

AVALIAÇÃO SIMPLIFICADA DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA BACIA DO ALTO SOROCABA (SP)

Salles, M. H. D.¹; Conceição, F. T.²; Angelucci, V. A.¹; Sia, R.¹; Pedrazzi, F. J. M.³,
Carra, T. A.¹; Monteiro, G. F.²; Sardinha, D.S.³; Navarro, G. R. B.².

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar os impactos ambientais da Bacia do Alto Sorocaba para definir quais são as áreas mais degradadas, suas causas e propor soluções e estratégias de manejo para elas. Foi elaborado um questionário indicador de impactos que permitiu estabelecer uma relação direta entre ações e fatores ambientais atingidos, a partir da atribuição de valores para alguns parâmetros impactantes de fácil visualização em campo. O questionário foi aplicado em 50 pontos, tendo como base a área de influência das sub-bacias e a variabilidade no uso e ocupação do solo. Constatou-se que os principais impactos ambientais que afetam a bacia são o desmatamento, devido à agricultura intensiva e empreendimentos imobiliários às margens da represa, e o lançamento de esgotos domésticos in natura nos corpos d'água. Esses fatores são verificados principalmente próximos ao município de Ibiúna, maior centro urbano da região. Tais informações forneceram subsídios necessários ao gerenciamento ambiental nesta bacia e para a diminuição da degradação ambiental. Dentre as estratégias de manejo sugeridas, destacam-se as relacionadas ao cumprimento de legislações ambientais, recuperação de áreas degradadas e planejamento da exploração sustentável dos recursos naturais.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica, Avaliação de Impacto Ambiental, Bacia do Alto Sorocaba.

1 Introdução

O gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas se faz necessário devido à interação entre os componentes aquáticos, terrestres e atmosféricos, além da variedade e multiplicidade dos problemas de degradação dos recursos ambientais ocasionados por ações antrópicas. A Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) torna-se instrumento deste gerenciamento, pois permite assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame dos impactos ambientais causados por uma ação proposta. Além disso, a AIA possibilita a apresentação desses resultados de maneira acessível ao público e aos responsáveis pelas tomadas de decisão.

De acordo com o Artigo 1º da Resolução CONAMA nº 01 de 1986 (CONAMA, 1986), Impacto Ambiental é a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem: (i) a saúde, a segurança e o bem-estar da

população; (ii) as atividades sociais e econômicas; (iii) a biota; (iv) as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; (v) a qualidade dos recursos ambientais. A AIA integra um conjunto de atividades que visam a obter o diagnóstico ambiental de uma área, a fim de identificar, prever, medir, interpretar e comunicar informações sobre as consequências de uma determinada ação sobre a saúde e o bem-estar das comunidades ou ecossistemas. Para Sánchez (2006), a AIA fornece subsídios para o processo de tomada de decisão, considerando os fatores saúde, bem-estar humano e meio ambiente, elementos dinâmicos no estudo para avaliação.

A finalidade da AIA é considerar os impactos ambientais antes de se tomar qualquer decisão que possa acarretar significativa degradação da qualidade do meio ambiente. Para cumprir esse papel, a AIA está organizada para realizar uma série de atividades seqüenciais e concatenadas de maneira lógica. Os métodos utilizados numa avaliação de impacto ambiental envolvem, além da inter e multidisciplinaridade

¹ Discente de Iniciação Científica. Departamento de Engenharia Ambiental – UNESP/Sorocaba. E-mail: m_henrique73@grad.sorocaba.unesp.br, vv_aa@yahoo.com.br, rere_sia@yahoo.com.br e thalescarra@gmail.com.

² Professor Assistente Doutor. Departamento de Engenharia Ambiental – UNESP/Sorocaba. E-mail: ftomazini@sorocaba.unesp.br e grbnavarro@yahoo.com.br.
Departamento de Engenharia Ambiental/UNESP/Sorocaba. Avenida Três de Março, nº 511, CEP: 18087-180, Alto da Boa Vista, Sorocaba, São Paulo.

³ Mestrando em Geologia Regional. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP de Rio Claro. E-mail: f_pedrazzi@terra.com.br e sardinha@rc.unesp.br.

exigida pelo tema, as questões de subjetividade, os parâmetros que permitam quantificação e os itens qualitativos e quantitativos, possibilitando, desta forma, observar o grau em que determinado cenário ambiental está sendo afetado (SÁNCHEZ, 2006).

Com relação aos impactos ocorridos pelo uso e ocupação dos solos, a área afetada pode, em muitas vezes, apresentar sérios problemas, tais como: impermeabilização excessiva, erosão, contaminação do solo e do lençol freático por disposição de resíduos sólidos (domésticos, industriais, hospitalares e agrícolas), compactação, urbanização e eliminação da vegetação protetora (JONES, 1993; COLE, 1993; MAGRO, 1999, 2001).

Quanto aos recursos hídricos, os impactos são relacionados à qualidade e à quantidade de água, sendo os mais comuns representados pelo uso e consumo mal planejado, a contaminação dos mananciais e aquíferos por despejos de efluentes sem prévio tratamento, além dos impactos causados pela agricultura sem as boas práticas e pelas indústrias (KUSS et al., 1990; MIDAGLIA, 1994).

Os compartimentos “fauna e flora” dos ecossistemas também sofrem impactos devido às atividades humanas, que provocam a eliminação ou modificação da cobertura vegetal da região, fragmentando ambientes frágeis, interrompendo os corredores genéticos, dificultando a reprodução de animais e vegetais, algumas vezes ocasionando a eliminação do ecossistema encontrado na área (COLE, 1993; HAMMITT & COLE, 1998).

A Bacia do Alto Sorocaba tem sua economia fundamentada na produção agrícola. É nesta bacia que nascem os afluentes que dão origem ao rio Sorocaba (rios de Una, Sorocabuçu e Sorocamirim), formando o Reservatório de Itupararanga, manancial de fundamental importância na regularização do regime hidráulico do rio Sorocaba e no abastecimento público da região, cerca de 1 milhão de pessoas, nos municípios de Ibiúna (Alto Sorocaba), Sorocaba, Mairinque e Votorantim (Médio Sorocaba).

A bacia do Alto Sorocaba é carente quanto a informações referentes aos recursos hídricos e/ou identificação dos impactos ambientais que podem afetar a qualidade da água da Represa de Itupararanga. Assim, o objetivo deste trabalho consiste na avaliação simplificada dos impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP), 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.

2 Metodologia

A avaliação simplificada de impacto ambiental foi desenvolvida em oito etapas (Figura 1), divididas em três áreas essenciais para o gerenciamento dos impactos ambientais: i) identificação do problema e sua condição (abrange as cinco primeiras etapas); ii) determinação da causa provável do problema; iii) seleção de possíveis estratégias para controle ou redução do problema (FREIXEIDAS-VIEIRA et al., 2000). O método escolhido permite a fácil compreensão dos resultados, aborda fatores biofísicos e, indiretamente, sociais, além de fornecer orientação para o prosseguimento dos estudos. Tais atributos foram de extrema valia para a definição das estratégias de manejo e programas a serem utilizados em futuros planos de recuperação da área.

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

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. Considerando a subjetividade de alguns indicadores, houve uma aferição prévia deles por toda a equipe antes de iniciar a sua aplicação em campo.

Na quarta etapa, para facilitar a avaliação dos pontos, 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 entorno do recurso hídrico (danos ao corpo d'água, riscos à saúde, impactos sonoros, lixo, erosão e saneamento) que, de uma forma ou de outra, podem afetar o ambiente natural. Após o preenchimento, somaram-se os pontos de cada questão (mínimo zero e máximo vinte e quatro), sendo que, quanto maior a pontuação, menor o nível de impacto na região estudada. De 24 a 19 pontos há mínima ou pouca presença de impacto, de 18 a 13 moderada presença de impacto, de 12 a 7 pontos tem-se impacto alto ou preocupante e, menor ou igual a 6, presença muito alta de impacto.

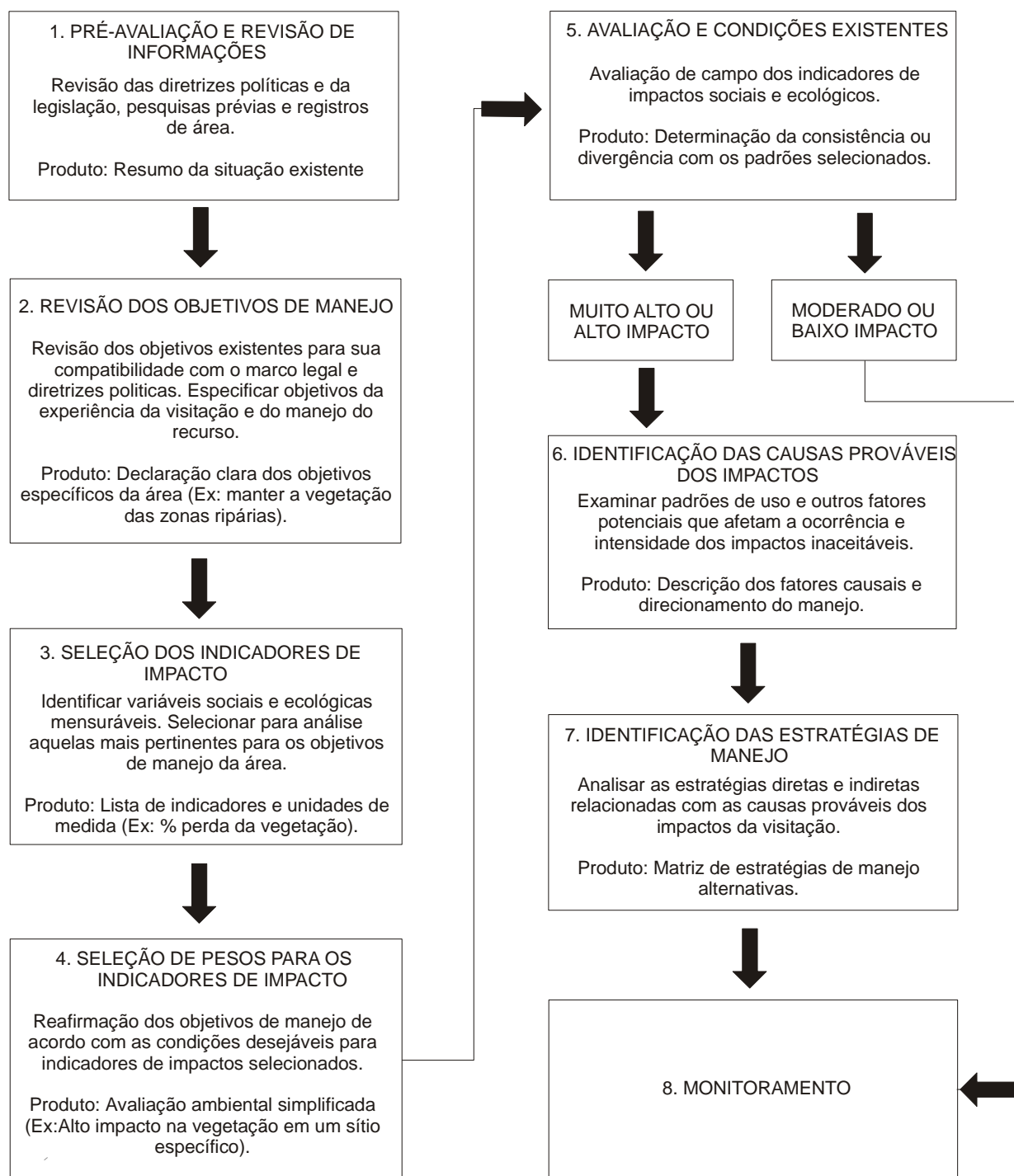


Figura 1 – Etapas do processo de planejamento de avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba (SP).

A quinta etapa consistiu na avaliação de campo através do preenchimento do formulário (Tabela 1) em 50 pontos localizados por toda a bacia do Alto Sorocaba (Figura 2), ou seja, rio Una (Un-1 a Un-6), rio Sorocabuçu (Sb – 1 a Sb-6) e Sorocamirim (Vg – 1 a Vg – 5 e Sm – 1 a Sm -10), além dos pontos localizados na Represa de Ituparanga (R1 a R10) e seus demais afluentes (Af -1 a Af – 13). Ainda com o objetivo de verificar

possíveis impactos potenciais nos recursos hídricos da região e confrontar os dados obtidos com os questionários de avaliação ambiental, foram feitas análises, *in situ*, de alguns parâmetros físico-químicos de qualidade da água, como pH, temperatura, condutividade e oxigênio dissolvido, em todos os pontos visitados, através de sonda multi-parâmetros de leitura direta em campo da marca YSI.

Tabela 1 - Modelo do questionário aplicado em campo com possíveis indicadores de impactos (modificado de SARDINHA et al., 2007).

Indicadores biofísicos	Peso	Indicadores biofísicos	Peso
Cobertura vegetal no entorno		Erosão no entorno	
Sem vegetação	0	Boçoroca	0
Com vegetação rasteira	1	Sulco	1
Com vegetação arbustiva	2	Ravina	2
Com vegetação arbórea	3	Sem erosão	3
Fauna no entorno		Riscos associados à saúde	
Ausência de animais nativos	0	Escorregar/ferimento fatal	0
Pouca presença animais nativos	1	Escorregar/ferimento traumático	1
Moderada presença animais nativos	2	Escorregar/ferimento leve	2
Grande presença de animais nativos	3	Sem risco associado	3
Lixo no entorno		Som	
Muito lixo	0	Grande quantidade de som	0
Pouco lixo	1	Média quantidade de som	1
Lixo em latões	2	Pequena quantidade de som	2
Sem lixo	3	Sem problemas com som	3
Saneamento		Danos ao paisagem	
Esgoto	0	Vandalismo	0
Fossa	1	Danos no entorno	1
Dejetos ou urina	2	Inscrições em rocha vegetação	2
Ausente	3	Sem danos	3

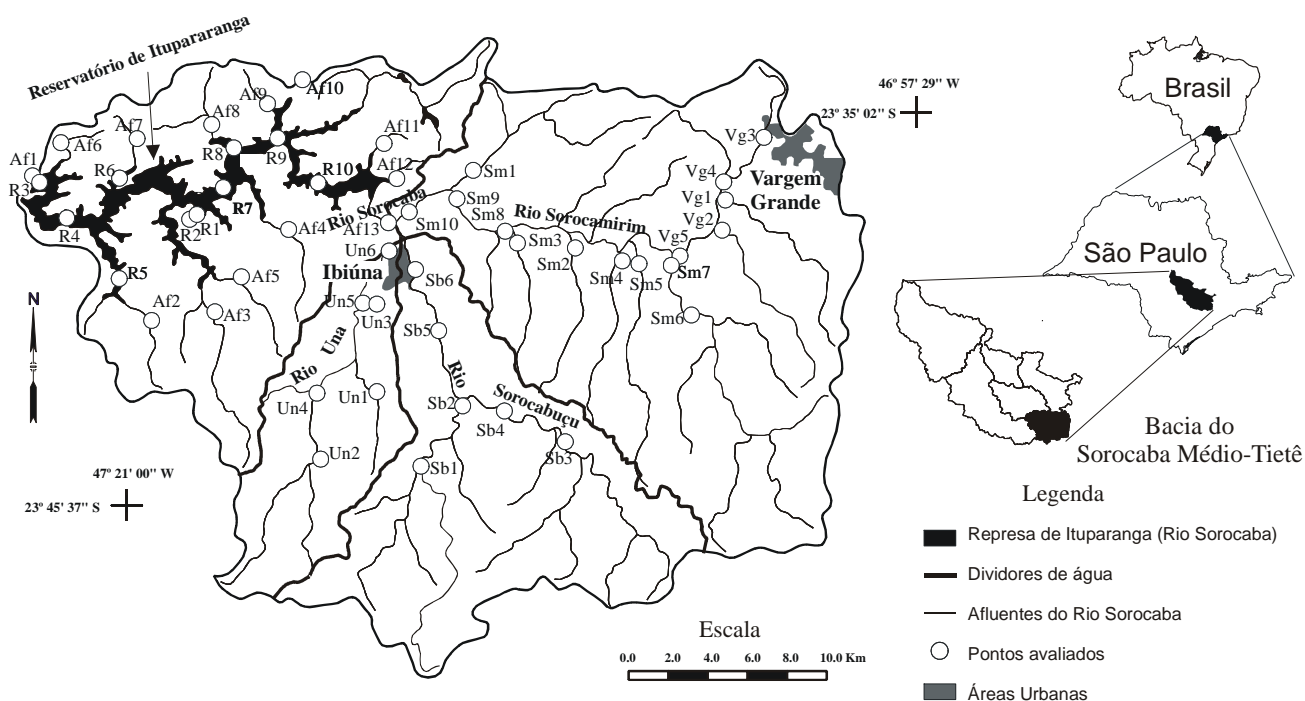


Figura 2 – Mapa de localização da bacia do Alto Sorocaba e pontos analisados durante a avaliação simplificada de impactos ambientais: rio Una (Un-1 a Un-6), rio Sorocabuçu (Sb – 1 a Sb-6) e Sorocamirim (Vg – 1 a Vg – 5 e Sm – 1 a Sm -10), além dos pontos localizados na Represa de Itupararanga (R1 a R10) e seus demais afluentes (Af -1 a Af – 13).

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. 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.

3 Aspectos gerais da bacia do Alto Sorocaba (SP)

A área estudada situa-se na porção sudeste do Estado de São Paulo, integrando a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos dos rios Sorocaba e Médio-Tietê (UGRHI – 10 - SMT). Esta bacia está dividida em seis sub-bacias dentre as quais se insere a bacia do Alto Sorocaba com área de 929 km², correspondendo a 7,7% da área total da bacia SMT (Figura 2). Alumínio, Cotia, Ibiúna, Mairinque, Piedade, São Roque, Vargem Grande Paulista e Votorantim são os municípios que compõem a área de drenagem da bacia do Alto Sorocaba, mas nem todos possuem suas áreas territoriais totalmente

incluídas nesta bacia (IPT, 2000). Somente Ibiúna, Vargem Grande Paulista e Caucaia do Alto (distrito de Cotia) possuem seus centros administrativos localizados na bacia do Alto Sorocaba. Com relação à ocupação, a cidade de Ibiúna se destaca como a maior aglomeração populacional, embora não seja a mais urbanizada, devido à sua extensa área. Por tratar-se do tecnopólo mais próximo, a cidade de Sorocaba exerce forte polarização sobre as cidades do Alto Sorocaba.

A pluviosidade anual média na bacia é de 1.492,7 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com uma precipitação média de 248,1 mm, e agosto, o mês mais seco, com precipitação média de 42,8 mm. Portanto, observa-se uma razão entre o mês mais chuvoso e o mês mais seco igual a 5,8, indicando uma grande amplitude pluviométrica ao longo do ano, corroborando o fato de a bacia estar situada em uma área de clima Cwb, segundo a classificação de Köppen, com verão chuvoso (janeiro) e estiagem de inverno (agosto). A distribuição anual das precipitações durante o período de 1960 a 2004 pode ser visualizada na Figura 3, onde também pode ser observada uma linha de tendência da precipitação na região. Analisando esta figura verifica-se que a precipitação anual na bacia tem aumentado ao longo dos anos em uma taxa de 4,74 mm/ano, significando um acréscimo hídrico na bacia durante o período em análise.

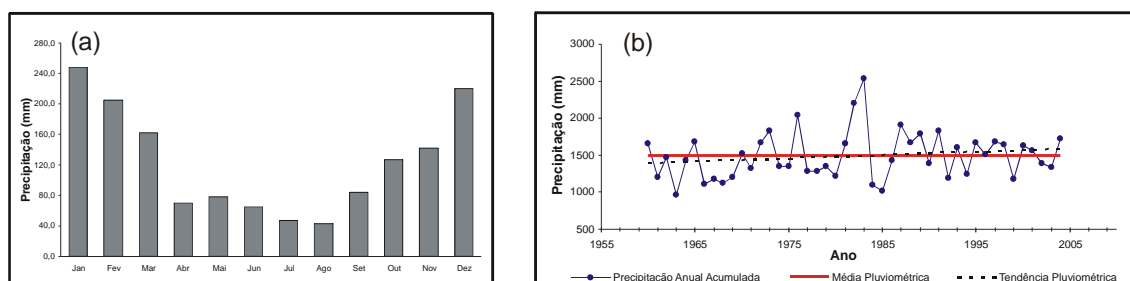


Figura 3 – Precipitações médias mensais (a) e variação pluviométrica anual (b) entre os anos de 1960 e 2004 (CBA, 2006).

A vazão afluente média do Reservatório de Itupararanga é de 12,70 m³/s, sendo fevereiro (21,75 m³/s) e agosto (6,96 m³/s) os meses com maior e menor vazão média afluente, respectivamente (Figura 4), corroborando com os dados de precipitação que mostram agosto como o menos chuvoso. As vazões médias mensais defluentes do Reservatório de Itupararanga são calculadas através da somatória do valor da vazão turbinada, que é a vazão que passa pelas turbinas para a geração de energia elétrica, vazão vertida pelos vertedouros situados sob a antiga estrada que liga os municípios de Sorocaba e Votorantim, somados com a vazão captada pelo SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de

Sorocaba. Vale ressaltar que o SAAE de Sorocaba iniciou a captação de água para abastecimento público de Sorocaba no Reservatório de Itupararanga no ano de 1971, captando em média 0,5 m³/s, e, em 2004, finalizou o ano captando uma média de 2,12 m³/s. A vazão média mensal da vazão defluente é de 12,68 m³/s, indicando que o saldo remanescente para o reservatório é de 0,02 m³/s, ainda sem descontar os valores de evaporação do reservatório e do balanço hídrico. O mês com maior média de vazões defluentes é outubro, com 13,59 m³/s, sendo maio o mês com menor vazão vertida (11,23 m³/s) (Figura 4).

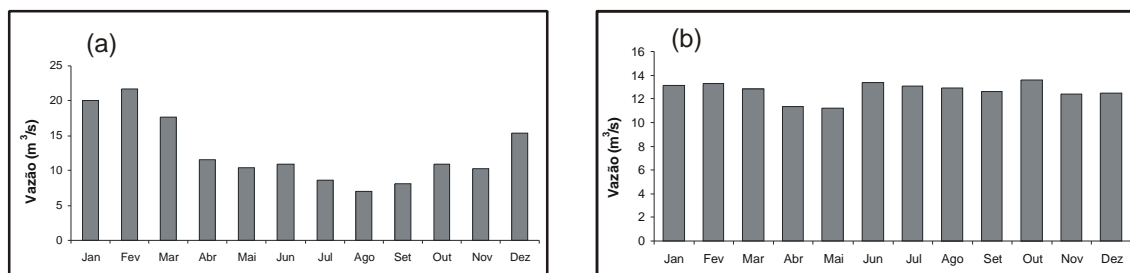


Figura 4 – Vazões médias mensais afluentes (a) e defluentes (b) do Reservatório de Itupararanga entre os anos de 1960 e 2004 (CBA, 2006).

Em relação à geomorfologia da bacia do Alto Sorocaba, as seguintes classes podem ser definidas: Mares de Morros, Morros com Serras Restritas, Morros Paralelos, Planícies Aluviais, Morros de Topos Achatados, Mesas Basálticas e Escarpas Festonadas. A Bacia do Alto Sorocaba apresenta diversas estruturas geológicas, com período de formação datando desde o Proterozóico Médio-Superior até o Quaternário. Na bacia destacam-se dois principais domínios litológicos metamórficos: os Domínios São Roque (metassedimentos e metabásicas) e Embu (gnaiesses), sendo que a eles estão associados diversos corpos graníticos, como é o caso dos granitos São Francisco e São Roque, pertencentes ao Domínio São Roque, e os granitos Ibiúna, Caucaia e Pilar do Sul, inseridos no Domínio Embu (IPT, 1981). Seu reservatório de água subterrânea é o Aquífero Cristalino, cuja produtividade apresenta-se de baixa a média. Esta bacia ainda apresenta três principais tipos de classes de solos: Argissolo, Cambissolo e Latossolo.

Quanto à vegetação, a bacia do Alto Sorocaba é composta por floresta ombrófila densa, sendo caracterizada como uma área de tensão ecológica entre os domínios de Mata Atlântica e Cerrado. De toda a bacia SMT, esta é a área com maior remanescente vegetal primitivo (cerca de 60%). Contudo, é ela uma das mais afetadas pelo desmatamento nos últimos anos, possuindo os maiores números de autos de infração ambiental (IPT, 2000). A intensa atividade agropecuária juntamente com a mineração e loteamentos são os principais fatores que acabam por exercer pressão negativa sobre os remanescentes vegetais naturais. O interior da bacia abriga a Reserva da Biosfera do Cinturão Verde de São Paulo, Unidade de Conservação Ambiental.

Verifica-se que os municípios apresentam elevado índice de abastecimento de água (aproximadamente 100%), mas, em relação ao esgotamento sanitário, a situação mostra-se precária, já que diversos corpos d'água recebem esgoto *in natura* devido à não existência de sistemas efetivos de tratamento de esgotos. A

área urbana de Ibiúna possui carga potencial de esgoto sanitário com 1.065 Kg DBO_{5,20}/dia, mas somente 48% deste total é tratado. Já Vargem Grande Paulista possui carga potencial com 1.134 Kg DBO_{5,20}/dia, lançados diretamente (*in natura*) em um afluente do rio Sorocamirim.

Como as cidades da bacia do Alto Sorocaba têm na produção agrícola seu principal suporte econômico, as regiões dos afluentes que dão origem ao rio Sorocaba são as que mais concentram os problemas ambientais da bacia, caracterizando-se pela exploração da terra através da irrigação e utilização de agrotóxicos.

Cerca de 88% das propriedades de Ibiúna e 82% de Vargem Grande Paulista usam a irrigação, sendo na grande maioria estabelecimentos rurais com menos de 10 hectares, que aliado ao uso de agrotóxicos afetam toda a área de drenagem do Alto Sorocaba indo diretamente para o Reservatório de Itupararanga, ocasionando impactos ambientais. Quanto à industrialização, em 2005 a bacia do Alto Sorocaba possuía apenas 182 empreendimentos. A geração de resíduos sólidos é pouco significativa, gerando 42 toneladas por ano, classificadas como resíduos de Classe II pela NBR 10.004 (ABNT, 2004). Um problema potencial destes resíduos é que esta bacia não possui aterros, o que pode estar ocasionando problemas de saúde pública.

4 Resultados e discussões

4.1 Sub-bacia do Rio de Una

Na sub-bacia do Rio Una foram analisados 6 (seis) pontos, sendo 3 (três) diretamente no rio Una e os restantes nos seus afluentes (Tabela 2). Da avaliação simplificada de impactos ambientais realizada nesta área, constatou-se um alto ou preocupante impacto devido à degradação da mata ciliar, a grande quantidade de propriedades agrícolas no entorno, que não respeitam os limites legais, e a presença de fossa e/ou esgoto e lixo no entorno dos recursos hídricos.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05 (CONAMA, 2005) e do Decreto Estadual 8.468/76 (SMA, 1976), todos os rios da bacia do Alto Sorocaba são classificados como Classe 2 (pH entre 6 e 9 e concentração de oxigênio dissolvido nunca inferior a 5 mg/L). Notou-se que após sua passagem pela cidade de Ibiúna (Figura 5a), o rio Una tem sua qualidade degradada devido à contribuição de efluentes domésticos e industriais, fato bem delineado pelos valores de condutividade e oxigênio dissolvido obtidos nos pontos Un3 e Un6 (Tabela 2), podendo ele ser enquadrado como Classe 4. Outro fator importante a ser considerado é a gradatividade com que ocorre a perda na qualidade da água conforme sua aproximação a Ibiúna, também evidenciado por esses parâmetros (Tabela 2), devido à contribuição de seus afluentes que atravessam áreas agrícolas e domésticas. Assim, a cidade de Ibiúna se destaca como principal agente poluidor desta sub-bacia, exigindo ações de recuperação ambiental da sub-bacia como um todo, sendo importante considerar que a má qualidade deste rio influenciará diretamente na qualidade do rio Sorocaba, já que o rio Una é um dos principais afluentes deste rio.

4.2 Sub-bacia do rio Sorocabuçu

No rio Sorocabuçu foram visitados 4 (quatro) locais, além de dois pontos situados em seus afluentes, rio Murundu (Sb1) e ribeirão do Paiol (Sb2), estes últimos para verificar suas influências na qualidade da água do rio Sorocabuçu (Tabela 3). Das sub-bacias avaliadas, a do rio Sorocabuçu é a que apresenta os resultados mais satisfatórios do ponto de vista ambiental, já que 50% dos pontos visitados apresentaram um impacto moderado.

No entorno do rio Murundu (Sb1) a vegetação ciliar encontra-se em bom estado de conservação, embora presente em lugares mais afastados do corpo d'água grandes áreas cultivadas e pequenos domicílios. Os valores de condutividade e oxigênio dissolvido apresentam-se dentro do estipulado para os rios de Classe 2 da Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005), mas observou-se o despejo de esgotos no local que, devido à pequena quantidade de carga orgânica despejada, não afeta significativamente os referidos resultados, mas alerta para a uma possível situação agravante. Neste mesmo ponto foi verificada a presença de resíduos sólidos e corpos flutuantes na água.

Assim como o ponto Sb1, todos os outros pontos analisados nesta sub-bacia apresentaram vegetação ciliar preservada, embora muitas vezes houvesse a presença de plantações nas proximidades dos corpos d'água, sendo a presença de esgoto, fossas e resíduos sólidos os principais impactos sofridos pela bacia.

Embora os parâmetros físico-químicos não indiquem uma situação alarmante para o ponto Sb6, é necessária atenção, pois se trata de um posto de captação de água da Sabesp para o município de Ibiúna (Figura 5b). Também há de se considerar que neste local o rio ainda não recebeu da cidade de Ibiúna seus efluentes domésticos, mas já recebeu possíveis cargas poluidoras ao longo de sua extensão.

4.3 - Sub-bacia do rio Sorocamirim

Na sub-bacia do rio Sorocamirim foram visitados 15 (quinze) pontos, alguns situados no rio Sorocamirim e outros no seu principal afluente, o ribeirão Vargem Grande (Tabela 4). Esta sub-bacia possui situação mais crítica em relação ao restante da bacia do Alto Sorocaba, pois a grande maioria dos pontos avaliados apresentou alto ou preocupante impacto ambiental, sem considerar outros 4 (quatro) pontos cujo impacto é muito alto, segundo o índice de avaliação simplificado utilizado.

Os resultados obtidos permitem-nos indicar o ribeirão Vargem Grande como aquele que exerce maior influência negativa na qualidade da água na sub-bacia, já que o município de Vargem Grande Paulista nele despeja 100% de seu efluente *in natura*, fato comprovado na observação dos valores de condutividade e oxigênio dissolvido (Tabela 4), indicando que alguns corpos d'água possuem características de Classe 4 ao invés de Classe 2. Os resultados obtidos para o ponto Vg3 confirmaram este fato, pois localiza-se em uma região de confluência de dois córregos: um que atravessa a cidade de Vargem Grande Paulista, afluente do ribeirão Vargem Grande, e outro córrego proveniente de área agrícola (Figura 5c).

A contribuição negativa do ribeirão Vargem Grande para a qualidade do ambiente natural na bacia do Sorocamirim torna-se evidente principalmente quando se verifica que dos 4 (quatro) pontos que apresentam muito impacto, 3 (três) se situam nesta bacia. Neste afluente, ainda foram avaliados locais onde havia total ausência de vegetação ciliar nativa, bem como locais com grandes quantidades de lixo e entulho espalhados em suas margens (Figura 5d).

As águas da sub-bacia do Sorocamirim apresentam tendência de melhora de qualidade à medida que fluem em direção à represa de Itupararanga. Isto porque, embora receba carga orgânica ao longo de seu percurso, o rio Sorocamirim consegue restabelecer seu equilíbrio natural, fato confirmado pelos parâmetros físico-químicos analisados, que mostram a importância de um plano para recuperação ambiental da bacia, principalmente em suas nascentes.

REA – Revista de *estudos ambientais*
v.10, n. 1, p. 6-20, jan./jun. 2008

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos e resultados da avaliação de impacto ambiental simplificado na Sub-bacia do rio Una.

Ponto	Corpo D'água	Cond (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	T (°C)	Impacto			
						P	M	A	MA
Un1	Córrego do Cupim	40,0	5,7	7,1	25,5			X	
Un2	Ribeirão do Salto	50,0	6,5	7,3	22,7			X	
Un3	*	270,0	3,4	7,2	24,7			X	
Un4	Rio de Una	40,0	6,8	7,4	21,7		X		
Un5	Rio de Una	40,0	6,5	7,2	21,2			X	
Un6	Rio de Una	290,0	2,0	6,5	19,8			X	

* Corpo d'água sem denominação; P: Mínimo ou Pouco; M: Moderado; A: Alto ou Preocupante; e, MA: Muito Alto.

Tabela 3 - Parâmetros físico-químicos e resultados da avaliação de impacto ambiental simplificado na Sub-bacia do rio Sorocabuçu.

Ponto	Corpo D'água	Cond (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	T (°C)	Impacto			
						P	M	A	MA
Sb1	Rio Murundu	30,0	7,0	7,2	20,2			X	
Sb2	Ribeirão do Paiol	30,0	6,8	7,2	22,8		X		
Sb3	Rio Sorocabuçu	20,0	6,4	7,1	24,3		X		
Sb4	Rio Sorocabuçu	20,0	6,4	7,2	22,2		X		
Sb5	Rio Sorocabuçu	30,0	6,2	7,1	22,9			X	
Sb6	Rio Sorocabuçu	20,0	7,5	7,0	16,2			X	

P: Mínimo ou Pouco; M: Moderado; A: Alto ou Preocupante; e, MA: Muito Alto.

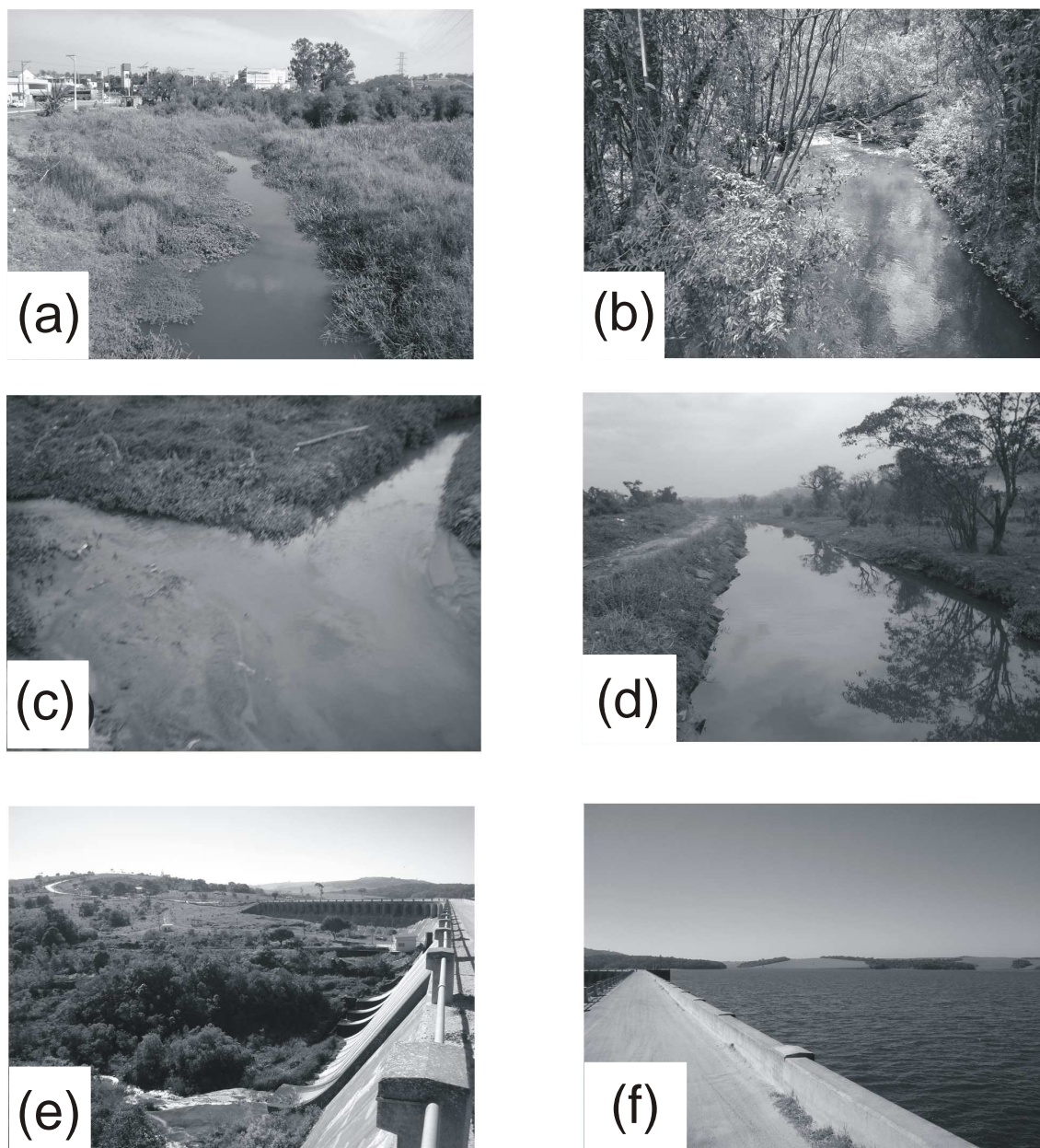


Figura 5 – Fotografias de alguns pontos visitados. (a) rio Una, ponto Un6; (b) rio Sorocabuçu, ponto Sb3; (c e d) rio Sorocamirim, pontos Vg3 e Sm10, respectivamente; (e e f) barragem e represa de Itupararanga (Af-13), respectivamente.

4.4 Reservatório de Itupararanga e seus demais afluentes

No total foram analisados 13 (treze) locais no entorno do reservatório de Itupararanga, com os impactos variando de alto ou preocupante a mínimo ou pouco, conforme a Tabela 5. A vegetação nativa ao redor deste reservatório é o componente ambiental que mais sofre com as pressões antrópicas nesta região. Isto se deve fundamentalmente à utilização das terras para a agricultura (principalmente hortifrutigranjeiras), chácaras e residências. Muitas vezes, como no

ponto Af7, observou-se que a cobertura vegetal cedeu lugar à atividade pecuária extensiva, ocupando, portanto, grandes porções de terra da bacia. Porém, alguns locais avaliados apresentam vegetação nativa bem preservada, como é o caso dos pontos Af3 e os situados ao sul da represa, apresentando vegetação nativa em estágios médio e avançado de regeneração (CONAMA, 1994). Atenção especial deve ser dada a áreas que gradualmente estão sofrendo o processo de ocupação irregular, principalmente nesta mesma margem do reservatório.

Despejos de esgotos domésticos sem tratamento também são frequentemente encontrados nos afluentes da represa, principalmente por pequenos bairros rurais, justificando os valores de condutividade de oxigênio dissolvido encontrados, que podem ser enquadrados como Classe 4. E mais, a presença destes bairros está associada à disposição inadequada de resíduos sólidos no leito e margens dos rios, já que não existem sistemas de coleta e transporte de lixo que atendam às suas necessidades. Em alguns pontos (Af2, Af12 e Af13) a quantidade de efluentes lançados nestes corpos d'água, decorrente da alta densidade de residências no entorno e associada à baixa velocidade de escoamento das águas superficiais, favorece a permanência de matéria orgânica e o surgimento de macrófitas no local.

De acordo com os parâmetros físico-químicos (Tabela 5), o reservatório de Itupararanga (Figuras 5e e 5f) ainda não foi fortemente afetado pelos distintos e impactantes tipos de uso e ocupação do solo na bacia. Entretanto, o fator fundamental para essa situação é que muitos dos municípios lançam seus esgotos em outra bacia hidrográfica, como é o caso dos municípios de São Roque e Mairinque, que lançam seus efluentes domésticos em afluentes do rio Tietê, ou mesmo as cidades de Alumínio, Piedade e Votorantim, que despejam seus efluentes no rio Sorocaba, a jusante da área de estudo, ou em afluentes deste.

4.5 Monitoramento e estratégias de manejo

Os resultados gerados através da avaliação de impacto ambiental simplificada mostram claramente que 67,5% dos locais visitados apresentam alto ou muito alto impacto ambiental na bacia do Alto Sorocaba. Assim, pelo uso do método proposto, apenas esses pontos devem ter a identificação das causas prováveis dos impactos (fase 6) e estratégias de manejo (fase 7). Após a realização dessas etapas, esses pontos devem ser monitorados, visto que, para os demais locais, essa fase de monitoramento ambiental periódico já deveria estar sendo realizada, proporcionando um controle eficaz dos recursos naturais encontrados nesta bacia.

Este monitoramento ambiental deve envolver essencialmente a coleta, análise e avaliação de dados ambientais para orientação da melhor maneira de manejo ambiental para o local estudado. As técnicas que devem ser utilizadas devem estar embasadas em consultas à literatura e debates com profissionais da área ambiental. Esse monitoramento poderá fornecer, ao longo do tempo, uma base de dados para o uso futuro desses recursos naturais, além de determinar se os objetivos das ações de manejo

estão produzindo os resultados esperados sem alterar as características do ambiente.

Utilizando-se o modelo de Pressão-Estado-Resposta (OECD, 1994), foi possível identificar algumas estratégias de manejo para os locais analisados que possuem alto ou preocupante impacto ambiental (Quadro 1).

Todos esses impactos poderiam ser corrigidos por uma administração pública mais eficiente em relação à gestão ambiental municipal. Algumas medidas de manejo poderiam ser adotadas para reduzir esses impactos nas áreas rurais ou áreas urbanas, tais como:

- cumprimento da legislação para a conservação de APPs, áreas de preservação permanente (BRASIL, 1965);
- recuperação de áreas degradadas;
- controle e planejamento da expansão urbana;
- estrutura adequada de prestação de serviços e sinalização;
- fiscalização de atrativos turísticos naturais para evitar riscos à saúde, à perturbação dos ecossistemas e danos ao entorno;
- coleta e disposição adequada dos resíduos sólidos;
- sistema de tratamento de efluentes.

Além dessas sugestões para diminuir os impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba, ainda é possível citar mais algumas medidas que deveriam ser implementadas, tais como:

- aumentar a qualidade ambiental através da implantação de unidades de conservação, projetos de educação e promover ações participativas com a sociedade;
- conhecer as comunidades locais e manter diálogos com regularidade para oportunizar seu crescimento;
- criar mecanismos para facilitar a interlocução do poder público com a sociedade;
- incentivar a participação dos moradores no desenvolvimento do ecoturismo responsável;
- melhorar a colaboração entre os órgãos governamentais e os produtores rurais;
- capacitar mão-de-obra qualificada;
- aplicar técnicas de uso e conservação do solo;
- fomentar atividades florestais sustentáveis.

Programas de educação ambiental para a população local também devem fazer parte da proposta de minimização dos impactos descritos neste estudo, que devem despertar nas pessoas a conscientização dos valores dos ecossistemas encontrados, relacionando os recursos naturais com o cotidiano dos habitantes, demonstrando que, quando bem aproveitados e preservados, os recursos do meio ambiente trazem inúmeros benefícios para a comunidade, conscientizando-a de que a floresta, em pé, vale mais do que caída.

Tabela 4 - Parâmetros físico-químicos e resultados da avaliação de impacto ambiental simplificado na Sub-bacia do rio Sorocamirim.

Ponto	Corpo D'água	Cond (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	T (°C)	Impacto			
						P	M	A	MA
Vg1	Rib. dos Pereiras	90,0	6,5	7,4	18,9				X
Vg2	Córrego Foges	170,0	2,9	6,9	19,9			X	
Vg3	Rib. Vargem Grande	410,0	1,1	7,1	21,0				X
Vg4	Rib. Vargem Grande	165,0	4,0	7,0	21,2				X
Vg5	Rib. Vargem Grande	170,0	3,6	6,5	18,8		X		
Sm1	Rib. da Ponte Lavrada	60,0	4,4	7,2	20,0			X	
Sm2	Rib. do Morro Grande	60,0	6,9	7,3	19,2				X
Sm3	Rib. dos Pintos	40,0	6,7	7,1	19,1			X	
Sm4	Rib. do Sarassara	80,0	6,0	6,9	19,4			X	
Sm5	Rib. Fazenda Velha	60,0	5,7	7,0	19,6			X	
Sm6	Rio Sorocamirim	50,0	6,1	6,9	19,2			X	
Sm7	Rio Sorocamirim	40,0	4,3	6,7	18,7			X	
Sm8	Rio Sorocamirim	90,0	5,8	6,9	20,3		X		
Sm9	Rio Sorocamirim	90,0	5,6	6,7	20,5			X	
Sm10	Rio Sorocamirim	70,0	7,0	6,9	17,4		X		

P: Mínimo ou Pouco; M: Moderado; A: Alto ou Preocupante; e, MA: Muito Alto.

Tabela 5 - Parâmetros físico-químicos e resultados da avaliação de impacto ambiental simplificado nos afluentes ao redor da represa de Itupararanga e no interior dela.

Ponto	Corpo D'água	Cond (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	T (°C)	Impacto			
						P	M	A	MA
Af1	Barragem da Represa	60,0	7,2	6,8	23,1		X		
Af2	Rib. Paruru	180,0	3,9	6,8	20,5			X	
Af3	Rib. do Colégio	60,0	6,2	7,0	19,5			X	
Af4	Cór. Campo Verde	40,0	6,7	7,4	19,6		X		
Af5	Cór. da Ressaca	50,0	7,8	7,2	22,3			X	
Af6	**	10,0	7,6	7,2	18,5	X			
Af7	**	10,0	7,6	6,2	19,6		X		
Af8	Rib. do Carajá	10,0	7,6	6,8	21,0		X		
Af9	Cór. da Areia Branca	10,0	6,6	6,8	23,0		X		
Af10	**	40,0	6,8	7,2	20,9			X	
Af11	Cór. Cebandilha	70,0	6,2	7,2	23,4			X	
Af12	Cór. da Represa	370,0	0,7	6,3	15,1			X	
Af13	Rio Sorocaba	180,0	3,5	6,7	17,1			X	
R1	Rep. Itupararanga	70,0	6,8	7,4	23,2				
R2	Rep. Itupararanga	70,0	7,1	7,4	23,9				
R3	Rep. Itupararanga	65,0	7,1	7,6	21,6				
R4	Rep. Itupararanga	60,0	7,3	7,4	20,1				
R5	Rep. Itupararanga	60,0	7,7	7,5	21,3				
R6	Rep. Itupararanga	60,0	7,3	7,5	20,4				
R7	Rep. Itupararanga	60,0	8,1	7,4	18,7				
R8	Rep. Itupararanga	60,0	7,8	7,4	18,8				
R9	Rep. Itupararanga	60,0	7,8	7,4	18,9				
R10	Rep. Itupararanga	70,0	7,9	7,5	19,3				

** Corpo d'água sem denominação; P: Mínimo ou Pouco; M: Moderado; A: Alto ou Preocupante; e, MA: Muito Alto.

Indicador	Pressão	Estado	Resposta
Cobertura vegetal	Desmatamento para áreas agrícolas e urbanas	Vegetação composta por gramíneas ou ausentes devido a impermeabilização do solo	Cumprimento legal e conservação das áreas de APP's, recuperação das áreas degradadas, controle e planejamento adequados à expansão urbana
Fauna	Perda da biodiversidade	Não há presença de animais nativos	Recuperação das áreas degradadas
Erosão	Perda de solo	Erosão laminar devido a exposição de solo para pastagem	Recuperação das áreas degradadas
Riscos à saúde	Acidentes leves até fatalidades	Riscos de ferimento leve	Estrutura adequada a prestação de serviços e sinalização
Impactos sonoros	Perturbação e desequilíbrio do ecossistema	Impactos significantes	Estudo apropriado revelando a capacidade do meio em relação aos impactos sonoros
Danos ao atrativo	Danos no entorno e poluição visual	Vandalismo no entorno	Constantes fiscalizações, sinalização adequada e restauração ao máximo do estágio natural
Lixo	Poluição do atrativo	Pouca quantidade de lixo	Estruturação e sinalização do local para a coleta e disposição adequadas dos resíduos
Saneamento	Lançamento de efluentes	Despejos "in natura" de esgoto	Sistema de tratamento de efluentes adequado e abrangente para os município da bacia do Alto Sorocaba

Quadro 1 - Sugestão de estratégias de manejo elaboradas em função dos impactos detectados e suas causas prováveis.

5 Considerações finais

Os impactos negativos originados das atividades humanas estão, a princípio, relacionados aos danos potenciais ao meio ambiente. Os ecossistemas naturais, muitas vezes, não comportam essas atividades e não suportam o excessivo número de habitantes. A utilização do método proposto contribuiu para facilitar e orientar a coleta das análises de campo, integrando as informações referentes aos indicadores biofísicos de impactos ambientais e as sugestões quanto à conservação dos recursos naturais. Assim, os resultados da presente investigação constataram que a Bacia do Alto Sorocaba está sendo fortemente afetada principalmente por dois fatores: retirada da cobertura vegetal nativa e lançamento de efluentes domésticos sem tratamento prévio. Os corpos d'água localizados na Bacia do Alto Sorocaba são enquadrados como Classe 2 e, ao longo de seu curso, as características deveriam ser compatíveis com a classe de seu enquadramento. Os parâmetros físico-químicos analisados, porém, indicaram que, para alguns corpos d'água, isto não acontece devido ao

lançamento de efluentes domésticos provenientes de Ibiúna e Vargem Grande Paulista.

A represa de Ituparanga ainda não sofre em toda sua proporção os impactos detectados ao longo da bacia. Entretanto, merece atenção especial, já que existe um baixo índice de tratamento de esgotos na bacia. Outro problema que a região vem enfrentando é a disposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares, já que poucos são os locais na bacia que possuem sistema de coleta e gerenciamento efetivo dos resíduos. Medidas mitigadoras relacionadas ao cumprimento das legislações ambientais, recuperação de áreas degradadas e planejamento da exploração dos recursos naturais, entre outras, que consigam reduzir os impactos observados, e a elaboração de um programa de monitoramento e de educação ambiental devem ser implantadas para que não continue a degradação ambiental já instalada nesta importante região, responsável pela regularização hidráulica do rio Sorocaba, além de fornecer água para abastecimento público a cerca de 1.000.000 pessoas que vivem próximas à cidade de Sorocaba.

6 Simplified evaluation of environmental impacts in the Alto Sorocaba basin (SP)

Abstract: *The objective of this study was to evaluate environmental impacts on the Alto Sorocaba basin in order to define the most degraded areas and their causes and to propose solutions and management strategies for them. An impacts indicator questionnaire was designed, that allowed us to establish a direct relationship between reactions achieved and environmental factors by attributing value to some impacting parameters obtained by simple visualization in the field. The questionnaire was applied at 50 points, based on the influence area of the sub-basin and variability in land use. It was determined that the main environmental impacts that affect the basin are deforestation, due to the intensive agriculture and real estate development at the margins of the reservoir, and the in natura domestic wastewater released into water bodies. These factors were mainly noticed near to Ibiúna district, the most populated region. Such information provides subsidies necessary to environmental management in this basin and to decreasing environmental degradation. Among the management strategies suggested, it is possible to highlight that related to the accomplishment of environmental legislation, recuperation of degraded areas recuperation and sustainable planning for natural resources.*

Key-words: Watershed, Environmental Impact Assessment, Alto Sorocaba basin.

7 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Lei Federal Nº 4.771 – Código Florestal. Brasília, 1965.

CBA – Companhia Brasileira de Alumínio. **Relatório Interno**. 2006.

COLE, D. N. Minimizing conflict between recreation and nature conservation. In: Smith, D.S. & Helmut, P.C. ed. **Ecology of Greenways**. Minneapolis, University of Minnesota Press, 1993.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 01**, Brasília, IBAMA, 1986.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 01**, Brasília, IBAMA, 1994.

CONAMA. - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**. Brasília, IBAMA, 2005.

FREIXEIDAS-VIEIRA, M. V.; PASSOLD, A. J.; MAGRO, T. C. Impactos do uso público: um guia de campo para utilização do método VIM. In: **II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. Campo Grande, Anais do Evento, 2000.

HAMMITT, W. E.; COLE, D.N. **Wildland recreation: ecology and management**. John Wiley & Sons, New York, 1998.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Relatório Zero da Bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê**. São Paulo. 2000.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Monografias, nº 3. 1981.

MAGRO, T.C. **Impactos do uso público em uma trilha no planalto do Parque Nacional do Itatiaia**. 1999. Tese de Doutorado, EESC, USP, São Carlos.

MIDAGLIA, C. L. V. **Turismo e meio ambiente no litoral paulista**. 1994. Dissertação de Mestrado, FFLCH, USP, São Paulo.

OECD - Organization for Economic Co-Operation and Development. **Environmental Indicators**. Paris, 1994.

JONES, A. **Sustainability and community participation in rural tourism**. Leisure Studies, 1993.

KUSS, F.R.; GRAEFE, A.R.; VASKE, J.J. **Visitor Impact Management – A Review of Research**. National Parks and Conservation Association, Washington, D.C., 1990.

MAGRO, T.C. Impactos ambientais de projetos de turismo rural. In: OLIVEIRA, C. G. S., MOURA, J. C., SGAI, M. **Turismo no espaço rural brasileiro**. Piracicaba: FEALQ, 2001.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2006.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; CARVALHO, D. F.; CUNHA, R.; SOUZA, A. D. G. Impactos do uso público em atrativos turísticos naturais do município de Altinópolis (SP). **Geociências**, 2007, 26, 2:161-172.

SMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Decreto Estadual 8.469/76. SMA, 1976.

8 Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Processos nº 06/54884-3, 06/55477-2 e 06/61208-4) pelo apoio concedido para o desenvolvimento deste trabalho.