

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP –CAUNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**Estudos limnológicos de balneabilidade no Parque Natural
Municipal Cachoeira da Marta (Botucatu, SP, Brasil): relação com
possíveis fontes poluidoras**

DANIELA POLIZELI TRAFICANTE

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Aquicultura, do Centro de Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal
São Paulo – Brasil
Julho 2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP –CAUNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**Estudos limnológicos de balneabilidade no Parque Natural
Municipal Cachoeira da Marta (Botucatu, SP, Brasil): relação com
possíveis fontes poluidoras**

DANIELA POLIZELI TRAFICANTE

**ORIENTADOR: PROFº DR. EDMIR DANIEL CARVALHO
CENTRO DE AQUICULTURA – UNESP**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Aquicultura, do Centro de Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal
São Paulo – Brasil
Julho 2011

Folha de Aprovação (em branco)

Aos meus pais José e Neuza e ao meu irmão

André Luís,

Dedico

Agradecimentos

Devo a realização deste trabalho e grande sonho a muitas pessoas. Todas estas que confiaram em mim e me deram a mão desde o primeiro instante que cheguei a Botucatu. Acredito que não fazemos nada sozinhos e devemos assumir que dependemos muito das pessoas, todos os dias.

Agradeço a Deus por me conceder o dom da Vida, por me dar alegria e força todas as manhãs e me fazer crer que nada é impossível quando se vai à luta.

À minha maravilhosa família, por deixar de realizar muitos de seus sonhos para concretizarem os meus, por me ensinar que a luta só depende de nós e que a bondade e humildade supera todos os obstáculos. Em especial aos meus grandiosos avôs Modesto Polizelli e Ana Cruzariolli Polizelli, pelas lindas tardes de domingo em sua casa e pela simplicidade de ser.

Ao estimado Prof^o Dr. Edmir Daniel de Carvalho, pela valiosa orientação, amizade e confiança na realização de mais este trabalho em prol da conservação da natureza. Por todos estes anos de amizade e pela oportunidade da troca de conhecimentos superando todos os desafios que a vida nos coloca dia a dia. Obrigada por abrir as portas do laboratório desde o primeiro dia que em Botucatu cheguei.

Ao querido Prof^o Dr. José Pedro Serra Valente, do Departamento de Química e Bioquímica da UNESP, Botucatu (campus de Rubião Júnior), pela coorientação, mesmo que informal, pela realização das análises físico químicas do meu trabalho, por toda confiança deste o primeiro dia que cheguei ao laboratório, por toda a ajuda e pela imensa colaboração. Obrigada por abrir as portas do laboratório, pelos ensinamentos, idéias trocadas nestes longos anos de amizade e grande oportunidade de aprendizado.

Aos técnicos do laboratório de Química e Bioquímica da UNESP, Botucatu (campus de Rubião Júnior), especialmente à querida Vânia Aparecida Ribeiro, por abdicar de suas preciosas férias para realizar minhas análises, por estar sempre de alto astral, desde o primeiro dia que cheguei ao laboratório, me ensinado todas as técnicas laboratoriais e pelos altos bate papos. E ao Doutorando Ivalde Belutta, meu muito obrigada, pelas grandes trocas de idéias, pelo material emprestado e por sempre ser solícito quando precisei.

Ao pessoal do Laboratório de Biologia e Ecologia de Peixes da UNESP, Botucatu (campus de Rubião Júnior), pela colaboração e amizade, em especial aos queridos: Augusto Zanatta, Ana Carolina Souto, Gregório Kurchewski.

Ao CAUNESP, pela oportunidade da realização de meu mestrado, pelos ensinamentos prestados, pela oportunidade de conhecimento e por conhecer pessoas tão bacanas, em especial à querida Veralice Capatto, Roberson Sakabe, Fabiana Pilarski, Rosângela Fernandes, Márcia Machado, Milena Chaguri, etc..

À Profª Drª Vera Mores Hall, do Departamento de Microbiologia e Imunologia, da UNESP, Botucatu (campus de Rubião Júnior), pela realização nas análises microbiológicas do meu trabalho, por todo apoio e ensinamentos prestados.

À Profª Drª Lidia Raquel de Carvalho, do Departamento de Bioestatística da UNESP, Botucatu (campus de Rubião Júnior), pela realização das análises estatísticas do meu trabalho e por todo apoio.

À Profª Drª Renata Cristina Batista Fonseca, do Departamento de Recursos Naturais, UNESP, FCA, Botucatu, por me acompanhar na realização deste sonho, me ensinando o grande desafio de conservar a natureza. Pela grande e imensa amizade, por sempre me estender a mão nos momentos de dificuldade e pelo exemplo de humildade, sabedoria e paciência. Obrigada pelo super apoio e confiança.

Ao funcionário da Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Jurandi do Prado Jr., por me acompanhar em todas as coletas de água, não medindo esforços para me ajudar sempre, superando até seu medo de altura. Valeu Jura!

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente, por patrocinar este trabalho de mestrado e disponibilizar toda logística necessária para sua realização. Em especial à Cynthia Zanotto Salvador (Secretária Municipal de Meio Ambiente) e o Senhor João Cury Neto, Prefeito Municipal de Botucatu, pelos préstimos e confiança em mim depositada.

Aos queridos amigos da ONG SOS Cuesta de Botucatu, principalmente as queridas Nelita Maria Corrêa e Monica Gasparini. Obrigada pelo apoio, amizade, companheirismo e por estarem sempre por perto.

A mais que irmã e amiga, Juliana Griese (Chibis), por estes super vários anos de amizade e irmandade.

Aos queridos André Camargo (Bagre) e Paola Oliveira Camargo (Pá), por estarem por perto em todos os momentos..principalmente no desfecho final ..rsss...

Ao meu irmão de coração, Augusto Zanatta, simplesmente por tudo. Valeu irmão!

À minha querida cachorra Kaya, pela alta fidelidade e companheirismo em todos os momentos e por me fazer sentir a melhor pessoa do mundo todos os dias!

A todos meus queridos e fiéis escudeiros amigos de Botucatu em especial ao GIGAS: Débora Gerardo, Fábio Seiva, Gustavo Chuffa, Daniela Fossato, Mariana Curvino, Theodoro

Curvino (Théo), Ângela Ferreira, Bruno Castilho (Pedrão), Ana Carolina Souto (Magrela), Juliana Silvério (Juzinha), Diogo (Paraíba), Gregório Kurchewiski (Greg), Armando Cassimiro, Fernando Yuldi (Japa). E aos: Marcio Bonfarini (Marcião), João Paulo Morselli (Jonny), Helan Balderamas, Paulo Cicchi (Paulinho), Alfredo Lima (Alf), Carlos Evaldo Linder (Linder), Estela Linder (Estelinha), Estélio Pacca, Marcela Marcondes, Murilo Mello (Murilão), Julia Sonsin (Face), Maria Rita Gilli (Gêmula), Bárbara Heiras (Tonhão), Tatiana Lima (Selminha), Márcio Campos (Moscô), etc..pela risadas, churrascos, bate papos, viagens, trabalhos, pipocas, cafés, músicas, alegrias, sorrisos, choros e tudo mais. Valeu Turma !!

À Banda de Lá, pelos ótimos momentos de Rock 'n Roll e alegria, pela descontração e relax, em especial à: Renata, Jú, Júlia..aah! e os agregados também..

Ao CNPq, por financiar parte dos meus estudos como mestranda.

E a todos aqueles que, de muitas ou de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“O homem perguntou ao Trabalho:

*_ Qual o elemento mais resistente que encontraste
na Natureza?*

_ A pedra, respondeu o Trabalho.

*A água que corria brandamente em derredor
escutou o que se dizia e, em silêncio, descobriu um meio
de pingar sobre a pedra e, com algum tempo, abriu-lhe
grande brecha, através da qual a água passava de um lado
para outro.*

*O Homem anotou o acontecido e indagou da água
sobre o instrumento que ela usara para realizar aquele
prodígio.*

A água humilde respondeu simplesmente:

_ Foi a Paciência”

Emmanuel

*(Do livro “A Semente da Mostarda”,
por Francisco Cândido Xavier)*

RESUMO

O município de Botucatu está localizado na região centro-sul do Estado de São Paulo, a 230 km da capital, com altitudes variando de 400 a 950 metros. Essa geomorfologia propicia a formação de quedas d'água, cujo relevo chamado "Cuesta" é divisor de águas entre a Bacia do Rio Paranapanema e a Bacia do Rio Tietê. É na microbacia do Alto Rio Capivara (Bacia do Tietê) onde está situado o Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta, Unidade de Conservação de Proteção Integral, conhecido como "Parque da Marta", tendo como principal atrativo a Cachoeira da Marta (38 metros de queda d'água), sendo um local muito procurado para a prática de atividades de lazer e ecoturismo. A Cachoeira é abastecida pelas águas do Córrego do Roseira, tendo como principal afluente o Córrego do Canela, que ao se juntarem, formam o Rio Capivara. O presente estudo teve como objetivos avaliar as condições limnológicas de balneabilidade da Cachoeira da Marta em interface com as possíveis fontes potenciais de poluição para propor medidas de recuperação e conservação através da análise dos parâmetros físico-químicos (T^oC da água, pH, Condutividade elétrica, Oxigênio dissolvido, Nitrogênio total e Fósforo total) e microbiológicos (Coliformes totais e termotolerantes). As coletas de água foram bimensais durante 12 meses, de Junho/2009 a Maio/2010, em 5 pontos amostrais diferentes, sendo 3 pontos (P₁, P₂ e P₃) no Córrego do Roseira, 1 ponto na junção dos Córregos do Roseira e Canela (P₄) e 1 ponto no Córrego do Canela (P₅). Os P₂, P₃ e P₄ se localizavam dentro do Parque da Marta. Para a comparação das médias nos pontos amostrais foi realizada a análise de variância (ANOVA) seguidas do Teste de Tukey (Tukey's Studentized Range – HSD) para as variáveis que apresentaram distribuição normal e o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para as variáveis que não apresentaram distribuição normal, ambos ao nível de significância de 5%. Nos pontos amostrais 1 e 5 foram encontrados valores de Oxigênio dissolvido, Nitrogênio total, Fósforo total, não condizentes com a RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005 (classificação dos corpos hídricos) identificando as fontes potenciais de poluição difusas/pontuais ali existentes. Embora em conformidade com a RESOLUÇÃO CONAMA 274/2000 (estabelece padrões para balneabilidade), os valores de Coliformes totais e termotolerantes demonstraram a presença de contaminação por bactérias entéricas e não entéricas. Desta forma, há necessidade de planejamento rural e urbano, reflorestamento das matas ciliares e vegetação natural em sincronismo com ações efetivas para extinguir os focos pontuais e difusos de poluição/contaminação, no entorno e dentro do Parque Natural Municipal Cachoeira da

Marta, melhorando as condições de balneabilidade destas águas para as práticas de turismo e lazer e, principalmente, conservando os recursos naturais e a biodiversidade.

Palavras – chaves: Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta, balneabilidade, fontes potenciais de poluição, qualidade da água.

SUMMARY

Botucatu is a municipality located in the central south region of Sao Paulo State, 230 km away from de the capital at altitudes ranging from 400 to 950 meters. The landforms in this region favor the formation of waterfalls; the relief, called “Cuesta” is a water divisor for the watersheds of Paranapanema and Tiete Rivers. In the micro-watershed of Capivara Highest River (Tiete watershed) is located the Marta’s Waterfall Natural Park, a protected area, know as “Marta’s Park”, where the Marta’s waterfall (38 meters by heigh) is the principal attractive and have been searched for tourism and leisure activities. The waterfall is supply by the Roseira River and his principal tributary is the Canela River and when they to join up, they transformer in the Capivara River. This study aimed to evaluate the limnological conditions for the bathing water quality by the Marta’s Waterfall associated with the possible potential source by pollution and suggest conservation and recovery measures through the physicochemical (water temperature ($^{\circ}\text{C}$), pH, eletric condutivity, dissolved oxigen, total nitrogen, total phosporus) and microbiological parameters (total and thermotolerants coliforms). The water samples were bimonthly collected for 12 months, between June/2009 ande May/2010, in different sites over the streams , in 5 diffrents collections sites, 3 sites (P₁, P₂ e P₃) are inside in Roseira River, 1 site in the joiing at Roseira and Canela Rivers (P₄) e 1 site located in Canela River (P₅). For comparison of medias in the collections sites was realized the variance analisys (ANOVA) followed by the Tukey’s Studentized Range (HSD) for the medias that showed normal distribution and the nonparametric Kruskal-Wallis test for the medias that doesn’t showed normal distribution, both in the 5% significance level. In the collection sites 1 and 5 were founded medias for dissolved oxigen, total nitrogen and total phosporus in desagree with the CONAMA RESOLUTION 357/2005 (classify the water streams) identifying the possible potential source by pollution that are overthere. Although the medias for total and thermotolerants coliforms are in agreement with the CONAMA RESOLUTION 274/2000 (classify index for the bathing water quality) in all collections sites, those medias should be considered because they showed the contamination presence by enterical and nonenterical bacteria. However, there is the need of rural and urban management guiding, riparian and natural forestation in agreement with affectives actions to eliminate punctual and difuses sites by pollution, around and inside of Marta’s Waterfall Natural Park, to improve the bathing water quality for the tourism and leisure pratices, and, principally, to conserve the natural resources and the biodiversity.

Key – words: Marta’s Waterfall Natural Park, bathing water quality, possible potential source by pollution, water quality.

Lista de Tabelas

Tabela 1. Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Capivara (ano de 2006).....	20
Tabela 2. Descrição geográfica dos pontos amostrais na área de estudo.....	22
Tabela 3. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão da Temperatura da água (°C) nos pontos amostrais.	26
Tabela 4. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do pH nos pontos amostrais.....	27
Tabela 5. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão da Condutividade elétrica (µS/cm) nos pontos amostrais.	29
Tabela 6. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Oxigênio dissolvido (mg/l) nos pontos amostrais.	31
Tabela 7. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Carbono orgânico total (mg/l de C) nos pontos amostrais.	33
Tabela 8. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Fósforo total (mg/l) nos pontos amostrais.....	35
Tabela 9. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Nitrogênio total (mg/l) nos pontos amostrais.....	37
Tabela 10. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão dos Coliformes totais (NMP/100 ml) nos pontos amostrais.....	39
Tabela 11. Teste de Kruskal-Wallis apresentando a mediana, 1 ^o e 3 ^o quartil referentes aos Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) nos pontos amostrais.	42
Tabela 12. Dados brutos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados dos pontos de coleta.	60

Lista de Figuras

Figura 1 Cachoeira da Marta com aproximadamente 38 metros de queda d'água.....	16
Figura 2. Localização do Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta no esquema da Cuesta Basáltica (Fonte: Adaptado de CARAMASCHI, 1986).....	17
Figura 3. Foto aérea da Cabeceira da microbacia hidrográfica do Rio Capivara (município de Botucatu-SP) com os pontos amostrais (1, 2, 3, 4 e 5).	21
Figura 4. Ponto amostral 1 (próximo à nascente do Córrego do Roseira).	23
Figura 5. Balneário da Cachoeira da Marta, ponto amostral 3.	23
Figura 6. Ponto amostral 5 (Córrego do Canela).	23
Figura 7. Segundo ponto amostral (antes da queda da Cachoeira da Marta).	23
Figura 8. Junção entre os Córregos do Roseira (à esquerda) e Córrego do Canela (à direita) ponto amostral 4.	23
Figura 9. Córrego do Canela antes do P ₅ (seta) – uso e ocupação do solo no entorno	23
Figura 10. Variação espacial das concentrações médias do COT (mg/l C) e o pH.....	34

SUMÁRIO

RESUMO	i
SUMMARY	iii
Lista de Tabelas	v
Lista de Figuras.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Balneabilidade	3
2.2. Fontes Potenciais de Poluição (FPPs).....	6
2.3. Unidades de Conservação da Natureza (UCs).....	9
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. Gerais	14
3.2. Específicos.....	14
4. ÁREA DE ESTUDO.....	14
4.1. Relevo	16
4.2. Geologia	17
4.3. Solos.....	18
4.4. Clima	18
4.5. Vegetação	18
4.6. Uso e ocupação do solo.....	19
5. METODOLOGIA.....	20
5.1. Pontos amostrais	20
5.2. Variáveis físico-químicas.....	24
5.3. Variáveis microbiológicas.....	24
5.4. Análise estatística	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
6.1. Parâmetros físico-químicos	25
6.1.1. Temperatura da água (°C)	25
6.1.2. Potencial hidrogeniônico (pH)	26
6.1.3. Condutividade Elétrica (CE - $\mu\text{S}/\text{cm}$).....	28
6.1.4. Oxigênio dissolvido (OD – mg/l)	30
6.1.5. Carbono orgânico total (COT – mg/l de C).....	32
6.1.6. Fósforo total (PT – mg/l).....	34

6.1.7.	Nitrogênio total (NT – mg/l)	36
6.2.	Parâmetros microbiológicos.....	39
6.2.1.	Coliformes totais (NMP/100 ml).....	39
6.2.2.	Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)	41
7.	CONCLUSÕES.....	43
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
9.	APÊNDICE	60

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso insubstituível ao ser humano e a todas as outras formas de vida do planeta Terra. Portanto, é um recurso estratégico e bem comum que deve ser compartilhado e preservado. Pielou (1998) define: “A água é muito mais que um recurso natural. Ela é uma parte integral do nosso planeta. Está presente há bilhões de anos e é parte da dinâmica funcional da natureza”. Sua história sobre o planeta Terra é complexa e está diretamente ligada ao crescimento da população humana, ao grau de urbanização e aos seus usos múltiplos que afetam a qualidade e quantidade (TUNDISI, 2003). É um recurso finito, visto que a água doce representa apenas 2,5% da água total disponível do planeta. As grandes civilizações do passado (e do futuro) dependeram, e sempre dependerá da água doce para sua sobrevivência, desenvolvimento cultural e econômico. A água doce é, portanto, essencial à sustentação da vida, tendo que suportar, inclusive, as atividades econômicas, o desenvolvimento econômico e o consumismo desenfreado (VENÂNCIO & KURTZ, 2008).

Contudo, o uso desordenado deste imprescindível recurso traz conseqüências cada vez mais maléficas ao homem e seres vivos induzindo a um grande desafio para cumprir-se: a gestão compartilhada dos recursos hídricos (SUGUIO, 2008).

Por outro lado, unidades de conservação da natureza têm sido historicamente criadas, na maioria das vezes e em todo o mundo, com base nos valores como belezas naturais, potencial para recreação e turismo, proteção dos mananciais, proteção de valores históricos, buscando proteger as amostras de toda a diversidade dos ecossistemas naturais (PRESSEY, 1994). De acordo com Durigan et al. (2009), somente a criação de áreas protegidas é insuficiente quanto à eficácia em proteger as amostras de toda diversidade biológica dos ecossistemas naturais, é necessário a obtenção das informações consistentes sobre as áreas naturais remanescentes e o entorno.

Criado pela Lei Municipal N.º 4.212, de 21 de fevereiro de 2002, em trabalho conjunto do Poder Público local e a sociedade civil organizada, o Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta (PNMCM), conhecido como “Parque da Marta”, tem como atrativo principal uma cachoeira de aproximadamente 38 metros de altura, muito utilizada para fins de balneabilidade, ou seja, atividades recreativas de contato primário (CONAMA, 2000), sendo um local com intensa visitação turística por seus exuberantes atrativos naturais e também por sua proximidade da cidade de Botucatu (aproximadamente 11 km do centro). De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei Federal N.º. 9985, de 18 de julho de 2000, os Parques Nacionais, Estaduais e Municipais são Unidades de Conservação de

Proteção Integral cujo objetivo básico é a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e turismo ecológico. Esta área em questão torna-se mais importante por estar inserida na Área de Proteção Ambiental (APA – perímetro Botucatu) e ser ainda pouco estudada em termos ecológicos, em especial a questão da qualidade de suas águas e impactos antrópicos adicionais.

O prazer da visitação em áreas naturais, motivada pelo desejo de estar em contato com a natureza, é uma prática muito antiga em outros países. Os países em desenvolvimento, caso do Brasil, que possuem elevada biodiversidade, devem priorizar a conservação desta riqueza e o uso sustentável dos recursos naturais. De acordo com a Organização das Nações Unidas, (1987), através do *Relatório de Brundtland*, sustentabilidade é o que “satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades”, considerando o meio ambiente, a economia e a sócio-política, ou seja, tudo o que nos cerca (água, ar, solo e florestas) precisam de cuidados especiais para que continuem existindo. Portanto, a sustentabilidade econômica e sócio-política só tem existência se for mantida a sustentabilidade ambiental (TORRESI et al., 2010).

Entretanto, colocar isto em prática é extremamente difícil, já que os diferentes usos da terra e conflitos inerentes as diferentes formas de pensamento humano, competem pelos mesmos recursos (TAKAHASHI, 2004). Tratada como um dos melhores meios para conservar áreas naturais, a atividade recreativa tem sido vista como uma alternativa potencial para alcançar os objetivos de desenvolvimento e conservação de uma região (MAGRO, 1999).

Entretanto, a visitação pública nos Parques deverá sujeitar-se às normas e restrições estabelecidas pelo Plano de Manejo da Unidade de Conservação e implementadas pelo órgão responsável por sua administração. O Plano de Manejo do Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta, elegeu como prioridade a implantação do Programa de Uso Público, que associa à conservação da área e a melhoria da visitação com fins educativos e de recreação, utilizando-se da atividade turística sustentável (FONSECA et al., *in prep*).

A contaminação ou poluição ambiental, principalmente dos mananciais hídricos tornou-se assunto de interesse público, sendo que tais impactos são decorrentes principalmente do crescimento econômico desordenado associado à exploração dos recursos naturais até então intocados (SILVA et al., 1998). Uma providência a ser tomada inicialmente relaciona-se com o estudo da qualidade da água destes locais, bem como o levantamento das

possíveis fontes poluidoras (PFPS), com base nos critérios estabelecidos pelas legislações vigentes no Brasil (CONTE et al., 2001). Atualmente, a legislação relativa aos recursos hídricos e balneabilidade está fundamentada nas Resoluções do CONAMA (357/2005 e n° 274/2000). Essas resoluções estabelecem a classificação dos corpos d'água visando diferentes formas de utilização e o equilíbrio ecológico dos recursos hídricos e pesqueiros bem como a saúde e o bem-estar humano que podem ser afetados pelas condições de balneabilidade (CASTRO, 2003).

Com o rápido crescimento das fronteiras agrícolas e urbanização em território brasileiro no último século, grande parte dos atrativos naturais está dentro das unidades de conservação. E isso leva a um grande problema aos gestores dessas áreas, visto que têm a difícil tarefa de conciliar esse uso com a conservação ou pelo menos a mitigação dos impactos negativos ao que resta de recursos naturais prístinos. Tendo em vista tais aspectos aliados ao crescimento desordenado das atividades de recreação em unidades de conservação que podem comprometer os objetivos precípuos desta área territorial, em tese, protegida por legislação específica, torna-se imprescindível o uso da ferramenta científica e sistemática da investigação, sobre os impactos do uso recreativo para descobrir novos fatos ou princípios com vista ao aprimoramento da legislação e fiscalização. Enfim, para compatibilizar objetivos tão distintos como a conservação da biodiversidade, a recreação e a interpretação da natureza, é essencial pesquisar, tanto sobre as características dos visitantes e os tipos de usos praticados, bem como conhecer as condições ambientais do local. Tais dados devem subsidiar as decisões de manejo, assegurando uma elevada qualidade nas oportunidades de recreação.

Desta forma, a primeira etapa desse estudo será a prospecção sobre qualidade das águas, usando como ferramentas as variáveis físico-químicas e microbiológicas na detecção de fontes poluentes, buscando conhecer o uso público desta unidade de conservação. E assim, indicar a melhor forma de manejá-lo, conciliando duas vertentes: o uso com a conservação da área e indiretamente a saúde da população que utiliza esta salutar prática do turismo e lazer em sítios naturais da região de Botucatu.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Balneabilidade

De acordo com a CETESB (2004), balneabilidade é a quantidade das águas destinadas à recreação de contato primário (natação, mergulho, esqui-aquático, etc.), sendo este entendido como um contato direto e prolongado com a água, onde a possibilidade de

ingerir quantidades apreciáveis de água é elevada. O parâmetro indicador básico para a classificação das águas de balneários, ou seja, sua balneabilidade, em termos sanitários, é a densidade de coliformes fecais, o qual, diversos são os fatores que condicionam a presença do principal vetor, os esgotos nestas áreas, tais como: sistemas de coleta e disposição de despejos gerados nas proximidades, afluência turística nos períodos de temporada, fisiografia do local, ocorrência de chuvas dentre outros.

No Brasil, a RESOLUÇÃO CONAMA 274/2000 trata especificamente da balneabilidade, que em tópico (e definições) é importante ser destacado:

“Art. 2º: As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias PRÓPRIAS E IMPRÓPRIAS.

§ 1º As águas consideradas PRÓPRIAS poderão ser subdivididas nas seguintes categorias:

Excelente: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no mínimo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros;

Muito Boa: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no Máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros;

Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no Máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros.

§ 2º Quando for utilizado mais de um indicador microbiológico, as águas terão suas condições avaliadas, de acordo com o critério mais restritivo.

§ 3º Os padrões referentes aos enterococos aplicam-se, somente, às águas marinhas.

§ 4º As águas serão consideradas IMPRÓPRIAS quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências:

- a) Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
- b) Valor obtido na última amostragem for superior a 2.500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2.000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros;

- c) Incidência elevada ou anormal, na região de coleta, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
- d) Presença de resíduos ou despejos sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável a recreação;
- e) $\text{pH} < 6,0$ ou $\text{pH} > 9,0$ (águas doces), à exceção das condições naturais;
- f) Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
- g) Outros fatores que contra-indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário;

§ 5^o Nas praias ou balneários sistematicamente impróprios recomenda-se a pesquisa de organismos patogênicos.”

Neste contexto, a *Escherichia coli* é utilizada mundialmente como indicadora ideal de poluição orgânica. Outras bactérias têm sido sugeridas como indicadoras de poluição como: *Streptococcus faecalis* e *Clostridium perfringens*, ambas habitantes normais do intestino grosso do homem e de outros mamíferos (VASILIO, 2006). Por outro lado, Pelczar et al. (1996), salientam que existe um considerável interesse no desenvolvimento de uma metodologia de rotina para a evidenciação de um vírus indicador de poluição.

A WHO (2003), enfatiza que um resultado grave para a saúde humana, implicando em morte ou paralisia permanente, em consequência dos mergulhos em águas rasas, pode afetar somente um pequeno número de banhistas anualmente. Entretanto, demonstra a elevada prioridade no monitoramento da qualidade das águas recreacionais devido ao potencial vetor de doenças por veiculação hídrica. Tais águas podem conter, geralmente, uma mistura de microrganismos patogênicos e não-patogênicos. As fontes destes microrganismos são variadas como, os efluentes do esgoto, a poluição recreacional usando a água (defecação ou do derramamento), os animais de criação (gados, carneiros, suínos, etc.), os processos industriais, os cultivos de hortaliças, as granjas de aves, os animais selvagens e organismos patogênicos de vida livre. Podem incluir também os organismos patogênicos que causam infecções gastrointestinais depois da ingestão, ou infecções respiratórias, auditivas ou oculares, e outras. As infecções e doenças devido ao contato recreacional da água são geralmente suaves e difíceis de detectar por meio dos sistemas médicos rotineiros. Estudos epidemiológicos mostraram um número de resultados adversos à saúde (incluindo infecções gastrointestinais e respiratórias) sendo associados com águas recreacionais poluídas com fezes (WHO, 2003).

Apesar da preditiva evolução dos métodos de avaliação da balneabilidade, a RESOLUÇÃO CONAMA 274/2000 é baseada em estudos desenvolvidos nas décadas de 1970 e 80, por agências internacionais como a EPA (Environmental Protection Agency) e WHO (World Health Organization) (CABELLI et al. 1975, 1979, 1982; DAFOUR, 1984). A atual recomendação dos indicadores bacterianos está fundamentada em métodos microbiológicos envolvendo culturas de indicadores fecais, como *Enterococcus* spp. ou *Escherichia coli*, e a contagem das unidades formadoras de colônias.

Estudos realizados por Boehm et al. (2002), demonstraram que a qualidade microbiana da água muda rapidamente sendo afetada por uma série de fatores complexos, em locais internos e externos e alguns métodos mais rápidos e precisos têm sido desenvolvidos para a avaliação da balneabilidade como o uso da técnica de modificação da versão de reação em cadeia da polimerase (PCR). Esta técnica é baseada na decodificação genética das bactérias pela extração total do seu DNA, onde posteriormente a reação do PCR é feita para a obtenção de milhares de cópias deste material genético em quantidade suficiente que permita detectar e diagnosticar com precisão a linhagem bacteriana, por exemplo, (GENESIS, 2006). Segundo Wade et al. (2006), esta técnica fornece uma rápida avaliação da qualidade da água, com o potencial para reduzir significativamente doenças relacionadas à exposição de águas recreacionais contaminadas e também reduzir erros em relatórios de avaliações e notificações públicas.

Estes estudos, que ainda estão em sua fase inicial, foram desenvolvidos na região dos Grandes Lagos (Lago Michigan e Lago Erie) nos Estados Unidos, nos quais avaliaram a correlação entre a balneabilidade com a ocorrência de doenças gastrointestinais. Os resultados mostraram associações de bacteróides (gêneros de bactérias gram-negativas, patogênicas, habitantes intestinais e urogenitais de humanos, mamíferos e insetos) e de *Enterococcus* com certa quantidade de água coletada. Vários autores consideram que esse tipo de estudo apresenta potencial promissor no desenvolvimento de técnicas mais avançadas e resultados mais precisos, auxiliando, de um lado, na profilaxia de doenças de veiculação hídrica e de outro, conservação dos recursos hídricos (BOEHM et al., 2002).

2.2. Fontes Potenciais de Poluição (FPPs)

A poluição ambiental é toda inclusão de substâncias sólidas, líquidas e gasosas no meio ambiente em proporção superior a sua capacidade de recuperação, causando danos não só à fauna e à flora, mas também aos seres humanos (MARIANO et al., 2008). Pode ser ainda definida, segundo Von Sperling (2005), como a degradação da qualidade ambiental resultante

das atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Os termos contaminação e poluição são geralmente utilizados como sinônimos, mas a rigor eles são diferentes. Contaminação deveria ser utilizada para caracterizar lançamento de espécies químicas e/ou microrganismos que prejudicam a saúde do homem e animais que a consomem, mas não alteram o ambiente ecológico. Poluição caracteriza-se mais por seus efeitos nocivos no ecossistema, como a alteração do desenvolvimento normal das populações aquáticas, como por exemplo, o metal zinco, mesmo em concentrações muito baixas, é prejudicial aos sistemas aquáticos. Já para os seres humanos, é um elemento essencial até um limite de concentração determinado pelo padrão de qualidade da água. Por outro lado, existem espécies químicas que causam prejuízos ao sistema aquático e saúde do homem/animais, sendo, ao mesmo tempo, contaminante, quando se avalia a potabilidade da água e, poluente, quando se avalia as condições ambientais (VALENTE & TRAFICANTE, 2008).

As fontes de poluição/contaminação dos corpos hídricos podem ser pontuais ou difusas. As pontuais são aquelas fontes que ocorrem num certo local, pontualmente, e são fáceis de localizar e monitorar. Geralmente, são fontes oriundas da descarga de efluentes sanitários, industriais e de estações de tratamento de esgoto (semitratados). Já as fontes difusas estão espalhadas num território mais amplo (rural e urbano) sendo, portanto, difíceis localizá-las. Estas fontes são também responsáveis pelo transporte de poluentes/contaminantes na atmosfera (fumaça), por deposição seca ou arraste pelas chuvas; arraste superficial na zona urbana: lavagem do solo impermeabilizado, transporte de lixo pelos ventos, resíduos clandestinos; e arraste do solo na zona rural: fertilizantes, agrotóxicos, fezes de animais e material sólido em geral (folhas, galhos e etc.).

Além de depreciar a fauna e a flora aquática, a poluição dos recursos hídricos pode acarretar inúmeros problemas à saúde humana, pois a água é empregada como veículo pelo agente patogênico de origem entérica, animal ou humana, transmitidas principalmente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água com poluição fecal. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2000), atualmente, cerca de 80% das doenças mais comuns são de veiculação hídrica, ou seja, são transmitidas ao homem pela água. Entre elas estão:

gastrenterite, cólera, febre tifóide, hepatite A e E, poliomielite, leptospirose, giardíase, entre outras.

De acordo com Meybeck et al. (1996), o uso da água pelo ser humano para qualquer finalidade resulta na deterioração da sua qualidade, limitando geralmente seu potencial de uso. A expressão “qualidade da água” não se refere a um grau de pureza absoluto, mas sim a um padrão tão próximo do “natural”, isto é, como a água se encontra nos rios e nascentes, antes do contato com o homem (SILVEIRA, 1999). Quando o esgoto sanitário coletado nas redes é lançado *in natura* nos corpos hídricos, isto é, sem receber um prévio tratamento, dependendo da relação entre as vazões de esgoto lançado e do corpo receptor, podem-se esperar, na maioria das vezes, sérios prejuízos à qualidade da água (NUVOLARI, 2003). Além do aspecto visual desagradável, pode haver um declínio dos níveis de oxigênio dissolvido e o aporte de nutrientes, principalmente o nitrogênio e o fósforo, afetando a sobrevivência dos seres de vida aquática, exalação de gases mal cheirosos e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com essa água, e causando principalmente a eutrofização do ambiente aquático.

Tundisi (2003) enfatiza que, a eutrofização é resultante da descarga excessiva de águas de esgoto ou de despejos agrícolas não tratados, que acelera o processo de enriquecimento natural dos lagos, represas e rios. Assim, além da carga externa, proveniente dos esgotos domésticos não tratados ou outras fontes, deve-se considerar a carga interna resultante do acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos e na água intersticial.

As fontes de eutrofização podem resultar de cargas pontuais provenientes de canais ou rios, ou cargas não pontuais, que são despejos difusos resultantes de ações dispersas na bacia hidrográfica, como, por exemplo, drenagem agrícola de áreas com excesso de fertilizantes na camada superficial do solo. A carga interna dos lagos e represas é originalmente difusa, a partir dos sedimentos, e pode produzir efeitos de eutrofização depois de muito tempo após ter cessado a contribuição externa. Lagos e represas que ocupam várias fases da eutrofização recebem denominações ou são classificados, principalmente, em função de suas concentrações de nitrogênio e fósforo. Desta forma, o estado trófico (oligotrófico, mesotrófico, eutrófico e hipereutrófico) refere-se a lagos, represas ou rios com diferentes concentrações de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P) (UNEP, 2000).

Sardinha et al. (2008), salientam que o ecossistema de um corpo d'água antes do lançamento de despejos encontra-se usualmente em um estado de “equilíbrio”. Após a entrada da fonte de poluição, o equilíbrio entre as comunidades é afetado, resultando numa desorganização inicial, seguida por uma tendência posterior à reorganização. Em termos de

saúde pública, a contaminação dos corpos hídricos, sobretudo com esgoto sanitário, aumenta muito o risco de transmissão de doenças, ainda mais quando estes locais são utilizados pela população para a prática do ecoturismo.

2.3. Unidades de Conservação da Natureza (UCs)

No Brasil, a LEI FEDERAL Nº. 9.985, de 18 de julho de 2000, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação classificando-as como: “Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”, geralmente, fundamentado nos objetivos:

- a) Contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais;
- b) Proteger as espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção no âmbito regional e nacional;
- c) Contribuir para a preservação e restauração da diversidade dos ecossistemas naturais;
- d) Promover o desenvolvimento sustentável a partir do uso racional dos recursos naturais;
- e) Promover o desenvolvimento regional integrado com base nas práticas de conservação;
- f) Proteger paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica;
- g) Proteger as características excepcionais de natureza geológica, geomorfológica e, quando couber, arqueológica, paleontológica e cultural;
- h) Proteger e recuperar os recursos hídricos e edáficos;
- i) Incentivar atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento de natureza ambiental, sob todas as formas;
- j) Favorecer condições para educação e interpretação ambiental, a recreação em contato com a natureza; e
- k) Proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura, promovendo-as social e economicamente.

Milano (1993) enfatiza que, devido à multiplicidade dos objetivos de conservação dos recursos naturais, devem-se considerar tipos distintos (categorias de manejo) de unidades

de conservação que atende, prioritariamente, objetivos específicos. O enquadramento das áreas protegidas, baseando-se nos objetivos da sua própria existência, define as categorias de manejo das unidades de conservação, sendo que estas têm adquirido as mais variadas conceituações, diferindo entre os territórios onde estão situadas.

De acordo com Takahashi (2004) e BRASIL (2000), as unidades de conservação que integram o SNUC se dividem em dois grupos, com características específicas, conforme compilação abaixo:

Grupo I – Unidades de Proteção Integral (objetivam preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais – sendo este uso classificado como aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição dos recursos naturais- com exceção dos casos previstos em lei). Estão inseridas neste grupo às categorias e seus objetivos:

- a) Estação Ecológica (EE) – objetiva a preservação da natureza e pesquisas científicas, sendo proibida a visitação pública, exceto por objetivo educacional, de acordo com o que dispuser o Plano de Manejo da unidade ou regulamento específico. É de posse do domínio público e a pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão gestor da unidade estando sujeita às normas e restrições estabelecidas bem como as previstas em regulamento. As alterações nos ecossistemas só podem ser permitidas no caso de medidas que visem à restauração de ecossistemas modificados, manejo de espécies com a finalidade de preservar a diversidade biológica e coletas dos componentes dos ecossistemas com finalidade científica;
- b) Reserva Biológica (RESBIO)- objetiva a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência antrópica direta ou modificações no ambiente, excluindo-se as medidas praticadas para a recuperação de seus ecossistemas alterados, bem como as ações de manejo necessárias para recuperação e preservação da diversidade biológica, sendo proibida a visitação pública, exceto quando por objetivo educacional, de acordo com regulamento específico. É de posse do domínio público e a pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão gestor da unidade estando sujeita às normas e restrições estabelecidas bem como as previstas em regulamento;
- c) Parque Nacional (PN) – objetiva basicamente a preservação dos ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação em contato com a natureza e a prática do turismo ecológico. É de

posse do domínio público e a pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão gestor da unidade estando sujeita às normas e restrições estabelecidas bem como as previstas em regulamento. A visitação está sujeita às normas e restrições estabelecidas pelo Plano de Manejo da unidade, às normas estabelecidas por seu órgão gestor bem como aquelas previstas em regulamento específico. As unidades desta categoria, quando criadas pelo Estado ou Município, serão denominadas, respectivamente, Parque Estadual (PE) e Parque Natural Municipal (PNM);

- d) Monumento Natural (MN) – objetiva basicamente preservar os sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. Pode ser constituído por áreas particulares, desde que haja compatibilização dos objetivos da unidade com a utilização da terra e recursos naturais do local pelos proprietários. A visitação está sujeita às normas e restrições estabelecidas pelo Plano de Manejo da unidade, às normas estabelecidas por seu órgão gestor bem como aquelas previstas em regulamento específico;
- e) Refúgio da Vida Silvestre (REVS) – objetiva proteger ambientes naturais onde se assegurem condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local ou da fauna residente ou migratória. Pode ser constituído por áreas particulares, desde que haja compatibilização dos objetivos da unidade com a utilização da terra e recursos naturais do local pelos proprietários. A pesquisa científica depende de autorização prévia do órgão gestor da unidade estando sujeita às normas e restrições estabelecidas bem como as previstas em regulamento. A visitação está sujeita às normas e restrições estabelecidas pelo Plano de Manejo da unidade, às normas estabelecidas por seu órgão gestor bem como aquelas previstas em regulamento específico;

Grupo II – Unidades de Uso Sustentável (objetivam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais). Estão inseridas neste grupo às categorias e seus objetivos:

- a) Área de Proteção Ambiental (APA) – são geralmente áreas com grandes extensões, com ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais, muito relevantes para a qualidade de vida e bem-estar das populações humanas, com o objetivo de proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação, e assegurar a sustentabilidade da utilização dos recursos naturais. É constituída de áreas públicas ou privadas. As condições para realização de pesquisa científica e visitação pública nas áreas de domínio público, serão estabelecidas pelo órgão gestor da unidade. Nas áreas de propriedade privada, cabe ao proprietário estabelecer as

condições para a pesquisa científica e visitação pública observando as exigências e restrições legais;

- b) Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) – são áreas geralmente áreas de pequenas extensões, com pouca ou nenhuma ocupação humana, apresentando características naturais exuberantes ou que abriga exemplares raros da biota regional, objetivando manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local regulando o uso admissível destas áreas e compatibilizando-os com os objetivos de conservação da natureza. É constituída de áreas públicas ou privadas;
- c) Floresta Nacional (FN) – é uma área com cobertura florestal com espécies predominantemente nativas com o objetivo básico do uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, enfatizando os métodos para exploração sustentável das florestas nativas. É de posse e domínio públicos, sendo admitida a permanência de populações tradicionais que a habitam quando foram criadas, conforme os regulamentos específicos e seu Plano de Manejo. A visitação pública é permitida, desde que seja condicionada às normas estabelecidas para o manejo da unidade pelo órgão responsável por sua administração. A pesquisa científica é permitida e incentivada, desde que autorizada por sua administração, obedecendo às regras e restrições previstas em regulamento. A unidade desta categoria quando for criada pelo Estado ou pelo município se denominará Floresta Estadual (FE) e Floresta Municipal (FM) respectivamente;
- d) Reserva Extrativista (RESEX) – é uma área utilizada por populações tradicionalmente extrativistas, cuja subsistência baseia-se no extrativismo complementando-o com a agricultura de subsistência, tendo como objetivo básico proteger os meios de vida e a cultura destas populações, compatibilizando o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. É de domínio público com uso concedido às populações extrativistas conforme art.23 do SNUC (BRASIL, 2000) e em regulamentação específica. A visitação pública é permitida desde que compatível com os interesses locais, e como disposto no Plano de Manejo da área. A pesquisa científica é permitida e incentivada, desde que autorizada por sua administração, obedecendo às regras e restrições previstas em regulamento. É proibida a caça amadorística ou profissional e também a exploração dos recursos minerais na área. A exploração comercial dos recursos madeireiros só será admitida sustentavelmente e em situações especiais desde que complementem às demais atividades exercidas na RESEX, conforme disposto no Plano de Manejo da unidade;

- e) Reserva de Fauna (RESFA) - é uma área natural habitada por populações animais de espécies nativas, sendo elas terrestres ou aquáticas residentes ou migratórias adequadas aos estudos técnicos – científicos, de acordo com o manejo sustentável dos recursos faunísticos. É de posse e domínio públicos e a visitação pública é permitida, desde que seja condicionada às normas estabelecidas para o manejo da unidade pelo órgão responsável por sua administração. É proibida a caça amadorística ou profissional e a comercialização dos produtos ou subprodutos resultantes das pesquisas obedecerá aos dispostos nas leis sobre faunas e seus respectivos regulamentos;
- f) Reserva de Desenvolvimento Sustentável (REDES) – é uma área natural que abriga populações tradicionais, cujas existências baseiam-se na exploração sustentável dos recursos naturais, desenvolvidos durante gerações, e adaptados às condições ecológicas locais, desempenhando um fundamental papel na proteção da natureza e manutenção da biodiversidade. Objetiva preservar a natureza, assegurando, ao mesmo tempo, as condições e os meios necessários para a reprodução, melhoria dos modos, qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, valorizando, conservando e aprimorando o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, ora desenvolvidos por estas populações. É de domínio público e uso das áreas ocupadas pelas populações tradicionais será regulado conforme art.23 do SNUC (BRASIL, 2000) e em regulamentação específica. É permitida e incentivada a visitação pública, desde que compatível com os interesses locais bem como disposto no Plano de Manejo da área. A pesquisa científica prioritariamente deve ser incentivada e permitida, desde que voltada para a melhoria da relação das populações residentes com seu meio e a educação ambiental, desde que autorizada por sua administração, obedecendo às regras e restrições previstas em regulamento. Admite-se a exploração de componentes dos ecossistemas naturais em regime de manejo sustentável, desde que sujeitas ao zoneamento, às limitações legais e ao Plano de Manejo da área.
- g) Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) – é uma área privada gravada com perpetuidade, objetivando conservar a biodiversidade (BRASIL, 2000). Trata-se de uma unidade de conservação particular, obedecendo todas as regras dispostas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Só é permitida na RPPN, disposta em regulamento, a pesquisa científica e a visitação com objetivos turísticos, educacionais e recreacionais.

Ainda, com base neste aparato legal conclui-se que as unidades de conservação apresentam múltiplas vertentes para a sociedade visto que podem promover a geração de renda, estimular o desenvolvimento regional e local, apoiando em programas de turismo sustentável, na criação de cooperativas de ecoprodutos, incentivando as atividades de pesquisas científicas e processos educativos ambientais. Além de tudo, contribuem para a organização do espaço geográfico em sua área de entorno e favorecem o desenvolvimento de processos econômicos sustentáveis. A sociedade, cada vez mais, procura se esclarecer sobre a importância da conservação do ambiente e o poder público deve tomar as medidas necessárias para sua proteção. Ecossistemas saudáveis são vitais para a existência de uma sociedade sadia, economicamente sólida e, conseqüentemente, desenvolvida sustentavelmente (OLIVEIRA, 2009).

3. OBJETIVOS

3.1. Gerais

Monitorar e avaliar as variáveis físico-químicas e microbiológicas da água de balneabilidade do Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta.

3.2. Específicos

Mensurar estas variáveis em duas áreas distintas: no entorno (próximo à nascente do Córrego do Roseira e Córrego do Canela) e no interior do parque (antes da queda da cachoeira, balneário da cachoeira e encontro dos Córregos do Roseira e Canela), comparando estatisticamente tais variáveis em termos espaciais (pontos amostrais) e caracterizar as condições atuais de balneabilidade da área em estudo.

4. ÁREA DE ESTUDO

O município de Botucatu localiza-se na região centro-sul do Estado de São Paulo, à aproximadamente 230 km da capital, enquadrando-se nas coordenadas 22°52'20"S e 48°26'37"W (CONTE et al, 2001). Com uma área de 152.000 hectares é drenado por duas bacias hidrográficas: a do Rio Tietê, ao norte, e a do Rio Paranapanema, ao sul, (MARTINS & FELICIDADE, 2006) onde os seus principais afluentes da bacia do Tietê são o Rio Araquá, Córrego da Divisa, Ribeirão Lavapés, Rio Alambari e Rio Capivara e da bacia do Paranapanema é o Rio Pardo, manancial de abastecimento da cidade de Botucatu (CARAMASCHI, 1986). Destaca-se, entretanto, por sua extensão, bem como pelo volume

d'água, o Rio Capivara, uma espécie de rio-eixo, que atravessa a cuesta no sentido Sul-Norte e vai se unir ao Tietê na altura de Porto Martins (SOUZA et al., 2003).

A Bacia Hidrográfica do Rio Capivara tem aproximadamente 22.218 hectares e o Rio Capivara recebe este nome a partir da junção ($22^{\circ}55'89''\text{S}$ e $48^{\circ}24'45''\text{W}$) do Córrego da Roseira com o Córrego da Canela numa altitude 677 m, portanto, para esse valor de elevação do terreno podemos considerar que seu curso inicia-se na região de transição entre o Front da Cuesta e a Depressão Periférica da Cuesta Basáltica.

Na microbacia hidrográfica do Rio Capivara encontra-se o Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta (PNMCM), Unidade de Conservação de Proteção Integral, cuja área é de relevante interesse para a conservação da biodiversidade e recursos naturais de nossa região. O Córrego do Roseira forma as duas cachoeiras localizadas dentro do PNMCM conhecidas como “Marta 1” (38 metros de queda d'água, Figura 1) e “Marta 2” (25 metros de queda d'água), típicas desta região de Cuesta, as quais atraem muitos visitantes por tais atributos naturais e pela proximidade à cidade de Botucatu (aproximadamente 11 km do centro da cidade), oferecendo oportunidade para a realização de atividades de interpretação ambiental e ecoturismo (FONSECA et al., *in prep*).

O estudo da qualidade das águas do referido Parque bem como seu entorno, é de suma importância para a gestão e manejo dos recursos hídricos, em especial, nesta região pouco estudada inserida na APA (Área de Proteção Ambiental – perímetro Botucatu), outra Unidade de Conservação, porém de uso sustentável (BRASIL, 2000).



Figura 1 Cachoeira da Marta com aproximadamente 38 metros de queda d'água.

4.1. Relevo

Segundo Carvalho (1981), a Bacia Hidrográfica do Rio Capivara abrange as três unidades geomorfológicas características da região: 1. Reverso da Cuesta (início do planalto ocidental), com altitudes variando entre 700 e 950 m; 2. Front da Cuesta (escarpa arenítica-basáltica) e 3. Depressão Periférica, com altitudes variando entre 400 e 600m (**Erro! Fonte de referência não encontrada.2**).

4.3. Solos

Os solos da região onde se encontra o PNMCM, mapeados por Prioli (2002), foram classificados como: Latossolo Vermelho distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Neossolo Litólico eutrófico, Neossolo Quartzarênico órtico distrófico, Gleissolo Háptico Tb distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico. Para Oliveira (1992), os Latossolos Vermelho distrófico são solos minerais não hidromórficos, muito profundos, formados a partir de material de origem diversa, que lhes confere certa viabilidade nas características morfológicas, especialmente textura e consistência, além de influir nas propriedades químicas. A textura varia desde média a muito argilosa e são característicos de relevo plano e suave ondulado, favorecendo a utilização agrícola.

4.4. Clima

O clima predominante no município de Botucatu é, segundo o sistema de Köpen, do tipo Cfa – clima temperado chuvoso e direção do vento predominante a sudeste (SE). A temperatura média anual na região, segundo Martins (1989), é de 20,2 °C, sendo que a temperatura média dos meses mais quentes é de 23,2°C e de 16, 9°C nos meses mais frios. A precipitação anual é entorno de 1,447 mm, com precipitação média no mês mais chuvoso de 233,4 mm e 37,8 mm no mês mais seco (SETZER, 1966).

4.5. Vegetação

A vegetação natural da Bacia Hidrográfica do Rio Capivara, onde se localiza o PNMCM, é constituída por dois tipos diferentes: Floresta Estacional Semidecidual (fitofisionomia da Mata Atlântica), principalmente na área denominada como Front da Cuesta e Cerradão (fitofisionomia do Cerrado) tanto no Reverso da Cuesta como na Depressão Periférica e também são encontradas matas ciliares ao longo da rede de drenagem da região. Segundo Rodrigues (1999), as formações de Floresta Estacional Semidecidual são caracterizadas por apresentarem um dossel não perfeitamente contínuo (irregular), entre 15 e 20 metros de altura, com presença de árvores emergentes de até 25 e 30 metros. O termo estacional expressa às transformações de aspecto ou comportamento da comunidade conforme as estações do ano e tais transformações têm como características a deciduidade na estação seca, em algumas espécies típicas tais como a Embaúba (*Cecropia hololeuca*), o Jequitibá branco (*Cariniana estrellensis*) e a Figueira branca (*Ficus cestriifolia*) (VIANNA, 1995).

Coutinho (1978) salienta que no Cerrado *sensu lato* inclui-se os campos limpos, os campos sujos, os campos cerrados, os cerrados *sensu stricto* e também os cerrados,

enquanto que Gomes et al. (2004) destacou que o Cerrado localiza-se predominantemente no Planalto Central do Brasil. A área de ocorrência potencial do Cerrado ocupa cerca de 22% do território brasileiro. Porém, o Cerrado, também conhecido como Savana brasileira, é o bioma que vem sofrendo a maior taxa de devastação no país. Sua estrutura vegetal é composta sempre de dois estratos peculiares: um estrato arborescente formado por pequenas árvores tortuosas espaçadas e dotadas de cascas espessas e outro estrato formado por gramíneas e subarbustos (RIZZINI et al., 1991). Desde 1960 tem sido devastado principalmente devido à expansão das atividades agropecuárias, ao aumento da demanda do uso de carvão vegetal, ao aumento populacional e à construção de barragens para hidroelétricas.

As matas ciliares, matas de galeria ou floresta ripária destacam-se por ocuparem áreas restritas ao longo dos cursos hídricos. Tais formações são fortemente influenciadas por uma série de fatores físicos locais, como as variações edáficas e topográficas, além dos processos de perturbações naturais e antrópicas muito frequentes nestas comunidades. Desempenham relevante importância na manutenção da integridade dos ecossistemas locais, representando importantes áreas de preservação de espécies animais, vegetais bem como na conservação dos recursos naturais. Em geral, apresentam estruturas mais densas e altas devido à associação com o curso d'água (BATTILANI, 2005).

4.6. Uso e ocupação do solo

Estudos realizados por Carrega et al., (2009) na Bacia Hidrográfica do Rio Capivara demonstram que a área de pastagem é dominante e que muitas áreas foram substituídas por imensas plantações florestais de Pinus (*Pinus sp.*) e Eucalipto (*Eucalyptus spp.*) ou de laranjas (*Citrus sp.*), que continuam crescendo de forma significativa tanto do lado oriental como ocidental da bacia (Tabela 1). As culturas perenes com a do café (*Coffea arabica*) e anuais como as do milho (*Zea mays*), soja (*Glycine max.*) e do sorgo (*Sorghum bicolor*) também aumentaram significativamente nos últimos 10 anos. Ainda, Campos et al. (2004) relatam a forte ocupação pela pecuária extensiva principalmente com gado de corte.

Tabela 1. Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Capivara (ano de 2006).

Usos	Área	
	ha	%
Pastagem	9.404,73	42,32
Plantação Florestal (Pinus/Eucalipto)	3.848,85	17,32
Cerradão	2.570,40	11,57
Floresta Estacional Semidecidual (FES)	1.772,10	7,97
Citros	1.758,15	7,91
Mata Ciliar	1.137,24	5,12
Várzea	694,08	3,12
Área de expansão urbana	324,81	1,46
Transição Floresta Estacional Semidecidual - Cerradão	246,33	1,11
Culturas anuais	225,72	1,02
Chácaras de lazer	117,63	0,53
Arroz irrigado em várzea (Fazenda Edgárdia FCA-UNESP)	64,17	0,29
Cerrado	24,84	0,11
Cultura perene – café	18,27	0,08
Granjas	11,43	0,05

Fonte: Adaptado de CARREGA et al., 2009.

5. METODOLOGIA

5.1. Pontos amostrais

Para cumprir os objetivos propostos, foram coletadas amostras de água por um período de 01 ano, a cada dois meses, em cinco pontos previamente selecionados, de junho de 2009 a maio de 2010. Na Figura 33, encontram-se os pontos amostrais 1, 2, 3, 4 e 5. O ponto 1 localiza-se próximo à nascente do Córrego do Roseira, os pontos 2, 3 e 4 estão inseridos no interior do Parque (sub-bacia hidrográfica do Córrego do Roseira) e o ponto 5 fica no entorno do Parque (na sub-bacia do Córrego do Canela) todos localizados à montante do Rio Capivara.

Os critérios para a escolha destes pontos foram as contribuições das sub-bacias de drenagem no Córrego do Roseira e seus afluentes, em relação às ações antrópicas

impactantes da população urbana e/ou rural, além de suas condições ambientais, facilidade de acesso e a relevante importância deste Parque Natural Municipal.

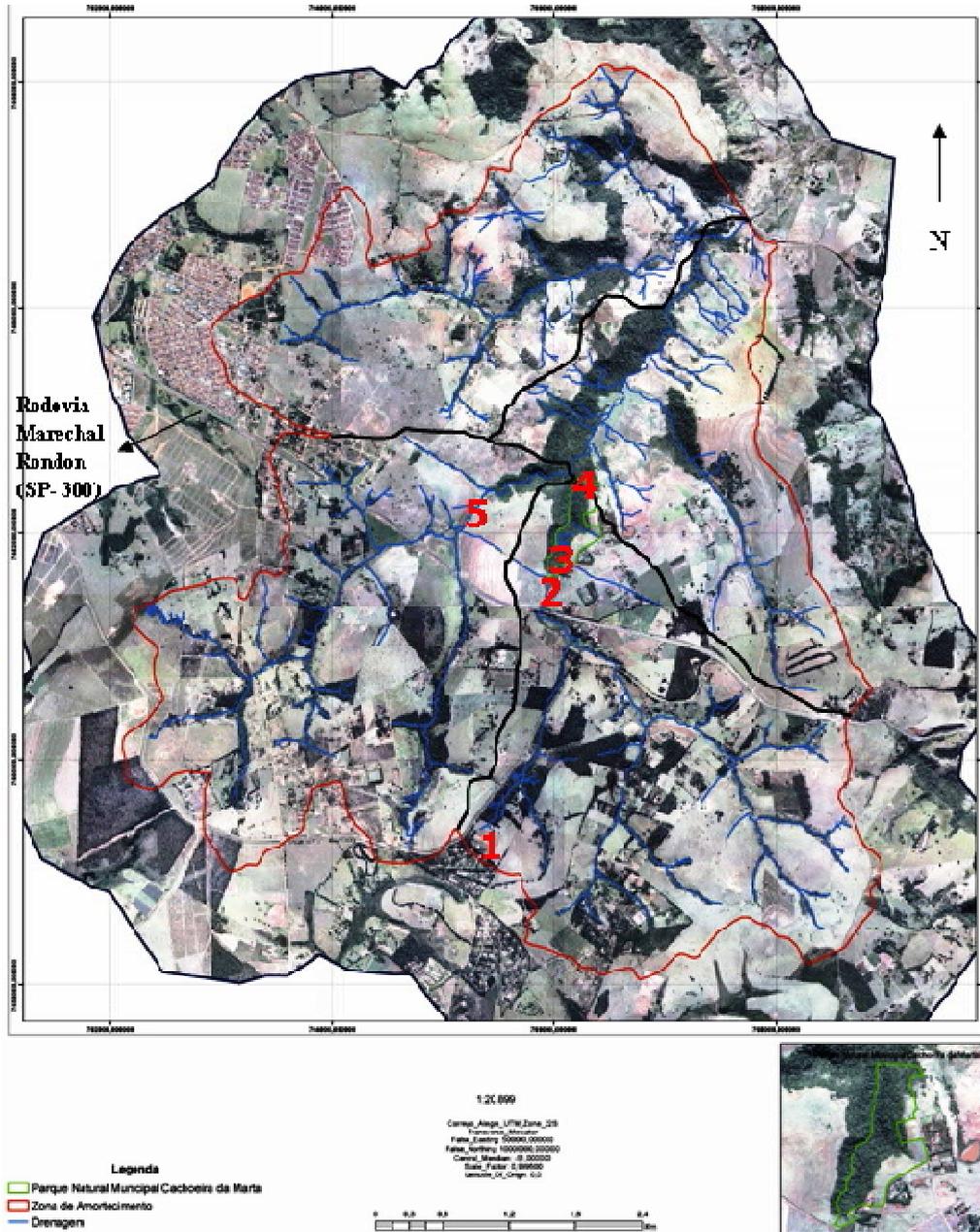


Figura 3. Foto aérea da Cabeceira da microbacia hidrográfica do Rio Capivara (município de Botucatu-SP) com os pontos amostrais (1, 2, 3, 4 e 5).

As coordenadas geográficas e altitudes (dados georeferenciados) dos pontos de amostragens foram determinadas com GPS (Garmin - 60 CX) (Tabela 2). Empregou-se a metodologia proposta por Souza e Derísio (1977) para as amostragens *in situ* e em

laboratório. Assim, as coletas de água foram realizadas no período da manhã (das 8h00 às 13h00) iniciadas pelo P₂ (8h00) e seguidas pelo (respectivamente) P₃, P₄, P₅ e P₁ (13h00). As amostras de água foram coletadas na metade do corte transversal de cada córrego, a aproximadamente 10 cm da superfície da água e também foi realizado o registro fotográfico destes pontos amostrais.

Tabela 2. Descrição geográfica dos pontos amostrais na área de estudo.

Pontos de amostragem	Localização	Coordenadas geográficas	Altitude (m)
P1	Próx. Nascente Córrego do Roseira	22°56'38"S e 48°24'07"W	832
P2	PNMCM - antes da queda Cachoeira da Marta	22°53'50"S e 48°26'25"W	774
P3	PNMCM - balneário da Cachoeira da Marta	22°55'90"S e 48°24'44"W	751
P4	PNMCM - junção Córrego do Roseira e Canela	22°55'89"S e 48°24'45"W	677
P5	Córrego do Canela	22°56'43"S e 48°24'33"W	803

A seguir, as Figuras 4, 5, 6, 7, 8 e 9 destacam cada ponto amostral onde as setas indicam os locais exatos das coletas de água.



Figura 4. Ponto amostral 1 (próximo à nascente do Córrego do Roseira).



Figura 7. Segundo ponto amostral (antes da queda da Cachoeira da Marta).



Figura 5. Balneário da Cachoeira da Marta, ponto amostral 3.



Figura 8. Junção entre os Córregos do Roseira (à esquerda) e Córrego do Canela (à direita) ponto amostral 4.



Figura 6. Ponto amostral 5 (Córrego do Canela).



Figura 9. Córrego do Canela antes do P₅ (seta) – uso e ocupação do solo no entorno

5.2. Variáveis físico-químicas

No presente estudo, as variáveis estudadas das amostras de água foram: Parâmetros físico-químicos – Temperatura da água (°C), pH, Condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S}/\text{cm}$), Oxigênio dissolvido (OD - mg/L), Carbono orgânico total (COT - mg/L de C), Nitrogênio total (NT – mg/L), Fósforo total (PT – mg/L)

In situ, a temperatura da superfície da água foi medida no momento da coleta usando um termômetro digital de campo da marca Quimis. Em laboratório, a condutividade elétrica (CE - $\mu\text{S}/\text{cm}$) foi determinada utilizando-se um condutivímetro digital da marca Marconi, sendo os valores corrigido para temperatura de 25°C, e as leituras de pH das amostras foi realizada utilizando-se um pHmetro da marca WTW modelo pH 340/ION.

O teor de Oxigênio Dissolvido (OD - mg/L) na água foi determinado empregando-se o método de Winkler modificado pela azida sódica, conforme descrito pela Golterman et al. (1978)

Para a determinação do teor do Carbono Orgânico Total (COT - mg/L de C) das amostras de água coletadas foi utilizado o método do carbono orgânico não purgável (CONP) e um analisador COT Shimadzu, modelo TOC-V_{CPH} CPH/CPN que é controlado por computador compatível e software em ambiente Windows, com faixa de detecção 4 ppb a 25.000 ppm. As amostras coletadas são conservadas em frascos rotulados e a solução presente nos frascos é analisada quanto ao conteúdo de COT. O valor obtido no aparelho é diretamente proporcional à quantidade de COT da amostra e analisada em laboratório (GREENBERG et al, 2005).

A determinação do teor de Nitrogênio Total (NT – mg/l) nas amostras de água coletadas foram realizadas de acordo com o método quimiluminescente, unidade de medida de nitrogênio total (NT), modelo TNM-1 da Shimadzu, acoplada a um analisador de carbono orgânico total (COT), modelo TOC-V_{CPH} CPH/CPN que é controlado por computador compatível e software em ambiente Windows da Shimadzu (GREENBERG et al, 2005).

Para a determinação do teor de Fósforo Total (PT – mg/L) foi o de azul de molibdênio, utilizando o antimônio como catalisador, que consiste na digestão e posterior determinação espectrofotométrica (GREENBERG et al, 2005).

5.3. Variáveis microbiológicas

Para analisar os parâmetros microbiológicos das amostras de água coletadas (Coliformes Totais e Termotolerantes NMP/100 mL) foi adotada a técnica de diluição de tubo múltiplo, recomendado por Greenberg et al. (2005). As amostras foram coletadas em sacos

plásticos de 200 ml esterilizados e lacradas, sendo analisadas entre 3 a 24 horas após a coleta (amostras mantidas sob refrigeração até a realização da análise). Para verificação da presença de Coliformes Termotolerantes, três alçadas do tubo positivo de maior diluição foram semeadas em três tubos contendo meio *E. coli* e posteriormente incubados em banho-maria a 44,5 °C por 24 horas. A positividade foi verificada por duas formas: a) turvação do meio e b) produção de gás.

5.4. Análise estatística

Com o objetivo de verificar o comportamento de cada variável nos diferentes pontos amostrais (n=6 por trecho/bimensal) foram realizadas análises de variância (ANOVA) seguidas do teste de Tukey (Tukey's Studentized Range – HSD) comparando as médias, para as variáveis com distribuição normal e homogeneidade de variância. Para as que não apresentaram distribuição normal, no caso, os Coliformes Termotolerantes, foi realizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, ambos ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$) (ZAR, 1999).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Parâmetros físico-químicos

6.1.1. Temperatura da água (°C)

Segundo DERÍSIO (1992), a temperatura dos corpos é considerada uma medida para intensidade de calor, sendo, então, uma variável física das águas naturais em que suas variações nos ciclos diurnos ou sazonais dependem da radiação solar incidente e do regime climático. Fatores como altitude, latitude, estação do ano, período do dia e profundidade influenciam a temperatura superficial dos corpos hídricos. A CETESB (2007a) descreve que a elevação atípica de natureza antrópica da temperatura em corpos d'água superficiais, geralmente, é provocada por despejos de origem doméstica e industriais, bem como por descargas de usinas termoelétricas. Assim, o aumento da solubilidade de alguns compostos químicos “artificiais” contaminantes nos corpos d'água naturais ocasiona a elevação da temperatura da água, que por sua vez, pode provocar um efeito nocivo à biota aquática (TUNDISI, 2008).

Por outro lado, em ambientes prístinos, a margem de rios com a cobertura de dossel circundada de matas ciliares e florestas existe uma significativa redução da radiação

solar incidente devido ao sombreamento, tendenciando à menor temperatura da água (CARVALHO et al, 2000)

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar que as médias das temperaturas da água nos P₁ (próximo a nascente do Córrego do Roseira) e P₅ (Córrego do Canela) foram um pouco mais elevadas, porém não houve, estatisticamente, diferença entre elas.

Tabela 3. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão da Temperatura da água (°C) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	20,3 ^a	±3,6
P ₂	19,8 ^a	±3,1
P ₃	19,3 ^a	±3,0
P ₄	19,8 ^a	±3,6
P ₅	20,8 ^a	±3,6
Valor de p	0,94	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Tanto o P₁ e P₅ são locais desprotegidos de coberturas florestais (mata ciliares e vegetação natural) o que, segundo Lima & Zakia (1996), altera o funcionamento hidrológico pelo aumento da incidência de radiação solar sob a superfície da água. ADAMS (1993) salienta que a qualidade da água final de um rio é o resultado integrado de todos os fatores intrínsecos de cada microbacia, inclusive de sua cobertura vegetal.

Embora estas médias tenham sido mais elevadas nestes pontos, quando comparamos com as fontes potenciais de poluição, entretanto, nota-se que a variação da temperatura da água em todos os pontos amostrais segue o regime sazonal, visto que nos meses de inverno, as temperaturas atingiram 14°C (P₄) e no verão as temperaturas atingiram 25°C no P₅ não sendo alteradas por estas fontes.

6.1.2. Potencial hidrogeniônico (pH)

É uma relação numérica que expressa o equilíbrio entre íons (H⁺) e íons (OH⁻), apresentando uma escala de variação entre 0 a 14. O valor considerado neutro é o 7, onde a concentração de íons (H⁺) é igual a concentração de íons (OH⁻). Quando ocorrer a predominância de íons (H⁺) temos valores de pH menores que 7, chamado de pH ácido

(PILOVIKOS et al., 2006). Desta forma, quando o pH for maior que 7 tem-se o pH básico, pois há predominância de íons (OH⁻) e quando tem seu valor máximo, 14, é considerado alcalino. Processos biológicos naturais como respiração e fotossíntese, e aqueles induzidos pela ação humana, como a eutrofização artificial, são uns dos principais fatores que induzem a mudança do pH na água (Sipaúba-Tavares, 2005).

ESTEVES (2003), salienta que a grande maioria dos corpos d'água de rios, riachos e lagos tem pH variando entre 6 e 8, podendo encontrar-se ambientes mais ácidos ou mais alcalinos, sendo uma das variáveis ambientais mais importantes.

A Tabela 4 demonstra que as médias de pH mensurados nos pontos amostrais não variam estatisticamente entre si e encontram-se próximas da neutralidade em todos os pontos de coletas. Todos o valores médios encontrados estão abaixo dos propostos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que para a Classe 1, estabelece os valores de 6,0 a 9,0 para o pH.

Tabela 4. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do pH nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	6,5 ^a	±0,3
P ₂	6,7 ^a	±0,4
P ₃	7,1 ^a	±0,5
P ₄	7,1 ^a	±0,4
P ₅	6,6 ^a	±0,5
Valor de p	0,06	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Ao relacionarmos o pH com as fontes potenciais de poluição provenientes do uso e ocupação do solo e a influência antrópica nos pontos amostrais, pode-se observar que no ponto 1 (próximo a nascente do Córrego do Roseira) encontrou-se o menor valor (6,5), abaixo da neutralidade, devido as práticas agropecuárias, atividades zootécnicas (criação de gado, aves e eqüinos), falta de cobertura vegetal natural que podem estar afetando o corpo hídrico local. Segundo Toledo & Nicolella (2002), as fontes difusas e pontuais de poluição oriundas agricultura são um dos principais fatores que alteram as medidas de pH nos corpos hídricos. No ponto 5 (Córrego do Canela), encontrou-se o segundo menor valor para a medida de pH, também abaixo da neutralidade, além de toda a influência agropecuária no seu

entorno, a proximidade bairros com grande adensamento populacional (COHABs) pode estar afetando diretamente a qualidade da água, pelo aumento dos despejos de efluentes de origem doméstica (WIENS, 2002). O ponto amostral 2, antes da queda da Cachoeira da Marta, também foram encontrados valores médios para o pH abaixo da neutralidade (6,7), sendo influenciado diretamente pela ausência de mata ciliares.

Contudo, nos pontos amostrais 3 e 4, encontramos valores médios similares (7,1), sendo considerado como pH básico, devendo-se considerar o aspecto destes pontos estarem localizados após as quedas da Cachoeira da Marta (P₃) e as três cachoeiras do Canela (P₄) apresentando cobertura florestal de matas ciliares e vegetação natural.. Estudos realizados por Belutta (2009), na microbacia do Córrego do Cintra (Botucatu – SP), após a Cachoeira da Pavuna, encontraram para o pH, os valores médios de 7,8, bem próximo ao diagnosticado no presente estudo. É importante ressaltar que por se tratar de cachoeiras, observa-se que os córregos do Roseira e Canela correm sobre lajeados de basalto.

Desta forma, segundo Araújo et al. (2002), o solo original do município de Botucatu é o basalto metáfiro e provavelmente diabásico (eruptivas basálticas), mas de acordo com Leinz & Amaral (1980), os termos ácidos, básicos ou neutros das rochas, não interferem com os respectivos caracteres físico químicos da água, como o pH, por exemplo. Entretanto, Press et al. (2006), afirmam que as rochas sofrem um processo muito lento de interperismos químicos e também alterações químicas seguidas de interperismos físicos, cujas partículas são formadas devido a desagregação mecânica tornando o ambiente aquático alterado quimicamente, como acontecem nas rochas basálticas, onde os silicatos presentes são metreorizados na presença de água pro hidrolise, tornando-os mais alcalinos.

6.1.3. Condutividade Elétrica (CE - $\mu\text{S}/\text{cm}$)

A condutividade elétrica, ou condutância específica, é um indicador de salinidade resultante da concentração de sais, ácidos e bases nas águas naturais. É medida pelo conteúdo eletrolítico das águas, através do fluxo da corrente entre dois eletrodos de platina: quanto mais elevado, maior é a concentração (TUNDISI, 2008). Expressa um grande número de fenômenos complexos: depende da concentração iônica; correlaciona-se com os nutrientes de fitoplâncton e macrófitas e em alguns lagos e represas, a condutividade depende também da alcalinidade das águas (ESTEVES, 2003).

E, segundo a CETESB (2007a), é uma expressão numérica da capacidade de corpos hídricos conduzirem corrente elétrica, fornecendo também uma ótima indicação das modificações de suas composições minerais. À medida que novos íons são adicionados, a

condutividade elétrica aumenta e altos valores podem indicar características corrosivas da água.

De acordo com a Tabela 5, os resultados das médias obtidas para a condutividade elétrica da água nos pontos amostrais 1, 2, 3 e 4 não diferem estatisticamente entre si. Porém, a média do P₅ difere estatisticamente entre as médias dos pontos 1, 2 e 3 e a média do P₄ não difere da média encontrada no P₅, estatisticamente.

Tabela 5. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão da Condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	42,1 ^a	±3,0
P ₂	38,5 ^a	±2,8
P ₃	39,7 ^a	±4,2
P ₄	37,5 ^{ab}	±5,2
P ₅	31 ^b	±2,7
Valor de p	<0,001	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância

As fontes potenciais de poluição relacionadas com os parâmetros físico químicos como a condutividade elétrica, em função da ocupação urbana e do uso do solo nesta bacia hidrográfica, fatores, como a influência antrópica e as atividades agropecuárias, são muito relevantes ao considerar as fontes difusas e pontuais que ocasionam este tipo de poluição nos pontos amostrais. No P₁ (próximo a nascente do Córrego do Roseira) foi encontrado o maior valor para a CE 42,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabela 5). A ocupação agrícola e as atividades zootécnicas (criações de gado, eqüinos, suínos) realizadas no entorno deste ponto amostral juntamente com a ausência de vegetação natural e mata ciliar podem estar interferindo diretamente e acelerando o processo de poluição/contaminação deste corpo d'água. Ao estudarem a nascente do Rio Capivara em Botucatu, SP, Valente et al., (1997b) encontraram valores de 19 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de CE, valor abaixo do diagnosticado no presente estudo. Contudo, Belutta (2009), estudando a nascente do Córrego do Cintra, Botucatu, SP, encontrou o valor de 78,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de CE, relacionando este fato a fontes de poluição difusas oriundas do despejo inadequado de resíduos químicos.

Podemos observar que nos demais pontos amostrais P₂, P₃ e P₄ os valores encontrados para a condutividade elétrica da água se mantiveram muito próximos, atingindo o

valor máximo 46,8 e mínimo de 32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Apêndice, Tabela 12). No ponto amostral 5, localizado no Córrego do Canela, foi obtido o menor valor para a CE (31 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Fato este que pode estar relacionado com as funções iônicas próprias deste córrego estudado, sendo elas menores ao diluir os íons, diferentes das encontradas no Córrego do Roseira. Palma-Silva (1999) afirma que a condutividade elétrica da água fornece boa indicação nas variações da concentração mineral e que cada corpo hídrico possui suas próprias características e concentrações diferentes de íons podendo diluí-los mais ou menos.

Apesar de nenhuma legislação referente a recursos hídricos determinar um valor específico para condutividade elétrica, recomenda-se que, para valores superiores a 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, outros fatores, como por exemplo, despejos inadequados de esgotos, uso de fertilizantes e insumos agrícolas sejam considerados no entorno das áreas estudadas (SILVA, 2007).

6.1.4. Oxigênio dissolvido (OD – mg/l)

É o elemento de importância vital para os organismos aeróbios. A introdução de oxigênio dissolvido numa água pode dar-se pelo ar atmosférico, pela fotossíntese e artificialmente, pela ação de aeradores ou insufladores de ar, variando principalmente em função da temperatura e da altitude (DERÍSIO, 1992).

TUNDISI, (2008), enfatiza que o oxigênio é um gás de grande importância biológica, participando de inúmeras reações químicas na água, sendo que sua dissolução é muito rápida, dependendo das interações ar/água, ou seja, da temperatura da água e pressão atmosférica. Também pode ser considerado um dos parâmetros que melhor demonstra a recuperação do ecossistema aquático e a degradação da matéria orgânica, não devendo ser o único fator considerado, pois sua concentração pode ser alterada não somente pela ação antrópica (BELUTTA, 2009).

De acordo com a Tabela 6, as médias obtidas para o Oxigênio dissolvido não diferem estatisticamente entre os pontos 2, 3, 4 e 5. Contudo, o P₁ difere estatisticamente do P₃ e P₄. Embora estejam diferindo estatisticamente entre si, com exceção do ponto 1, todos os valores médios encontrados estão abaixo dos propostos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que para a Classe 1, estabelece que os valores de OD, em qualquer amostra, não sejam inferiores a 6 mg/L de O₂.

Tabela 6. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Oxigênio dissolvido (mg/l) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	5,8 ^b	±1,5
P ₂	7,3 ^{ab}	±0,6
P ₃	8,0 ^a	±0,9
P ₄	8,5 ^a	±0,7
P ₅	7,1 ^{ab}	±1,8
Valor de p	0,01	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância

Quando relacionamos as fontes potenciais de poluição com o oxigênio dissolvido, em função da ocupação urbana e do uso do solo nesta bacia hidrográfica, fatores, como a influência antrópica e as atividades agropecuárias, são muito relevantes ao considerar as fontes difusas e pontuais que ocasionam este tipo de poluição nos pontos amostrais. Isto é bem evidente no P₁ (próximo à nascente do Córrego do Roseira) e no P₅ (Córrego do Canela) que apresentaram os menores valores médios de 5,8 e 7,1 mg/L de O₂ (Tabela 6 e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**), que caracteriza a influencia direta de tais atividades, pelo despejo de efluentes de forma inadequada. O déficit de matas ciliares e vegetação natural também influenciam negativamente este corpo hídrico, pois segundo Lima & Zakia (1996), a ausência de cobertura florestal no entorno de rios afeta diretamente na oxigenação e aumento da temperatura, podendo desencadear o processo de eutrofização. A altitude também pode ser considerada um fator de influencia direta nos decréscimos de oxigênio ao longo de rios e córregos, pois, de acordo com Nuvolari et al. (2003), a maior introdução de oxigênio nas águas se dá ao nível do mar devido à maior pressão atmosférica provocada pela coluna de ar sobre a interface da água e o contrario, quanto maior a altitude, menor a pressão atmosférica e conseqüentemente, menor introdução de oxigênio. O P₁ e o P₅ se localizam nas áreas com maiores altitudes (832 e 803 metros respectivamente –Tabela 6). Silva (2007), encontrou o valor médio de 5,86 mg/L de O₂, bem próximo do diagnosticado no presente estudo, na nascente do Rio Capivara, Botucatu, SP, pertencente a mesma microbacia hidrográfica do P₁.

Tal fenômeno é evidenciado nos demais pontos amostrais onde, conforme a altitude diminui os valores de oxigênio dissolvido aumentam, principalmente no P₃ (balneário da Cachoeira da Marta) e P₄ (junção dos Córregos do Roseira e Canela), que por suas declividades acentuadas e presença das cachoeiras favorecem a dissolução dos gases que é

diretamente proporcional ao grau de turbulência das águas. Conte et al. (2001), quando estudaram balneário da Cachoeira da Marta, onde está situado o P₃, encontraram o valor médio de 8,16 mg/L de O₂, valor equivalente ao diagnosticado neste estudo (Tabela 6), que pode ser explicado por Janzen e Schulz (2006), quando estudaram experimentalmente em laboratório a interação entre a turbulência gerada no fundo e a interferência de gases através da interface ar-água e observaram que as altas concentrações de OD são extraídas da superfície e levadas para o seio fluido, diminuindo o OD superficial conforme a turbulência provocada.

6.1.5. Carbono orgânico total (COT – mg/l de C)

O carbono é um elemento químico que entra na constituição dos seres vivos e de todos os compostos orgânicos. Como, este carbono, ao oxidar-se consome oxigênio dissolvido na água, a quantificação do carbono orgânico total é um bom indicador intimamente relacionado com a matéria orgânica existente nos meios hídricos. O COT (Carbono orgânico total), é uma medida direta da matéria orgânica carbonácea existente numa amostra de água ou de efluentes sanitários e ou industriais, sem distinguir se é matéria biodegradável ou não (GREENBERG et. al, 2005).

De acordo com FONSECA et. al., (2006), a determinação de COT é uma técnica frequentemente utilizada para monitorar presença de matéria orgânica na água, sendo uma das formas de avaliar a eficiência de métodos de degradação de compostos orgânicos tóxicos, bem como de tratamento de efluentes industriais.

Conforme a Tabela 7, as médias encontradas para o COT não variaram estatisticamente entre si, embora a adição ou excesso de matéria orgânica nos cursos d'água leva ao consumo excessivo do oxigênio dissolvido devido à oxidação química e/ou bioquímica durante a respiração dos microrganismos nos processos naturais de depuração dessa matéria orgânica, que pode estar ocorrendo no P₁, onde foi encontrado maior valor (7,7 mg/L de C). Estudo realizado por Souza (2005), em áreas próximas a nascente do Córrego do Cintra, microbacia hidrográfica do Araquá (Botucatu-SP), encontrou teores de 7,3 a 18,9 de COT, estando próximos aos valores encontrados neste estudo, onde foram diagnosticados valores máximos de 14,0 e mínimos de 3,28 mg/L de C (Apêndice, Tabela 12), contrastando com os estudos realizados por Silva et al., (2007) no Ribeirão Lavapés (Botucatu –SP), onde foram encontrados valores de 10,10 a 155,0 de COT, pela grande despejo de poluentes de origem doméstica e industrial.

Tabela 7. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Carbono orgânico total (mg/l de C) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	7,5 ^a	±3,3
P ₂	7,4 ^a	±3,1
P ₃	7,7 ^a	±3,3
P ₄	6,8 ^a	±3,4
P ₅	5,5 ^a	±2,8
Valor de p	0,77	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância

Em relação aos demais pontos amostrais pertencentes à microbacia Córrego do Roseira, houve a diminuição gradativa dos valores encontrados para o COT, do P₂ ao P₄, devido ao efeito da diluição e mineralização da matéria orgânica ao longo do córrego. No caso do P₅, como pertence à microbacia do Canela, as águas deste córrego podem ter características físico químicas diferentes das do Córrego do Roseira como, por exemplo, conterem menos matéria orgânica e íons, facilitando a diluição dos poluentes ou contaminantes, sendo necessário uma quantidade menor de oxigênio dissolvido para executar esta atividade.

A Figura 100 representa a significativa interação entre o COT e o pH, pois, segundo Nuvolari et al. (2003), quanto maior a carga orgânica (COT), menor o pH devido aos subprodutos do processo respiratório da degradação microbiana com liberação de CO₂, que, devido a sua alta solubilidade na água, é convertido a ácido carbônico. O inverso ocorre quando o teor de COT é reduzido (P₂ ao P₄) e o pH se eleva gradativamente. Segundo Valente et al., (1997b), a maior concentração de ácido carbônico ocorre em ambientes eutróficos, pois este é consumido pela absorção fotossintética (variando do dia para a noite) pelas algas, mas em ambientes lóticos (corredeiras), como são o caso dos Córregos do Roseira e Canela, a suspensão de sedimentos dos córregos, que são provocadas pelas turbulências das águas, dificulta o processo de fotossíntese e diminui a proliferação de algas. Já a alcalinidade da água nos pontos distantes das possíveis fontes de contaminação P₂ ao P₄, tem interferência, também, das espécies alcalinas carregadas para os córregos na região de influência agrária ou em função do tipo de solo, cujo processo chamado de calagem corrige o pH considerado ácido.

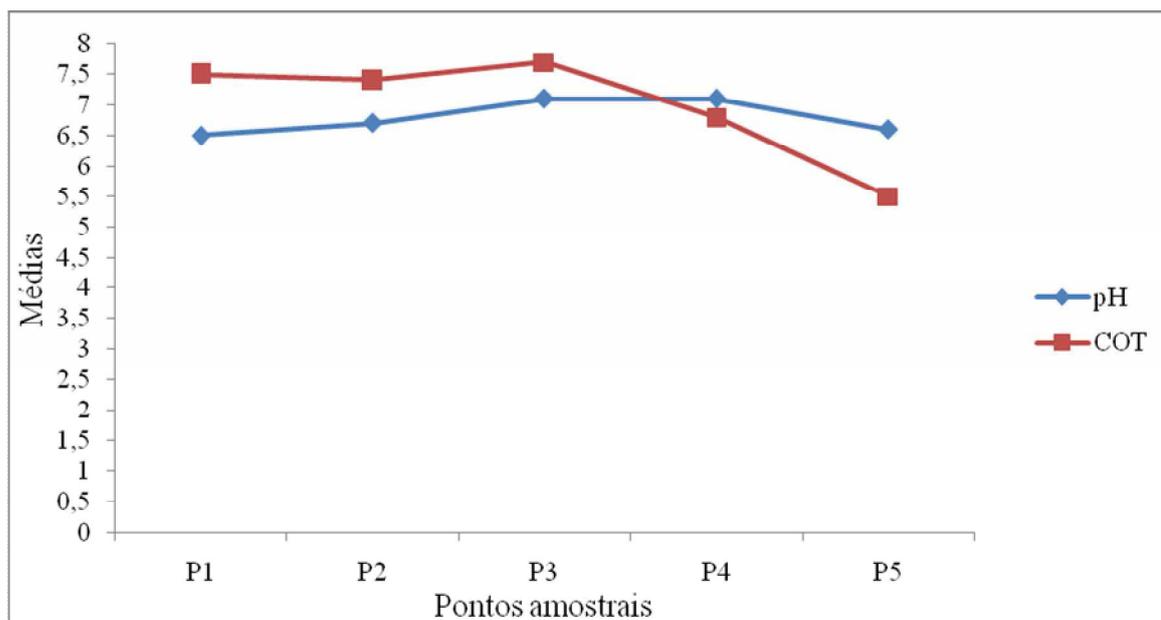


Figura 10. Variação espacial das concentrações médias do COT (mg/l C) e o pH

Nenhuma legislação vigente no Brasil relativa a recursos hídricos estabelece valores máximos e mínimos para o COT, embora suas quantidades sejam relevantes por fazerem parte do ciclo natural da natureza e da água.

6.1.6. Fósforo total (PT – mg/l)

Em geral, compostos de fósforo entram, também, na composição das águas naturais em quantidades muito pequenas. Constitui esse elemento, um importante componente da substância viva, além de estar ligado ao metabolismo respiratório e fotossintético (MOSS, 1980). Assim sendo, é ele um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos e sua economia, em uma massa d'água, é de importância fundamental no controle ecológico das algas (TUNDISI, 2003).

Despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos, bem como alguns tipos de despejos industriais, podem enriquecer as águas deste elemento e a utilização crescente que se faz, hoje em dia, de certos tipos de detergentes de usos domésticos e industriais, contribuem, em muito, para o acúmulo deste elemento nos corpos hídricos (BRANCO, 1986).

De acordo com Tabela 8, os resultados das médias encontradas para o Fósforo total no P₁ diferem estatisticamente do P₂, P₃ e P₄. Entretanto, as médias encontradas no P₅ não diferem estatisticamente do P₁, P₂, P₃ e P₄. Embora estejam diferindo estatisticamente entre si, todos os valores médios encontrados estão abaixo dos propostos pela Resolução

CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), com exceção do ponto 1, cujo a média ultrapassou levemente o valor máximo de 0,1 mg/L de fósforo total estabelecido para a Classe 1.

Tabela 8. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Fósforo total (mg/l) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	0,113 ^a	±0,027
P ₂	0,023 ^b	±0,024
P ₃	0,029 ^b	±0,014
P ₄	0,034 ^b	±0,045
P ₅	0,065 ^{ab}	±0,07
Valor de p	0,004	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância

Quando relacionamos as fontes potenciais de poluição com nutrientes como o fósforo, em função da ocupação urbana e do uso do solo nesta bacia hidrográfica, fatores, como a influência antrópica e as atividades agropecuárias, são muito relevantes ao considerar as fontes difusas e pontuais que ocasionam este tipo de poluição nos pontos amostrais. Isto é bem evidente no P₁ (próximo à nascente do Córrego do Roseira) que apresentou o maior valor de 0,113 mg/L de PT (Tabela 8). Fato que é diagnosticado pela ocupação agrícola e práticas zootécnicas (criações de gado, eqüinos, suínos) realizadas no entorno deste ponto amostral. Segundo Donadio et al. (2005), a origem desse nutriente a partir de áreas agrícolas tem sido colocada em relevância como indicador da qualidade de água, pois o papel do fósforo na eutrofização dos recursos hídricos é essencial. Outro fator importante para ser considerado no acréscimo de fósforo total encontrado no ponto amostral é salientado por Marques et. al., (2007), referindo-se a relação das atividades agropecuárias aliadas ao déficit de cobertura vegetal ciliares sendo os principais fatores contribuintes para a degradação da qualidade das águas, pois os lançamentos de poluentes, mesmo que indiretos na água, como fertilizantes, agrotóxicos, adubo animal e outras fontes de matéria orgânica, aceleram os processos de eutrofização, pois não encontram barreiras naturais até atingirem os corpos hídricos, o que acontece no caso da lixiviação de nutrientes pelas chuvas, quando o solo se encontra muito desgastado e desmatado (CARVALHO et al., 2000). Quando estudaram a nascente Ribeirão Lavapés em Botucatu, SP, Silva et al. (2007) encontraram o valor médio de 0,007 mg/L de

PT, que pode estar associado a esta nascente estar preservada e circundada de mata ciliares e vegetação natural, inserida dentro da Escola do Meio Ambiente.

Ao analisarmos o ponto amostral 5, Córrego do Canela, foi diagnosticado o segundo maior valor para o PT (0,065 mg/L). É importante ressaltar que este ponto amostral está situado muito próximo a cidade de Botucatu, em áreas urbanizadas com alto adensamento populacional (COHABs), apresentando uma ocupação urbana desordenada que possivelmente lançam seus efluentes domésticos e lixo de forma inadequada. Na Figura 9, pode-se observar a ausência de matas ciliares e vegetação natural no entrono do P₅, bem como a ocupação do solo por pastagens e produção de hortaliças, muito próximos ao córrego. Entre os demais pontos amostrais 2, 3 e 4 houve um pequeno aumento nas concentrações de fósforo total que pode estar associado a pelo acúmulo deste nutriente oriundo de fontes difusas (lixo doméstico, efluentes domésticos, saponáceos), e pela diminuição da diluição, que mesmo com a autodepuração provocada pela grande movimentação das águas das cachoeiras, não foi suficiente pra diluir todo excesso deste nutriente presente nos córregos. Cada corpo d'água possui, até certo ponto, capacidade natural de receber poluentes, e, a transformação gradual dos componentes orgânicos em sais minerais e gás carbônico têm que estar diretamente equilibrado com a capacidade do corpo hídrico em assimilar tais lançamentos, não conflitando com sua utilização (COSTA et al., 2003).

6.1.7. Nitrogênio total (NT – mg/l)

O nitrogênio é um elemento de importância fundamental à vida dos organismos, uma vez que faz parte integrante da molécula de proteína. Por outro lado, constitui um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos microrganismos de água doce (BRANCO, 1986).

Segundo ESTEVES (2003), esta importância preponderante de certos nutrientes, tais como o nitrogênio, em comparação com outros, pode ser deduzida da relação existente entre o referido elemento e outros constituintes da célula viva e as proporções em que se encontram no meio aquático. Por esta razão, constituem um importante índice da presença de despejos orgânicos recentes de origens domésticas e conseqüentes eutrofizações (DERÍSIO, 1992).

De acordo com a Tabela 9, a média encontrada no P₁ apresenta estatisticamente diferença entre as médias encontradas nos pontos 3, 4 e 5. Porém, as médias encontradas no P₂, não diferem estatisticamente das médias encontradas nos P₁, P₃, P₄ e P₅. Embora estejam

diferindo estatisticamente entre si, todos os valores médios encontrados estão abaixo dos propostos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005), que para a Classe 1, estabelece os valores máximos de 1,0 mg/L de nitrogênio total.

Tabela 9. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão do Nitrogênio total (mg/l) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	0,49 ^a	±0,13
P ₂	0,28 ^{ab}	±0,31
P ₃	0,11 ^b	±0,04
P ₄	0,14 ^b	±0,08
P ₅	0,13 ^b	±0,08
Valor de p	0,001	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância.

Quando relacionamos as fontes potenciais de poluição com nutrientes como o nitrogênio, em função da ocupação urbana e do uso do solo nesta bacia hidrográfica, fatores, como a influência antrópica e as atividades agropecuárias, são muito relevantes ao considerar as fontes difusas e pontuais que ocasionam este tipo de poluição nos pontos amostrais. Isto é bem evidente no P₁ (próximo à nascente do Córrego do Roseira) que apresentou o maior valor médio de 0,49 mg/L de NT (Tabela 9). Fato que é diagnosticado pela ocupação agrícola e práticas zootécnicas (criações de gado, eqüinos, suínos) realizadas no entorno deste ponto amostral. Apesar de estar a aproximadamente 1,5 km da nascente do Córrego do Roseira, este ponto, bem como sua nascente, não possuem cobertura de mata ciliar nem vegetação natural adequadas, acelerando o processo de poluição/contaminação deste corpo hídrico. Segundo Marques et al. (2007), locais próximos à áreas agrícolas podem apresentar resíduos de fertilizantes contendo compostos nitrogenados, pois a maioria destas substâncias utilizam o nitrogênio como componente principal em suas fórmulas. Tundisi & Matsumura-Tundisi (1990), também enfatizaram que a descarga de esgotos domésticos e a drenagem de solos agrícolas fertilizados contribuem significativamente para que os corpos hídricos recebam altas concentrações de nitrogênio. Moretto & Nogueira (2003) e Panhota & Bianchin (2003), salientam que as concentrações de compostos nitrogenados (nitritos, nitratos e nitrogênio total) podem ser alteradas conforme o efeito da diluição ocasionado pelas chuvas e também

pela lixiviação superficial que carrega para os corpos hídricos todos os nutrientes presentes nos solos, principalmente em locais onde os solos são desmatados (CARVALHO et al., 2000).

Bertol et al., (2007), comprovam que tais concentrações de compostos nitrogenados em corpos hídricos podem ser afetadas geralmente em áreas agrícolas onde é utilizada adubação química com NPK. Tais valores são contrastados por Silva et al., (2007), que ao analisarem a qualidade da água da nascente do Ribeirão Lavapés, em Botucatu, SP, encontraram o valor de 0,20 mg/L de NT e por Valente et al., (1997b), que ao realizarem estudos em uma das nascentes do Rio Capivara, encontraram o valor de 0,46 mg/L de NT. As áreas onde estão localizadas estas nascentes são protegidas por mata ciliares e vegetações naturais da Floresta Estacional Semidecidual (Mata Atlântica).

Ao analisarmos o ponto amostral 2, antes da queda da Cachoeira da Marta, encontramos o valor médio de 0,28 mg/L de NT, sendo este o segundo maior valor encontrado para este parâmetro. Tal fato pode estar relacionado à falta de mata ciliar e vegetação natural neste ponto amostral que, segundo Ribeiro et al., (2005), são um dos mais importantes fatores que interferem diretamente na qualidade das águas, bem como ao lago que abastece a Cachoeira da Marta, que pode estar servindo como uma lagoa de estabilização, por se tornar um ambiente lântico, com pouca movimentação de água, onde tais nutrientes podem ficar depositados no sedimento do fundo e virem a superfície após muito tempo de contaminação difusa (REID E WOOD, 1976). De acordo com Sipaúba-Tavares (2005), inúmeros são os fatores que podem afetar a qualidade da água nestes sistemas lânticos tais como localização, capacidade do corpo d'água como receptor de resíduos, dinâmica do sedimento, uso de produtos químicos, fluxo de água, tipo de solo, procedência da água de abastecimento (córregos, nascentes, rios estuários, áreas costeiras, lagos) e das características bióticas e abióticas do meio.

Em contraste, no P₃, balneário da Cachoeira da Marta, foram encontrados os menores valores médios para o NT, de 0,11 mg/L. De acordo com Holloway et al., (1998), concentrações de nitrogênio total tendem a diminuir, sendo afetadas por características topográficas e tipo de solo, principalmente em rios de corredeiras que formam cascatas, como o Córrego do Roseira. No caso deste presente estudo, a Cachoeira da Marta, por exemplo, com seus 38 metros de altura, favorece a diluição da concentração de nitrogênio total, pela própria movimentação de suas águas.

Nos pontos amostrais 4 e 5 foram encontrados os valores médios de 0,14 e 0,13 mg/L de NT respectivamente, sendo equivalentes aos encontrados no P₃ comprovando a

ocorrência dos fenômenos da autodepuração e diluição dos nutrientes nos corpos hídricos (LOVETT et al., 2002).

Apesar de todos os valores encontrados nos pontos amostrais estarem abaixo dos estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) é muito importante reconhecer todas as fontes potenciais e ou difusas de poluição que indicam a presença de nutrientes, como o nitrogênio, principalmente às provenientes de fertilizantes utilizados nas atividades agrícolas que se evidenciam nas áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal natural.

6.2. Parâmetros microbiológicos

6.2.1. Coliformes totais (NMP/100 ml)

As bactérias do grupo coliformes (totais e termotolerantes) estão presentes nas águas naturais e contaminadas por esgoto, diferenciando somente a origem da bactéria (SILVA et al., 1998a). Encontram-se no grupo dos coliformes totais tanto as bactérias originárias do trato gastrointestinal dos mamíferos (ditos animais de sangue quente) como diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas de origens difusas (PÁDUA, 2003).

Os resultados das médias encontradas para os Coliformes totais no P₅ diferiram estatisticamente do P₁, P₂, P₃ e P₄. Contudo, as médias nos pontos 1, 2, 3 e 4 não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 10). As Resoluções CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) e 357/2005 (BRASIL, 2005) não estabelecem valores máximos e mínimos para o parâmetro microbiológico de coliformes totais, embora suas quantidades sejam relevantes por estarem presentes na natureza em grandes números e variedades.

Tabela 10. Teste T de Tukey das médias e desvios padrão dos Coliformes totais (NMP/100 ml) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Média	Desvio padrão
P ₁	89 ^b	±118
P ₂	36 ^b	±31
P ₃	18 ^b	±20
P ₄	106 ^b	±101
P ₅	370 ^a	±235
Valor de p	<0,001	

Médias seguidas por letras iguais não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância

Ao relacionarmos as fontes potenciais de poluição microbiológicas nos pontos amostrais em função da ocupação antrópica e do uso do solo nesta bacia hidrográfica, fatores, como atividades agropecuárias e efluentes domésticos, são preponderantes como vetores de fontes difusas e pontuais deste tipo de poluição. Isto é bem evidente no P₅ (Córrego do Canela) que apresentou maior valor médio de 370 NMP/100 ml de coliformes totais (Tabela 10). É importante ressaltar que suas nascentes estão próximas a cidade de Botucatu, em áreas urbanizadas com alto adensamento populacional, ocupação desordenada que possivelmente lançam seus efluentes domésticos e lixo de forma inadequada. De forma similar Prado & Novo (2006) determinaram o estado trófico relacionando com o potencial poluidor microbiológico com a urbanização desordenada nas bacias hidrográficas dos Rios Piracicaba/Capivari/Jundiá e Tietê/Sorocaba.

Entretanto, no P₄, na junção dos Córregos Roseira/Canela, deve estar ocorrendo o processo de autodepuração (Costa et al., 2003), ou seja, a neutralização da carga poluidora microbiológica pelos processos de diluição, sedimentação e estabilização química que é bastante facilitada em corpos d'água lóticos, rios e córregos com características de corredeiras e cachoeiras, pela grande movimentação e oxigenação das águas (ESTEVES, 2009). Gonçalves et al. (2005), também mostram o efeito diluidor da junção de dois corpos d'água em estudo na microbacia hidrográfica do Arroio do Lino (Agudo, RS) sob impacto de urbanização desordenada, mas determinaram valores médios altos (375 NMP/100 ml de coliformes totais) onde o efeito da autodepuração não foi tão eficiente. Em contraste, no ponto 3, no principal balneário da cachoeira da Marta, os valores médios (18 NMP/100 ml de coliformes totais) foram muito inferiores dos demais valores encontrados. Fatores como altura de queda da cachoeira (38 m), presença da cobertura de dossel e de mata ciliar contribuíram para o processo de autodepuração e diluição da carga poluidora microbiológica. Ao relacionarmos tais fatores, Lowrance (1998), afirma que as florestas ciliares respondem pela redução da deposição de poluentes de fontes não pontuais em rios e lagos, uma vez que controlam o ambiente físico químico e microbiológico.

Em estudo similar na região da APA (Combataí – Tejupá – perímetro Botucatu), dados preocupantes foram diagnosticados por Belluta (2009), que determinou valores médios de 197 NMP/100 ml de coliformes totais no balneário da Cachoeira da Pavuna, no Córrego do Cintra (Botucatu, SP) cuja bacia de drenagem passa por área de grande influência antrópica com fontes potenciais poluidoras oriundas do complexo hospitalar do distrito de Rubião Jr. Em outras condições de balneabilidade, pode ser vista a mesma situação que é reportada por

Vasilio (2006), onde diagnosticou valores muito elevados (487 NMP/100 ml) de coliformes totais num praia da represa de Ilha Solteira (Ilha Solteira, SP).

Quando se avalia o ponto 2, que está a montante da cachoeira da Marta, o valor médio encontrado (36 NMP/100 ml para coliformes totais) é o dobro do registrado no ponto 3 (cachoeira da Marta 1) mas bem inferior aos P₄ e P₅ que recebem a carga poluidora microbiológica do córrego do Canela. Este local que não possui cobertura de dossel nem mata ciliar adequadas para a proteção dos corpos d'água e é um trecho em que o Córrego do Roseira foi represado para construção de um pequeno açude com vista à atividades de piscicultura que não viabilizou-se.

Já no ponto 1, que está próximo à nascente do Córrego do Roseira, foram encontrados valores médios um pouco mais elevados (89 NMP/100 ml de coliformes totais). Pode-se relacionar o maior valor neste ponto com as atividades agrícolas e pecuárias que são desenvolvidas nesta região à montante e fora do Parque da Marta. Vanzela et al. (2010), discutem que as concentrações de coliformes totais, em áreas habitadas com moradias rurais nos arredores de corpos hídricos, tendem aumentar devido as atividades zootécnicas, como a criação extensiva de animais (gado de leite, de corte, suínos, aves e eqüinos) em associação ao não tratamento dos dejetos gerados. Exemplificando, esses autores diagnosticaram valores microbiológicos elevados (média de 946 NMP/100 ml de coliformes totais) em trechos próximos as nascentes do Córrego Três Barras (município de Marinópolis, SP), enquanto que autores como Belutta (2009), Bonett et al. (2008) e Côrrea et al. (2006) determinaram valores médios bem discrepantes de coliformes totais (167, 9,0 e 4.6×10^4 NMP/100 ml) respectivamente, em locais similares aos do ponto amostral 1.

Ainda, Gonçalves et al. (2005), além de relatar a alta contaminação microbiológica em locais próximos a moradias com tratamento inadequado de dejetos orgânicos, relaciona-os com presença de culturas agrícolas, em especial, aquelas que são adubadas com esterco orgânico. Informações técnicas da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada – IDR de Botucatu) indicam que os citricultores utilizam adubações com esterco orgânico de até 6 kg de esterco/pé/ano enquanto que os produtores de hortifruti usam cerca de 45 t de esterco /ha/ano.

6.2.2. Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml)

As bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes termotolerantes só se desenvolvem no trato gastrointestinal de animais homeotérmicos (ditos de sangue quente) podendo ser patogênicos (PÁDUA, 2003), como por exemplo, as do gênero *Klebsiella* e as

espécies *Aerobacter aerogenes* e *Escherichia coli*. Ainda, BRASIL (2004), discute que esse tipo de contaminação microbiológica por esgoto ou pela presença de animais representa importante fator de risco à saúde pública, pois muitos destes patógenos podem ser transmitidos ao homem, como as doenças de veiculação hídrica.

Em especial, as fontes potenciais de carga poluidora microbiológica estariam relacionadas ao P₄ (na junção entre os córregos do Roseira e Canela) e o P₅ (no eixo principal do Córrego do Canela, ainda sem a contribuição do Roseira) justamente a que revelam maiores valores para coliformes termotolerantes (43 e 93 NMP/100ml), respectivamente (Tabela 11). O efeito da autodepuração e diluição nos dois córregos lóticos com grandes desníveis altitudinais e cachoeiras contribuem para mitigar os processos de contaminação microbiológica, ao relacionarmos com a presença de conjuntos habitacionais de alto adensamento populacional (como as COHABs) e condomínios habitacionais como chácaras de lazer, que se encontram próximo das áreas de coletas, que direta ou indiretamente, podem estar afetando as condições hídricas e qualidade de água da sub-bacia hidrográfica do Córrego do Canela, por ser o ponto amostral onde foi encontrado o maior valor para os coliformes termotolerantes.

Tabela 11. Teste de Kruskal-Wallis apresentando a mediana, 1^o e 3^o quartil referentes aos Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) nos pontos amostrais.

Pontos (n=6)	Mediana	1 ^o quartil	3 ^o quartil
P ₁	2	0	9
P ₂	15	0	21
P ₃	2	0	15
P ₄	22	0	43
P ₅	29	9	93
Valor de p			0,1

Não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Estudo similar realizado por Conte et al. (2001) no P₂ (antes da queda da Cachoeira da Marta) e P₃ (balneário da Cachoeira da Marta) foram detectadas concentrações de coliformes termotolerantes muito mais elevadas (88,40 e de 210,00 NMP/100ml) ,que os do presente estudo, juntamente em trecho com maior afluxo de visitantes que fazem atividades recreativas e banhos. BELUTTA (2009) encontrou valores de 240 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes em estudos realizados no balneário da Cachoeira da Pavuna,

pertencente à microbacia do Córrego do Cintra, Botucatu-SP. Em relação ao P₁, que está próximo à nascente do Córrego do Roseira diagnosticou-se o menor valor de coliformes termotolerantes (9 NMP/100 ml) área sem proteção de matas ciliares e com atividades agropecuárias relevantes. Contrapondo a esses resultados, Silva (2007), ao estudar a nascente do Rio Capivara (Botucatu-SP), obteve valores microbiológicos médios muitas vezes superiores (258,25 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes) ao registrado no presente estudo. Strieder et al. (2006) e Zanini (2010) realizaram estudos próximos à nascentes (montantes) de córregos no interior do Estado de São Paulo, registrando valores muito discrepantes entre si (de $1,0 \times 10^4$ e $1,0 \times 10^3$ NMP/100 ml de coliformes termotolerantes) sendo as influências antrópicas e despejos de efluentes de origem doméstica e agrícola a hipótese mais provável, enquanto que Corrêa et al., (2006), encontraram valores máximos de $2,1 \times 10^3$ para coliformes termotolerantes na Represa de Barra Bonita (Rio Tietê).

Dados de Silva et al. (1998b) mostram a influência antrópica (atividades agropastoris, presença de condomínios e falta de uso de fossas sépticas adequadas) para a perda da qualidade da água, pois comprovaram a elevada concentração de coliformes termotolerantes em águas para irrigação e dessedentação de animais da bacia do Rio Pardo e afluentes no município de Botucatu. Estudos de saúde pública relacionado com contaminação microbiológica no Vale do Ribeira (município de Eldorado –SP) mostrou que o uso pela população rural de águas não tratadas (falta de saneamento básico), oriundas de rios e poços artesianos aumentam as doenças por veiculação hídricas (Valente et al.,1999).

Conforme as Resoluções CONAMA 274/2000 (BRASIL, 2000) e 357/2005 (BRASIL, 2005) e classificação como Classe I (Segundo Conte et al., 2001 e Silva, 2007), pode-se inferir que neste quesito, as águas do Córrego do Roseira e do Córrego do Canela são consideradas próprias e excelentes para o uso de recreação de contato primário (mergulho e natação), pois apresentam números inferiores à 250 NMP/100 ml de coliformes termotolerantes.

7. CONCLUSÕES

- No P₁ foram encontrados maiores valores para: nitrogênio total (mg/l), fósforo total (mg/l) e condutividade elétrica da água ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e menores valores de oxigênio dissolvido (mg/L);
- No P₅ foram encontrados maiores valores para coliformes totais (NMP/100ml) e fósforo total (mg/L);

- Tais resultados se relacionam diretamente com a ocupação antrópica e rural, despejos inadequados de lixo doméstico, prática de atividades zootécnicas em áreas de preservação permanente e grande déficit de matas ciliares que influenciam na qualidade das águas nos pontos amostrais;

- As águas do Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta são consideradas próprias e excelentes para prática de atividades recreacionais de contato primário, conforme a Resolução CONAMA 274/2000 e também se pode concluir que este estudo com enfoque à contaminação microbiológica e parâmetros físico químicos reflete a atual e preocupante situação do estado de conservação e qualidade das águas superficiais do município de Botucatu e talvez, até dos diferentes corpos hídricos do Brasil, submetidos a contínuas e históricas pressões antrópicas. São necessárias políticas públicas efetivas em compatibilidade à gestão destas relevantes áreas protegidas, para evitarem-se as perdas da biodiversidade bem como do potencial turístico e de recreação que, nos dias atuais, são traduzidos pela beleza cênica (cachoeiras e matas ciliares) do Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta (Botucatu, SP).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, P.W. **Closing the gaps in knowledge, policy and action to address water issues in forests.** Journal of Hydrology, v. 150, p. 773-786, 1993.

ARAÚJO JÚNIOR, A. A. et al. Diagnóstico físico conservacionista de 10 microbacias do Rio Capivara – Botucatu (SP), visando o uso racional do solo. **Irriga.** Botucatu, v.7, n.2, 2002.

BATTILANI, J.L.; SCREMIN-DIAS, E.; SOUZA, A.L.T. **Fitossociologia de um trecho da mata ciliar do Rio da Prata, Jardim, MS, Brasil.** Acta Botânica Brasílica, São Paulo, v. 19, n.3, jul/set.,2005.

BECKER, C.G.; FONSECA, C.R.; HADDAD, C.F.B.; PRADO, P.I. **Habitat Split and the Global Decline of Amphibians.** Science, v. 318, n. 5857, p. 1775-1777, 2007.

BELLUTA, I. **Avaliação dos impactos provocados pela descarga de efluentes tratados na microbacia do Cintra, Botucatu –SP.).** Dissertação (Mestrado em Agronomia, Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, p.114, 2009.

BERTOL, O.J.; RIZZI, N.E.; BERTOL, I.; ROLOFF, G. **Perdas de solo e água e qualidade do escoamento superficial associadas à erosão entre sulcos em área cultivada sob semeadura direta e submetida às adubações mineral e orgânica.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 781-792, 2007.

BOEHM, A.B.; GRANT, S.G.; KIM, J.H.; MOWBRAY, S.L.; MCGEE, C.D. CLARK, C.D.; FOLEY, D.M.; WELLMAN, D.E. **Decadal and shorter period variability of surf zone water quality at Huntigton Beach, Califórnia/USA:** Stanford University, 2002.

BONNET, B. R.P; FERREIRA, L.G; LOBO, F.C. **Relações entre qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica.** Revista Árvore, Viçosa – MG, v.32, n.2, p.311-322, 2008.

BOTUCATU. Lei nº 4.212, de 21 de fevereiro de 2002. **Dispõe sobre a criação da Unidade de Conservação Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta.** Disponível em: <<http://www.camarabotucatu.sp.gov.br/consultaleggeral.asp>>. Acesso em: 15 de maio de 2008.

BRANCO, S.M. **Hidrologia aplicada à engenharia aplicada.** São Paulo: CETESB/ASCETESB. p. 616, 1986.

BRASIL. Lei 9.985 de julho de 2000; decreto 4.340, de 22 de agosto de 2002. **Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.** Brasília: MMA/SBF, 56p., 2004

CABELLI, V.J.; DUFOUR, A.P; LEVIN, M.A; HABERMANN, P.W The impact of pollution on marine bathing beaches: an epidemiological study. *In: Middle Atlantic Continental Shelf and the New York Bight.* Proceeding of the Symposium. American Society of Limnology and Oceanography. P. 424-432, 1975.

CABELLI, V.J.; DUFOUR, A.P; LEVIN, M.A; McCABE, L.J.; HABERMANN, P.W. **Relationship of microbial indicators to health effects at marine bathing beaches.** Califórnia/USA: Journal Public Health, v.69(7), p. 690-696. 1979.

CABELLI, V.J.; DUFOUR, A.P; LEVIN, M.A; McCABE, L.J.; HABERMANN, P.W. **Swimming associated gastroenteritis and water quality.** Califórnia/ USA: Jornal Epidemiologic, v.115 (4), p. 606-616, 1982.

CAMPOS, S. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu –SP.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal – SP, v.24, p.431-435, maio/ago, 2004.

CARAMASCHI, E. P. **Distribuição da ictiofauna de riachos das Bacias do Tietê e do Paranapanema, junto ao divisor de água (Botucatu, SP).** Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, 245p., 1986.

CARREGA, E.F.B. **Delimitação de unidades ambientais na bacia do Rio Capivara, Botucatu (SP)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu, p.98, 2006.

CARREGA, E.F.B.; CAMPOS, S.; JORGE, L.A.B. **Evolução do uso do solo e vegetação antural da bacia do Rio Capivara, Botucatu-SP**. Revista Energia na Agricultura. Botucatu, vol.24, n.1, p. 35-48, 2009.

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. 618-622, 2000.

CARVALHO, J.L. A floresta e a conservação da água. In: RODRIGUES, V.A; BUCCI, L.A. **Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais**. Botucatu: FEPAF, p.80-87, 2006.

CARVALHO, W. A. **Relações entre relevo e solos da Bacia do Rio Capivara, Município de Botucatu/SP**. 181p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu, 1981.

CASTRO, S.M.P. **Caracterização qualitativa das águas das cachoeiras da Marta, Canela e Véu da Noiva situadas no município de Botucatu – SP**. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 125 p, .2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo, 151 p., 1988.

_____. **Determinação de oxigênio dissolvido: método de Winkler modificado pela azida sódica**. São Paulo, 1989a. 169 p.

_____. **Significado sanitário: parâmetros de qualidade**. São Paulo, 2007b. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/parametros/parametros.htm>>. Acesso em: 18 de maio 2007b.

_____. **Variáveis de qualidade de água.** São Paulo, 2007a. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/parametros/variaveis.asp>. Acesso em: 18 de maio 2007a.

_____. **Balneabilidade de Praias e Reservatórios.** São Paulo: Cetesb, 2004. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 18 set. 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA n. 274, de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de balneabilidade em Águas Brasileiras. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama> . Acesso em 28 de julho 2008.

_____. Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 20 de fevereiro de 2008.

CONTE, M.L; ARANTES, L.A; BRENDA, C.C; CONTE E CASTRO, A.M & LEOPOLDO, P.R. **Qualidade da água em cachoeiras turísticas da região de Botucatu-SP: avaliação preliminar.** Ciência Geográfica, Bauru, VII, vol.II (19), p 59-62, 2001.

CORRÊA, T.A.F. et al. **Microbiological evaluation of hydric resources provided by the Tiete River , District of Vitoriana, Botucatu, SP, Brazil.** Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo, v.73, p. 283-286, 2006.

COSTA, L.L.; CEBALLOS, B.S.O.; CELEIDE, M.B.S.; CAVALCANTI, M.L.F. **Eficiência de wetlands construídos com dez dias de retenção hidráulica na remoção de colifagos e bacteriófagos.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.3, n.1, 2003.

COUTINHO, L.M. **O conceito de Cerrado.** Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v.1. n.1, p.17-24, 1978.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** São Paulo. Cetesb, 210 p., 1992.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATI, J.A.; PAULA, R.C.de. **Qualidade de água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, p. 115-125, 2005.

DUFOUR, A. **Health effects criteria for fresh recreational Waters.** Environmental Protection Agency. Cincinnati/OH: EPA, 1984.

DURIGAN, G.; IVANAUSKA, N.M.; NALON, M.A.; RIBEIRO, M.C.; KANASHIRO, M.M.; COSTA, H.B.; SANTIAGO, C.M. **Protocolo de avaliação de áreas prioritárias para a conservação da Mata Atlântica na região da Serra do Mar/Paranapiacaba.** Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.21, n.1, p. 39-54, 2009.

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Parameters of Water Quality Interpretation and Standards.** EPA, Irlanda, 2001.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Interciências/FINEP, 575 p., 2003.

FONSECA, J.C.L et al. **Avaliação da confiabilidade analítica das determinações de carbono orgânico total (COT).** Eclética Química, São Paulo, vol. 31, n.3, p.47-52, 2006.

FONSECA, R.C.B; MORAES, P.I.R; CAICHE, D.T; VALLE, H.S.R; SOUZA, M.C.B & RASSINI, T.R. **Plano de Manejo do Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta.** Documento Técnico, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, 74 p, *In prep.*

FRAVET, A.M.M.F. de. **Qualidade de água utilizada para irrigação de hortaliças na região de Botucatu – SP e saúde pública.** Dissertação (Mestrado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, p. 71, 2006.

GENESIS. **Reação em cadeia pela polymerase.** 2006. Disponível em: < http://educação.genesisdbm.com.br/educação_per.shtml> Acesso em: 15 set. 2010.

GOLDMAN, H. L.; HARGIS, L. G. Phosphate: containing anions: determination of anion.

Analytical Chemical, v. 41, p. 490, 1969.

GOLTERMAN, H. L., CLYMO, R.S., OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of freshwaters**, 3^a ed, Oxford: Blackwell Scientific Publications, 2178, p. 1978.

GOMES, B.Z.; MARTINS, F.R.; TASHIMIRO, J.Y. **Estrutura do Cerradão e da transição entre cerrado e floresta paludícola num fragmento da Internacional Paper do Brasil Ltda, em Brotas, SP**. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 27, n. 2. abr/jun., 2004.

GONÇALVES, C.S.; RHEINHEIMER, D.S.; PELLEGRINI, J. B.R.; KIRST, S.L. **Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, p. 391-399, 2005.

GREENBERG, A. G., CLESCERI, L. S. & EATON, A. D. (EdS). **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 21 th ed. Washington: American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, 1368 p., 2005.

HOLLOWAY, J.M.; DAHLGREN, R.A.; HANSEN, B.; CASEY, W.H. **Contribuion of bedrock nitrogen to high nitrate concentrations in stream water**. Nature, 395: 785-788, 1998.

HYNES, H.B.N. **The Ecology of Running Waters**. Liverpool: Liverpool University Press, 555p., 1970.

JANZEN, J.G.; SCHULZ, H.E. Detalhes da transferência de gases na interface ar-água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.11, p.153-161, 2006.

JORGE, L. A. B. Comportamento sazonal de fragmentos de vegetação natural na bacia do Rio Capivara, em Botucatu – SP. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 389-396, 2000
LEINZ, V.; AMARAL, S.E. **Geologia geral**. São Paulo: Nacional, 397 p., 1980.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. **Monitoramento de bacias hidrográficas em áreas florestadas**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.10, n.29, p.11-21, Nov., 1996.

LOVETT, G.M.; WEATHERS, K.C.; ARTHUR, M.A. **Control of nitrogen loss from forested watersheds by soil carbon: nitrogen ratio and tree species composition.** *Ecosystems*, v.5, p. 712-718, 2002.

LOWRANCE, R. **The riparian ecosystem management model: Simulator for ecological processo in riparian zones.** In: Proceedings of the First Federal Interagency Hydrologic Modeling Conference, Las Vegas, 30 p., 1998.

MAGRO, T.C. **Impactos do uso público em uma trilha do Parque Nacional de Itatiaia.** (Tese de Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 135p., 1999.

MARIANO, M.B.; VIDAL, C.M.S.; SOUZA, J.B. **Avaliação da qualidade microbioológica da água para balneabilidade do Salto Manduri, Prudentópolis – PR.** In: VI Semana de Estudos da Engenharia Ambiental, UNICENTRO, Campus Irati – PR, ANAIS, 2008.

MARQUES, M.N.; COTRIM, B.M; PIRES, M.A.F. **Avaliação do impacto da agricultura em áreas de proteção ambiental pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo.** *Química Nova*, São Paulo, v. 30, n.5, p. 1171-1178, 2007.

MARTINS, D. **Clima na região de Botucatu – SP.** In: Encontro de estudos sobre a agropecuária de Botucatu. Anais do I Encontro de estudos sobre agropecuária na região de Botucatu. Botucatu: UNESP, p. 8., 1989.

MARTINS, R.C.; FELICIDADE, N. **Limitações da abordagem neoclássica como suporte teórico para gestão de recursos hídricos no Brasil.** In: FELICIDADE, N.; MARTINS, R. C.; LEME, A.A. *Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil.* 2ª.ed. São Carlos: Rima,.cap.2, p. 17-37, 2006.

MARTOS, M.Y.H.G. **Ánalise temporal da qualidade da água em um trecho do Rio Sorocaba e de seus afluentes Ipanema e Pirajibu, e comparação com legislação ambiental vigente.** Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, p.118, 1999.

MATSUMURA-TUNDISI, T.; LUZIA, A.P.; TUNDISI, J.G. **Estado trófico dos reservatórios em cascata do médio e baixo Tietê (SP) e manejo para o controle da eutrofização.** Eutrofização na América do Sul: causas, conseqüências e tecnologias de gerenciamento e controle. IIE, p. 141-160, 2006.

MEYBECK, M. et al. **Water quality monitoring – a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes.** UNEP/WHO, 383p., 1996.

MEYBECK, M.; HELMER, R. An introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. (Ed.) **Water quality assessment.** Cambridge University Press. 1992.

MILANO, M.S. **Unidades de Conservação no Brasil: o desafio de sua efetiva operacionalização.** In: Congresso Florestal Brasileiro, 7, Curitiba –PR. Anais. p. 116 – 121, 1993.

MORETTO, E.M.; NOGUEIRA, M.G. **Physical and chemical characteristics of Lavapes and Capivara Rivers, tributaries of Barra Bonita Reservoir (Sao Paulo – Brazil).** Acta limnológica Brasileira, Porto Alegre, v.15, n.1, p.27-39, 2003.

MOSS, B. **Ecology of Fresh Waters: Man and Medium,** 2nd Ed. Liverpool: Blackwell Scientific Publication, 1988.

NUVOLARI, A. **As diversas opções de tratamento do esgoto sanitário.** São Paulo: Edgard Blücher, 520 p., 2003.

OLIVEIRA, J.B (Org.). **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento.** 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 201 p., 1992.

OLIVEIRA, L.R.N.de (Org.). **Unidades de Conservação da Natureza.** Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 104, 2009.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Guias para a La calidad Del água potable v.1: recomendaciones.** 2. Ed. Genebra, 205 p., 2000.

PÁDUA, H.B. **Informações sobre coliformes totais/fecais e alguns outros organismos indicadores em sistemas aquáticos – Aquicultura.** Caderno de Doutrina Ambiental, 20 p., agosto, 2003.

PALEARI, L.M.; FONSECA, R.C.B.; FALASCHI, R.L. **Formação de monitores infanto-juvenis para atuação em educação ecológica no Parque Natural Municipal Cachoeira da Marta.** In: Universidade Estadual Paulista; Sheila Zambelo de Pinho; José Roberto Sagliete. (Org.). Núcleos de Ensino. São Paulo: Editora da UNESP, p.126-159, 2006.

PALMA-SILVA, G.M. de. **Diagnóstico ambiental, qualidade de água e índice de depuração do Rio Corubataí – SP,** (Dissertação de Mestrado) Rio Claro, 155p, 1999.

PANHOTA, R.S.; BIANCHINI JÚNIOR, I. **Potencial cycling of organic matter in a eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP – Brazil).** Acta Limnológica Brasileira, Porto Alegre, v. 15, n.2, p. 1-11, 2003.

PELCZAR, M.J.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia, Conceitos e Aplicações.** v.2, p.517. 2 ed., São Paulo: Malron Books, 1996.

PIELOU, E.C. **Freshwater.** Chicago: The University of Chicago Press, 275 p., 1998.

PRADO, R.B.; NOVO, E.M.L.M. **Análise espaço-temporal da relação do estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP) com potencial poluidor da bacia hidrográfica.** Disponível em: <http://www.dpi.INPEePRINT: sid.inpe.br/ePrint@80/2006> Acesso em: 17/02/2011.

PRESS, F. et al. **Para entender a Terra.** 4^a. ed. Porto Alegre.: Bookman, 656 p., 2006.

PRESSEY, R.L. **Ad hoc reservations: forward or backward steps in developing representative reserve systems?** Conservation Biology, v.8, n.3, p. 662-668, 1994.

PRIOLI, E.L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra no município de Botucatu – SP.** 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na

Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PSILOVIKOS, A.; MARGONI, S. **Simulation and trend analysis of the water quality monitoring daily data in Nestos river delta: contribution to the sustainable management and results for the years 2000-2002.** Environmental Monitoring and Assessment, Netherlands, v. 116, p. 543-562, 2006.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J.G. **Águas doces do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 2 ed. São Paulo. Editora Escrituras, 2002.

REID, G.K.; WOOD, R.D. Environmental variables of natural Waters. In: REID, G.K. and WOOD, R..D. **Ecology of Inland Waters and Estuarine.** 2 ed. New York. 153-157, 1976.

RIBEIRO, C.A.A.S et al. **O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente.** Revista Árvore, Viçosa – MG, v.29, n.2, p.203-212, 2005.

RIZZINI, C.T.; COIMBRA FILHO, A.F.; HOUAISS, A. **Ecosistemas brasileiros.** Rio de Janeiro: Index, 159 p., 1991.

ROCHA, M. S. J. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.** 2 ed. Santa Maria-RS: Edições UFMS, 181p. 1991.

RODRIGUES, R. R. **A vegetação de Piracicaba e municípios do entorno.** Revista Circular Técnica do IPEF. Piracicaba, vol. 189, p. 1-42, 1999.

SÃO PAULO. SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Atlas Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo**, parte II: interior. São Paulo: Metalivros, 1998.

SARDINHA, D. S et al. **Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP).** Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.13, n.3 – jul/set, p.329-338, 2008.

SETZER, J. **Atlas Climático e ecológico do Estado de São Paulo.** Comissão Interestadual da Bacia do Paraná – Uruguai: Cesp. 1966.

SHIMADZU CORPORATION. **User manual: TOC-V CPH/TOC-VCPN Total Organic Carbon Analyzer and the TOC Control V software.** Kioto, 352 p., 2001.

SILVA, A.M.M. et al. **A capacidade de auto depuração de um curso de água: um estudo de caso no Rio Pardo (Botucatu – SP).** Acta Limnológica, Porto Alegre, v.10, n.2, p. 83-99, 1998b.

SILVA, A.M.M; HENRY, R; CARVALHO, L.R & SANTINI, J.A.J.**Capacidade de autopurificação de um curso de água: um estudo de caso no Rio Pardo (Botucatu, SP).**Acta Limnologica Brasiliensia, vol.10(2), p. 83-99, 1998.

SILVA, F.A et al. **Novo perfil de qualidade da água do Ribeirão Lavapés após tratamento do esgoto da cidade de Botucatu – SP.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUIMICA, 48.,2007, Natal. Recursos não renováveis...Natal, RN, CD-ROM, 2007b.

SILVA, K.C. **Qualidade de água ao longo do Rio Capivara no município de Botucatu – SP.** Dissertação (Mestrado em Agronomia, Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista – UNESP, 2007.

SILVA; A.M.M; SACOMANI, L.B.; HORÁCIO, A. Aspecto sanitário (coliforme de origem fecal) em águas para irrigação e dessedentação de animais em rios de Botucatu, SP. **Acta Limnológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v.20, n.1, p. 57-68, 1998a.

SILVEIRA, A. **Desenvolvimento de metodologia para determinação do coeficiente de transferência térmica na interface água-ar.** Dissertação de Mestrado, EESC, USP, São Carlos, 102 p., 1999.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Uso racional da água: limnologia e plâncton.** 217 f. Tese (Livre-Docência/Aquicultura) Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

SOUZA, A..J.de.; ANDRADE, F.C.de.; PIERI, J.C.di.; PIZA, M.A.B.T.; CONTE, M.L. **Aspectos físicos do município de Botucatu – SP.** Ciência Geográfica, Bauru v. 9 (1), 2003.

SOUZA, A.J. et al. **Aspectos físicos do município de Botucatu** – SP. Revista Ciência Geográfica, Bauru, v.9, n.1, p. 54-57, 2003.

SOUZA, H. B.; DERÍSIO, J. C. **Guia técnico de coleta de amostras de água**. São Paulo, CETESB, 257 p., 1977.

SOUZA, K.F. **Caracterização da qualidade de efluentes e a possível utilização da biomassa como fonte energética**. 221 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.

SPERLING, M.V. **Introdução á Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgoto**. Belo Horizonte: EDUFMG, p. 243, 1996.

STRIEDER, M.N. et al. **Medidas biológicas e índices de qualidade da água de uma microbacia com poluição urbana e de curtumes no sul do Brasil**. Acta Biológica Leopoldensia, Porto Alegre, v.28, n.1, p. 17-24, 2006.

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

SUGUIO, K. **Mudanças ambientais na terra**. São Paulo: Instituto Geológico, 336 p., 2008.

TAKAHASHI, L. **Uso Público em Unidade de Conservação**. Cadernos de Conservação Nº 2. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2004.

TOLEDO, L.G. de; NICOLELLA, G. **Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano**. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.59, n.1, p. 181-186, 2002.

TORRESI, S.I.C.; PARDINI, V.L; FERREIRA, V.F. **O que desejamos para 2010?** Química Nova, Editorial, v.32, n.9, 2009.

TUNDISI, J.G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos, Ed. Rima, IIE, 248p, 2003.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

UNEP. **World resouce people and ecossystems: the fraying web life, 2000 – 2001**. Washington: UNDP, UNEP, World Bank, WRI, 389 p., 2000.

VALENTE, J.P.S. et al. **Avaliação bacteriológica dos recursos hídricos do município de Eldorado – Vale do Ribeira (SP)**. Revista do Instituto Aldolfo Lutz, São Paulo, v.58, n.2, p. 9-13, 1999.

VALENTE, J.P.S.; PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. **Contribuição da cidade de Botucatu – SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita**. Eclética Química, São Paulo, v.22, p. 31-48, 1997.

VALENTE, J.P.S.; TRAFICANTE, D.P. Qualidade de água – Ribeirão Lavapés. *In*: SILVA, da R.F.R.da.; ORSI, A..C.; CHINELATO, F.C.S. **Lavapés, Água e vida: nos caminhos da Educação Ambiental**. 1 ed. SABESP, Botucatu/SP, Gráfica Editora Lar Anália Franco, p.216, 2008.

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

VASILIO, V.A.A. **Balneabilidade, Índice de qualidade da água e bioensaios de toxicidade nas praias do Reservatório de Ilha Solteira/ SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Ênfase em recursos hídricos e Tecnologias ambientais) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2006.

VENÂNCIO, D.L.; KURTZ, F.C. **Evolução da legislação sobre o meio ambiente e o processo de valoração econômica da água no Brasil**. Revista Ambiência, Guarapuava – PR, v.5, n.1, jan/abr, p.155/171, 2009.

VIANA, V. M. **Conservação da biodiversidade de fragmentos florestais em paisagens tropicais intensamente cultivados.** In: ABORDAGENS interdisciplinares para a conservação da biodiversidade biológica e dinâmica do uso da terra no novo mundo. Belo Horizonte: Conservação Internacional do Brasil, Universidade Federal de Minas Gerais, University of Florida, p. 135 -155, 1995.

VILAS BOAS, S. **Parâmetros da rede de drenagem e do relevo na discriminação de solos do município de Botucatu – SP.** 129 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1991.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed., Belo Horizonte – MG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WADE, T.J.; CALDERON, R.L.; SAMS, E.; BEACH, M.; BRENNER, K.P.; WILIAMS, A.H.; DUFOUR, A.P. **Rapidly Measured Indicators of Recreational Water Quality Are Predictive of Swimming-Associated Gastrointestinal Illness.** Environmental Protection Agency. v. 114, n.1, 2006. Disponível em: < www.epa.gov.> Acesso em: 27 nov. 2010.

WATANABE, F .S; ONSEN, S. R. **Colorimetric determination of phosphate.** Soil Science Society American Proceedings, v. 29, p. 677, 1965.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for a Safe Recreational Water environments,** v.1, Genebra, 2003. WIENS, J.A. **Riverine landscape: taking landscape ecology into the water.** Freshwater Biology, v. 47, p. 501-515, 2002.

WILSON, K. **Measuring and incorporating vulnerability into conservation planning.** Environmental Management, v. 35, n.5, p. 527-543, 2005.

ZANINI, H.L.T.; DO AMARAL, L.A.; ZANINI, J.R.; TAVARES L.H.S. **Caracterização da água da microbacia do Córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.4, p. 732-741, 2010.

ZAR, J. H. **Bioestatistical analysis**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 633 p.,1999.

9. APÊNDICE

Tabela 12. Dados brutos dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados dos pontos de coleta.

Pontos	Coletas/Parâmetros	T°C ÁGUA	pH	Cond. Elétrica ($\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$)	O.D (mg/l)	P.T (mg/l)	N.T (mg/l)	COT (mg/l de C)	Cloroeto (mg/l)	Colif.Totais (100ml/agua)	Colif.Termo (100ml/agua)
PONTO 1	jun/09	19	6,63	39,9	4,4	0,11	0,49	4,76	2,5	0	0
	ago/09	14	6,67	46,8	3,4	0,08	0,33	6,68	1,3	9	9
	out/09	20	6,52	41,4	6,6	0,09	0,39	5,52	2,0	20	4
	dez/09	23	6,9	44,3	6,6	0,11	0,46	8,68	3,0	23	9
	mar/10	24	6,1	38,4	6,6	0,15	0,66	5,56	2,1	240	0,4
PONTO 2	mai/10	22	6,24	41,8	7,2	0,14	0,62	13,7	2,0	240	0,9
	jun/09	16	6,85	35,0	8,4	0,010	0,9	4,44	1,7	20	20
	ago/09	16	7,06	41,5	7,4	0,016	0,11	6,64	1,3	9	9
	out/09	20	6,84	41,3	7,2	0,006	0,11	6,04	2,5	21	21
	dez/09	22,5	6,7	36,0	6,8	0,060	0,12	7,72	3,0	93	93
PONTO 3	mar/10	23	6,12	37,2	7,2	0,045	0,33	5,88	2,9	24	0,3
	mai/10	21	6,34	39,9	7	0,001	0,13	13,4	2,0	46	0,43
	jun/09	17	7,22	34,7	9,4	0,029	0,03	4,28	2,1	0	0
	ago/09	15	7,53	41,6	8,2	0,029	0,13	6,68	0,84	4	4
	out/09	18	7,77	46,8	7,8	0,041	0,11	7,4	1,5	43	15
PONTO 4	dez/09	22,5	7,02	37,9	8,6	0,037	0,1	7,6	3,0	15	15
	mar/10	22	6,45	39,5	6,8	0,001	0,14	6,12	5,5	4,3	0,4
	mai/10	21	6,64	37,6	7,2	0,034	0,12	14	2,5	43	0,21
	jun/09	19	7,26	32,0	9,2	0,017	0,03	3,92	1,7	210	21
	ago/09	14	7,42	34,7	9,0	0,001	0,25	4,92	1,7	93	43
PONTO 5	out/09	18	7,51	34,9	8,6	0,004	0,19	5,0	1,5	240	23
	dez/09	22,5	7,14	36,5	8,6	0,012	0,11	7,56	3,5	93	43
	mar/10	24	6,58	40,2	8	0,043	0,12	5,88	9,7	2,1	0,3
	mai/10	21	6,69	46,7	7,4	0,022	0,11	13,3	1,5	0,93	0,43
	jun/09	19	6,70	29,3	7,6	0,145	0,02	3,28	2,1	220	15
PONTO 5	ago/09	15	6,57	30,6	7,4	0,017	0,25	4,04	1,3	460	93
	out/09	23	6,60	29,8	3,6	0,007	0,18	4,28	2	93	43
	dez/09	23	7,53	36,3	7,2	0,001	0,1	6,12	2,5	750	93
	mar/10	25	6,09	30,5	9,2	0,156	0,11	4,4	9,5	460	9
	mai/10	20	6,25	29,3	7,4	0,014	0,11	10,9	2,0	240	0,75

