

## **Avaliação por Fotointerpretação do Uso/Ocupação do Solo e Erosão Acelerada em Microbacias Hidrográficas Utilizando Sistemas de Informação Geográfica**

Teresa Cristina Pissarra<sup>1</sup>; João Antonio Galbiatti<sup>1</sup>;  
Maurício José Borges<sup>1</sup>; David Rosalen<sup>1</sup>; Danilo Iha<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCAV-Câmpus de Jaboticabal - Departamento de Engenharia Rural  
End: Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n,- CEP 14.870-000 Jaboticabal – SP, Brasil  
pissarra@fcav.unesp.br

**Abstract.** The main objective of this work was to evaluate the use and the occupation of the soil and the states of erosion in watersheds, city of Jaboticabal, State of São Paulo, Brazil. Air photographs, vertical, colored from year 2000 were used. As results of the analyses, using photo interpretation techniques and evaluation of the data in cartographic documents generated in geographic information systems – GeoMedia, it has been identified the watershed, the natural and agricultural vegetal communities and the state of erosion. The methodology used in this study was appropriate for evaluations of the use of the soil and the states of erosion. The sugar-cane culture is the main form of use in the micro basin with 3541.48 ha (40% of the area). The urban area represents 19% of the total extension, followed by forest fragments, citrus orchards, reforestations and other cultures. The erosion state (2) - erosion intense 1 rare or occasional ridges - was predominant (more than 60% of the global extension). The SIG-GeoMedia was an excellent tool for analyzing the maps and visualization of the results for the decision making.

**Key-words:** photo interpretation, environment analysis, watershed.

**Palavras-chave:** fotointerpretação, análise ambiental, microbacias hidrográficas.

### **1. Resumo**

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar o uso e a ocupação do solo e os estados de erosão acelerada na microbacia do córrego do Jaboticabal, município de Jaboticabal, Estado de São Paulo, Brasil. Para tanto, foram utilizadas fotografias aéreas, verticais, coloridas do aerolevante realizado pela BASE – Aerolevantes, em 2000. Como resultados das análises estereoscópicas nas fotografias aéreas utilizando técnicas de fotointerpretação e avaliação dos dados nos documentos cartográficos gerados no sistema de informação geográfica-SIG GeoMedia foram identificados a rede hidrográfica, comunidades vegetais naturais e agrícolas e estado de erosão acelerada. A metodologia utilizada neste estudo foi apropriada para as avaliações do uso/ocupação do solo e estados de erosão acelerada no âmbito da microbacia estudada. A cultura de cana-de-açúcar é a principal forma de uso do solo na microbacia do córrego Jaboticabal, com 3.541,48 ha (40% da área). A área urbana, compreendendo toda a região urbanizada (cidade de Jaboticabal) e a UNESP/FCAV apresenta-se em segundo lugar com 19% da extensão total. A área com solo nu apresenta-se em 17% e coincidiu com preparo do solo na região para a cultura de amendoim, em reforma de canavial. Foram identificadas áreas de pastagem, fragmentos florestais, pomares de citros; reflorestamentos, outras culturas permanentes, campo-sujo (pastagem) e capoeira. O estado de erosão (2) erosão intensa 1 - sulcos raros ou ocasionais foi predominante, apresentando-se em mais de 60% da extensão global. O SIG-GeoMedia foi uma excelente ferramenta para análise do mapas elaborados e visualização dos resultados para a tomada de decisão.

Palavras-chave: fotointerpretação, análise ambiental, microbacias hidrográficas.

## 2. Introdução

Na análise de questões ambientais, os estudos considerando a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento para a avaliação dos diferentes aspectos geomorfológicos, escoamento e aproveitamento da água, e, da ocorrência, uso e degradação do solo, têm grande importância nos contextos técnico-científicos e aplicados.

Neste contexto, o sensoriamento remoto se constitui em um fator responsável pelo sucesso e evolução da tecnologia aplicada na avaliação ambiental fundamentada no estudo dos sistemas naturais de drenagem.

No Brasil destaca-se um grande desenvolvimento de estudos fotointerpretativos das bacias hidrográficas envolvendo pedologia e agricultura, avaliação do uso/ocupação do solo e dos diversos estados da erosão acelerada (Politano, 1992). As técnicas de fotointerpretação para a avaliação do terreno têm sido amplamente utilizadas em trabalhos de monitoramento ambiental, principalmente para a identificação do manejo agrícola.

Principalmente nas vertentes de bacias hidrográficas, a erosão hídrica, que é causada pela água das chuvas, é identificada como a principal causa do empobrecimento do solo agrícola. Neste processo, a estrutura do solo é destruída pelo impacto da chuva que atinge a superfície do terreno e, em seguida o material solto, rico em nutrientes e matéria orgânica, é removido do local e depositado nas depressões no interior das vertentes e no fundo dos vales. A intensidade de ação deste processo erosivo depende, além do clima, da resistência do solo e da presença de diversas condições ligadas ao manejo do solo e água e da natureza da comunidade vegetal presente, Ruhe (1975) e Bahia (1992).

Pela importância deste assunto nos contextos da agricultura e da preservação ambiental, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar a cobertura vegetal e estados de erosão acelerada, utilizando-se de técnicas de fotointerpretação e geoprocessamento, em áreas de Latossolo Vermelho-Escuro (Oliveira, et al, 1999) no Município de Jaboticabal, S.P.

## 3. Material e Métodos

A área de estudo abrange parte do município de Jaboticabal, compreendendo a Bacia Hidrográfica do Córrego do Jaboticabal com extensão total aproximada de 8771,61 ha; situada entre as coordenadas geográficas latitudes 21°10'S e 21°27'S e longitudes 48°10'WGr e 48°25'WGr. O clima é classificado como mesotérmico úmido de verão quente (Cwa), o relevo é suave ondulado e a constituição geológica pertence a formação Marília. A vegetação de origem é composta pela Floresta Tropical Latifoliada e o Cerrado.

O estudo fundamentou-se na análise visual de fotografias aéreas verticais, interferentes, com escala aproximada 1:35.000. Primeiramente, foram elaboradas as cartas da microbacia do córrego do Jaboticabal, com o uso de 2 faixas de fotografias aéreas, verticais, preto e branco, datada de 1983/84 e 2 faixas de fotografias aéreas, verticais, coloridas, datada da cobertura aerofotogramétrica da área realizada em 2000. Todos os pontos centrais e transferidos das fotografias aéreas, a rede de drenagem e o divisor topográfico da microbacia foram decalcados em templates de filme poliéster manualmente. Os mapas elaborados foram georreferenciados com pontos de controle levantados com Sistema de Posicionamento Global-GPS e Carta do IBGE de 1971.

Para a avaliação do uso/ocupação do solo (cobertura vegetal) e estados de erosão acelerada foram utilizadas técnicas de fotointerpretação. Com o uso de estereoscópio de espelho marca Zeiss diferenciou-se as tonalidades nas áreas plantadas, e os sulcos formados pelo escoamento da água, de acordo com os seguintes estados de erosão: (0) erosão não evidente; (1) erosão até moderada (áreas de erosão não evidente na imagem aérea - culturas);

(2) erosão intensa 1 - sulcos raros ou ocasionais; (3) erosão intensa 2 - sulcos comuns; (4) erosão muito intensa – sulcos freqüentes/muito freqüentes; (5) voçoroca. Todas as áreas identificadas foram transferidas dos templates para o mapa base.

A avaliação da cobertura vegetal fundamentou-se na análise visual, realizando-se a observação estereoscópica das fotografias aéreas para a identificação e delimitação dos padrões fotográficos de cada comunidade de planta, conforme Politano (1994). A elaboração da carta base foi realizada com a junção dos templates, transferindo-se as áreas úteis de cada fotografia aérea para uma única folha de filme poliéster. As medidas das áreas foram realizadas com o uso de um planímetro marca A-OTT, sendo adotada como unidade de medida o hectare.

Para agilizar o processo de avaliação do uso/ocupação do solo, as cartas elaboradas e os dados obtidos das fotografias aéreas e de levantamento em campo (visitas periódicas à área de estudo) foram automatizados em um sistema de informação geográfica-SIG-GeoMedia, criando-se uma base vetorial e *raster* necessária para a caracterização do terreno e um banco de dados com as informações, tanto da das áreas da cobertura vegetal, como dos estados de erosão acelerada. Primeiramente a carta foi digitalizada e em seguida, foi importada para o SIG-GeoMedia, área de trabalho *NEWGEOWORLDSpace*.

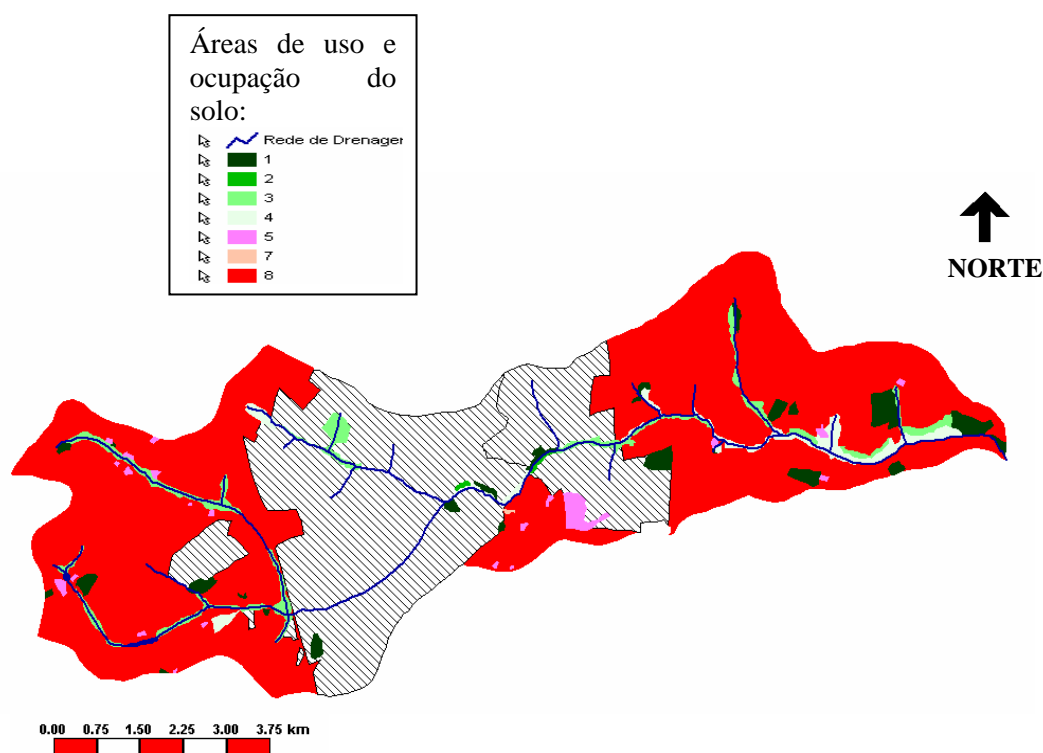
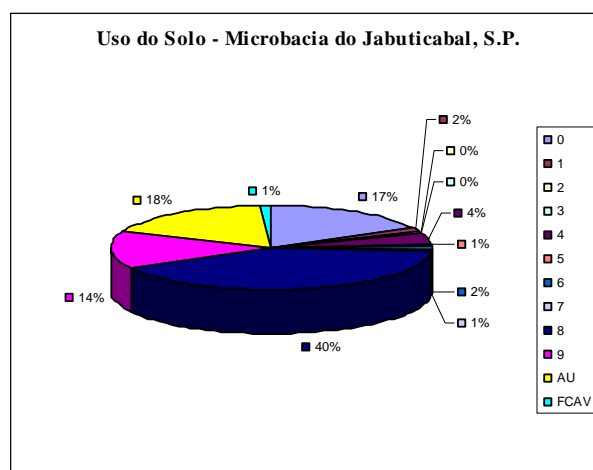
## 5. Resultados e Discussão

Como resultado das análises estereoscópicas nas fotografias aéreas e nos documentos cartográficos gerados foram identificados a rede hidrográfica, comunidades vegetais naturais e agrícolas (**Tabela 1 e Figura 1**) e estados de erosão (**Tabela 2 e Figura 2**).

O conjunto global de dados apresentados revelou que a cana-de-açúcar é a principal forma de uso do solo na microbacia do córrego Jaboticabal, com 3.541,48 ha (40% da área), confirmando os trabalhos levantados em campo. A área urbana, compreendendo toda a região urbanizada (cidade de Jaboticabal) e a UNESP/FCAV apresenta-se em segundo lugar com 19% da extensão total. A área com solo nu perfazendo 17% é, também, representativa para a época do ano da tomada fotográfica, por coincidir com a época de preparo do solo na região. Observa-se, em seguida, as áreas de culturas de ciclo curto (identificadas principalmente como amendoim nas áreas de reformas de canaviais); campo limpo (pastagem); mata; pomares de citros; reflorestamentos; outras culturas permanentes; campo-sujo (pastagem) e capoeira (**Tabela 1 e Figura 1**).

**Tabela 1.** Extensões totais das áreas de uso/ocupação do solo pelas comunidades vegetais da microbacia do Jaboticabal, S.P. do Levantamento Aerofotogramétrico-BASE-, ano 2000.

| Comunidades Vegetais            | (ha)            |
|---------------------------------|-----------------|
| Solo nu - 0                     | 1497,56         |
| Mata - 1                        | 166,60          |
| Capoeira - 2                    | 22,05           |
| Campo sujo - 3                  | 25,11           |
| Campo –pastagem limpa - 4       | 361,38          |
| reflorestamento - 5             | 75,34           |
| citros - 6                      | 140,26          |
| outras culturas permanentes - 7 | 47,16           |
| cana-de-açúcar - 8              | 3541,48         |
| culturas de ciclo curto - 9     | 1237,25         |
| AU                              | 1561,26         |
| FCAV                            | 96,16           |
| <b>TOTAL</b>                    | <b>8771,612</b> |



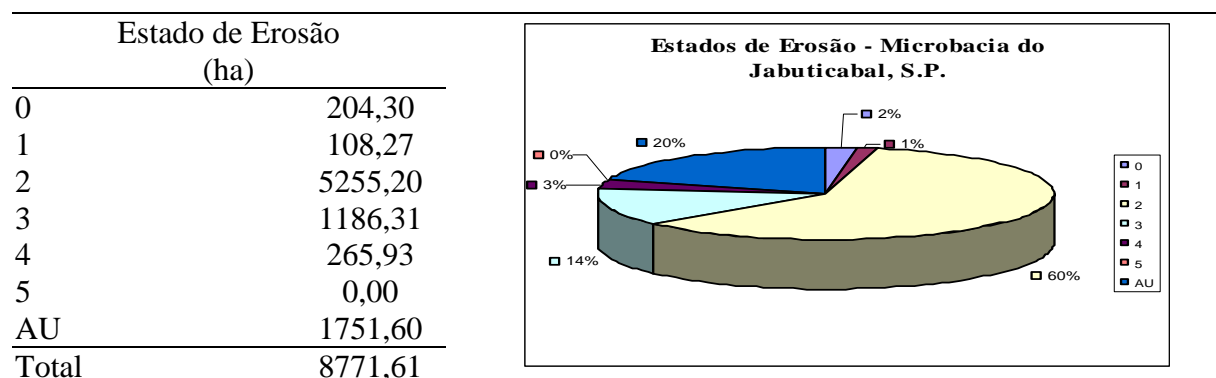
**Figura 1.** Extensões totais das áreas de uso/ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Córrego do Jaboticabal, Município de Jaboticabal, S.P.-SIG-GeoMedia.

A mata ciliar é a vegetação que protege as margens da rede de drenagem, composta por córregos e lagos. Infelizmente, o desmatamento destas matas foi observado principalmente nas nascentes dos córregos, o que está provocando muitas transformações na bacia. Sem as margens de proteção dos mananciais, a terra esquentada, a água evapora e as nascentes vão perdendo seu nível de água, diminuindo consideravelmente a vazão. O desmatamento retira os nutrientes, desprotege o solo diminuindo a sua fertilidade e proporciona erosões, comprometendo a qualidade das águas. Sem a cobertura vegetal, as partículas do solo são transportadas pelas encostas e são depositadas nos córregos, rios e lagos, causando assoreamento. Este fato foi constatado quando realizamos as coletas de campo e observamos que parte do horizonte agrícola (10 a 20cm da superfície do solo) está sendo carregado para os córregos com as práticas agrícolas inadequadas, principalmente na área das nascentes no município de Monte Alto, onde o relevo é mais acidentado, facilitando o processo erosivo.

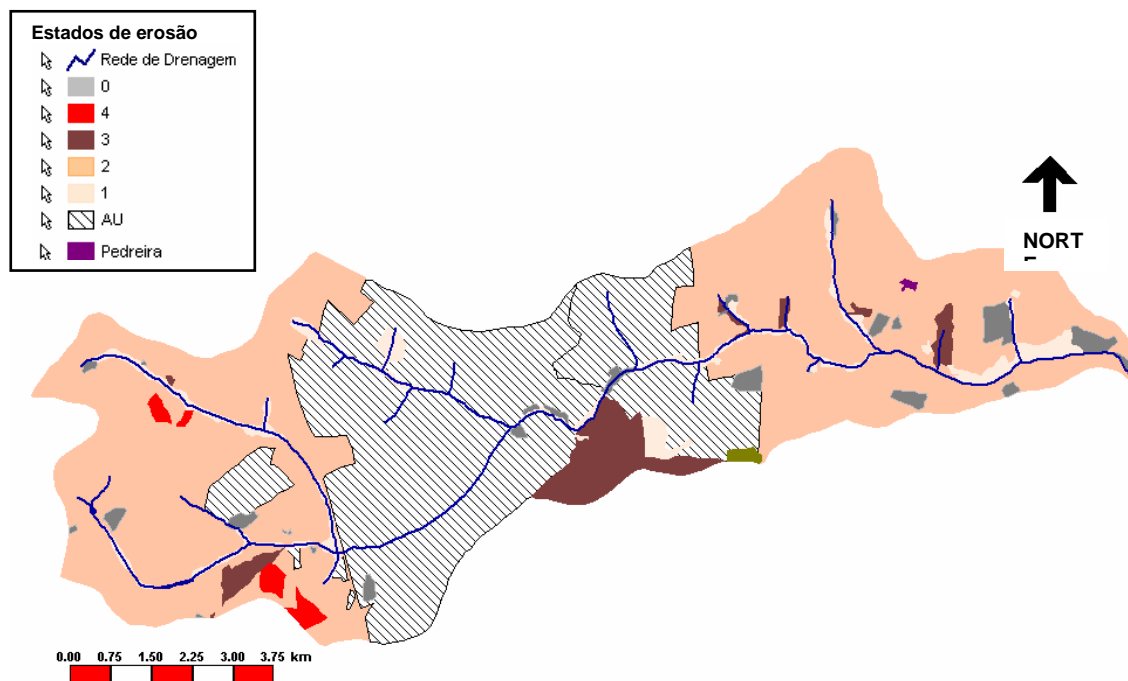
As áreas de matas ciliares e os fragmentos florestais estão muito pequenos e fragmentados, ou seja, reduzida em pequenas áreas desprotegidas, com efeito de borda muito acentuado rodeada principalmente com cipó de São João e arranha gato, com forte invasão destas espécies vegetais no interior do fragmento.

Outro aspecto observado na superfície da bacia foi o processo erosivo acelerado (**Tabela 2 e Figura 2**), devido ao uso inadequado do solo sem práticas conservacionistas e baixa cobertura vegetal do solo. Estes fatos podem acarretar uma desestruturação do solo superficial causando um desequilíbrio nutricional, pulverização excessiva e compactação devido à má condução das máquinas agrícolas, conseqüentemente uma diminuição das atividades biológicas e dos níveis de matéria orgânica. O carregamento do solo causado pelo processo erosivo pode assorear os rios e poluir a rede de drenagem.

**Tabela 2.** Distribuição da extensão da abrangência dos estados de erosão da microbacia do Jabuticabal, S.P.



**Figura 2.** Áreas dos estados de erosão do solo na Bacia Hidrográfica do Córrego do Jaboticabal, Município de Jaboticabal, S.P.



Quanto aos estados de erosão, observa-se que na área prevalecem condições ligadas ao estado de erosão (2), erosão intensa 1 - sulcos raros ou ocasionais, em mais de 60% da extensão global. Esse dado confirma influências positivas do controle da erosão que estão ligadas com a natureza dos Latossolos (relevo suave, solos muito profundos e altas porosidade e permeabilidade dos perfis) e com os altos níveis tecnológicos da agricultura e pecuária. Na área dos canaviais foi observada a presença predominante de terraços em nível para contenção do escoamento superficial da água das chuvas. A prática conservacionista de cobertura do solo com os restos de cultura (colheita crua mecanizada desta cultura) também foi identificada em algumas áreas. Apesar do predomínio dessas boas condições de preservação do solo, os dados obtidos mostraram, no entanto a existência de apreciáveis extensões em que ocorre escoamento superficial da água das chuvas concentrado em enxurradas, causando os estados de erosão (3), erosão intensa 2 - sulcos comuns (1186,31 ha), e (4), erosão muito intensa – sulcos freqüentes/muito freqüentes (265,93 ha). Observa-se, com as atividades em campo, que a ocorrência desses estados de erosão intensa/muito intensa foi provocada, principalmente, pelo desvio das enxurradas das estradas para o interior das áreas agrícolas.

Recomendam-se práticas conservacionistas nas microbacias hidrográficas como: controle do escoamento superficial da água das chuvas nas bacias com medidas de controle da erosão urbana e rural, curva de nível; curvas em desnível para regiões de baixa infiltração com canal escoadouro; canal escoadouro dentro da propriedade para minimizar o impacto do escoamento superficial da água das chuvas nas estradas rurais; e terraceamento. Quanto às medidas de manejo específicas para o controle da erosão recomendam-se a implantação de plantio direto; cultura em faixas; rotação de culturas; consorciação de culturas; e faixas de vegetação nativa no meio do canal.

Se as medidas de manejo adequado forem adotadas, a recuperação das áreas degradadas acarretará na melhoria da qualidade da água e no combate e controle da poluição difusa. Neste sentido, o projeto visa atender produtores rurais e orientar a adoção de uma tecnologia de implantação de APP (área de proteção permanente) ao longo do Córrego a curto, médio e longo prazos, bem como adotar a educação ambiental nas escolas, explicando a importância de um manejo integrado em microbacias hidrográficas. O trabalho de educação ambiental já está sendo realizado.

## 6. Conclusão

A metodologia utilizada neste estudo, utilizando técnicas de fotointerpretação foi apropriada para as avaliações do uso/ocupação do solo e estados de erosão acelerada no âmbito da microbacia estudada. A cultura de cana-de-açúcar é a principal forma de uso do solo na microbacia do córrego Jaboticabal, com 3.541,48 ha (40% da área). A área urbana, compreendendo toda a região urbanizada (cidade de Jaboticabal) e a UNESP/FCAV apresenta-se em segundo lugar com 19% da extensão total. A área com solo nu apresenta-se em 17% e coincidiu com preparo do solo na região. Foram identificadas áreas de culturas de ciclo curto, como a cultura de amendoim, seguido de pastagem, fragmentos florestais, pomares de citros; reflorestamentos; outras culturas permanentes; campo-sujo (pastagem) e capoeira. O estado de erosão (2) erosão intensa 1 - sulcos raros ou ocasionais foi predominante, apresentando-se em mais de 60% da extensão global. O SIG-GeoMedia foi uma excelente ferramenta para análise dos mapas elaborados e visualização dos resultados para a tomada de decisão.

Ressalta-se que como complementação deste estudo está sendo realizada uma avaliação do Município empregando-se fotografias aéreas (ano de 2000), tendo-se como propósito identificar a variação temporal do uso/ocupação do solo e erosão acelerada. Este estudo faz parte de um Projeto Global de Manejo em Bacias Hidrográficas, do qual os autores estão vinculados, desenvolvido no Departamento de Engenharia, e tem como Coordenador Geral o Prof. Dr. João A. Galbiatti.

## 7. Referências

- BAHÍA, V. G. Fundamentos da erosão acelerada do solo (tipos, formas, mecanismos, fatores atuantes e controle). **Informativo Agropecuário**: Belo Horizonte, v.16, n.176, p 25-31, 1992.
- OLIVEIRA, J. B. de, CAMARGO, M.N., ROSSI, M., CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: legenda expandida. Campinas: Instituto Agrônomo; Rio de Janeiro: EMBAPA - Solos, 1999, 64p. Mapa ... Esc. 1:100.000. Color.
- POLITANO, W. **Manual do emprego de imagens aéreas na avaliação do terreno**. Jaboticabal: FUNEP/FCAV-UNESP, 1994. 33p.
- POLITANO, W. et al. Ocupação do solo e estados da erosão acelerada no município de Mococa, SP. **Revista de Geografia**, São Paulo, v.11, p.47-61, 1992.
- RUHE, R. V. **Geomorphology** (geomorphic processes and superficial geology). Boston: Houghton Mifflin, 1975. 246p.