



## **Estudo dos impactos da ocupação humana na microbacia do rio Batedor na Serra da Mantiqueira no município de Cruzeiro, SP, Brasil (doi:10.4136/ambi-agua.45)**

**Rubens Torres Curvello<sup>1</sup>; Getulio Teixeira Batista<sup>2</sup>; Marcelo dos Santos Targa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Aluno de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU)  
E-mail: rtcurvello@hotmail.com

<sup>2</sup>Professor do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté (UNITAU)  
E-mail: {getulio; mtarga}@agro.unitau.br

### **RESUMO**

Estudos de bacias hidrográficas como unidades territoriais integradoras da gestão de recursos hídricos são necessários para garantir o uso sustentável dos recursos naturais dessas bacias. A implantação do Comitê das Bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul, em 1994, estimulou o levantamento de informações essenciais para o planejamento da gestão e manejo das bacias integrantes da Bacia do Paraíba do Sul situada em uma região industrializada e de acelerado desenvolvimento. O rio Batedor, localizado no município de Cruzeiro, SP, deságua no rio Passa Vinte, contribuinte do Paraíba do Sul. Sua foz é localizada nas coordenadas 22°31'0,63''S e 45°01'2,07''O. Sua nascente, distante cerca de 8,5 km de sua foz, encontra-se próxima ao pico do Itaguaré, a 2.308 m de altitude, na Serra da Mantiqueira, divisa entre São Paulo e Minas Gerais. Para a caracterização da rede hidrográfica da bacia do Batedor e das formas de ocupação do solo foram utilizadas imagens do satélite Landsat e mapas plano-altimétricos analisados com técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento. Esse trabalho teve por objetivo estudar os impactos do uso do solo e dos recursos hídricos na bacia do rio Batedor e gerar material de apoio para educação ambiental. A bacia do rio Batedor apresenta boa disponibilidade hídrica, não apresenta risco de enchentes, está situada em área de muitas nascentes, nas encostas da Serra da Mantiqueira, e possui cursos jovens, com pouca sinuosidade. Nessa bacia ocorre ocupação irregular de áreas para moradias, desenvolvimento de agricultura de subsistência principalmente da bananicultura em locais declivosos e margens do rio, pastagens degradadas, que denotam a inadequação do uso do solo à legislação ambiental. Com a redução da cobertura florestal da bacia houve agravamento dos processos erosivos o que causou o assoreamento da calha do rio e alterou as características de qualidade e quantidade regularizada de água dessa bacia, hoje responsável pelo abastecimento de 70% do consumo da cidade de Cruzeiro, SP.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica; Rio Batedor; Geoprocessamento; Impacto ambiental; Educação ambiental; SIG.

### **Study of human occupation impacts in the Batedor river basin in the Mantiqueira Mountain in the municipality of Cruzeiro, SP, Brazil**

#### **ABSTRACT**

The study of hydrographic basins as territorial units integrating the management of hydric resources is essential to guarantee sustainable use of natural resources in these basins. The establishment of the Paraíba do Sul hydrographic basins committee, in 1994, determined the need for management planning and action integration in the Paraíba do Sul basin which

incorporates a variety of industries and intense land use. The Batedor river, in the municipality of Cruzeiro, SP, flows into the Passa Vinte which is an affluent of Paraíba do Sul river. Its mouth is located at 22°31'0.63"S and 45°01'2.07"W. Its farthest water contributing source lies about 8.5 km, near the Itaguaré peak 2,308 m high, in the Mantiqueira Mountain on the border of São Paulo and Minas Gerais States. To characterize land use in the Batedor hydrographic basin, Landsat imagery and topographic charts were analyzed based on remote sensing and geoprocessing techniques. This paper describes the study of impacts related to land and water resources use in the Batedor river basin and the generation of educational environmental material. Results have shown that this basin has good water supply, has no flooding risk and has several springs running down the Mantiqueira Mountain slopes that form young creeks with few meanders. Irregular human occupation for housing and subsistence agriculture, mainly banana plantations can be seen in deep slopes and riparian areas, as well as degraded pastures that indicate inappropriate land use and no conformance to pertinent legislation. The decrease in forest vegetation cover can cause severe erosion with significant soil loss and sediment deposition in the river, thus reducing water quality and quantity during the dry season. This basin is currently responsible for 70% of the Cruzeiro, SP water supply.

**Keywords:** Hydrographic Basin; Batedor River; Geoprocessing; Environmental Impact; Environmental Education; GIS.

## 1. INTRODUÇÃO

Para a gestão dos recursos hídricos vitais à manutenção da qualidade de vida da sociedade, surgiram várias ações, dentre as quais se destacam a implantação inovadora do Comitê das Bacias Hidrográficas do Paraíba do Sul, em 1994 e, em nível nacional, a criação da lei 9433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.

O gerenciamento e a preservação da Bacia do Rio Paraíba do Sul que abrange uma área industrial entre as mais desenvolvidas do país, com 57 mil Km<sup>2</sup> e cerca de cinco milhões de habitantes deve ser feito com base em estudos para o manejo e a conservação das microbacias que compõem a bacia do Paraíba do Sul.

Conforme já demonstraram Aulicino et al. (2000), o uso de técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto é importante para o planejamento geográfico, pela disponibilização e integração de dados fundamentais para o zoneamento e manejo sustentável de bacias hidrográficas e, especialmente na investigação da adequação do uso do solo em áreas de preservação permanente.

O município de Cruzeiro, SP, com 331 quilômetros quadrados e aproximadamente 80 mil habitantes, situado próximo às vertentes da Serra da Mantiqueira apresenta diversos mananciais com importância relevante para a Bacia do Rio Paraíba do Sul. O rio Batedor, localizado nesse município (Figura 1) é responsável por 70% do abastecimento de água, com uma vazão de captação de 600 m<sup>3</sup>/h, conforme outorga do DAEE (São Paulo, 2005).

Segundo a classificação de Setzer (1966), o clima da área de estudo é caracterizado por inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média do mês mais frio inferior a 18° e a do mês mais quente superior a 22°C, com índice pluviométrico variando entre 1.100 e 1.700 mm anuais, e com estação seca entre os meses de abril e setembro.

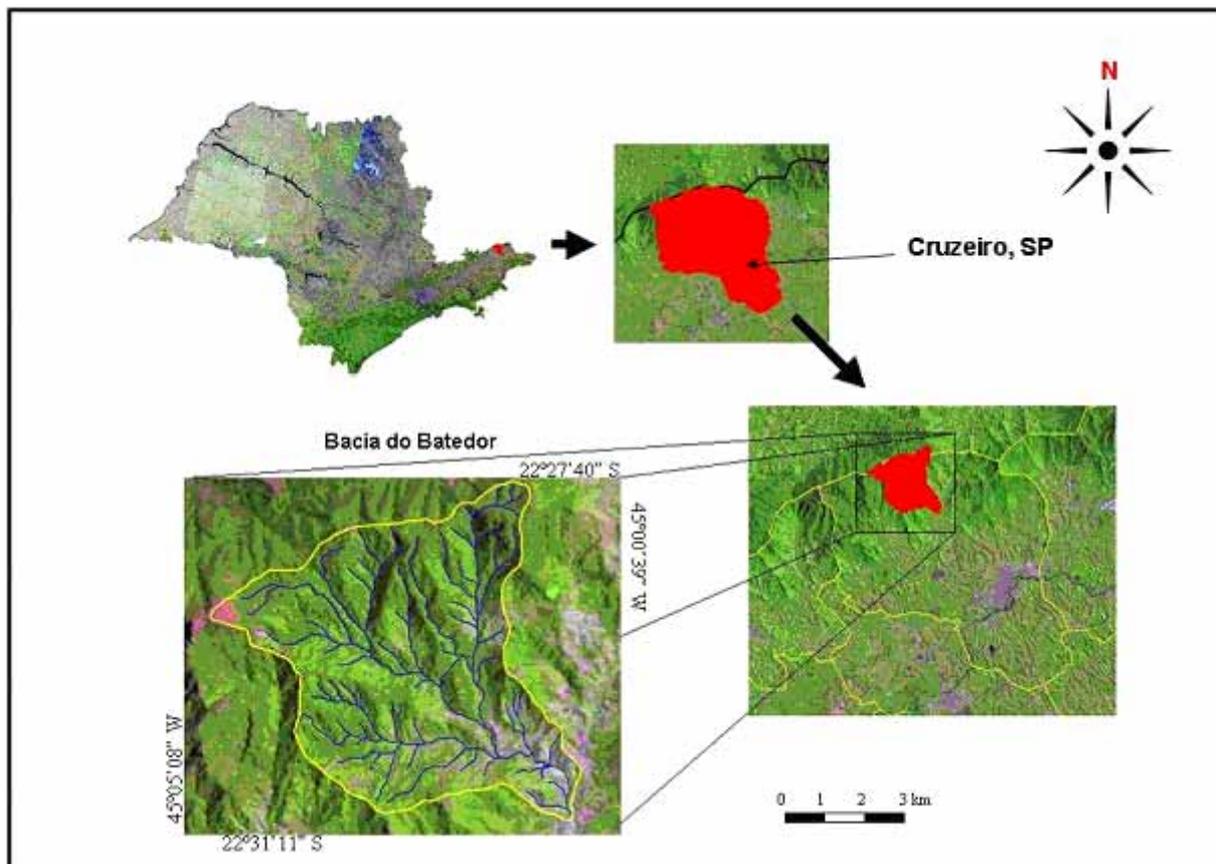
A Serra da Mantiqueira é formada por escarpas elevadas e morros, nos quais o planalto mineiro termina diante do Vale do Paraíba, e encontra-se dividida nesta zona em duas porções: Serra da Mantiqueira Oriental e Serra da Mantiqueira Ocidental. A Serra da

Mantiqueira Oriental é formada por escarpas festonadas, originárias de relevos mais íngremes entre o planalto de Campos do Jordão (SP) e sua continuação até o maciço de Itatiaia (RJ), terminando a oeste, na altura da localidade de Monteiro Lobato (SP). A partir daí, a configuração geológica da Serra da Mantiqueira muda, passando a ser considerada Serra da Mantiqueira Ocidental (Ponçano et al., 1981).

A bacia hidrográfica do rio Batedor encontra-se nas vertentes da Serra da Mantiqueira, em área correspondente à Área de Preservação Ambiental (APA) da Mantiqueira, estabelecida por meio do Decreto nº 91304, de 03 de junho de 1985 com a finalidade de proteger e preservar uma das maiores cadeias montanhosas da região sudeste do Brasil.

Os dobramentos antigos ou escudos cristalinos como a Serra da Mantiqueira possuem solos litólicos, com horizontes A ou “O” (orgânico) seguido pela rocha matriz, o que indica pouca infiltração e muito escoamento superficial, dando origem a inúmeros cursos d’água (Vieira, 1975).

O solo da bacia hidrográfica do Batedor é formado, no curso superior, por neossolo litólico com afloramento de rocha e cambissolo háplico distrófico com argila de atividade baixa. Nos cursos médios e inferiores é formado por latossolo vermelho e amarelo distrófico com camadas litólicas (Oliveira et al., 1999).



**Figura 1.** Localização da Bacia do rio Batedor com seus principais formadores sobre imagem CBERS 2 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), sensor CCD, órbita: 153, ponto 125, adquirida em 24/08/2005.

O relevo é um importante fator que pode influenciar bastante na profundidade dos solos. Assim, a sua profundidade aumenta quando diminui a declividade (Vieira, 1975). A formação vegetal original dessa bacia é Floresta Ombrófila Mista que ocorre em áreas de clima quente e

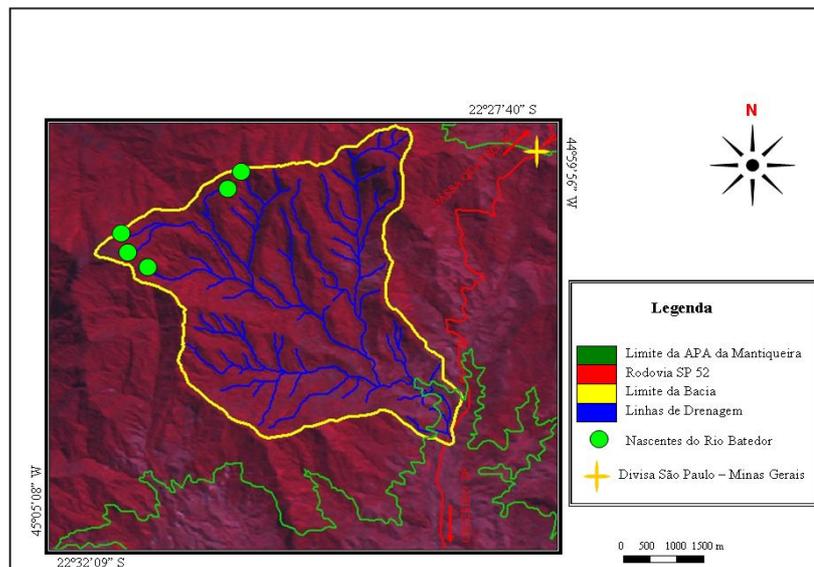
úmido sem período biologicamente seco, com ocorrência exclusiva no Planalto Meridional Brasileiro acima de 500/600 metros de altitude (IBGE, 2004).

A preservação e proteção das águas da bacia do rio Batedor com objetivo de garantir o abastecimento da cidade de Cruzeiro, SP, teve início em 1964, quando o poder público municipal desapropriou 758 alqueires correspondentes à fazenda do Batedor por meio dos Decretos nº 145/1964 e nº 146/1964 (Cruzeiro, 1964). Contudo, após a data do decreto ocorreram ocupações irregulares na bacia do rio Batedor, pois foram realizadas à margem da legislação urbanística, ambiental, civil, penal e registrária (Pinto, 2003).

A ocupação irregular da bacia e a implantação de atividades agrícolas como o cultivo de banana, milho e hortaliças com técnicas e métodos impróprios vêm afetando a microbacia do Batedor pelo uso competitivo pela água e nutrientes, além de fomentar o desmatamento, em áreas de encostas, nascentes e margens. Esses usos e ocupação também aumentam o risco de escorregamento, pois a supressão da mata nativa faz com que a velocidade do escoamento das águas das chuvas seja aumentada, o que causa voçorocas e assoreamento do leito do rio Batedor, além de pôr em risco a vida da população local.

Outra ação importante para a conservação do ambiente e em especial dos mananciais foi a criação das Áreas de Proteção Ambiental (APAs), por meio da Lei nº 6902/1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274/1990 e que compõe o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela Lei 9985/2000.

A Bacia hidrográfica do rio Batedor encontra-se quase totalmente situada dentro dos limites da APA da Serra da Mantiqueira, excluindo uma pequena parte a sudeste da bacia, como pode ser observado na Figura 2.



**Figura 2.** Localização da bacia do Batedor em relação aos limites da APA da Mantiqueira, mostrando as principais nascentes e formadores.

Embora exista uma legislação ambiental relativa às Unidades de Conservação, a Lei Federal 9985/2000 ou Lei SNUC, em seu Artigo 15, admite a ocupação humana em APAs quando define: A Área de Proteção Ambiental é uma área em geral extensa, com certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Pela necessidade de se preservar o remanescente de floresta tropical ombrófila úmida contidos no maciço da Mantiqueira, foi criada a APA da Serra da Mantiqueira, por meio do Decreto nº 91304, de 03 de junho de 1985, abrangendo vários municípios do Estados de Minas Gerais, do Rio de Janeiro e de São Paulo, entre eles, o município de Cruzeiro no estado de São Paulo. O objetivo desse trabalho foi estudar os impactos do uso do solo e dos recursos hídricos na bacia do rio Batedor e gerar material de apoio para educação ambiental.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

Inicialmente, foram digitalizadas as cartas topográficas folhas Lorena e Virgínia, edição do IBGE de 1971, Datum Horizontal Córrego Alegre, na escala 1:50.000, para localização da área estudada com o uso do Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), que é um aplicativo para processamento de imagens e de SIG (Sistema de Informações Geográficas) (Câmara et al., 1996), instalado no Laboratório de Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto e Informática Rural da Universidade de Taubaté (LAGEO).

Foi criado um projeto correspondente a um retângulo, com as coordenadas 22° 33' 41,73" S 45° 07' 22,98" O, e 22° 25' 47,04" S, 44° 58' 10,94" O e, em seguida, a partir dessas coordenadas foi delimitada a bacia hidrográfica do rio Batedor, observando-se os divisores de água a partir das curvas de nível representadas nas cartas topográficas usando-se funções do aplicativo SPRING.

As linhas de drenagem foram digitalizadas com base nas cartas topográficas para a caracterização de diversos parâmetros da bacia. Como características físicas foram determinados o Coeficiente de compacidade ( $K_c$ ), o Fator de forma ( $K_f$ ), a Densidade de drenagem, o Comprimento do talvegue, a Sinuosidade do rio e a Ordem dos cursos d'água, conforme metodologia descrita em Villela e Matos (1975) usando-se as Equações 1 a 3.

$$K_c = \frac{P}{\sqrt{A}} * 0,28 \quad [1]$$

em que  $K_c$  é o coeficiente de compacidade;  $P$  é o perímetro da bacia em km;  $A$  é a área da bacia em  $\text{km}^2$ .

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad [2]$$

em que  $K_f$  é o fator de forma, adimensional;  $L$  é o comprimento axial da bacia em km.

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad [3]$$

em que  $Dd$  é a Densidade de drenagem em  $\text{km}/\text{km}^2$ ;  $Lt$  é o comprimento total dos cursos d'água da bacia em km;  $A$  é a área da bacia hidrográfica em  $\text{km}^2$ .

Os limites da bacia foram sobrepostos a uma imagem georreferenciada do satélite CBERS 2 (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres), sensor CCD, órbita 153, ponto 125, adquirida em 24/08/2005, em composição colorida de três bandas espectrais, 2 (0,52-0,59  $\mu\text{m}$ , Verde), 3, (0,63-0,69  $\mu\text{m}$ , Vermelho) e 4 (0,77-0,89  $\mu\text{m}$ , Infra-Vermelho Próximo), associadas às cores primárias azul, verde e vermelho, respectivamente. Com base na análise dessa imagem, foi feita uma classificação digital, usando um algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER) (Hernandez Filho et al., 1998) para a caracterização da cobertura e uso do solo da bacia.

A determinação da altimetria foi feita a partir da digitalização das linhas de curvas de nível das cartas topográficas do IBGE e da geração no SPRING de uma grade de Medida

Numérica do Terreno (NMT) de 20 m de resolução com base no uso de funções no estado da arte de sistemas de informações geográficas disponibilizadas na versão do SPRING, V.3.6.03, <http://www.dpi.inpe.br/spring/> (Câmara et al., 1996).

Foi realizado, em maio de 2007, trabalho de campo para observação *in loco* da paisagem, do uso e ocupação do solo com informações registradas por câmara digital e georreferenciadas com receptor GPS de navegação. Essas observações foram fundamentais para a análise das imagens de satélite no SPRING.

Com base no Mapa Pedológico de São Paulo, elaborado pelo IAC (Instituto Agronômico de Campinas) e pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), de 1999, escala de 1:500.000, os principais grupos de solo encontrados na bacia hidrográfica do rio Batedor foram identificados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

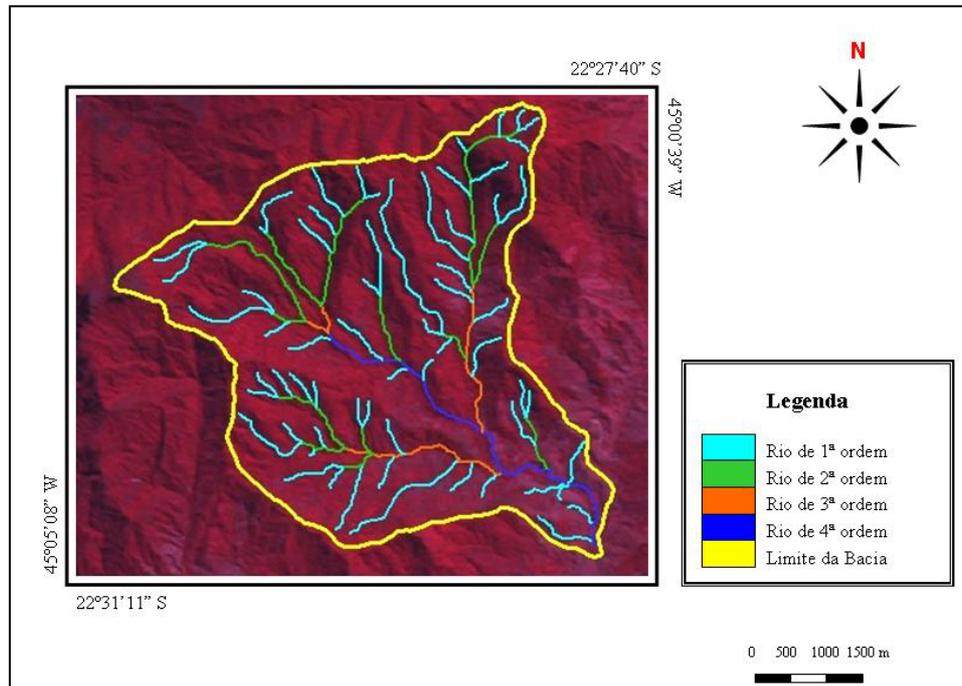
O tratamento das imagens de satélite e das cartas topográficas no aplicativo SPRING permitiram a geração de mapas e informações com as características hidrográficas da bacia do rio Batedor e do uso do solo. A imagem da bacia do rio Batedor com a delimitação dos seus limites (divisor de águas), da rede de drenagem, e ordem dos cursos d'água, classificado segundo Strahler (1956) pode ser observada na Figura 3. Parâmetros como a área da bacia ( $A$ ) ou área de drenagem, o perímetro ( $P$ ), o comprimento total dos cursos d'água ( $Lt$ ), o comprimento do talvegue, aplicados às equações 1, 2 e 3 possibilitaram o cálculo dos coeficientes de compacidade ( $Kc$ ), de forma ( $Kf$ ), densidade de drenagem ( $Dd$ ) e sinuosidade do rio Batedor (Tabela 1)

Os limites (divisores de água) da bacia do rio Batedor, sua rede de drenagem, classifica segundo Strahler, assim como os parâmetros físicos calculados incluindo a área da bacia ( $A$ ) ou área de drenagem, o perímetro ( $P$ ), o comprimento total dos cursos d'água ( $Lt$ ) e o comprimento do talvegue do rio Batedor podem ser observados na Figura 3 e Tabela 1.

Observando a Figura 3 e o resultado da densidade de drenagem, pode-se afirmar que a bacia do rio Batedor, de quarta ordem segundo a classificação de Strahler (1956) é bem drenada (Figura 5.) e, portanto, tem menor capacidade de infiltrar água, proporcionando assim, maior escoamento superficial, fato este que está em acordo com as características de solos litólicos (Vieira, 1975). Embora seja uma bacia com área de 22,60 Km<sup>2</sup>, o comprimento do rio principal é de apenas de 8,5 Km (Tabela 1). A Densidade de drenagem é de 2,82 km/km<sup>2</sup>, o que indica ser uma bacia de boa densidade de drenagem (Targa, 2004), por situar-se em área de escudos cristalinos, com pouca capacidade de infiltração e muito escoamento superficial (Villela e Matos, 1975) que somados aos aspectos climático e cobertura florestal fica explicado o fato da bacia ser responsável por 70% do abastecimento do município de Cruzeiro, SP, com uma vazão de captação da ordem de 600m<sup>3</sup>/h (São Paulo, 2005).

A baixíssima sinuosidade do rio Batedor (1,36) está relacionada com rios em topografias acidentadas (rios jovens), e poderia indicar um escoamento bastante rápido. Contudo, o coeficiente de compacidade ( $Kc$ ) determinado para a bacia de 1,34 e o Fator de forma ( $Kf$ ) de 0,31 indicam que a bacia do rio Batedor é pouco sujeita a enchentes (Villela e Matos, 1975).

A geração do mapa de uso do solo a partir da análise digital da imagem CBERS 2, no SPRING permitiu identificar quatro classes de uso de solo (Figura 4 e Tabela 2). Ao se observar a Tabela 2, percebe-se que a maior parte da bacia hidrográfica apresenta cobertura vegetal arbórea (78,8%), seguida de pastagens ou pequenas culturas de subsistência (10,1%),



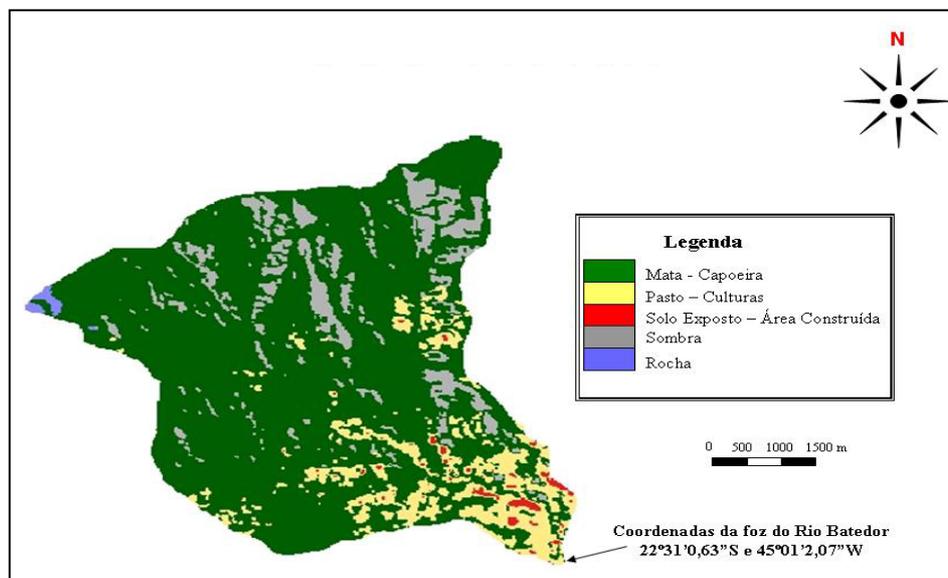
**Figura 3.** Limite, rede de drenagem, classificada segundo Strahler (1956) da bacia do rio Batedor sobre imagem CBERS de 2005.

**Tabela 1.** Características físicas da bacia hidrográfica do rio Batedor.

Características Físicas	Bacia do Rio Batedor
Área ( $A$ )	22,60 km <sup>2</sup>
Perímetro ( $P$ )	22,47 km
Comprimento do talvegue ( $L$ )	8,50 km
Comprimento total dos cursos d'água ( $L_t$ )	63,80km
Coefficiente de compacidade ( $K_c$ )	1,34
Fator de forma ( $k_f$ )	0,31
Densidade de drenagem ( $D_d$ )	2,82 km/km <sup>2</sup>
Sinuosidade	1,36

enquanto que a porção de solo exposto ou pequenas construções rurais correspondem a apenas 0,8%. Tais dados indicam que a bacia do Batedor ainda está bem manejada, com uso não muito intenso, contudo não está isenta de ações antrópicas que podem ser prejudiciais à manutenção do solo e da qualidade de seu recurso hídrico.

A análise digital da imagem de satélite, com áreas de sombra, que correspondiam a 10% da área total da bacia foi prejudicada. Sombras frequentes ocorrem devido ao fato da área de estudo localizar-se, em sua maior parte, em terrenos escarpados, nas encostas da Serra da Mantiqueira. Outra dificuldade encontrada foi a não identificação de algumas áreas pequenas de culturas de subsistência, como milho e mandioca. Essas áreas foram incluídas na categoria pasto. Essas dificuldades foram superadas com o levantamento de campo que permitiu a



**Figura 4.** Cobertura e uso do solo na bacia do Batedor.

**Tabela 2.** Categorias de uso do solo na Bacia do rio Batedor.

<b>Categorias</b>	<b>Área (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>
Mata – Capoeira	17,80	78,8
Pasto – Culturas	2,28	10,1
Solo Exposto – Área Construída	0,18	0,8
Sombra	2,26	10,0
Rocha	0,08	0,4
<b>Total</b>	<b>22,60</b>	<b>100,0</b>

constatação *in loco* que as áreas de sombra, por se tratarem de áreas mais escarpadas, sofreram pouca ação antrópica e possibilitou a constatação de que em, aproximadamente, 80% dessas áreas (1,8 km<sup>2</sup>) ocorre cobertura de mata ou capoeira e que em 20% encontra-se com plantios de bananas (0,46 km<sup>2</sup>). Com esse ajuste de campo, a porcentagem da classe Mata-Capoeira sobe para 86,7%.

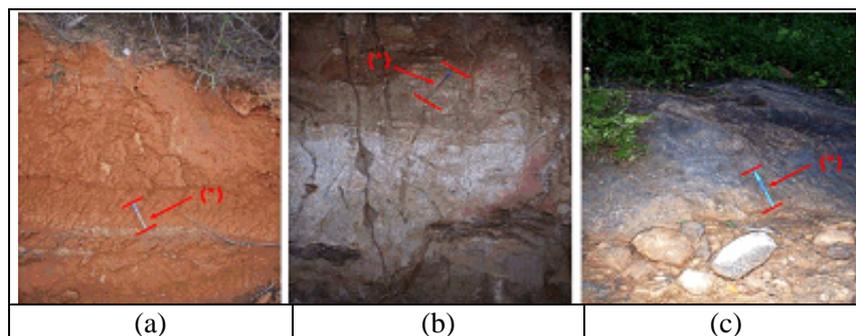
Com base no trabalho de campo e no Mapa Pedológico de São Paulo, elaborado pelo IAC e EMBRAPA, três grandes grupos de solo foram identificados na bacia hidrográfica do rio Batedor (Figura 5). Os Neossolos Litólicos, encontrados na bacia hidrográfica do rio Batedor são por definição solos que apresentam reduzida profundidade efetiva. Essa condição limita seu uso com agricultura devido ao reduzido volume de terra disponível para o ancoramento das plantas e para a retenção de umidade. A maioria desses solos ocorre em relevos acidentados, portanto muito susceptíveis à erosão e apresentam sérias limitações de trafegabilidade. Seu uso requer cuidados especiais quanto aos tratamentos conservacionistas (Oliveira, 1999).

Já os Cambissolos, segundo Oliveira (1999), estão situados em relevo forte ondulado a escarpado. Apresentam severas restrições quanto ao uso agrícola, os localizados em terrenos escarpados apresentam limitações mesmo ao uso pastoril e florestal devido à sua capacidade de desagregação. Tais solos possuem elevada erodibilidade e forte limitação à trafegabilidade, à qual é aumentada com a pedregosidade e afloramentos de rocha e pela presença de solos

rasos representados pelos Neossolos Litólicos. É comum a presença de solos apresentando horizonte Cr (saprolito) constituído por rocha parcialmente intemperizada a profundidades inferiores a 1,5 m. Geralmente, tais saprolitos apresentam significativo estágio de intemperismo, sendo portanto de consistência branda, não oferecendo limitações ao sistema radicular das plantas.

Por outro lado, a classe dos Latossolos constitui o agrupamento de solos mais extenso do Estado de São Paulo. São, em geral, solos com boas propriedades físicas e situados, na maioria dos casos, em relevo favorável ao uso intensivo de máquinas agrícolas, com exceção dos solos em regiões serranas. Os Latossolos tendem a apresentar elevada porosidade e friabilidade, o que facilita seu manejo agrícola. O relevo, com exceção dos solos situados em região serrana, é pouco movimentado, com declividade geralmente inferior a 5% qualifica os Latossolos como os mais adequados para a agricultura extensiva no Estado de São Paulo. Sua principal limitação é a baixa disponibilidade de nutrientes nos solos distróficos. Os Latossolos Vermelho – Amarelo argissólicos apresentam em geral relação textural ligeiramente superior aos Latossolos típicos, fato que lhes confere uma erodibilidade um pouco maior.

O conhecimento de propriedades do solo auxilia na seleção das áreas a serem utilizadas na exploração agrícola, bem como na determinação do tipo e do grau com que as práticas de conservação devem ser empregadas para reduzir a desagregação pela erosão hídrica do solo (Albuquerque et al., 2000). A erodibilidade do solo é uma característica utilizada nos planejamentos conservacionistas. As práticas de conservação devem ser mais intensas em solos com erodibilidade alta do que em áreas com erodibilidade baixa.

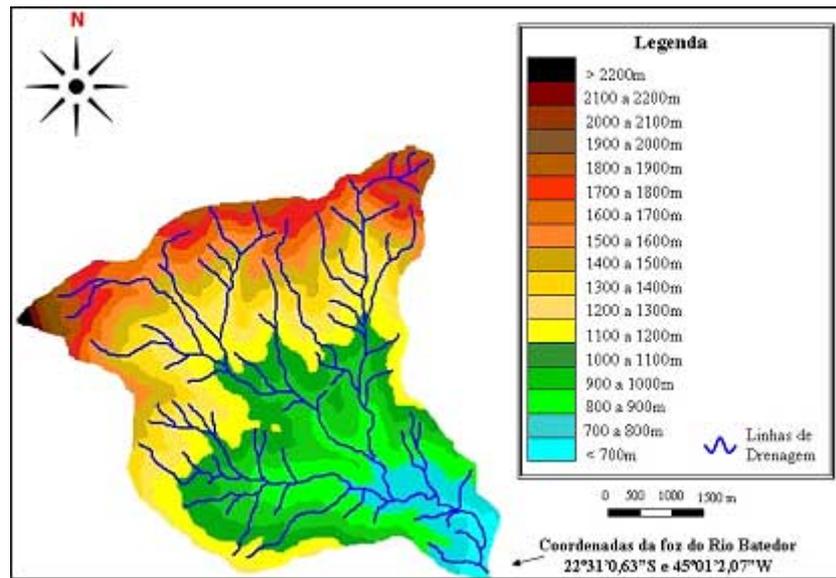


**Figura 5.** Tipos de solo encontrado na Bacia do Batedor: a) Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico; b) Cambissolo Háptico Distrófico; c) Neossolo Litólico com Afloramento de Rochas (fotos de campo dos autores).

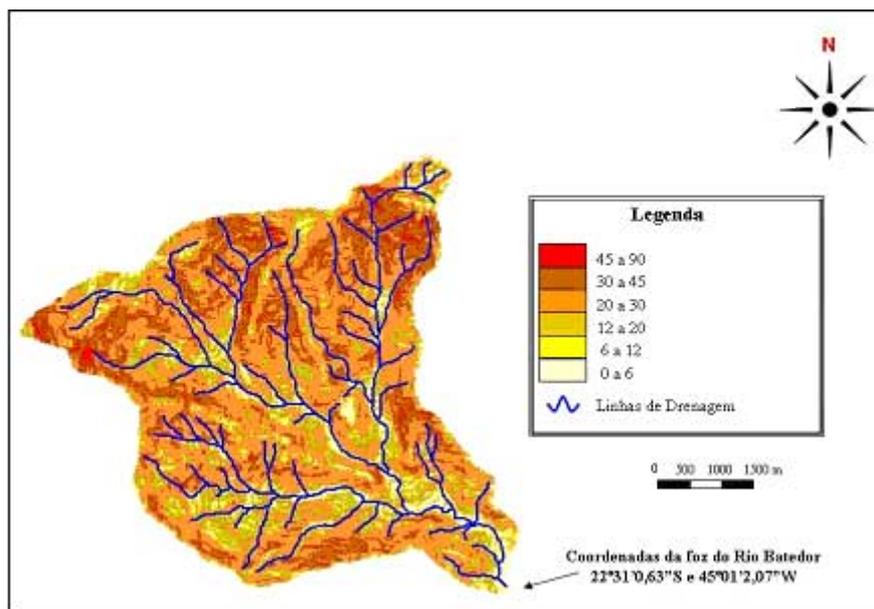
As características dos solos encontrados na bacia do rio Batedor como baixa profundidade e grande quantidade de cascalho encontrada no cambissolo háptico e no neossolo litólico, bem como o relevo inclinado, condicionam sérios impedimentos à mecanização, o que limita atividades agrícolas na bacia. Essas características também estão associadas à maior susceptibilidade à erosão, principalmente, devido à baixa permeabilidade e à formação de sulcos pela enxurrada (EMBRAPA, 1999).

Com base na digitalização das curvas de nível, derivou-se um mapa altimétrico da bacia do rio Batedor (Figura 6). Pode-se notar uma elevada variação de altitude na área de estudo. A Figura 7 mostra o mapa de declividade que evidencia um elevado grau de declive do terreno, com média de declividade de 23° com áreas em que a declividade chega a 80°.

A altitude varia de 625 m até 2.249 m com uma altitude média de 1291 m. A variação de altitude é de 1.624 m em pouco mais de 8 Km de distância. Tal variação altimétrica influencia significativamente as temperaturas locais e o regime pluviométrico da área estudada.



**Figura 6.** Hipsometria da bacia rio Batedor com intervalos de altitude de 100m.

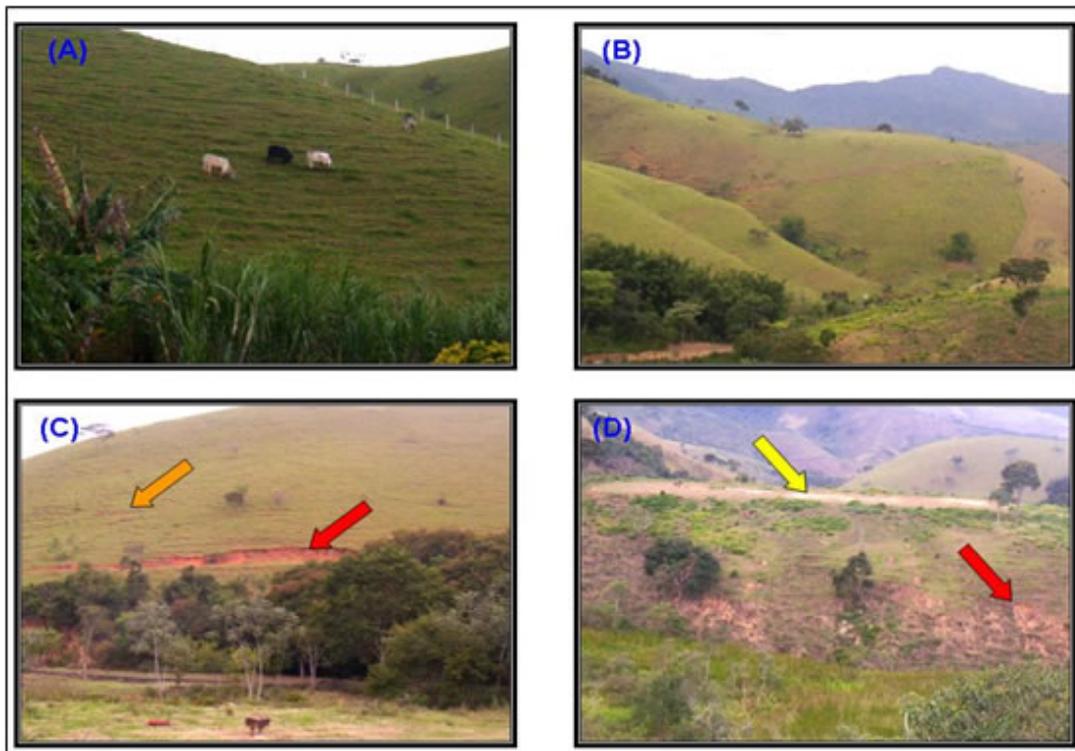


**Figura 7.** Declividade (em graus) da bacia do rio Batedor.

As pesquisas de campo revelaram ocupação humana irregular, envolvendo 96 famílias com aproximadamente 286 pessoas que utilizam métodos inadequados para o plantio de banana, milho e hortaliças que afetam a bacia devido à fragilidade do solo. O plantio de bananas tem provocado impacto negativo no solo, com retirada de água e nutrientes, além de fomentar o desmatamento em áreas de encostas, nascentes e margens, favorecendo o processo de desmoronamento.

Na observação em campo, constatou-se que as áreas de pastagem encontram-se bastante degradadas, sem nenhum tipo de manejo. Na bacia do rio Batedor é explorada pecuária leiteira extensiva de pequeno porte (Figura 8A), com superpastoreio que provoca erosão laminar (Figura 8B) e alto grau de pisoteio pelo gado (Figura 8C, seta laranja). Em algumas áreas de pastagem, o solo está exposto (Figura 8D, seta amarela) e em alguns casos, com

início de erosão com ravinas e desmoronamentos de taludes (Figura 8C e 8D setas vermelhas).



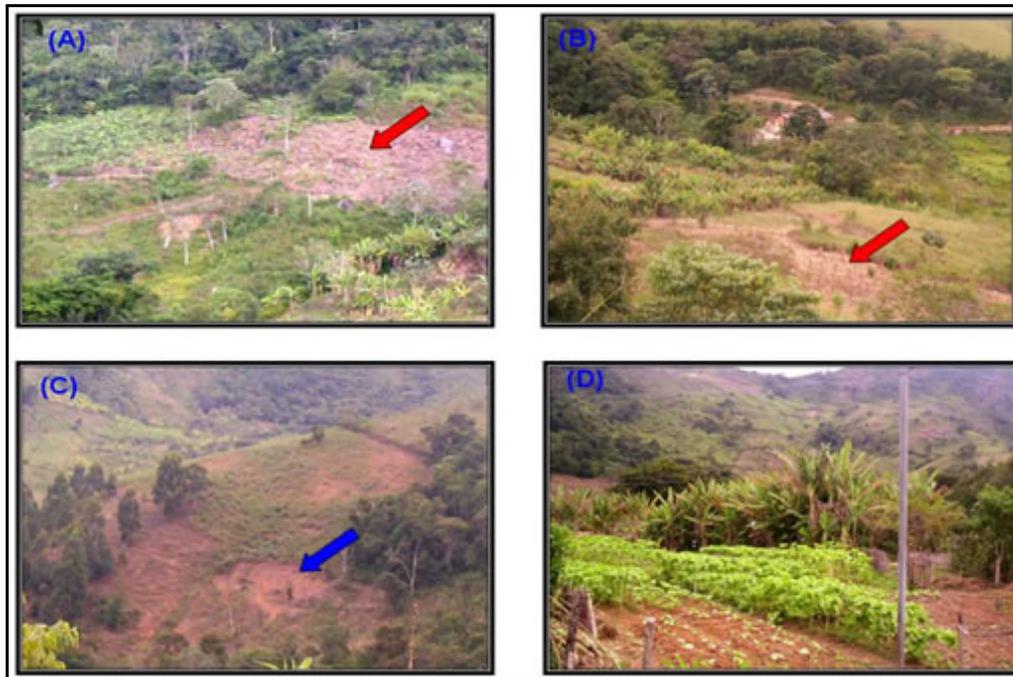
**Figura 8.** Aspectos da pastagem da bacia do Batedor, com evidências de diversos tipos de erosão.

As culturas temporárias existentes na área de estudo são basicamente mandioca, milho e hortaliças, de subsistência cujo excedente é eventualmente vendido no comércio local. Nessas culturas temporárias, pouco cuidado com o manejo e conservação do solo é exercido, não se faz plantio em curvas de nível nem manutenção de cobertura orgânica e muitas vezes o solo está exposto. Na Figura 9A (seta vermelha), observa-se área em declive onde ocorreu plantio recente. Na Figura 9B (seta vermelha), vê-se uma roça de milho abandonada após a colheita. Na Figura 9D, observa-se plantio de hortaliças dentro da bacia estudada.

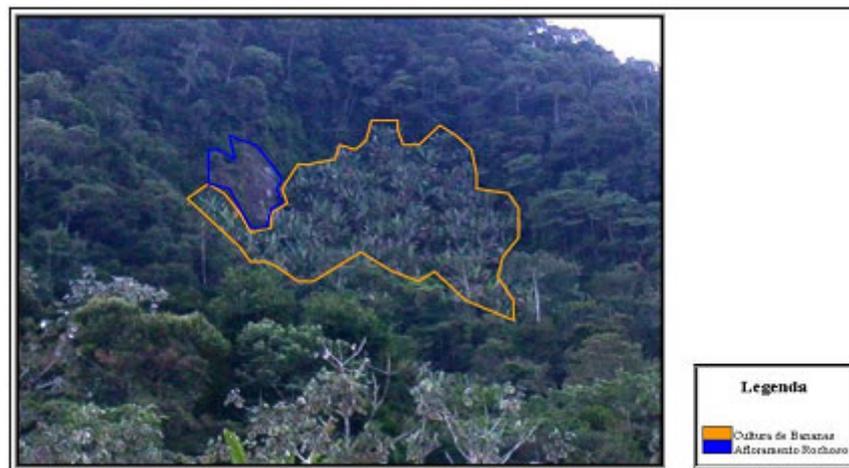
A falta de manejo adequado, sem técnicas para conservação do solo, principalmente, em áreas de declividade, provoca erosão e perda do solo, em alguns casos, o início de voçorocas, que já caracteriza um processo erosivo avançado (Figura 9C). A erosão em sulcos caracteriza-se pelo escoamento superficial concentrado de uma lâmina d'água com tensão de cisalhamento suficiente para desagregar o solo, que deforma o sulco e altera as características hidráulicas do escoamento responsável pela dinâmica de formação dos sulcos (Albuquerque et al., 2000; Cantalice et al., 2005).

Espectralmente, a cultura de banana foi muito similar à classe de mata-capoeira, quando analisada na imagem CBERS 2. Contudo, o trabalho de campo permitiu identificar um grande plantio de bananas que na análise digital da imagem teria sido englobado na categoria mata-capoeira (Figura 10, polígono laranja), em que se pode notar também afloramento rochoso em declividade elevada (Figura 10 polígono azul). Corrêa (2001), analisando a bacia do ribeirão Itaim no município de Taubaté, SP, que também contribui para o rio Paraíba do Sul, concluiu que a pouca cobertura florestal decorrente das atividades antrópicas é responsável pelo alto nível de sedimentação nos cursos d'água e que erosões ocasionam assoreamento do rio e

iniciam-se, principalmente, a partir das estradas mal conservadas, do caminhamento do rebanho bovino e das alterações físicas da topografia pelas obras de engenharia.



**Figura 9.** Culturas temporárias na bacia do Batedor.



**Figura 10.** Plantio de banana e afloramento rochoso na encosta da bacia.

Apesar do plantio de banana ser uma cultura permanente, existem restrições quanto ao tipo de solo e à declividade do terreno e, em alguns casos, necessita-se de manejo de cultivo e práticas para a preservação do solo. Ressalta-se que os tipos de solo associados à topografia do terreno da área de estudo, não são dos mais qualificados para os tipos de culturas ali encontradas.

Segundo Borges e Souza (2007), a conservação do solo representa o conjunto de práticas agrícolas destinadas a preservar sua fertilidade química e também práticas mecânicas de controle de erosão. Eles recomendam as seguintes técnicas de manejo e conservação do solo no cultivo de bananas:

a) Revolver o solo o mínimo possível. A quebra excessiva dos torrões, com a pulverização do solo deixa-o mais exposto ao aparecimento de crostas superficiais e, por conseguinte, à erosão;

b) Conservar o máximo de resíduos vegetais sobre a superfície. Os resíduos evitam ou diminuem o impacto de gotas de chuva na superfície do solo, também são empecilhos ao fluxo de enxurradas, pois a velocidade é reduzida diminuindo a capacidade de desagregação e transporte do solo. Atuam ainda na conservação da umidade e na amenização da temperatura do solo.

O cultivo de banana não é considerado adequado em solos onde o lençol freático está a menos de um metro de profundidade (Borges e Souza, 2007), o que ocorre no caso de plantio às margens de rios, freqüentemente observado junto à margem do rio Batedor, o que constitui inadequação à Lei 4771/65 (Código Florestal), que determina, no Artigo 2º, item “a”, as margens de rios como áreas de preservação permanente. Esse tipo de cultivo, não recomendado, promove a deposição de matéria orgânica das bananeiras, que pode vir a alterar a qualidade química da água ou causar modificações no fluxo de água do rio, provocando remansos e ainda o assoreamento em pontos específicos do rio. Ressalta-se que esse tipo de cultivo reduz a vegetação de floresta, principalmente, ciliar que entre outras funções melhora a qualidade e quantidade de água, hoje, já crítica para o abastecimento (Rebouças et al., 1999).

Por outro lado, no curso médio e inferior da bacia do rio Batedor prevalece o uso do solo como pastagem e, em alguns casos, a mata ciliar foi removida, e se nota pouca ou nenhuma ocorrência de vegetação às margens do rio, principalmente na saída da bacia (Figura 11).



**Figura 11.** Foz do rio Batedor, afluente do Rio Passa Vinte.

A cobertura vegetal florestal nativa nessas Áreas de Preservação Permanente iria atenuar os efeitos erosivos e a lixiviação dos solos, contribuindo também para a regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos corpos d'água e reservatórios, bem como traria benefícios para a biodiversidade da fauna (Costa et al., 1996).

Observa-se na Figura 12, à esquerda, a barragem para captação de água do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto) de Cruzeiro no rio Batedor, bem como as canaletas por onde flui a água (Figura 12, à direita) até os reservatórios e daí, por meio de dutos, para a estação de tratamento.

Os cultivos e outras ocupações antrópicas observadas na bacia encontram-se a montante do local onde foi instalada a estação de captação de água, responsável por 70% do fornecimento de água do município de Cruzeiro, SP, e, por essa razão, podem causar impactos



**Figura 12.** Aspecto da captação de água na bacia do Batedor.

ambientais nos aspectos físicos da bacia e nas características de qualidade e quantidade da água prejudicando o abastecimento de Cruzeiro, SP.

As ocupações que ocorreram após a desapropriação da Fazenda do Batedor podem ser consideradas irregulares ou clandestinas já que foram realizados à margem da legislação urbanística, ambiental, civil, penal e registrária. Embora, para que se possa consolidar um assentamento, seja necessário o acesso à água e à energia elétrica. Porém um aspecto bastante limitador para a consolidação desse assentamento, é o fato de que se localiza em áreas de preservação ambiental e, portanto, não podem ser regularizados (Pinto, 2003).

Verificou-se em campo que a maioria das casas tem acesso à energia elétrica regular, tornando confuso a caracterização de clandestinidade e uma eventual retomada de posse da área por parte da prefeitura municipal. Contudo, não há uma regra clara quanto à possibilidade ou não de ligação dos assentamentos ilegais às redes de energia elétrica, água, esgoto e telecomunicações. Na verdade, o Poder Público têm até estimulado a consolidação de loteamentos clandestinos, ao estabelecer para as concessionárias obrigações de atendimento a qualquer usuário e de universalização do acesso aos serviços. Muitas vezes, as empresas concessionárias preferem oficializar a combater as ligações clandestinas (Pinto, 2003).

Trata-se de um procedimento de regularização fundiária de intervenção pública, sob os aspectos jurídicos, físico e social, que objetiva legalizar a permanência de populações moradoras em áreas urbanas ocupadas em desconformidade com a lei para fins de habitação, implicando acessoriamente melhorias no ambiente urbano do assentamento, no resgate da cidadania e da qualidade de vida da população beneficiária (Alfonsin, 1999).

Em áreas de preservação ambiental como é o caso da bacia do rio Batedor, estudos para a adequação do uso da terra em função da legislação são de suma importância (Catelani et al., 2003) e podem contribuir com o poder público na adoção de ações de planejamento do uso e ocupação do solo e gerenciamento dos recursos hídricos da bacia do Batedor. A efetivação do planejamento, juntamente com projetos de Educação Ambiental, conforme proposto por Batista et al., (2005), podem, em longo prazo, manter ou minimizar os efeitos das ações antrópicas na bacia, garantindo que a qualidade e quantidade dos recursos naturais não sejam comprometidos no futuro.

#### 4. CONCLUSÕES

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, aliadas ao trabalho de campo provaram ser úteis e eficazes na caracterização física da bacia e na elaboração de mapa de uso de solo.

A bacia do rio Batedor apresenta características físicas favoráveis ao abastecimento hídrico por ser bem drenada, com grande disponibilidade hídrica, não apresentar risco de enchentes e estar situada em área de muitas nascentes, na encosta da Serra da Mantiqueira, e possuir cursos jovens, com pouca sinuosidade.

Observando os dados de uso do solo, conclui-se que se trata de uma bacia saudável, com 86,7% da área ocupada por mata ou capoeira. Porém, por ser uma área de preservação ambiental (APA da Mantiqueira) e por ser área de manancial para captação de água para o município de Cruzeiro, qualquer interferência antrópica deve ser muito bem planejada visando reduzir os impactos ambientais sobre a bacia.

As principais ações antrópicas encontradas na bacia do rio Batedor estão relacionadas à ocupação irregular de áreas para moradias, desenvolvimento de agricultura de subsistência como a bananicultura em locais declivosos e margens do rio, pastagens degradadas, que denotam a inadequação do uso do solo à legislação ambiental e a redução da área florestal da bacia e que podem contribuir para o agravamento dos processos erosivos, causar perda de solo e assoreamento da calha do rio, podendo alterar as características de qualidade e quantidade de água.

#### 5. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, J. A.; CASSOL, E. A.; REINERT, D. J. Relação entre a erodibilidade em entressulcos e estabilidade dos agregados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, n. 1, p. 141-151, 2000.
- ALFONSIN, B. M. Políticas de regularização fundiária: justificação, impactos e sustentabilidade. In: Research Report – Lincoln Institute of Land Policy. Cambridge, 1999. Disponível em: <<http://www.lincolinst.edu>>. Acesso em maio 2007.
- AULICINO, L. C. M.; RUDORFF, B. F. T.; MOREIRA, M. A.; MEDEIROS, J. S.; SIMI JR., R. Subsídios para o manejo sustentável da bacia hidrográfica do rio Una através de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCIÓN REMOTA, 9., 2000, Puerto Iguazu. Anais... São José dos Campos: SELPER, 2000. p. 899-908.
- BATISTA, G.T.; NETO, P. F.; DIAS, N. W.; TARGA, M. S.; OLIVEIRA, L. A. M. Educação ambiental voltada para recursos hídricos: um estudo de caso. 2005, 20p. In: **Olhando para as águas do Ribeirão das Almas – Caieiras**, <<http://www.agro.unitau.br/caieiras>>. Acesso em agosto de 2007.
- BATISTA, G.T.; M. S. TARGA. Gerenciamento e Manejo de bacias hidrográficas. In: Gestão de Recursos Hídricos e Manejo de Bacias Hidrográficas. Curso de especialização por educação a distância. Targa, M. S. (Coord.). Universidade de Taubaté – UNITAU, Taubaté - SP, 24 p., 2004.

- CURVELLO, R. T.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. dos S. Estudo dos impactos da ocupação humana na microbacia do rio Batedor na Serra da Mantiqueira no município de Cruzeiro, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 91-107, 2008. ([doi:10.4136/ambi-agua.45](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.45))
- 
- BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. Livro banana: exigências edafoclimáticas. Cap. 1 Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro\\_Banana\\_Cap\\_1ID-NHDNBfwu.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Livro_Banana_Cap_1ID-NHDNBfwu.pdf)>. Acesso em: março de 2007.
- BRASIL Constituição Federal (1988). Cap. VI - Do Meio Ambiente, Artigo nº 225. Disponível em: <[www.lei.adv.br](http://www.lei.adv.br)>. Acesso em: 25 jan. 2008.
- BRASIL. Decreto nº 91.304, de 3 de junho de 1985. Dispõe sobre a implantação de área de proteção ambiental nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, e dá outras providências. Disponível em: <[www.lei.adv.br](http://www.lei.adv.br)>. Acesso em: 25 jan. 2008.
- BRASIL. Instrução Normativa nº 12, de 10 de junho de 2005. Na produção, importação e comercialização de batata-semente, será utilizada a tabela de níveis de tolerância para pragas não-quarentenárias regulamentadas. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/servlet/VisualizarAnexo?id=11492>>. Acesso em: maio de 2007.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <[www.lei.adv.br](http://www.lei.adv.br)>. Acesso em: 25 jan. 2008.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras providências. Disponível em: <[www.lei.adv.br](http://www.lei.adv.br)>. Acesso em: 25 jan. 2008.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <[www.lei.adv.br](http://www.lei.adv.br)>. Acesso em: 25 jan. 2008.
- BRASIL, Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: <[www.lei.adv.br](http://www.lei.adv.br)>. Acesso em: 25 jan. 2008.
- CÂMARA G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO J.; "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling" *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996. < <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/spring.pdf> >. Acesso 17 outubro 2007.
- CANTALICE, J. R. B.; CASSOL, E. A.; REICHERT, J. M.; BORGES, A. L. DE O. Hidráulica do escoamento e transporte de sedimentos em sulcos em solo franco-argilo-arenoso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 597 – 697, 2005.
- CORRÊA, R. de C. Avaliação das atividades antrópicas sobre a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Itaim-Taubaté, SP. 2001. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Departamento de Ciências Agrárias, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2001.
- COSTA, T.; COSTA, C.; SOUZA, M. G.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente por meio de um sistema de informações geográficas (SIG). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 20, n. 1, p. 129-135, 1996.

CURVELLO, R. T.; BATISTA, G. T.; TARGA, M. dos S. Estudo dos impactos da ocupação humana na microbacia do rio Batedor na Serra da Mantiqueira no município de Cruzeiro, SP, Brasil. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 3, n. 1, p. 91-107, 2008. ([doi:10.4136/ambi-agua.45](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.45))

---

CRUZEIRO. Decreto Municipal que Declara a Fazenda do Batedor no Município de Cruzeiro – SP área de utilidade pública nº145, de 8 de junho de 1964.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412p.

HERNANDEZ FILHO, P. H.; PONZONI, F. J.; PEREIRA, M. N. Mapeamento da fitofisionomia e do uso da terra de parte da bacia do Alto Taquari mediante o uso de imagens TM/Landsat e HRV/SPOT. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.33, Número, p.1755-1762, out. 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Mapa de biomas do Brasil: primeira aproximação (mapa digital). 2004. 1 mapa. Escala 1: 5 000 000. Disponível em: <[www. Ibge.gov.br/mapas/temáticos/mapas\\_ murais/biomas.pdf](http://www.Ibge.gov.br/mapas/tematicos/mapas_murais/biomas.pdf)>. Acesso em: maio de 2007.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. Mapa pedológico de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/EMBRAPA - Solos, 1999. 1 mapa. Escala 1: 500.000.

OLIVEIRA, J. B. Solos do Estado de São Paulo: descrição das classes registradas no Mapa pedológico. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. **Boletim Científico**, 45. 112p.

PINTO, V. C. Ocupação irregular do solo urbano: o papel da legislação federal. 2003. Disponível em: <[www.senado.gov.br/conleg/artigos\\_direito.htm](http://www.senado.gov.br/conleg/artigos_direito.htm)>. Acesso em: mar. 2007.

PONÇANO W. L., CARNEIRO C. D. R., BISTRICHI C. A. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000. IPT n.1.183 (Monografias 5), v. 1, 94p. 1981.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: **Escrituras**, 1999. 717p.

SÃO PAULO. Secretaria de Saneamento e Energia. Departamento de águas e energia elétrica - DAEE. Uso dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. Disponível em: <[www.daae.sp.gov.br](http://www.daae.sp.gov.br)>. Acesso em: set. de 2005.

SETZER, J. Atlas climático e ecológico do Estado de São Paulo. São Paulo, Comissão Estadual da Bacia Paraná-Uruguai, 1966. 61 p.

STRAHLER, A. N. Quantitative slope analysis. **Bulletin of the Geological Society of América**, Rochester, 67:596-671, 1956.

TARGA, M. dos S. **Hidrologia de Superfície**. In: Gestão de Recursos Hídricos em Bacias Hidrográficas. Curso de especialização por educação a distância. Targa, M. S. (Coord.). Universidade de Taubaté – UNITAU. Taubaté – SP, 63p. 2004.

VIEIRA, L.S. Manual da ciência do solo. São Paulo: CERES, 1975.

VILLELA, S. M.; MATOS, A. **Hidrologia aplicada**. 1 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.