais e ações antrópicas envolvendo esse corpo de água.

Além disso, o Córrego Bandeirantes está inserido numa zona de conflito, onde há construção do Fórum de Rio Claro na vertente direita, sendo essa uma região imprópria por contemplar a APP do mesmo, sendo assim, é imprescindível a análise ambiental da área bem como da qualidade da água do córrego, possibilitando detectar danos causados pelas obras e contribuindo com dados para futuras comparações em trabalhos semelhantes.

2. OBJETIVOS

Este estudo visou à realização do diagnóstico ambiental do Córrego Bandeirantes, por meio de coletas, análises e monitoramentos das águas e avaliação dos impactos ambientais de origem antrópica na microbacia deste manancial. Os principais objetivos são:

- monitorar os parâmetros de qualidade da água ao longo do Córrego Bandeirantes, como coliformes totais, *Escherichia coli* (*E. coli*) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), correlacionando com outros parâmetros usados para o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA);
- avaliar a toxicidade das águas do Córrego Bandeirantes nos vários pontos de coletas;
- determinar a presença de metais-traço nas amostras das águas do córrego;
- comparar os resultados obtidos com àqueles da legislação ambiental vigente, em especial a Resolução nº 357 – CONAMA, de 07 de março de 2005 (BRASIL, 2005);
- verificar as principais fontes poluidoras nas águas do Córrego Bandeirantes, e determinar os principais impactos antrópicos sofridos na área em estudo; e
- propor medidas mitigadoras para minimizar os efeitos dos impactos ambientais negativos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Constituição Federal de 1988 elegeu entre os seus princípios, no Artigo 225, o equilíbrio do ambiente ecológico como direito fundamental do homem. Todos os mananciais, inclusive os protegidos por lei, estão submetidos aos efeitos da poluição ambiental e a ocupação desordenada do solo. A qualidade dos corpos de água e a preservação ambiental são essenciais para garantir, de forma adequada, o aproveitamento humano.

Para um controle eficiente das bacias foram criados os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), os quais são colegiados de composições tripartites (representantes do município, órgãos estaduais e entidades representativas da sociedade civil, como universidades) equilibradas em igual proporção e com os mesmos direitos e poderes, para deliberar na tomada de decisão que irá influenciar o desenvolvimento sustentado da bacia.

Por isso, os comitês de bacia são considerados "o parlamento das águas". De acordo com Palma-Silva (2006), antes da criação desses, o gerenciamento da água era feito de forma isolada por municípios e Estado, as informações estavam dispersas em órgãos técnicos ligados ao assunto e os dados não eram compatíveis. Isso dificultava o planejamento sobre captação, abastecimento, distribuição, despejo e tratamento da água residuária e acarretava a realização de obras, concebidas de forma isolada, geralmente desperdiçando o dinheiro público. A falta de políticas públicas integradas e eficientes para manejo dos recursos naturais provocou a degradação de diversos rios.

A Lei Estadual nº 7.663 de dezembro de 1991, instituiu a Política de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos dividindo o Estado de São Paulo em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHIs. (SÃO PAULO, 1991) Tal atitude facilitou o gerenciamento dos recursos hídricos definindo limites e fronteiras para as principais bacias do Estado. O Córrego Bandeirantes está localizado na bacia do rio Corumbataí, inserido na UGRHIs 5 – Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Figura 1).

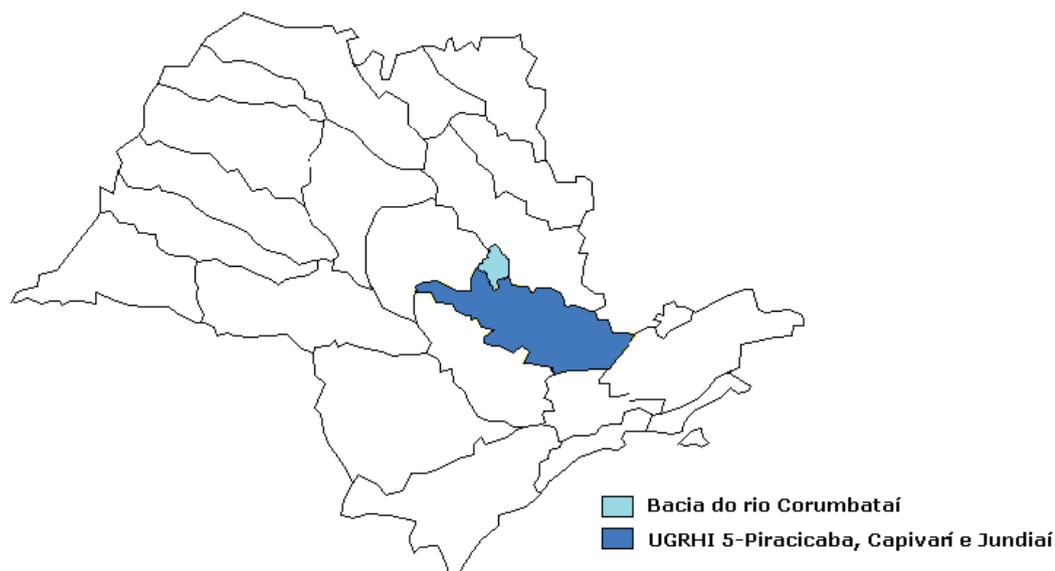


Figura 1. Localização da bacia do Rio Corumbataí nos limites da UGRHI 5 (Fonte: adaptada da CETESB, 2002 apud MORAIS, 2010).

Na esfera municipal foi criado, pelo Governo de São Paulo em 2009 como um aperfeiçoamento do projeto “Município Verde” após a assinatura do pacto internacional em defesa das águas, o projeto “Município Verde e Azul”, que tem por objetivo descentralizar a política ambiental estimulando a competência gerencial nos municípios e trabalhando conjuntamente na efetivação da agenda ambiental paulista. Cabe ao Estado prestar colaboração técnica e treinamento às equipes locais, com participação das Câmaras de Vereadores e as entidades civis, Conselhos Ambientais, representações ambientalistas e de representação da cidadania (SÃO PAULO, 2010).

Esta política ambiental descentralizada também visa promover a participação da sociedade na gestão ambiental. A adesão dos 645 municípios do Estado de São Paulo se deu a partir da assinatura de um “Protocolo de Intenções” que propõe dez diretrizes, entre elas: esgoto tratado, lixo mínimo, recuperação da mata ciliar e educação ambiental (SÃO PAULO, 2010).

O município de Rio Claro, em 2008, ainda pelo projeto “Município Verde” alcançou a posição 130, entre as 332 cidades participantes, sendo 54,99 sua nota. Em 2009, já com a adequação ao projeto “Município Verde Azul” seu desempenho caiu, ficando na posição 434, entre os 565 participantes, com 46,76 de nota. Nessa perspectiva mais palpável que estes projetos proporcionam para o município e a sociedade, é notável a dificuldade de Rio Claro diante das adequações às diretrizes de melhoria ambiental (SÃO PAULO, 2010).

A bacia do rio Corumbataí, no estado de São Paulo, a qual pertence o Córrego Bandeirantes, já foi cenário de diversos estudos, em épocas e com técnicas diferentes, abordando temas de modo geral ou parcial (MEDINILHA, 1999; CUNHA, 2000; COVRE, 2002; PEREZ, 2002; BÉDIA, 2004; PRATA, 2006; PALMA-SILVA, 2006; SILVA-MELO, 2008; TAUKE-TORNISIELO e ESQUIERRO, 2008). Tais estudos contribuíram para indicar a situação socioeconômica e ambiental da bacia do rio Corumbataí, porém, somente em Perez (2002) foi realizada a análise da água do Córrego Bandeirantes, evidenciando a necessidade de dados atuais sobre a qualidade do corpo hídrico.

A bacia do rio Corumbataí possui 1.710 km² de área de drenagem (TAUKE-TORNISIELO e ESQUIERRO, 2008) e abrange oito municípios, entre os quais três ocupam a maior parte de sua extensão, sendo eles: Analândia, Corumbataí e Rio Claro. As cidades que compõem a bacia do rio Corumbataí, além dessas três, são Itirapina, Ipeúna, Charqueada, Santa Gertrudes e Piracicaba.

Nas bacias, os diferentes níveis de monitoramento dos parâmetros de qualidade das águas de rios, lagos e reservatórios, constituem-se em importante instrumento de gestão ambiental e devem ser definidos de acordo com as características destas unidades envolvidas, levando em consideração não somente a qualidade da água, mas também as atividades desenvolvidas ao longo da área de drenagem.

Para o público em geral, a informação dos valores de concentrações de poluentes nos corpos de água tem pouco significado, devido às técnicas envolvidas na interpretação dos resultados. Por esse motivo, foram adotados Índices de Qualidade das Águas (IQA) que retratam, através de um índice global, a qualidade das águas em um determinado ponto de monitoramento (VON SPERLING, 2007 apud MORAIS, 2010).

A bacia hidrográfica do rio Corumbataí ainda contém água de boa qualidade, e representa alternativa para abastecimento público, todavia, vem sendo ocupada de forma desordenada com reflexos na qualidade das águas. Os altos índices de urbanização acarretam grande produção de resíduos domiciliares e lançamentos inadequados de efluentes industriais, devido principalmente aos atuais hábitos de consumo e a falta de consciência e educação ambiental.

No Art. 4º da Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) as águas doces estão definidas por classes de 1 a 4 e a classe especial, os rios da bacia do Corumbataí estão classificados como de classe 2 segundo as proposições do Decreto Estadual 10755 de 1977 que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água (DAEE, 2009)

Alguns fatores evidentes de degradação da bacia do Corumbataí foram identificados por Cunha (2000), como no Ribeirão Claro, que recebe os rejeitos da área oeste da cidade de Rio Claro, SP, pois serve para lançamento de esgotos domésticos e industriais “in natura” de cerca de 40% do total dos rejeitos produzidos, além de constantes problemas antrópicos e erosivos em suas margens. Outra fonte poluidora direta ou indireta é o depósito de 60 toneladas de resíduos (industrial, doméstico, hospitalar e limpeza das áreas pavimentadas) extraídos diariamente de toda cidade.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Pontos de amostragem

O Córrego Bandeirantes localiza-se na cidade de Rio Claro, a qual está inserida na parte média da Bacia Hidrográfica do Rio Corumbataí, sendo uma área altamente antropofizada pela expansão urbana situando-se na região central do Estado de São Paulo (SILVA-MELO, 2008). Foram estabelecidos 3 pontos de coleta, determinados pela facilidade, sendo estes na nascente P1 (UTM: E= 238013 km, N= 7522287 km), outro no ponto a jusante da travessia do estradão P2 (UTM: E= 238235 km, N= 7521922 km) e o terceiro próximo a foz no Ribeirão Claro P3 (UTM: E= 238775 km, N= 7521435 km) (Figura 2).

As coletas foram realizadas mensalmente sempre entre 14 e 15 horas, e preferencialmente nas primeiras semanas do mês. O período de coletas se estendeu de janeiro a julho, buscando contemplar o período quente e úmido, referentes às coletas de janeiro e março, e o período frio e seco, pertinente aos meses de abril, maio, junho e julho.



Figura 2. Localização dos pontos de coleta no Córrego Bandeirantes (Fonte: Base Aerofotogrametria e Projetos S. A. – Ceapla/ IGCE/ UNESP- Rio Claro – Foto 1356283, de escala 1:30000, 2006).

Houve alteração do ponto P2 de maio até o final das coletas por dificuldade de acesso ao anteriormente utilizado, em decorrência a construção do Fórum Municipal e o desrespeito com a Área de Proteção Permanente e à própria cava principal do córrego aqui estudado. Supõe-se que esta mudança pode ter sido de efeito insignificante visto que há uma diferença de aproximadamente 10m a jusante do antigo ponto. A Figura 3 mostra o ponto P1, correspondente à nascente do Córrego aqui em estudo. A Figura 4 mostra detalhes do ponto P2 (entre janeiro e maio) e a Figura 5, a foz deste Córrego, no ponto P3.



Figura 3. Nascente do Córrego Bandeirantes ou ponto P1.



Figura 4. Ponto P2 onde há a travessia do Estradão sobre o Córrego Bandeirantes.



Figura 5. Próximo à confluência com o Ribeirão Claro ou ponto P3. Esta figura deve ser retirada e substituída por outra.

4.2. Metodologia de Coletas de Água

As coletas foram realizadas na metade do corte da calha principal do Córrego, exceto na nascente, onde a amostra foi coletada diretamente do tubo de onde mina a água (Figura 3). Os frascos utilizados na coleta eram de polietileno de 1 L e de 0,3 L, estes, especialmente para a análise de coliformes totais e *E. coli* foram esterilizados, devidamente fechados com uma tampa e um papel protetor. Depois de finalizada a coleta de aproximadamente 2,3 L em cada ponto, as amostras foram encaminhadas ao laboratório em caixas térmicas com gelo e prontamente realizadas as análises necessárias, ou então, armazenadas corretamente para posteriores determinações.

Todos os procedimentos adotados para coleta, transporte e armazenamento de amostras estão de acordo com o Guia de Coleta e Preservação de Amostras (CETESB, 1987). Para obtenção de resultados de DBO, coliformes totais, *E. coli*, toxicidade e metais-traço foi realizada uma única medição em cada coleta e em cada amostra.

4.3. Metodologia Analítica da Qualidade da Água

4.3.1. Parâmetros biológicos

a. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)

O teste é usado para medir a quantidade de oxigênio consumido por organismos durante a decomposição da matéria orgânica na amostra. Consiste na determinação de OD, em amostra antes e após do período de incubação, usualmente 5 dias, a uma temperatura de 20 °C. O teste usado foi o da incubação da amostra contendo os reagentes do kit da Hatch, utilizando-se do aparelho de marca Hatch (Figura 6), modelo BOD Tratem, segundo o método 5210 do Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998).



Figura 6. Aparelho utilizado para incubação da amostra marca Hach, modelo BOD Trak™

b. Escherichia coli e Coliformes Totais (NMP.100mL⁻¹)

Para a quantificação dos indicadores microbiológicos foi utilizada a metodologia descrita na Seção 9223B – Enzyme Substrate Coliform Test do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). O kit do sistema Colilert[®] é utilizado para detecções simultâneas, identificações específicas e confirmativas de coliformes totais e *E. coli* em água continental natural ou tratada. O Colilert[®] (sistema patenteado por IDEXX Laboratories) utiliza nutrientes (açúcares ligados a radicais orgânicos cromogênicos) que fazem com que os microrganismos de interesse presentes na amostra produzam uma mudança de cor (ou fluorescência) no sistema inoculado (Figura 7).



Figura 7. Presença de *E. coli* indicada pela fluorescência das celas do sistema Colilert onde foram colocadas amostras das águas de coletas.

As enzimas específicas, e, portanto características dos coliformes totais (Beta galactosidase) e da *E. coli* (Beta-Glucoronidase) ao metabolizarem os nutrientes, ONPG (o-nitrofenil- Beta- D-galactopiranosídeo) e MUG (4-metil-umbeliferil- Beta - D-glucoronídeo) causam a liberação do radical orgânico cromogênico, e como consequência, a amostra passa a apresentar uma coloração específica amarela para coliformes totais (ONPG) (Figura 8), e fluorescência (na presença de luz ultravioleta a 365 nm) para *E. coli* (MUG).

Cada amostra de água, após as diluições necessárias, recebeu o meio Colilert e foi colocada em cartela Quanti-Tray/2000TM que possui 97 poços que são usados para detecção e quantificação das bactérias de interesse nas amostras. As cartelas foram posteriormente seladas e incubadas a uma temperatura de 35 °C por 24 horas.



Figura 8. Presença de coliformes totais indicada pela coloração amarela nas celas do sistema Colilert que receberam amostras de água das coletas.

4.3.3. Parâmetros de toxicidade

Para toxicidade, baseou-se no método de ensaio da CETESB L5 018 (CETESB, 1994) que testa a toxicidade aguda com a exposição de indivíduos jovens de *Daphnia similis* a várias concentrações do agente tóxico, por um período de 24 ou 48 horas. Determina-se assim a concentração capaz de causar imobilizações a 50% dos organismos expostos nas condições estabelecidas no método e possibilitando determinar o nível de toxicidade do córrego em questão.

4.3.4. Parâmetros de metais-traço

No caso da análise de metais-traço, foi utilizada a técnica amplamente reconhecida para análises ambientais, espectrometria de Emissão Óptica com Plasma de Argônio

(ICP-OES), a qual é multielementar e rápida, permitindo a determinação simultânea de seus constituintes maiores, menores e traços. Embora sua sensibilidade, para muitos elementos como Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, não seja muito baixa, não existe grande diferença quando se compara à Espectrometria de Absorção Atômica, porém, ela é sensível para elementos metálicos refratários, como Be, e também alguns não metálicos como P.

A capacidade de um corpo de água suportar vida aquática, como também sua conveniência para outros usos depende, entre outros, de elementos traço. Metais como, por exemplo, Mn, Zn e Cu em concentrações traço são importantes para as funções fisiológicas de organismos e para regular muitos processos bioquímicos. Porém, o mesmo metal lançado nos corpos hídricos em altas concentrações pode ter efeitos toxicológicos severos aos organismos que vivem e/ou aos que se suprem desse corpo de água (RODRÍGUEZ, 2001 apud MORAIS, 2010).

Os resultados são obtidos através de métodos analíticos onde há um limite de detecção, o qual é a menor quantidade de analítico numa amostra que pode ser detectada mas não necessariamente quantificada, no caso o limite de detecção foi calculado por:

$$LD = (3 \times Dpb) / S$$

onde:

LD: Limite de detecção

Dpb: Desvio Padrão do Branco (obtido através de dez leituras do branco e calculado o desvio padrão dos dez valores obtidos)

S: Sensibilidade (inclinação da curva de calibração obtida com padrões nas concentrações (25ppb, 50 ppb, 100 ppb)

4.3.5. Índice de qualidade da água (IQA)

A CETESB a partir de um estudo realizado em 1970 pela *National Sanitation Foundation Institution* adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas, o qual, a partir de um estudo realizado em 1970, foi adaptado pela CETESB (CETESB, 2009). Este índice contempla 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas: temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), DBO, coliformes termotolerantes (*E. coli*), nitrogênio total, fósforo, sólidos (resíduos) totais e

turbidez Estes determinados em estudos paralelos e concomitantes A equação utilizada para a determinação do Índice de Qualidade da Água é (CETESB, 2009):

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

onde:

IQA: índice de Qualidade das Águas (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;

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;

i: número do parâmetro, variando de 1 a 9 (n = 9, ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA).

O somatório dos pesos de todos os parâmetros é igual a 1, ou seja:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas e classificá-las numa escala de 0 a 100 (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação das águas segundo o IQA desenvolvido pela CETESB.

Categoria	Ponderação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises realizadas nos laboratórios do Centro de Estudos Ambientais (CEA) e no Departamento de Bioquímica durante os meses de Janeiro a Julho, exceto Fevereiro, são apresentadas a seguir.

Como mencionado anteriormente, os rios da bacia do Corumbataí estão classificados como de classe 2 segundo as proposições do Decreto Estadual 10755 de 1977 que dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água (DAEE, 2009). Dessa forma o Córrego Bandeirantes foi considerado pertencente à mesma classe, e seus aspectos serão comparados ao limites impostos pela Resolução CONAMA 357/20075 (BRASIL, 2005) aos rios de classe 2.

5.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A Resolução do CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabeleceu limites e/ou condições para o parâmetro DBO que não devem ultrapassar 5 mg.L^{-1} para rios de classe 2. Durante as análises verificou-se que aproximadamente 33% das amostras apresentaram valores iguais ou abaixo desse e que no ponto P3 todas as amostras tiveram valores maiores a este limite estabelecido. No período chuvoso, estes valores não excederam 10 mg.L^{-1} correspondendo à classe 3, porém no inverno seco os valores foram bem maiores, podendo ser comparados com aqueles dos corpos hídricos de classe 4.

Tabela 2 - Valores de DBO (mg.L^{-1}) referentes aos pontos P1, P2, e P3 no Córrego Bandeirantes.

DBO	P1	P2	P3
Janeiro	5	4,6	5,4
Março	6,9	8,7	9,3
Abril	12,3	21,5	21,2
Maiο	0,3	1,9	19,5
Junho	32,5	0	44,2
Julho	0	96	88

Os resultados corresponderam a dois tipos de comportamento em seis meses de análise. Primeiramente, nas coletas 1, 2, 3, 4 e 6, baixos valores foram verificados no ponto P1, não ultrapassando 13 mg.L^{-1} . No ponto P2 estes valores tiveram discreto acréscimo e se mantiveram aproximadamente no mesmo patamar ao atingir o ponto P3 (Figura 9).

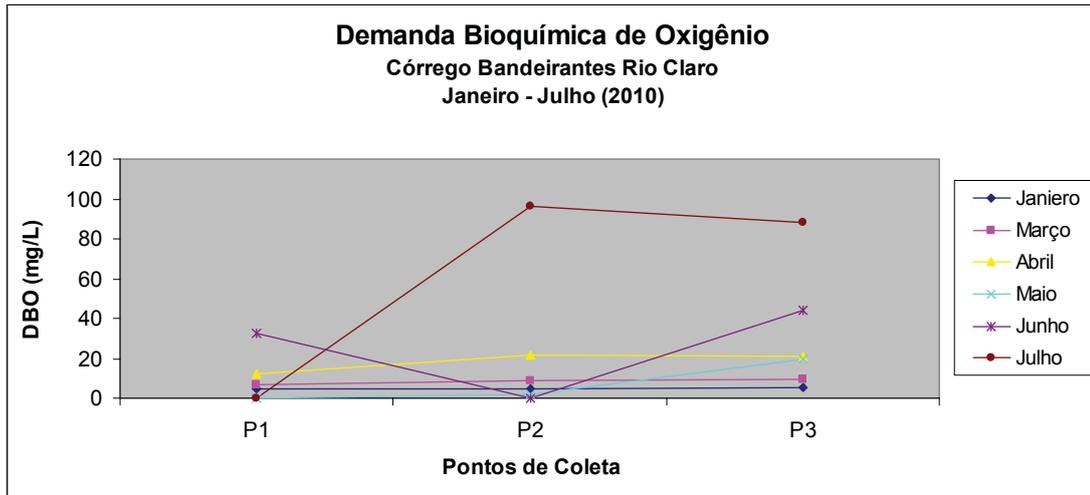


Figura 9. Resultados dos valores de DBO (mg.L^{-1}) referentes aos pontos P1, P2 e P3, no Córrego Bandeirantes.

Os valores de DBO nas amostras de água das coletas 4, 5 e 6 aumentaram em relação àqueles verificados no ponto P2.. Além disso, na coleta 5 registrou-se valor maior no ponto P1 quando comparado àquele encontrado no ponto P2, discordando totalmente do observado para os outros meses de coletas das amostras de água. Isto pode ser decorrente dos fatores específicos do dia e hora da coleta, como diferentes emissões de poluentes orgânicos, ou uma chuva atípica nos dias anteriores à coleta, ou até mesmo uma falha técnica causada pelo equipamento no momento da análise do parâmetro.

Pelo fato da DBO somente medir a quantidade de oxigênio consumido em um teste padronizado, não indica a presença de matéria não biodegradável, nem leva em consideração o efeito tóxico de materiais sobre a atividade microbiana, portanto, não deve ser tomada como elemento de valor absoluto na determinação da qualidade e, menos ainda, da potabilidade da água (CETESB, 2002).

5.2. Coliformes Totais

A Resolução CONAMA nº 357/2005 (BRASIL, 2005) não estabeleceu limites para coliformes totais, pois este grupo de bactéria pode ter ocorrência natural na água não é eficiente na identificação de contaminação fecal. Os padrões microbiológicos encontrados na Resolução atual são somente para coliformes termololerantes ou *Escherichia coli*. No entanto, o Decreto Estadual 8468/1976 (SÃO PAULO, 1976) estabelece que para rios de classe 2, NMP de até 5000 por 100 mL em 80% ou mais

das amostras analisadas. A Resolução CONAMA nº 20 de 1986 (BRASIL, 1986), que antecede a Resolução CONAMA 357/2005 previa este mesmo valor como limite máximo.

Tabela 3 - Valores de Coliformes Totais (NMP) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

C. Totais	P1	P2	P3
Janeiro	98	988000	816400
Março	2	325500	33600
Abril	3	133300	111000
Maio	432000	2755000	77600
Junho	9,8	49400	50400
Julho	0	920800	104300

Os resultados obtidos nos pontos P2 e P3 não se enquadraram dentro do limite definido pelo Decreto Estadual 8468/1976 (SÃO PAULO, 1976) em todos os meses amostrados, seus valores ultrapassaram até o padrão estabelecido para rios classe 3. Enquanto na nascente, isto é, ponto P1, apenas na coleta 4, referente a maio, o valor ultrapassou o limite de 5000 NMP. É possível enquadrá-lo (P1) na classe 2, já que os valores não excederam o exigido em 83% das amostras.

Porém, pode-se considerar que no Córrego Bandeirantes somente 28% do total de amostras estão com seus valores abaixo de 5000 NMP, isto é, fora do estabelecido para recursos hídricos do tipo classe 2. O resultado indica, portanto, que há necessidade de controlar o descarte de resíduos para dentro da cava principal do córrego estudado.

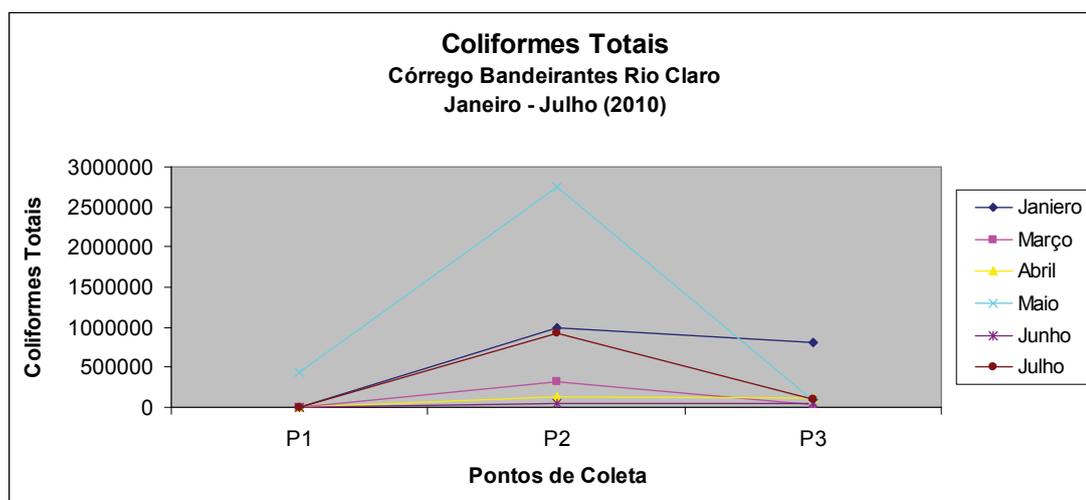


Figura 10. Valores de coliformes totais (NMP) nos pontos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes, durante as seis coletas de amostras de água.

Os valores que indicam a presença de coliformes totais no Córrego Bandeirantes seguiram o mesmo comportamento em todas as coletas, apresentando maiores números no ponto P2. Todavia, na coleta 6 ocorreram altos valores neste mesmo ponto. Estes decaem ao atingir o ponto P3 (Figura 10), demonstrando que apesar de alto grau de poluição e de degradação ambiental, o córrego em estudo apresenta autodepuração, que poderá ser determinada em estudos posteriores. Nas coletas de 4 a 6 foram constatados maiores valores de coliformes totais durante período seco e frio. Isto também tem sido observado em outros estudos realizados no rio Cabeças (MORAIS, 2010) e no rio Itapetininga (Estudos em andamento realizados por Vinícius Mori). No período quente e úmido os valores foram menores, distinguindo claramente os resultados obtidos nas primeiras coletas em comparação aos das últimas considerando a sazonalidade.

5.3. *Escherichia coli*

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), rios de classe 2 não deverão exceder o limite de 1000 NMP por 100 mL de *E. coli*, em 80% ou mais das amostras analisadas. Os pontos P2 e P3 novamente não se enquadraram dentro do padrão exigido de 1000 NMP em 80% das amostras analisadas, para rios de classe 2, pois o resultado foi de aproximadamente 83% de valores superiores ao padrão. No ponto P1, porém, em nenhuma das coletas foram verificados valores que tivesse ultrapassado o limite definido pela lei vigente. Em geral, aproximadamente 67% das amostras estão acima do limite, conferindo assim a impossibilidade de se enquadrar na classe 2 (Tabela 4 e Figura 11).

Tabela 4 - Valores de *Escherichia coli* (NMP) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

E. Coli	P1	P2	P3
Janeiro	1	83300	38900
Março	0	16100	33600
Abril	0	15200	4000
Maior	0	12200	5200
Junho	0	88900	4100
Julho	0	12100	3780

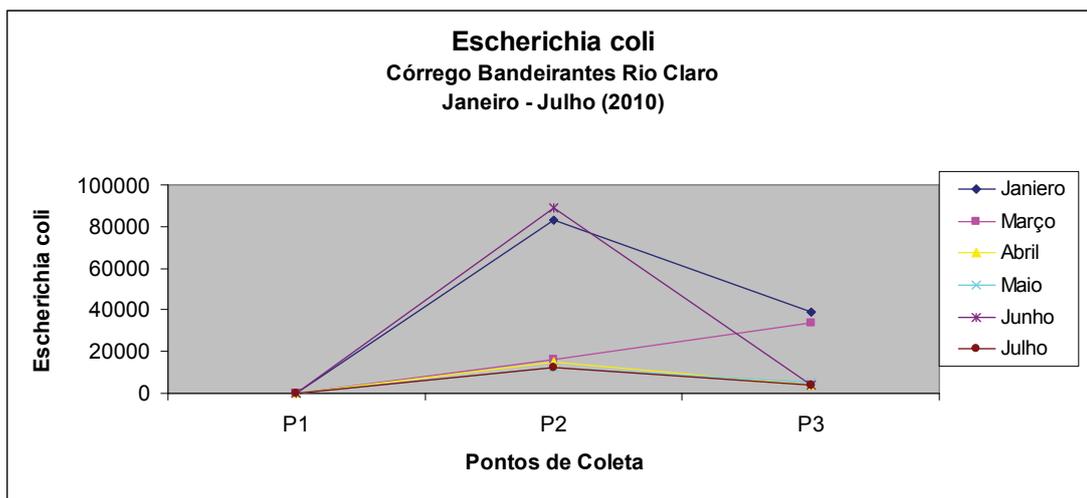


Figura 11. Valores de *Escherichia coli* (NMP) observados nos pontos P1, P2, e P3 de coletas de amostras de água do Córrego Bandeirantes.

Os valores de *E. coli* apresentaram comportamento semelhante entre os meses de coleta, isto é, extremamente baixos no ponto P1, atingindo um pico em P2, e por final, decrescendo ao atingir o P3 (Figura 11). As coletas de número 1, 2 e 5 apresentaram os maiores valores, enquanto as coletas 3, 4 e 6 tiveram valores parecidos entre si e inferiores ao restante. Este comportamento semelhante aos parâmetros discutidos anteriormente indicam que o ponto P2 está sofrendo de uma grande contaminação fecal.

O critério para que as bactérias sejam consideradas indicadoras de poluição de origem fecal ideais é porque estão presentes em grande número nas fezes humanas e de animais. Conseqüentemente, devem ser ausentes em águas limpas e serem detectáveis por métodos simples (PELCZAR Jr et al., 2005 apud MORAIS, 2010). A bactéria *E. coli* é representante do grupo dos coliformes e satisfaz a maior parte destes critérios, por isso é utilizada como indicadora de poluição em estudos de qualidade da água.

5.4 Toxicidade

Todas as amostras tiveram ponderação nula quanto à toxicidade em relação à *Daphnia similis*. Podendo se justificada pela inexistência de agentes tóxicos nas águas do Córrego Bandeirantes em relação a este organismo (Tabela 5). Pode ser identificada possível toxicidade em relação à outro tipo de técnica, caso seja utilizada.

Tabela 5 - Valores de Toxicidades referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

Toxicidade	P1	P2	P3
Janeiro	0	0	0
Março	0	0	0
Abril	0	0	0
Maior	0	0	0
Junho	0	0	0
Julho	0	0	0

5.5. Metais-traço

Os metais podem ser introduzidos nos sistemas aquáticos como resultados de processos naturais como intemperismo, erosão e erupção vulcânicas ou em decorrências às inúmeras atividades realizadas pelo homem. Nas águas, os metais podem ser encontrados nas formas particulada, coloidal e dissolvidos e, dependendo de sua forma química, podem ser acumulados por organismos vivos. Estes metais podem ser encontrados ainda imobilizados pela matéria orgânica, principalmente substâncias húmicas, através do processo de adsorção (TAUK-TORNISIELO et al., 2008).

Nas últimas décadas, com o crescimento populacional e a intensificação de atividades humanas que envolvem o uso metais-traços, suas concentrações têm aumentado de forma generalizada nos corpos hídricos, em níveis que ameaçam a biota aquática e também nos organismos terrestres que dela se suprem, incluindo o homem (MORAIS, 2010)

5.5.1 Cádmio

A concentração do elemento cádmio no Córrego Bandeirantes não foi detectada em nenhuma amostra, certamente por não atingir valores perceptíveis pela metodologia aplicada ou pela sensibilidade do equipamento (Tabela 6). A Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) estabeleceu o nível aceitável para o elemento cádmio total de 0,001 mg.L⁻¹ de água. Os fertilizantes utilizados na agricultura podem apresentar metais como impurezas, entre eles o Cd e quando presentes podem ser decorrentes do insumo agrícola (TINTOR, 2008; MORAIS, 2010).

Tabela 6 - Valores da concentração de Cádmio (mg.L^{-1}) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

Cd	P1	P2	P3
Janeiro	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013
Março	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013
Abril	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013
Maior	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013
Junho	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013
Julho	< 0,00013	< 0,00013	< 0,00013

5.5.2. Níquel

O nível estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) é de $0,025 \text{ mg.L}^{-1}$ para rios pertencentes à classe 2. A maior concentração, no entanto, obtida nas análises foi de $0,004254 \text{ mg.L}^{-1}$ no ponto P1 na coleta referente a julho, evidenciando que o Córrego Bandeirantes está dentro limite exigido por lei quanto à concentração de níquel (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores da concentração de Níquel (mg.L^{-1}) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

Ni	P1	P2	P3
Janeiro	0,004254	0,003034	0,001824
Março	0,001321	0,001682	0,001477
Abril	0,001624	0,001712	0,001584
Maior	0,001258	0,001387	0,0015
Junho	0,00293	0,002124	0,001839
Julho	0,001115	0,001771	0,001933

5.5.3. Cobre

De acordo com o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) de $0,013 \text{ mg.L}^{-1}$ é perceptível que o Córrego Bandeirantes está com um nível aceitável de carga do elemento Cu, como demonstrado na tabela 8, onde o maior valor obtido foi $0,009017 \text{ mg.L}^{-1}$, referente ao ponto 2 na sexta coleta.

Tabela 8 - Valores da concentração de Cobre (mg.L^{-1}) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

Cu	P1	P2	P3
Janeiro	0,00174	0,00212	0,00261
Março	< 0,00133	0,0022	< 0,00133
Abril	0,00193	0,00602	5,642
Maiο	0,00177	0,00807	0,00587
Junho	< 0,00133	0,00683	0,005
Julho	< 0,00133	0,00902	0,00233

5.5.4. Zinco

Para o elemento Zn, a concentração aceita pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) não deve ultrapassar $0,18 \text{ mg.L}^{-1}$, entretanto, os valores obtidos nas análises respeitaram esse limite, onde o maior valor registrado foi de $0,072 \text{ mg.L}^{-1}$ para P1 coleta 1, permitindo o Córrego Bandeirantes ser enquadrado na classe 2, para este íon (Tabela 9).

Tabela 9 Valores da concentração de Zinco (mg.L^{-1}) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

Zn	P1	P2	P3
Janeiro	0,072	0,030	0,01914
Março	0,04228	0,03793	0,04182
Abril	0,06227	0,03033	0,03259
Maiο	0,01374	0,009887	0,003447
Junho	0,05915	0,02592	0,01319
Julho	0,004942	0,02074	0,01906

5.5.5. Chumbo

O limite de chumbo definido pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) é de $0,033 \text{ mg.L}^{-1}$. Nos resultados obtidos pelas análises, os valores estavam abaixo de $0,00175 \text{ mg.L}^{-1}$, exceto na coleta 6 no ponto P2, que registrou $0,008719 \text{ mg.L}^{-1}$, podendo ser decorrente a qualquer erro analítico (Tabela 10), já que todos os valores estão abaixo do limite imposto pela lei, podendo enquadrar o córrego na classe 2. Pode ser ainda considerado que qualquer outro tipo de fator ambiental possa ter contribuído para o acréscimo deste metal-traço no córrego em estudo.

Tabela 10 Valores da concentração de Chumbo (mg.L^{-1}) referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

Pb	P1	P2	P3
Janeiro	< 0,00170	< 0,00170	< 0,00170
Março	< 0,00171	< 0,00170	< 0,00170
Abril	< 0,00172	< 0,00170	< 0,00170
Maior	< 0,00173	< 0,00170	< 0,00170
Junho	< 0,00174	< 0,00170	< 0,00170
Julho	< 0,00175	0,00872	< 0,00170

5.6 IQA

A Tabela 11 mostra os valores referentes ao IQA do Córrego Bandeirantes nos 3 pontos de coleta e nos meses de março a julho, ou seja, da coleta 2 a 6. Os resultados do ponto P1 se enquadram na classificação boa (variando de 52 a 74), exceto na coleta 2 que se classifica como ótima (84). No ponto P2, as coletas 2, 4 e 5 estão classificadas como boas (54, 59 e 57 respectivamente), enquanto que na coleta 3 foi classificada como regular (46) e na coleta 6 como ruim (36), sendo este último valor o pior resultado observado quanto a qualidade das águas. No ponto P3 as coletas 2 e 4 se enquadram na classificação boa (respectivamente 55 e 53), enquanto o restante se classifica como regular (variando de 37 a 51).

Dessa forma, uma amostra se enquadra na classificação ótima, outras 10 (67%) estão no nível de qualidade boa, enquanto as 4 restantes (27%) estão regulares quanto ao índice de qualidade.

Todavia, essa porcentagem considerável de 67% amostras boas pode designar uma aparência positiva ao córrego, porém o cálculo do IQA, além de ser um meio de informação principalmente para leigos, onde seus parâmetros são resumidos a uma única nota, ele é baseado em aproximações e pesos, pertinentes a cada parâmetro, o que pode mascarar ainda mais seu resultado final, não condizendo com o que realmente acontece na água.

Tabela 11 Valores do IQA referentes aos P1, P2, e P3, no Córrego Bandeirantes.

IQA	P1	P2	P3
Março	84	57	54
Abril	67	46	51
Maior	74	59	53
Junho	52	54	45
Julho	73	36	37

5.7 Aspectos Ambientais da Área Estudada

Além dos resultados analisados em laboratório, o aspecto do meio físico ao qual o Córrego Bandeirantes está inserido também foi considerado, principalmente por ser um córrego localizado dentro da cidade e sufocado pela expansão urbana acentuada. As principais agressões e impactos à natureza estão ligados ao crescimento desordenado da cidade, ao desrespeito com o meio ambiente, e ao descaso das autoridades responsáveis pela preservação dos recursos naturais, como rios, lagos, matas ciliares, fauna e flora.

O primeiro impacto é verificado no entorno da nascente, onde muitos domicílios estão construídos não permitindo que a mata ciliar atinja os 50 metros exigidos por lei, além disso, possui algumas trilhas de acesso ao olho da água, deixando-o vulnerável e acessível aos moradores locais, o que foi comprovado durante uma coleta, quando os proprietários das casas mais próximas à nascente assumiram que utilizavam daquela água para consumo, mesmo desconhecendo sua potabilidade.

A escassez da mata ciliar e a construção de casas em locais indevidos são provenientes do crescimento desordenado da população, a qual descarta o que consome mesmo não tendo onde descartá-los. Quando combinada a proximidade ao córrego com a grande quantidade de resíduos gerados o resultado é o desrespeito ao meio ambiente, pois montantes de lixo são acumulados próximo à nascente e ao longo da trilha de acesso, como o representado na Figura 12 (a, b, c, d) e verificado em todas as coletas realizadas na área.



Figura 12 a, b, c, d. Aspectos da trilha de acesso à nascente utilizada como bota-fora.

Outro caso semelhante encontra-se na vertente esquerda do córrego, a montante da travessia, há uma espécie de lixão, onde os resíduos são abandonados por moradores, carroças e camionetes que geralmente vem de outros bairros para entulhar todo tipo de lixo a céu aberto, como é mostrado na Figura 13. O agravante é que o local é acessível e frequentado por crianças que passam e até mesmo se divertem no local, o que foi recorrentemente verificado durante as coletas.



Figura 13. Porção esquerda da vertente do Córrego Bandeirantes entulhada por resíduos descartados pela população.

Na região do ponto P2, onde o Estradão corta o córrego, estão os principais impactos ao ambiente verificados durante as coletas. Primeiramente, o abandono da

obra de travessia é evidenciado pela grande quantidade de resíduos e mato no local, como visto na Figura 14 (a, b), no mesmo ponto há uma manilha no fundo do córrego, a qual pode ter sido destruída por chuva ou mesmo abandonada durante obras nesta área. O Estradão não está pavimentado, além disso, não há nenhuma obra de microdrenagem com capacidade de amortecimento ou contenção da água de chuva, isso faz com que a contribuição dos bairros mais altos atinja os pontos mais baixos com grande velocidade, erodindo as vertentes mais susceptíveis, ou seja, aquelas sem cobertura vegetal e solo que são facilmente desagregados (Figura 15). Conseqüentemente, o solo carregado pela chuva chega ao ponto mais baixo da microbacia do Córrego Bandeirantes, contribuindo com o processo de assoreamento do mesmo.



Figura 14.Obra de travessia em estado de abandono (a) e manilha “encaixada” no fundo do córrego (b).



Figura 15. Canal formado pela grande quantidade de chuva e pela falta de estruturas de microdrenagem no Estradão.

A construção do Fórum ocasionou a alteração do ponto P2, deslocando-o cerca de 10 metros a jusante do anterior, o acesso ao novo ponto era facilitado pela trilha entre ao resquício de mata ciliar e a plantação de eucaliptos que existe na margem esquerda (a jusante da travessia) (Figura 16). Porém havia a necessidade de ultrapassar, tanto

na margem esquerda como na margem direita, a cerca de arame farpado que delimita a mata ciliar entre os pontos 2 e 3 como pode ser visto na Figura 17.



Figura 16. Obras para a implantação do Fórum de Rio Claro na vertente direita do Córrego Bandeirantes.



Figura 17. Parte da mata ciliar cercada por arame farpado.

Ao longo desse trecho, os impactos como descarte de resíduos na várzea do córrego e o déficit da vegetação ribeirinha denunciam a freqüente utilização da área por pessoas que não respeitam o recurso hídrico, foi verificada uma enorme quantidade de material carregado pelas águas da chuva, que após lavarem o lixo abandonado nas ruas e calçadas da cidade, o trazem para dentro do córrego, prejudicando ainda mais a situação do leito, tal evento é mostrado na Figura 18 (a, b, c e d).



Figura 18: Resíduos (a, b, c) que vieram carreados das ruas pela água da chuva, e também os que foram descartados por freqüentadores do local (d).

Ainda entre os pontos P2 e P3, verificou-se que a várzea do córrego é utilizada como local para criação de cavalos, como já foi presenciado por Silva-Melo (2008) e mostrado na Figura 19. Essa prática implica em aumento da poluição da água, por conta dos dejetos dos animais, surgimento de insetos e carrapatos no local, e possibilidade de destruição das mudas de árvores plantadas no mesmo por estudantes da UNESP. Tal atividade está entre as únicas iniciativas de aspecto positivo presenciadas durante as coletas realizadas no córrego para o presente estudo. Há necessidade, porém, de acompanhamento das mudas para que estejam protegidas e livres de danos causados por animais e pessoas que cruzam o local.



Figura 19. Utilização da várzea como pasto para criação de animais.

No terceiro ponto, a principal dificuldade foi pelo fato da proximidade com o Ribeirão Claro, ou seja, uma composição da mata ciliar dos dois corpos da água impossibilitando a sua travessia, somada a um solo extremamente encharcado, por contemplar a planície de inundação do Córrego Bandeirantes e do Ribeirão Claro, dificultando a caminhada até o curso da água para realização da coleta, principalmente nos meses de janeiro, março e abril.

Entre os impactos verificados neste trecho, porém, está a escassez de vegetação, que apesar de ser bastante densa em alguns pontos específicos, está tomada de clareiras em outros, há também, a presença de animais, dejetos e resíduos provindos de enxurradas e do descaso daqueles que frequentam o local, principalmente para entretenimento, o que foi presenciado durante os dias de coleta. A Figura 20 demonstra facilidade de coletar onde houve devastação da mata ciliar e o estado de degradação no ponto P3.



Figura 20. Escassez de mata ciliar e abundância de lixo no corpo da água.

Após a realização do diagnóstico ambiental conclui-se que medidas de prevenção a impactos são as melhores maneiras de se obter um equilíbrio dinâmico do meio ambiente. Inúmeras atitudes poderiam ser tomadas a fim de evitar danos como poluição da água, entre elas, tratamento de esgoto seria primordial, a manutenção da mata ciliar como mecanismo de controle de entrada e saída de elementos no corpo hídrico seria imprescindível e a educação e consciência ambiental seria essencial. Dessa forma, possibilitaria preservar os recursos naturais envolvidos na teia de uma microbacia, considerada um conjunto fatores interligados entre si, e não tentando resolver através medidas independentes, desconsiderando o dinamismo das relações ambientais.

As atitudes preventivas, no entanto, não são tomadas e o meio ambiente fica delegado a medidas remediadoras para consertar estragos e impactos causados anteriormente. Porém, remediação pode não ser tão eficiente se aplicada de forma incorreta e muito tardia, tornando um problema que poderia ser resolvido por uma simples ação prévia numa situação de difícil resolução sem expectativa de sucesso.

Nesse contexto verifica-se que uma ação imediata é necessária, antes que a situação crítica do Córrego Bandeirantes acentue ainda mais. A água é um elemento essencial tanto para o ser humano como para a manutenção da natureza e seu equilíbrio, então é preciso zelar pelo valor que a ela possui e protegê-la para que seja possível usufruir com saúde e qualidade pelas próximas gerações.

6. CONCLUSÕES

O monitoramento dos parâmetros da qualidade das águas ao longo do Córrego Bandeirantes demonstrou que nove amostras (60,0%) estão no nível de qualidade boa, segundo o IQA, uma na condição ótima (6,7%), uma na qualidade ruim (6,7%) e quatro (26,6%) enquadradas no nível regular. Em relação à toxicidade, não há evidências de toxicidade das águas deste córrego, desde sua nascente até próximo de sua foz, no Ribeirão Claro. A ocorrência de metais-traço também foi evidenciada, porém em valores muitas vezes abaixo da sensibilidade do aparelho utilizado.

Porém, a área estudada encontra-se seriamente degradada por impactos antrópicos que poderiam ser evitados com realização de educação ambiental, como abandono de resíduos, descaso com a preservação da vegetação ribeirinha, entre outros. Além disso é de caráter de urgência a preocupação com a infraestrutura do local e de toda a cidade, através de obras de micro e macrodrenagem, evitando assim assoreamento do córrego e evitando futuros alagamentos.

A partir desse estudo, pode-se evidenciar a desconsideração pela proteção e preservação do meio ambiente por parte de autoridades e da população. É de extrema urgência a necessidade de monitoramento constante da água do Córrego Bandeirantes, e de tantos outros que possam estar mais degradados e ainda não tiveram oportunidade de ser estudados.

7. RECOMENDAÇÕES

Além do monitoramento da qualidade da água é necessária a fiscalização da mata ciliar, bem como sua recomposição. Medidas de desapropriação de construções em locais impróprios ou de risco devem ser avaliadas caso a caso, e gerenciados de forma a agredir o mínimo ao meio ambiente e à privacidade dos envolvidos. No caso do Córrego Bandeirantes é imprescindível a recomposição da vegetação e o posterior acompanhamento da mesma, para que tenha crescimento efetivo, manutenção constante, protegendo e cultivando, para o bem estar da fauna, flora e principalmente da água, e se possível atingir a classificação como ótima nas análises de IQA futuras.

Uma iniciativa interessante seria a criação de programas ministrados por autoridades, como Prefeitura, Universidade ou ONGs em formas de palestras, caminhadas, apresentação de trabalhos que divulgassem a educação ambiental em áreas de preservação que hoje estão ocupadas, possibilitando a manutenção do meio na forma em que se encontra, e buscando beneficiá-lo com atitudes de reflorestamento da margem, limpeza do leito, incentivo a busca por reformas de maior porte como desassoreamento e obras de microdrenagem na bacia de contribuição do Córrego Bandeirantes.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20 ed. Washington: American Public Health Association, AWWA, WPCF, 1998. 1569p.

BASE Aerofotogrametria e Projetos S.A. (Rio Claro, SP). CEAPLA/ IGCE/ UNESP – Rio Claro, 2006. Foto 1356283.Escala 1:30.000

BÉDIA, Carla. C.ristinaM Maria. **Levantamento florístico e fitossociológico de uma mata ciliar como base para a recuperação de uma área degradada na Bacia do Rio Corumbataí / SP**. 2004. 44 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

BRASIL, Código Florestal, nº 4.771 de 15 de Setembro de 1.998, Art. 2º. Brasília, 1965

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução do CONAMA nº 20**. Brasília: MMA, 1986. 16p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA de n.º 357**. ed. Brasília, DF. SEMA, 2005. 23 p.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Método de Ensaio. Teste de Toxicidade com *Daphnia similis* L5. 018**, São Paulo. 1994.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia de Coleta e Preservação de Amostras de Água**. São Paulo,1987.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2001**. São Paulo: CETESB, 2002. 227p.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2008**. São Paulo: CETESB, 2009. 528p.

COVRE, T.B. **Estudo quantitativo do crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais do reflorestamento da mata ciliar do córrego do Jardim Bandeirantes, Rio Claro - SP**. 2002. 68f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Ciências Biológicas) -Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2002.

CUNHA, M.A. **Diagnóstico da qualidade das águas da Bacia do Ribeirão Claro (SP) através de diversas análises inclusive multivariadas**. 2000. 168 f. Dissertação (Pós-graduação em Geociências Área de Concentração Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2000.

CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F.; FREITAS, P.L. de; AGUIAR, A. de C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, p.27-36, 1980.

DAEE -(Departamento de Águas e Energia Elétrica). 2009. **Decreto nº 10755, de 22 de novembro de 1977**.

http://www.dae.sp.gov.br/images/documentos/legislacaoefins/decreto_10755.pdf.

Acessoado em: 20 de Outubro de 2010.

MEDINILHA, A. **A degradação da mata ciliar e os impactos nos recursos hídricos desencadeados pela expansão urbana de Rio Claro/SP no entorno do Rio Corumbataí.** 1999. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1999.

MORAIS, E. B. **Indicadores microbiológicos, metais e Índice de Qualidade da Água (IQA) associados ao solo e ocupação da terra para avaliação da qualidade ambiental da microbacia do Rio Cabeça, na bacia do Rio Corumbataí, SP,** 2010. 138f. DissertaçãoTese (Doutorado em Microbiologia Aplicada) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2010.

PALMA-SILVA, G. M. **Relação dos indicadores microbiológicos com outros parâmetros limnológicos no rio Corumbataí, SP, no intuito de propor um modelo matemático para gestão ambiental.** 2006. 175 f. Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2006.

PEREZ, P.M. **Verificação da qualidade sanitária da água do córrego Bandeirante - Afluente do Ribeirão Claro mediante análises físicas, químicas e microbiológicas.** 2002. 68 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2002.

PRATA, E.M.B.. **Estudo florístico, fitossociológico e fitogeográfico da mata do córrego do Jardim Bandeirantes/Ribeirão Claro, em Rio Claro, SP.** 2006. 68 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, Rio Claro, 2006.

SÃO PAULO. **Decreto Estadual nº 8.468.** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente. 1976. 75p.

SÃO PAULO, - Política Estadual dos Recursos Hídricos, nº 7.663 de 30 de Dezembro de 1.991, art. 20º. São Paulo, 1991.

SÃO PAULO. Ministério do Meio Ambiente. Governo Dde EsSão Paulo. **Município Verde e Azul.** Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/>>. Acesso em: 19 out. 2010.

SILVA-MELO, A. da. **Diagnóstico ambiental na micro-bacia do córrego do jardim Bandeirante - Rio Claro - SP.** 2008. 24 f. Trabalho de Conclusão (Pós-Graduação Lato Sensu em Sustentabilidade Ambiental) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Estudos Ambientais, Rio Claro, 2008.

TAUK-TORNISIELO, S.M.; ESQUIERRO, J.C. **Bacia do Corumbataí: aspectos socioeconômicos ambientais.** Rio Claro: Consórcio PCJ, 2008. 178 p.

TAUK-TORNISIELO, S.M.; MENEGÁRIO, A.A.; GONÇALVES, F.A.M. Metais nas águas do rio Corumbataí. In: TAUK-TORNISIELO, S. M.; ESQUIERRO, J. C. **Bacia do rio Corumbataí – aspectos socioeconômicos e ambientais.** 1º ed. Consórcio PCJ. 2008, p.105- 118.

TINTOR, D.B. **Determinação de micronutrientes e metais-traço e avaliação socioeconômica da percepção ambiental dos clientes nas unidades pesque-pague localizadas na bacia do rio Corumbataí, SP.** 2008. 155 f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Estudos Ambientais, Rio Claro, 2008.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez.** São Carlos: RiMa, I.EE. 2003. p.94 - 109.

628.092 Souza, Danilo Leme
S729d Diagnóstico ambiental do Córrego Bandeirantes,
município de Rio Claro, SP.: parâmetros biológicos e
metais-tração / Danilo Leme Souza. - Rio Claro : [s.n.], 2010
37 f. : il., figs., gráfs., forms., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de
Rio Claro

Orientador: Sâmia Maria Tauk-Tornisielo

1. Engenharia ambiental. 2. Meio ambiente. 3. Qualidade
da água. 4. Recuperação ambiental. 5. Mitigação de impactos.
6. IQA. 7. Fórum de Rio Claro. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

DANILO LEME SOUZA

ALUNO

Professora Doutora SÂMIA MARIA TAUKE-TORNISIELO

Centro de Estudos Ambientais - ORIENTADORA