

<http://revistas.unlp.edu.ar/index.php/domus/issue/current/showtoc>

AUGMDOMUS,
2:82-97, 2010
Asociación de
Universidades Grupo
Montevideo
ISSN:1852-2181

Índice simplificado na avaliação de impacto ambiental nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio, Leme, São Paulo, Brasil

A simplified index for environmental impact assessment of water resources at Meio Creek Basin, Leme, São Paulo, Brazil

Diego de Souza Sardinha^{1*}; Fabiano Tomazini da Conceição²; Letícia Hirata Godoy³

Palavras chaves: degradação ambiental, gerenciamento ambiental, estratégias de manejo

Keywords: watershed, environmental degradation, environmental management, management strategies

ABSTRACT

This study evaluated environmental impacts at Meio Creek watershed, Leme, Sao Paulo, Brazil. A simplified environmental analysis index was applied correlating land use and occupation (vegetation elimination or modification, wildlife, color, smell, grease, oils, foams, larvae and red worms) with water quality parameters (conductivity, dissolved oxygen, pH and temperature). The simplified environmental analysis index showed that 27.8% visited places had a high or worrying environmental impact and 5.6% had a really high impact. As to the results of physical and chemical parameters, pH and conductivity values showed the conditions and standards that water Class 2 and 3 should have. These parameters were not the same for dissolved oxygen levels at most of the analyzed points. Despite the current environmental legislation at federal, state and municipal levels, Leme city does not have an effective environmental plan to control and protect springs and Meio Creek watershed and its tributaries.

RESUMO

O presente trabalho avaliou os impactos ambientais da bacia do Ribeirão do Meio, Leme, Sao Paulo, Brasil. Para isso, foi aplicado um índice de análise ambiental simplificado, correlacionando o uso e ocupação dos solos (eliminação ou modificação da cobertura vegetal, fauna, cor, odor, graxas, óleos, espumas, larvas e vermes vermelhos), com parâmetros de qualidade das águas (condutividade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura). Os resultados do índice de análise ambiental simplificado demonstram que 27,8% dos locais visitados apresentam impacto ambiental alto ou preocupante e 5,6% impacto muito alto. Quanto aos resultados dos parâmetros físico-químicos, os valores de pH e condutividade encontram-se dentro das condições e padrões que os corpos d'água Classe 2 e 3 devem possuir, o mesmo não ocorre quanto aos teores de oxigênio dissolvido para a maioria dos pontos analisados. Apesar do suporte da legislação ambiental federal, estadual e municipal vigente, o município de Leme não possui um plano efetivo de controle e fiscalização ambiental que proteja os mananciais da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio e seus afluentes.

¹Instituto de Ciências Tecnológicas e Exatas (ICTE)/UFTM/Uberaba. Av. Doutor Randolfo Borges Júnior N° 1250, Univerdecidade, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. Departamento de Engenharia Ambiental. e-mail: diegosardinha@icte.uftm.edu.br

²Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE)/UNESP/Rio Claro. Avenida 24-A N° 1515, CEP 13506-900, Bela Vista, Rio Claro, São Paulo, Brasil. Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento. e-mail: ftomazini@rc.unesp.br

³Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE)/UNESP/Rio Claro. Avenida 24-A N° 1515, CEP 13506-900, Bela Vista, Rio Claro, São Paulo, Brasil. Departamento de Petrologia e Metalogenia. e-mail: leticiahirata@gmail.com

* Autor para correspondência: Diego Sardinha +55 19 3526 9257 diegosardinha@icte.uftm.edu.br

INTRODUÇÃO

O uso da água pelo ser humano para qualquer finalidade resulta na deterioração da sua qualidade, limitando geralmente seu potencial de uso (Meybeck *et al.*, 1996). Por esse motivo, preocupações atuais existem quanto à preservação desse importante recurso, sobretudo neste início de século quando as atividades humanas têm contribuído significativamente para a degradação da sua qualidade, tornando impróprio seu uso para as mais diversas finalidades.

O gerenciamento dos recursos hídricos é um conjunto de ações que garante às populações e às atividades econômicas uma utilização otimizada da água, tanto em termos qualitativos como quantitativos. O conhecimento da qualidade, uso atual e potencial de cada trecho de um corpo d'água permite um planejamento racionalizador indispensável para a recuperação e a conservação dos recursos hídricos de uma bacia. Cada bacia hidrográfica deve ter um plano de utilização integrada de recursos hídricos, o qual deve constituir o referencial de todas as decisões e intervenções setoriais nestes recursos (Mota, 1997).

No Brasil (Salles *et al.*, 2008; Conceição *et al.*, 2010), avaliam os impactos nos recursos hídricos de bacias hidrográficas, utilizando o índice de análise ambiental simplificado, correlacionando o uso e ocupação dos solos (impermeabilização, erosão, disposição de resíduos, despejos de efluentes sem prévio tratamento, eliminação ou modificação da cobertura vegetal, etc.), com parâmetros de qualidade das águas (condutividade, oxigênio dissolvido, pH, etc.).

A bacia do Ribeirão do Meio é carente quanto a informações referentes à identificação de seus impactos ambientais. Assim, o objetivo deste trabalho consiste na aplicação do índice de análise ambiental simplificado e na análise de oxigênio dissolvido, condutividade, pH e temperatura

nas águas do Ribeirão do Meio, verificando as áreas fortemente degradadas e suas causas, fornecendo subsídios para a busca de soluções e para a minimização dos impactos ambientais ocasionados pelas atividades humanas na bacia do Ribeirão do Meio.

METODOLOGIA

Avaliação ambiental

A abordagem metodológica, no Ribeirão do Meio, foi desenvolvida em oito etapas (Figura 1), divididas em três grandes áreas fundamentais para o manejo dos impactos ambientais:

- i) identificação do problema e suas condições (fase mais importante do projeto e envolve as cinco primeiras etapas);
- ii) determinação da causa provável do problema;
- iii) seleção de possíveis estratégias para controle ou redução dos impactos ambientais (Freixêdas-Vieira *et al.*, 2000).

As duas primeiras etapas consistiram em levantar e revisar as informações e objetivos do uso atual dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio. Tais etapas permitiram a elaboração da caracterização ambiental e geração de uma base de dados georreferenciada, necessária à interpretação das condições ambientais dos recursos hídricos.

Na terceira etapa procedeu-se à seleção de indicadores buscando a identificação dos problemas relevantes, assim como o levantamento de fatores que refletiam os impactos no ambiente analisado. Os indicadores aplicados se mostraram

importantes para uma análise qualitativa e quantitativa, abordando os impactos do uso do solo e suas inter-relações. Após isso, foi elaborado um questionário de campo (Tabela 1), a fim de uniformizar os dados coletados.



Figura 1. Etapas do processo de planejamento para a aplicação do índice de análise ambiental simplificado na avaliação de impactos nos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio (SP). Modificado de Graefe *et al.*, (1990).

Figure 1. Planning stages for the environment simplified evaluation application to impacts assessment of water resources at Meio Creek Basin (SP). Modified from Graefe *et al.* (1990).

Na quarta etapa, criou-se um índice de análise ambiental simplificado (Tabela 1), com pesos para cada impacto (modificado de Sardinha *et al.*, 2007). O preenchimento deste questionário auxiliou na identificação de impactos na cobertura vegetal, fauna e no recurso hídrico. Após o preenchimento do questionário, somaram-se os respectivos pontos de cada questão (mínimo de 0 e máximo de 30), sendo que, quanto maior a pontuação, menor o nível de impacto na região estudada. O valor entre 30 e 23 indica ser mínima ou pouca a presença de impacto, valores de 22 a 15 indicam moderada presença de impacto, valores de 14 a 8 indicam impacto alto ou preocupante e valores menores ou iguais que 7 indicam presença muito alta de impacto.

A quinta etapa consistiu na avaliação de campo através do preenchimento do questionário (Tabela 1) em 18 pontos localizados nos recursos hídricos da bacia (Figura 2), ou seja, Ribeirão do Meio (M-1 à M-9), Córrego do Constantino (C-1 e C-2), Córrego da Invernada (I-1 à I-3), Córrego do Jequitibá (J-1 e J-2) e Córrego do Taquarí (T-1 e T-2). O estabelecimento destes pontos teve como base a área de influência das sub-bacias e a variabilidade no uso e ocupação do solo (urbanização, área agrícola, indústrias, usos prioritários da água, áreas ecologicamente sensíveis, unidades de conservação, mananciais, etc).

| INDICADORES BIOFÍSICOS | Peso | INDICADORES BIOFÍSICOS | Peso |
|--------------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|
| Cobertura vegetal no entorno | | Odor | |
| Sem vegetação | 0 | Forte | 0 |
| Com vegetação rasteira | 1 | Moderado | 1 |
| Com vegetação arbustiva | 2 | Fraco | 2 |
| Com vegetação arbórea | 3 | Ausente | 3 |
| Impactos na cobertura vegetal | | Algas/Clorofila | |
| Muito impacto sem vegetação | 0 | Alto | 0 |
| Médio impacto - 50% de vegetação | 1 | Moderado | 1 |
| Pouco impacto + 50% de vegetação | 2 | Baixo | 2 |
| Sem impacto | 3 | Ausente | 3 |
| Fauna no entorno | | Larvas e vermes vermelhos | |
| Ausência de animais nativos | 0 | Alto | 0 |
| Pouca presença de animais nativos | 1 | Moderado | 1 |
| Moderada presença de animais nativos | 2 | Baixo | 2 |
| Grande presença de animais nativos | 3 | Ausente | 3 |
| Impactos na qualidade da água | | Óleos | |
| Muita presença de poluição | 0 | Alto | 0 |
| Moderada presença de poluição | 1 | Moderado | 1 |
| Pouca presença de poluição | 2 | Baixo | 2 |
| Sem impacto na qualidade da água | 3 | Ausente | 3 |
| Cor | | Espumas | |
| Forte | 0 | Alto | 0 |
| Moderado | 1 | Moderado | 1 |
| Fraco | 2 | Baixo | 2 |
| Ausente | 3 | Ausente | 3 |

Tabela 1. Modelo do questionário aplicado em campo com possíveis indicadores de impactos e índice de avaliação ambiental simplificada (Modificado de Sardinha *et al.*, 2007).

Table 1. Questionnaire model used in the field with possible impacts indicators and environmental simplified evaluation (Modified from Sardinha *et al.*, 2007).

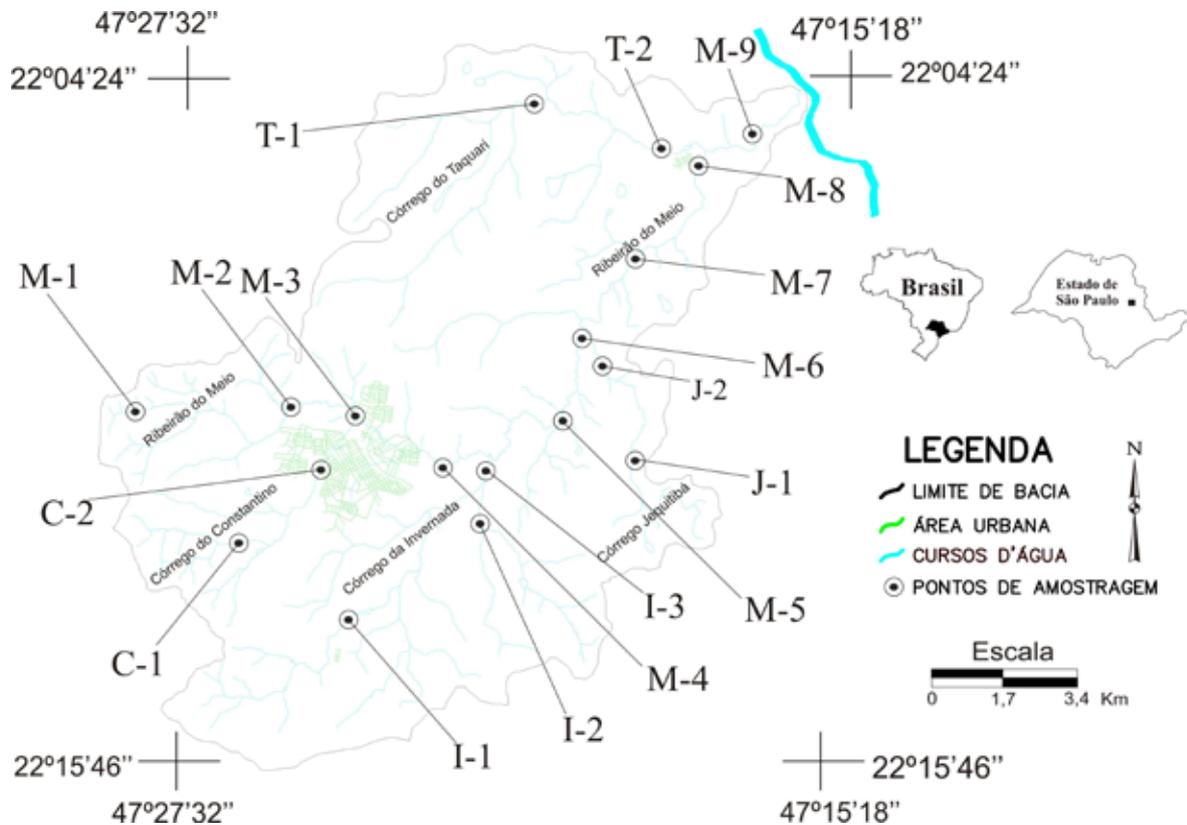


Figura 2. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio e pontos analisados durante a aplicação do índice de análise ambiental simplificado: Ribeirão do Meio (M-1 a M-9), Córrego do Constantino (C-1 e C-2), Córrego da Invernada (I-1 a I-3), Córrego do Jequitibá (J-1 e J-2) e Córrego do Taquarí (T-1 e T-2).

Figure 2. Location map of Meio Creek basin and analyzed points during application of the environmental simplified evaluation: Meio Stream (M-1 to M-9), Constantino Stream (C-1 and C-2), Invernada Stream (I-1 to I-3), Jequitibá Stream (J-1 and J-2) and Taquarí Stream (T-1 and T-2).

Ainda com o objetivo de verificar possíveis impactos potenciais nos recursos hídricos do Ribeirão do Meio e confrontar os dados obtidos com os questionários do índice de análise ambiental simplificado, foram feitas análises físico-químicas de alguns parâmetros em nove pontos de amostragem, ou seja, no Ribeirão do Meio (M-1, M-4, M-5, M-8 e M-9), Córrego do Constantino (C1), Córrego da Invernada (I1), Córrego do Jequitibá (J2) e Córrego do Taquarí (T1) (Figura 2). Os parâmetros físico-químicos caracterizados neste trabalho foram temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg.L^{-1}), potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm}^{-1}$), sendo todos os valores obtidos através de sonda multi-parâmetros de leitura direta no próprio local de amostragem (marca YSI, Modelo YSI 85).

As etapas seis e sete permitiram avaliar as causas, estabelecendo estratégias de manejo para as áreas analisadas, sendo, para isso, adotado o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994). Esse modelo baseia-se em três frentes, a pressão do homem, o estado do meio e a resposta da sociedade, servindo para identificar as prováveis causas dos impactos ambientais e definir as estratégias de manejo. Para definir os aspectos ambientais inaceitáveis, nesta etapa foram consultadas a Lei Complementar nº 280, de 28.03.00 (Institui o Plano Diretor de Gestão, Preservação e Proteção do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais do Município de Leme), Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (Código Florestal) e a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (Dispõe sobre a classificação dos corpos

de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências).

Finalmente a etapa oito, tratou-se do monitoramento dos indicadores de impacto fornecendo os dados para uma avaliação contínua de ações de manejo a serem implantadas.

Aspectos gerais da bacia do Ribeirão do Meio

A bacia do Ribeirão do Meio possui uma área de aproximadamente 252 km² e situa-se entre os paralelos 22°04'24" e 22°15'46" de latitude S e 47°15'18" e 47°27'32" longitude W, na região nordeste do Estado de São Paulo, fazendo parte da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio Mogi Guaçu 09 (UGRHI - 09). O Ribeirão do Meio drena a área urbana do município de Leme, sua nascente está localizada a oeste do município de Leme a uma altitude aproximada de 788 metros, e sua foz no Rio Mogi Guaçu, a nordeste com altitude aproximada de 530 metros (Figura 2).

A rede de água atende quase a totalidade da área urbanizada de Leme (99,39%). Com relação ao esgotamento sanitário, os esgotos coletados são lançados "in natura" ao longo dos Córregos Invernada, Constantino e Ribeirão do Meio, desaguando no Rio Mogi Guaçu (Lei Complementar nº 280 de 28/03/2000).

O clima da região da bacia do Ribeirão do Meio é o do tipo Cwa, segundo o sistema Koppen, ou seja, mesotérmico de verão chuvoso e inverno seco. O verão ocorre entre os meses de outubro a março, sendo intensificado entre dezembro e fevereiro, e o inverno entre os meses de maio a setembro. A precipitação pluviométrica média anual, dos últimos 60 anos, é de 1320,8 mm, com precipitação média mensal de 110,6 mm e temperatura variando entre 7°C e 30°C, com média anual de 22°C (DAEE, 2005).

A vegetação no Ribeirão do Meio era representada principalmente pela floresta estacional semidecídua e savana. Contudo, hoje essa vegetação praticamente inexistiu, foi substituída por culturas comerciais. Os solos arenosos são caracterizados pela presença de reflorestamentos e vegetação secundária. Nas áreas mais bem drenadas próximas à calha do rio, predominavam as Matas Ciliares, restritas a uma estreita faixa descontínua às margens do curso médio do Ribeirão do Meio. A expansão da cana-de-açúcar no município de Leme foi marcante a partir de 1960, chegando a ultrapassar a área plantada de algodão em 1980 e tornando-se a principal cultura do município.

A geologia local corresponde à parte oriental da Bacia Sedimentar do Paraná e envolve boa parte da sua série estratigráfica (desde o Carbonífero Superior até o Cretáceo), sendo formada por rochas do Grupo Tubarão (Formações Tatuí e Aquidauana), Grupo Passa Dois (Formação Corumbataí) e Grupo São Bento (Formações Pirambóia e Serra Geral) (IPT, 1981). Geomorfologicamente, o Ribeirão do Meio está situado na Depressão Periférica Paulista (Penteado, 1976), definida como faixa erosiva deprimida entre escarpas mais avançadas da zona de cuestas e Planalto Atlântico. Os latossolos roxos, latossolos vermelho-escuro, latossolos vermelho-amarelo e argissolos vermelho-amarelo são os principais grupos de solos encontrados na bacia do Ribeirão do Meio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Índice de análise ambiental simplificado

A Figura 3 ilustra a porcentagem de impacto ambiental para os pontos analisados na bacia do Ribeirão do Meio. Como se pode observar, 22,2%, 44,4%, 27,8% e 5,6% dos pontos avaliados apresentaram mínimo ou pouco, moderado, alto ou preocupante e muito alto nível de impacto respectivamente.

A bacia do Ribeirão do Meio é constituída por

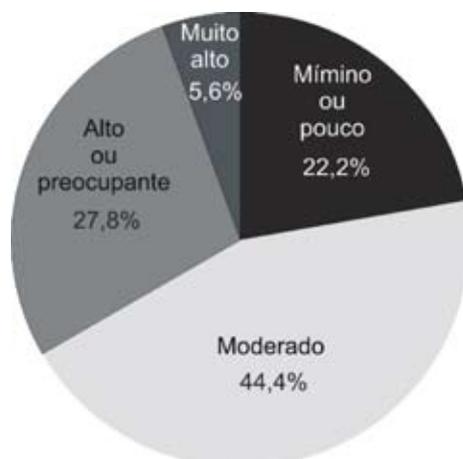


Figura 3. Porcentagem de impacto ambiental para os pontos analisados na bacia do Ribeirão do Meio.

Figure 3. Environmental impact percentage of the points analyzed at Meio Creek Basin.

cinco principais sub-bacias, Ribeirão do Meio, Córrego da Invernada, Constantino, Jequitibá e Taquari. O Ribeirão do Meio tem sua nascente localizada a oeste do município de Leme em uma área estritamente rural, ponto M-1, (Figura 4). Neste ponto suas águas são transparentes, não possuem odor, espumas, óleos ou larvas, a vegetação ciliar encontra-se moderadamente preservada além da presença de animais nativos, observados em campo, como o Gambá comum (*Didelphis marsupialis*), Seriema (*Cariama cristata*), Tucano-toco (*Ramphastos toco*), Galha picaça (*Cyanocorax chrysops*) e a Coruja buraqueira (*Athene cunicularia*). Conforme suas águas escoam no sentido da área urbana do município de Leme (ponto M-2), observa-se a falta de cuidados, principalmente com suas áreas de preservação permanente (Lei nº 4.771, de 1965) e com a ausência de animais nativos.

Na confluência do Ribeirão do Meio com o Córrego do Constantino (ponto M3 - Figura 4), área urbana do município de Leme, nota-se maior quantidade de impactos no recurso hídrico, quanto ao forte odor, alta quantidade de larvas e vermes vermelhos (Chironomidae) assim como de algas e clorofilas. No fim da área urbana do município de Leme (ponto M4), odor muito forte, cor muito escura, alto índice de algas, clorofilas, larvas e vermes vermelhos, óleos e espumas

fazem parte do recurso hídrico. A desova de animais mortos e depósito de lixo, no entorno, também são fatores responsáveis pelo índice de análise ambiental simplificado ser muito baixo (impacto muito alto).

Mesmo com a contribuição das águas do Córrego da Invernada, o Ribeirão do Meio (ponto M-5), ainda apresenta os mesmos impactos observados no ponto anterior (M4). No entanto, a jusante encontram-se soleiras de basalto, o que confere uma característica mais corrente no curso do Ribeirão do Meio, aumentando a sua velocidade de escoamento. As águas passam da cor escura para uma cor cinza forte, com grande quantidade de matéria em suspensão (ponto M-6 - Figura 4). Maior cuidado quanto à preservação da mata ciliar, ausência da área urbana e contribuição das águas dos córregos Jequitibá e Taquari, verificam-se melhorias significativas no recurso hídrico do Ribeirão do Meio (pontos M-7, M-8 e M-9 - Figura 4).

O Córrego do Constantino, um dos primeiros a contribuir com suas águas para o Ribeirão do Meio, possui suas nascentes a oeste da bacia. A estação localizada na Fazenda Santa Rosa (Manancial Landgraf), está em operação desde 1950 e auxilia

no abastecimento do município de Leme, sendo sua área cercada por árvores nativas preservadas. Após passar por um frigorífico, e por uma pedreira, o Córrego apresenta alta quantidade de óleos e graxas, assim como alguns indícios de larvas e vermes vermelhos, cor turva e odores desagradáveis (ponto C-1 - Figura 4). A jusante e até atingir a área urbana (ponto C-2), o Córrego do Constantino apresenta moderada melhora na sua qualidade visual, porém suas margens continuam sem vegetação ciliar.

No Córrego da Invernada, o ponto I-1 (Figura 4), localiza-se as margens da rodovia Anhanguera, (a montante do Clube de Campo Empyreo). Neste ponto observa-se muito impacto na vegetação ciliar, o que pode ter influencia na cor de suas águas devido ao carreamento de solo. Supressão total da vegetação ciliar e espumas foram observadas no ponto I-2. Já, o ultimo ponto visitado nesta sub-bacia I-3, apesar da vegetação ciliar arbustiva, constatou-se grande presença de impactos (odores, coloração da água, pequena quantidade de larvas e vermes vermelhos, óleos e moderada quantidade de algas), neste trecho há expansão da área urbana do município de Leme.

O Córrego do Jequitibá encontra-se na parte Leste da bacia do Ribeirão do Meio. O ponto J-1, apresenta pouca presença de impacto visual. Suas águas transparentes possuem baixa quantidade de algas, e suas margens apresentam uma supressão parcial da vegetação ciliar. O ponto J-2 (Figura 4), também apresenta supressão parcial da vegetação ciliar, as águas não mostram impacto visual significativo, apenas uma coloração fraca.

Por fim, a sub-bacia do Córrego do Taquari está localizada na parte norte da bacia sendo o ultimo córrego a contribuir com suas águas para o Ribeirão do Meio. O primeiro ponto visitado T-1 (Figura 4), possui em seu entorno uma pequena faixa de vegetação arbórea, com respeito a impactos visuais, apenas a cor da água encontra-se turva. Já no ponto T-2, pode-se observar maior quantidade de vegetação ciliar arbórea

e suas águas apresentam uma coloração transparente aonde não foram identificados impactos visuais significativos.

Parâmetros físico-químicos

Os resultados dos parâmetros físico-químicos caracterizados nas águas fluviais da bacia do Ribeirão do Meio são apresentados na Tabela 2 (Figura 5).

A condutividade de uma solução é a sua capacidade de transportar a corrente elétrica. Ácidos, bases e sais são bons condutores, enquanto as moléculas orgânicas não dissociadas conduzem pouco (Odum, 1988). Por outro lado, o parâmetro condutividade elétrica não determina quais íons estão presentes em solução, podendo atribuir altos índices de condutividade a fontes não pontuais, como efluentes de áreas residuais e/ou urbanas, águas de drenagem de sistema de irrigação e escoamento superficial de áreas agrícolas (Hermes & Silva, 2004). O valor médio analisado na bacia do Ribeirão do Meio foi $105 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, sendo o menor valor obtido no ponto T-1 ($21 \mu\text{S}$). Após passar pela área urbana de Leme os valores de condutividade aumentam consideravelmente (de 88 para $199 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Em relação aos seus afluentes, os córregos Constantino e Invernada apresentaram valores de condutividade de 158 e $109 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, respectivamente, sendo estes valores maiores que os caracterizados para os afluentes Jequitibá e Taquari 47 e $21 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, respectivamente (Figura 5 e Tabela 2).

A temperatura desempenha papel principal de controle no meio aquático, determinando no direcionamento das reações que afetam os processos químicos, físicos e biológicos, exercendo, assim, uma enorme influência na atividade biológica e no crescimento de organismos aquáticos (CETESB, 2005). Como pode ser observado nos resultados apresentados na Tabela 2 (Figura 5), houve variação de apenas 3°C da temperatura da água entre os pontos onde este parâmetro foi caracterizado. O maior valor para a temperatura da água foi registrado nos

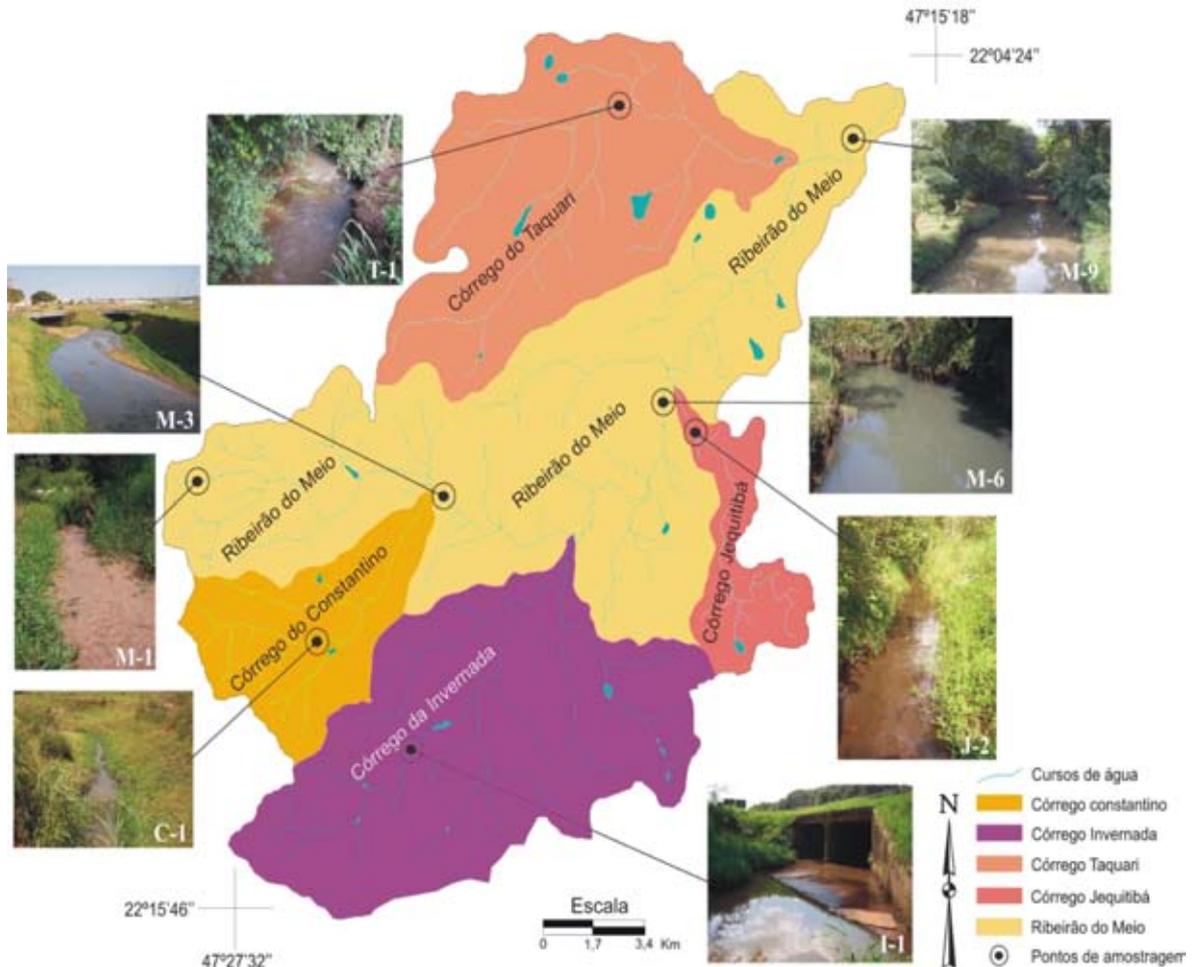


Figura 4. Mapa das sub-bacias do Ribeirão do Meio com as fotografias de alguns pontos analisados: Ribeirão do Meio (M-1, M-3, M-6 e M-9); Córrego Constantino (C-1); Córrego da Invernada (I-1); Córrego Jequitibá (J2); e Córrego Taquari (T1).

Figure 4. Sub-basins map at Meio Creek with photos of some analyzed points: Meio Creek (M-1, M-3, M-6 e M-9); Constantino Stream (C-1); Invernada Stream (I-1); Jequitibá Stream (J2); and Taquari Stream (T1).

pontos C-1, I-1 e M-4 (26°C), sendo o valor médio da água 24 (°C).

O pH governa as propriedades solventes da água e pode determinar a extensão e tipo das reações físicas, biológicas e químicas possíveis de acontecer em um sistema aquático ou entre ele e as rochas e solos ao redor (Odum, 1988). Sobre as comunidades, o pH atua diretamente nos processos de permeabilidade da membrana celular, interferindo, portanto, no transporte iônico intra e extra celular, e entre os organismos e o meio (Esteves, 1998). O pH também

possui um efeito indireto, podendo, em determinadas condições contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados, e em outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Os valores de pH caracterizados em todos os pontos de amostragem indicam que as águas da bacia encontram-se próximo à neutralidade (pH médio de 7.2), sendo o maior valor registrado no Córrego Jequitibá no ponto J-1 (7.5), e o menor valor obtido no Ribeirão do Meio, ponto M-8 e no Córrego Invernada ponto C-1 (7.0).

| Pontos | Cond. $\mu\text{S.cm}^{-1}$ | Temp $^{\circ}\text{C}$ | pH | OD mg.L^{-1} |
|--------------|--------------------------------|----------------------------|------------|--------------------------|
| M-1 | 88 | 24 | 7.2 | 6.8 |
| C-1 | 158 | 26 | 7.0 | 5.5 |
| I-1 | 109 | 26 | 7.4 | 6.4 |
| M-4 | 199 | 26 | 7.2 | 1.5 |
| M-5 | 122 | 24 | 7.0 | 1.9 |
| J-2 | 47 | 24 | 7.5 | 6.7 |
| M-8 | 106 | 24 | 7.0 | 2.8 |
| T-1 | 21 | 23 | 7.3 | 6.3 |
| M-9 | 94 | 23 | 7.3 | 3.9 |
| Média | 105 | 24 | 7.2 | 4.6 |

Tabela 2. Resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos das águas fluviais da bacia do Ribeirão do Meio. Ribeirão do Meio (M-1, M-4, M-5, M-8 e M-9), Córrego Constantino (C-1), Córrego Invernada (I-1), Córrego Jequitibá (J-2) e Córrego Taquari (T-1).

Table 2. Results of physical and chemical parameter for waters at Meio Creek Basin. Meio Creek (M-1, M-4, M-5, M-8 and M-9), Constantino Stream (C-1), Invernada Stream (I-1), Jequitibá Stream (J-2) and Taquari Stream (T-1).

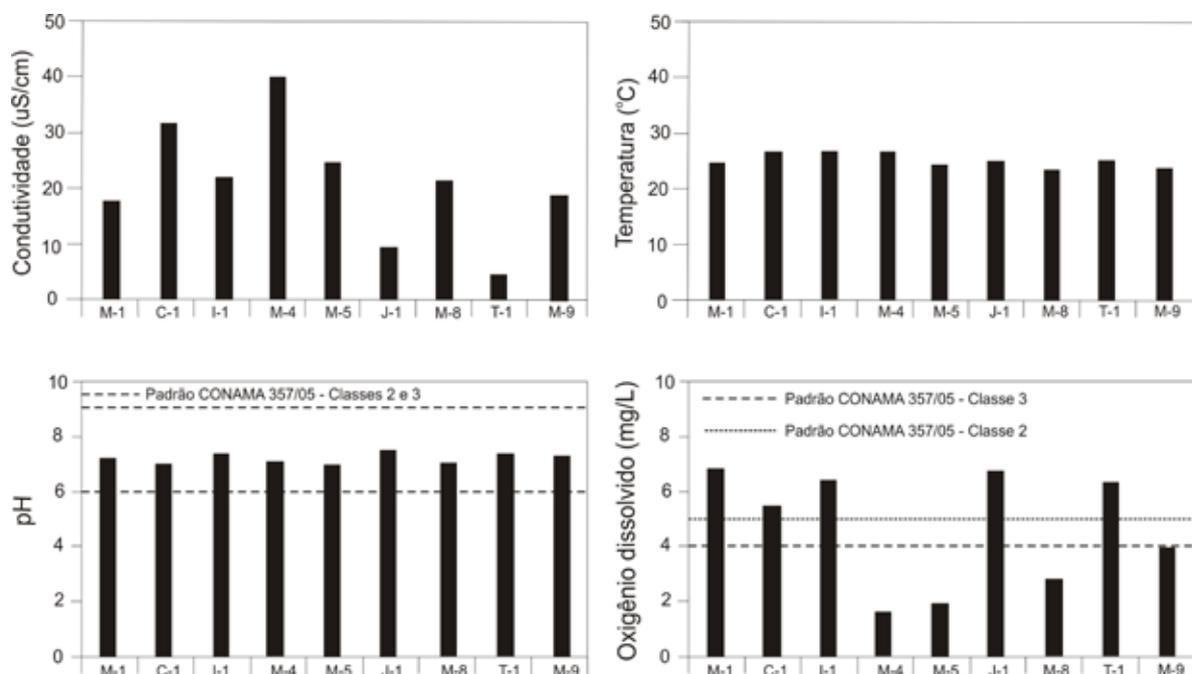


Figura 5. Valores de condutividade, temperatura, pH e oxigênio dissolvido para as águas da bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio. Ribeirão do Meio (M-1, M-4, M-5, M-8 e M-9), Córrego Constantino (C-1), Córrego Invernada (I-1), Córrego Jequitibá (J-2) e Córrego Taquari (T-1).

Figure 5. Conductivity, temperature, pH and dissolved oxygen values for waters at Meio Creek Basin. Meio Creek (M-1, M-4, M-5, M-8 and M-9), Constantino Stream (C-1), Invernada Stream (I-1), Jequitibá Stream (J-2) and Taquari Stream (T-1).

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2) é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas se devem ao consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como, por exemplo, o ferro e o manganês (Esteves, 1998). As maiores e menores concentrações de oxigênio dissolvido foram registradas, nas regiões próximas da nascente (ponto M-1 - 6.8 mg.L⁻¹) e no fim da área urbana do município de Leme (ponto M-4 - 1.5 mg.L⁻¹) ambos no Ribeirão do Meio, respectivamente. Os valores de oxigênio dissolvido caracterizados para os afluentes do Ribeirão do Meio, antes da área urbana do município de Leme, foram 5.5 e 6.4 mg.L⁻¹ para os córregos do Constantino e Invernada, respectivamente, e 6.7 e 6.3 mg.L⁻¹ para os córregos Jequitibá e Taquari respectivamente, afluentes do Ribeirão do Meio após a área urbana do município de Leme. Atribuí-se o decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido, ao longo do Ribeirão do Meio, à decomposição de matéria orgânica (por oxidação) oriunda dos efluentes domésticos da cidade de Leme, sendo este mesmo fato responsável pelos baixos valores de oxigênio dissolvido caracterizados nos pontos M-4 e M-5 após a área urbana do município de Leme. Além disso, o acréscimo dos valores de oxigênio dissolvido nos pontos M-8 e M-9, deve ser atribuído à contribuição dos afluentes, córregos Jequitibá (ponto J-2) e Taquari (ponto T-1).

De acordo com o Decreto Estadual nº 10.755, de 22 de novembro de 1977, o Córrego Constantino até a confluência com o Ribeirão do Meio, e o Ribeirão do Meio até a confluência com o Ribeirão Invernada estão classificados como de Classe 3, já, os demais corpos de água, pertencem a Classe 2, os quais são definidos segundo a Resolução CONAMA nº 357 de 2005 como: águas doces (salinidade igual ou inferior a 0,500/00), águas que podem ser destinadas à pesca amadora, recreação de contato secundário, à navegação e à harmonia paisagística. As águas doces de Classe 2 e de Classe 3 devem observar as seguintes condições e padrões:

- I - materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais: virtualmente ausentes;
- II - óleos e graxas: virtualmente ausentes;
- III - substâncias que comuniquem gosto ou odor: virtualmente ausentes;
- IV - pH: 6.0 a 9.0;
- V - resíduos sólidos objetáveis: virtualmente ausentes;
- VI - OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg. L⁻¹O₂ (Classe 2); e OD, em qualquer amostra, não inferior a 4 mg. L⁻¹ O₂ (Classe 3).

DISCUSSÃO

Os resultados gerados através do índice de análise ambiental simplificado demonstram que 27.8% dos locais visitados apresentam impacto ambiental alto ou preocupante e 5.6% impacto muito alto. Os impactos ambientais caracterizados são devido aos diferentes tipos de uso e ocupação do solo. As áreas avaliadas localizadas na área rural apresentam grande desmatamento para as culturas de cana-de-açúcar e criação de gado, sendo os indicadores biofísicos mais afetados a falta de cobertura vegetal e a fauna. Já em relação à área urbana, destacam-se a grande quantidade de óleos, graxas, espumas, larvas e vermes vermelhos, além de perda de biodiversidade e da cobertura vegetal.

Como pode ser observado com os resultados dos parâmetros físico-químicos apresentados neste trabalho, todos os valores de pH encontram-se dentro das condições e padrões que os corpos d'água Classe 2 e 3 devem possuir. Já em relação aos valores de oxigênio dissolvido, somente os pontos localizados fora da área urbana do município de Leme, próximo a nascente (M-1) e nos afluentes do Ribeirão do Meio (C-1, I1, J-2 e T-1) apresentaram valores acima de 5.0 e 4.0 mg. L⁻¹, como indicado para os corpos d'água Classe 2 e Classe 3. Os pontos de amostragem localizados

a jusante da área urbana do município de Leme mostram valores menores de oxigênio dissolvido que as condições e padrões propostas para corpos d'água Classe 2 e Classe 3. O trecho do Ribeirão do Meio localizado entre a sua nascente até o início da área urbana de Leme possui condições de corpo d'água Classe 2, ou seja, valores de oxigênio dissolvido acima de 5.0 mg. L⁻¹. Porém, de acordo com índice de análise ambiental simplificado, observa-se que no Ribeirão do Meio há a presença de materiais flutuantes, odor, óleos e graxas desde a área próxima à sua nascente, indicando a não conformidade com as seguintes condições e padrões preconizadas para as Classes 2 e 3. Além disso, dos afluentes do Ribeirão do Meio, apenas os córregos do Taquari e Jequitibá se enquadram nas condições e padrões propostas para corpos d'água Classe 2 e Classe 3. Já os córregos Constantino e Invernada não possuem condições de Classe 2 ou Classe 3.

A Lei complementar nº 280, de 28.03.00, cita em seu item 3.5, vários estudos e projetos a serem executados pelo poder público municipal, dentre eles, destaca-se:

- projeto de implantação, preservação e proteção de matas ciliares;
- projeto de conservação, proteção e controle dos recursos hídricos;
- projeto de aplicação e tratamento de águas residuárias;
- projeto de embeixamento dos recursos hídricos das bacias;
- projeto de planejamento e implantação de áreas verdes especiais na zona urbana.

O grau de perturbação detectado na bacia do Ribeirão do Meio, a partir dos parâmetros analisados, demonstra que na prática isso nem sempre ocorre. A transição para o futuro sustentável da bacia, não configura só em problemas conceituais, mas também em um problema de controle e fiscalização por parte do poder público. Assim, algumas medidas de manejo, controle e fiscalização poderiam ser adotadas para reduzir esses impactos nas áreas rurais ou áreas urbanas, tais como:

- I - cumprimento da legislação para a conservação de APPs, áreas de preservação permanente;
- II - recuperação de áreas degradadas;
- III - controle e planejamento da expansão urbana;
- IV - estrutura adequada de prestação de serviços e sinalização;
- V - coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos;
- VI - sistema de tratamento de efluentes;
- VII - criação de mecanismos para facilitar a interlocução do poder público com a sociedade; melhorar a colaboração entre os órgãos governamentais e os produtores rurais;
- VIII - capacitar mão-de-obra qualificada;
- IX - aplicar técnicas de uso e conservação do solo;
- X - fomentar atividades florestais sustentáveis;
- XI - ação participativa com Universidades.

Utilizando-se o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994), também é possível identificar algumas estratégias de manejo, fiscalização e controle para os locais analisados que possuem alto ou preocupante e muito alto impacto ambiental (Tabela 3), ou seja, os pontos avaliados no Ribeirão do Meio, do começo da área urbana do município de Leme até sua confluência com o Rio Mogi-Guaçu, e nos córregos Constantino e Invernada.

CONCLUSÃO

A bacia do Ribeirão do Meio está sendo afetada principalmente por três fatores: retirada da cobertura vegetal nativa, uso inadequado do solo em área de preservação permanente e lançamento de efluentes sem tratamento prévio. O Ribeirão do Meio até a

| Pressão do Homem | Estado do Meio | Resposta da Sociedade |
|--|---|---|
| Uso e ocupação do solo urbano: residencial. | Impermeabilização do solo. Ausência de vegetação. Pouca presença de animais nativos. Condutividade alta, cor, espumas, larvas, vermes vermelhos e baixos teores de oxigênio dissolvido. | Cumprimento legal, fiscalização e controle: - Lei Complementar nº 280/00 (Plano Diretor); - Resolução Conama 357/05; - Lei nº 4.771/1965 (Código Florestal). - Sistemas de coleta/tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos domésticos. |
| Uso e ocupação do solo urbano: industrial. | Ausência de vegetação. Pouca presença de animais nativos. Condutividade alta, óleos e graxas. | Cumprimento legal, fiscalização e controle: - Lei Complementar nº 280/00 (Plano Diretor); - Resolução Conama 357/05. - Sistemas de coleta/tratamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos industriais. |
| Uso e ocupação do solo rural: cultura perene, culturas anuais, pastagens e reflorestamentos. | Ausência de vegetação nativa. Pouca presença de animais nativos. | Cumprimento legal, fiscalização e controle: - Lei Complementar nº 280/00 (Plano Diretor); - Lei nº 4.771/1965 (Código Florestal). |

Tabela 3. Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis.

Table 3. Suggested management strategies designed according to detected impacts and their probable causes.

área urbana do município de Leme permanece com uma situação ambiental mais favorável, pois a montante deste município há pouca interferência. Ao adentrar a área urbana do município de Leme, o Ribeirão do Meio passa a receber maior quantidade de impactos ambientais. Outra importante conclusão é que os parâmetros condutividade e o oxigênio dissolvido, associados ao índice de análise ambiental simplificado, através da observação de lixos, cor, óleos, graxas e espumas indicaram justamente que a maior parte dos parâmetros estudados também se elevam na região da área urbana e após a cidade de Leme.

Apesar do suporte da legislação ambiental federal, estadual e municipal vigente, o município de Leme não possui um plano efetivo de controle e fiscalização ambiental. Essa efetivação poderia englobar uma ação coordenada pelo poder executivo municipal com a participação dos setores industrial, agro-industrial, comercial e de serviços, organizações não governamentais e outras entidades, visando o controle e a fiscalização do meio ambiente em todo o município, e principalmente na bacia hidrográfica do Ribeirão do Meio e seus afluentes, protegendo os mananciais de abastecimento de água de Leme e outras cidades que eventualmente necessitem deste importante recurso natural.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o relator anônimo pelos comentários e sugestões que nos ajudaram a melhorar este manuscrito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil, Lei Federal Nº 4.771 – Código Florestal. Brasília, 1965. Disponível em www.ibamapr.hpg.ig.com.br/4771leiF.htm. Acesso em 27/08/2008
- CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). Variáveis de qualidade das águas. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 19 de junho de 2005
- Conceição FT, Sardinha DS & Santos CM. 2010. Avaliação ambiental simplificada dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Ribeirão Preto, São Paulo. *Revista OLAM – Ciência & Tecnologia*, 10 (1): 36-60
- DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo). Banco de dados Pluviométricos e Pluviográficos do Estado de São Paulo. Disponível em <http://www.dae.sp.gov.br>. Acesso em 12 de Junho de 2005
- Decreto Nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Disponível em http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/estadual/decretos/1997_Dec_Est_10755.pdf. Acesso em 27/08/2008
- Esteves FA. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Interciência, Rio de Janeiro: 620 p
- Freixidas-Vieira MV, Passold AJ & Magro TC. 2000. Impactos do uso público: um guia de campo para utilização do método VIM. En: II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 2, 2000, Campo Grande. Fundação o Boticário de Proteção a Natureza, *Rede Nacional Pró Unidade de Conservação*, 2: 296-305
- Graefe AR, Kuss FR & Vaske JJ. 1990. *Visitor Impact Management. The Planning Framework*. National Parks and Conservation Association, Washington, D.C., 2: 105 p
- Hermes LC & Silva AS. 2004. *Avaliação da qualidade das águas: manual prático*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília: 55 p
- IPT (Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo). 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:1000.000, desenho nº 2, São Paulo.
- Meybeck M, Friedrich G, Thomas R & Chapman D. 1996. *Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes*. UNEP/WHO: 383 p

- Ministério do Meio Ambiente. Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução CONAMA 357 de 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em 09 de Agosto de 2005
- Mota S. 1997. Introdução a Engenharia Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, *ABES*, 1: 95-142
- Odum EP. 1988. *Ecologia*. Editora Guanabara Koggan SA, Rio de Janeiro: 433 p
- OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development). 1994. *OECD core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the Group on the State of the Environment*. OCDE/GD, Paris, 93: 39-179
- Penteado MM. 1976. Geomorfologia do setor centro-ocidental da "Depressão Periférica" no Estado de São Paulo. Série Teses e Monografias 22, Instituto Geológico, IGEOG/USP, São Paulo: 86 p
- PML (Prefeitura do município de Leme). Lei Complementar nº 280 de 28/03/2000. Institui o Plano Diretor de Gestão, Preservação e Proteção do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais do município de Leme. Disponível em www.leme.sp.gov.br. Acesso em 03 de Setembro de 2007
- Salles MHD, Conceição FT, Angelucci VA, SAI R, Pedrazzi FJM, Carra TA, Monteiro GF, Sardinha DS & Navarro GRB. 2008. Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP). *Revista de Estudos Ambientais*, Blumenau. 10: 6-20
- Sardinha DS, Conceição FT, Carvalho DF, Cunha R & Souza ADG. 2007. Impactos do uso público em atrativos turísticos naturais do município de Altinópolis (SP). *Geociências*, 26: 161-172