

# Caracterização fisiográfica e de uso das terras da região de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro, SP, com o uso de sensoriamento remoto e SIG\*

Cláudia Nagako Shida\*\*

Recibido:27 de julio de 2002

Vânia Regina Pivello\*\*\*

Aprobado en versión final: 17 de septiembre de 2002

**Resumo.** Neste trabalho, caracterizamos uma região de aproximadamente 82 655 ha, nos municípios de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro, SP, quanto aos aspectos físicos, vegetacionais e de uso humano, e delimitamos na paisagem unidades homogêneas que pudessem ser utilizadas no planejamento regional; verificamos a existência de associação entre o uso das terras e a fisiografia regional. Por meio de SIG identificamos unidades homogêneas de paisagem, conforme suas características de relevo, solo, uso das terras e vegetação nativa. O teste de  $X^2$  mostrou associações significativas entre os usos das terras e a fisiografia, sendo mais importante o tipo de solo. Seis unidades homogêneas de paisagem foram identificadas e, na maioria delas, os usos das terras estão adequados às características fisiográficas. Atividades agropecuárias e agrofloreais também estão presentes em áreas de uso considerado restrito, onde se recomenda a substituição dos atuais usos.

**Palavras chave:** Brasil, uso das terras, base de dados, SIG.

**Resumen.** En este trabajo se caracteriza una región de aproximadamente 82 655 ha, en los municipios de Luiz Antônio y Santa Rita do Passa Quatro, SP, de acuerdo con su fisiografía, vegetación y usos del suelo, y se identifican unidades homogéneas del paisaje, que podrían ser empleadas en planeación regional; se verificó la existencia de relaciones entre la fisiografía regional y los usos actuales del suelo. Por medio de SIG se identificaron unidades homogéneas de paisaje, de acuerdo con sus características de relieve y suelo, uso del suelo y vegetación nativa. La prueba  $X^2$  reveló significativas asociaciones entre los usos del suelo y la fisiografía, siendo más importante el tipo de suelo. Se identificaron seis unidades de paisaje homogéneas, en la mayor parte de las cuales los usos del suelo eran adecuados a los rasgos fisiográficos. Las actividades agrícolas y silvícolas también se encuentran presentes en áreas de uso restringido, donde se recomienda remplazar los usos actuales por otros más adecuados.

**Palabras clave:** Brasil, uso de tierras, base de datos, sistemas de información geográfica (SIG).

## Physiographic characterization and land use in Luiz Antônio and Santa Rita do Passa Quatro, SP, throughout the use of remote sensing and GIS

**Abstract.** This study characterizes a region of about 82.655 ha, in Luiz Antônio and Santa Rita do Passa Quatro municipalities, SP, according to its physiography, vegetation and land uses, and identifies homogeneous landscape units which could be used for regional planning; the existence of relationships between the regional physiography and present land uses were verified. Using GIS techniques, homogeneous landscape units were identified according to physiography, land uses and native vegetation. The Chi-square test revealed significant associations between land uses and physiography, soil type being the most important one. Six homogeneous landscape units were identified, and in most of them, land uses were adequate according to the physiographic features. Agricultural and silvicultural activities are also present in areas of restricted use, where today's land uses should be replaced by more suitable ones.

**Key words:** Brazil, "cerrado", land use, database, geographical information system (GIS).

### INTRODUÇÃO

A flora e fauna nativas vêm sofrendo grandes ameaças, em virtude dos atuais proce-

ssos de uso e ocupação das terras. A intensa conversão de áreas naturais em áreas de uso antrópico tem aumentado a fragmentação dos ambientes naturais e modificado a

\* Auxílio financeiro FAPESP (processo n° 95/0350-1).

\*\*Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo. E-mail: cnsnida@yahoo.com; bolsa de estudos CNPq.

\*\*\*Departamento de Ecologia - Instituto de Biociências - Universidade de São Paulo, Rua do Matão, Travessa 14, n° 321 - Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira, São Paulo, S.P. CEP 05508-900 E-mail:vrpivel@ib.usp.br

estrutura da paisagem e, conseqüentemente, alterado a composição e a diversidade das comunidades naturais (Meffe y Carroll, 1994; Filor, 1994; Demmers *et al.*, 1995; Opdam *et al.*, 1995; Wiens, 1995; Metzger, 1999).

Acredita-se que 80% das mudanças na diversidade da paisagem são explicadas pelo padrão de distribuição espacial dos seus elementos e pelo uso das terras (Palang *et al.*, 1998). Por essa razão, a quantificação da estrutura da paisagem é fundamental para estudos de função e mudança na paisagem. Esses padrões espaciais são determinados pela combinação da heterogeneidade do substrato como: tipos de solos e variações no relevo, tipos e densidades de manchas de vegetação, seja ela nativa ou implantada pelo homem -que podem determinar diferentes tipos de paisagens, ou unidades diferenciadas de uma mesma paisagem.

A quantificação dos padrões da paisagem tem sido facilitada pelo uso do sensoriamento remoto, que permite o desenvolvimento de uma base de dados espaciais em uma ampla gama de características da paisagem (aspectos da geomorfologia, pedologia e uso das terras) e suas interações (Black *et al.*, 1998; Palang *et al.*, 1998).

Uma visão holística dos processos de uso e ocupação das terras, possibilitada pelo uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), deve ser explorada para o planejamento ambiental em escala regional (Noss, 1983; Franklin, 1993; Hobbs *et al.*, 1993; Lapin y Barnes, 1995; Knight, 1998; Tchackway y Olsson, 1999), uma vez que a análise espacial decorrente das interações entre os elementos da paisagem permite que uma paisagem seja dividida em unidades de paisagem, que refletem as diferentes possibilidades de uso das terras ou graus de fragilidade ou vulnerabilidade das atividades

humanas (Agar *et al.*, 1995). Sendo assim, o passo principal para o manejo de recursos é o delineamento de unidades na paisagem em questão (Carter *et al.*, 1999).

O objetivo principal deste trabalho é caracterizar a região dos municípios de Luiz Antônio e de Santa Rita do Passa Quatro (SP) quanto aos seus aspectos físicos, vegetacionais e de uso humano, delimitando-se unidades de paisagem, que possam ser utilizadas no planejamento regional. Mais especificamente, procurou-se caracterizar a região em seus aspectos de declividade, tipos de solos, geomorfologia e de uso e ocupação das terras, com a produção de mapas temáticos apropriados, e verificar a existência de relações entre o uso das terras e os aspectos fisiográficos.

## ÁREA DE ESTUDO

A área definida para este estudo abrange parte de seis micro-bacias do rio Mogi-Guaçu, que incluem as seguintes drenagens: córrego Boa Sorte, córrego do Jatai e córrego do Cafundó, localizadas no município de Luiz Antônio; ribeirão Vassununga, que divide os municípios de Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro, tendo ainda alguns afluentes no município de São Simão; córrego Paulicéia, no município de Santa Rita do Passa Quatro; rio Bebedouro e suas nascentes, que cortam os municípios de Santa Rita do Passa Quatro, Santa Rosa do Viterbo, São Simão e Tambaú (Figura 1). A área assim delimitada ocupa, aproximadamente, 82 655 ha e se localiza entre as coordenadas 21° 30' - 21° 45' S e 47° 20' - 47° 55' W, no estado de São Paulo.

O clima da região é tropical do tipo II, de acordo com a classificação de Walter e Lieth (Walter, 1986), com o período seco entre os meses de junho e agosto. A temperatura média anual é inferior a 22°C, com pluviosidade anual acima de 1 300 mm; durante o verão, a temperatura média mensal é superior a 22°C (Martins, 1979).



protege principalmente os seguintes tipos de formação vegetal: cerrado (cerradão e cerrado *sensu stricto*), vegetação ripária e floresta estacional semi-decídua. À Estação Ecológica de Jataí, está associada a Estação Experimental de Luiz Antônio, criada em 1959 pelo Decreto nº 35.982 (IPT, 1992) e que é constituída por cerca de 6 267 ha, dos quais 3 565 ha com cerrado *sensu lato* e o restante com atividades agroflorestais de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. (São Paulo, 1997). O Parque Estadual de Vassununga foi criado em 1970, pelo Decreto-Lei nº 52.546 e é constituído por uma gleba de cerrado, a Gleba Cerrado Pé-de-Gigante (1 225 ha) (Mesquita Jr., 1998), e cinco de floresta estacional semi-decídua: Glebas Capão da Várzea (cerca de 14 ha), Capetinga Leste (cerca de 191 ha), Capetinga Oeste (cerca de 340 ha), Praxedes (cerca de 157 ha) e Maravilha (cerca de 130 ha; São Paulo, 2001), totalizando cerca de 2 057 ha.

## MÉTODO

Para a caracterização da região em seus aspectos físicos, biológicos e de uso humano, foi construída uma base cartográfica digital, constando dos seguintes mapas temáticos: declividade, geomorfologia, pedologia e uso das terras. As informações foram obtidas de fontes cartográficas diversas, especificadas a seguir, digitalizadas e editadas por meio do programa TOSCA, versão 2.0 (Clark University, 1993), e suas imagens geradas no programa IDRISI, versão 2.0 (Clark University, 1997).

### Declividade

Informações relativas à topografia, à hidrografia e à rede viária foram extraídas dos mapas topográficos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), folhas de Santa Rita do Passa Quatro (IBGE, 1971a), Luiz Antônio (IBGE, 1971b) e Porto Pulador (IBGE, 1971 c), todos em escala de 1:50 000.

Os dados topográficos foram transformados em Modelo Numérico de Terreno, utilizando o programa IDRISI, versão 2.0 (Clark University, 1997), a partir do qual foi obtido o mapa de declividade, ou seja, a inclinação média do perfil da encosta, em porcentagem (IPT, 1981a). As categorias adotadas nesse estudo foram: declividade baixa, entre 0 e 10%; média, entre 10 e 20%; e alta, superior a 20%.

### Geomorfologia

As classes geomorfológicas da região foram definidas pelo geomorfólogo Dr. Antônio Gonçalves Pires Neto, com a utilização de fotografias aéreas de 1966 (escala 1:60.000) e mapas topográficos do IBGE (escala 1:50 000), seguida de aferição em campo. Os tipos de relevo, identificados conforme a classificação do IPT (1981a) e IG (1993), foram: colina ampla; colina média; colina pequena; morrotes; escarpa; leques e terraços aluviais; planícies aluviais e leito maior do rio.

### Pedologia

O mapa pedológico foi obtido por meio da digitalização do mapa do Levantamento Pedológico Semi-Detalhado do Estado de São Paulo, Quadricula de Descalvado (escala 1:100 000; IAC, 1982). No entanto, parte da área de estudo, referente à microbacia do rio Bebedouro, não possuía levantamentos pedológicos em escala adequada. Para a complementação do mapa pedológico utilizaram-se os mapas de Formações Geológicas de Superfície de Santa Rita do Passa Quatro (1:50 000; IG, 1981) e Luiz Antônio (1:50 000; IG, 1986). As classes pedológicas previamente estabelecidas, de acordo com os objetivos da área foram: Solo Hidromórfico, Latossolo Roxo/ Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo/ Areia Quartzosa, Litossolo.

## Uso e ocupação das terras

O mapa de uso e ocupação das terras em 1995 (escala 1:50 000) foi produzido com base em um mapa prévio de uso e ocupação das terras da mesma área, feito com base em fotografias aéreas datadas de 1988 (Shida, 2000). Para a atualização do mapa prévio, usou-se a imagem digital do satélite LANDSAT-TM, bandas 3, 4 e 5 do dia 22/08/1995 e aferição em campo, além de comparação com o levantamento feito pelo Instituto Florestal (IF, 1993).

Para a leitura da imagem digital do satélite, usou-se o programa SITIM, e o seu georeferenciamento em sistema de referência vetorial foi elaborado por meio do programa IDRISI, versão 2.0 (Clark University, 1997). Foi produzida uma imagem com a composição das bandas TM-3, TM-4 e TM-5 e uma imagem do índice de vegetação da diferença normalizada ( $IVDN=(TM4-TM3)/(TM4+TM3)$ ).

Seis classes de uso e ocupação das terras foram determinadas:

a) atividades agropecuárias: abrangendo a agricultura permanente, temporária e áreas com padrões de atividades agrícolas, que incluem pasto antrópico e áreas desmatadas;

b) **atividades** agroflorestais: inclui monoculturas de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. Esta classe foi distinta da anterior devido às características diferenciadas com relação às conseqüências para o meio biótico e abiótico, intermediárias entre a vegetação natural e a agricultura (Lima, 1993);

c) vegetação florestal de interflúvio: constitui-se de vegetação arbórea com dossel, abrangendo floresta estacional semidecídua, cerradão e capoeira. O critério de inclusão utilizado foi a presença dessas fisionomias em solos vermelhos, com drenagem livre

(Furley, 1996), utilizando-se para esta verificação o mapa pedológico (IAC, 1982) (escala 1:100 000) e confirmação em campo; d) campo sujo/ pasto natural: vegetação natural, com estrato herbáceo contínuo, árvores esparsas e porções de solo exposto, onde não foram observadas claramente atividades antrópicas;

e) cerrado: inclui as fisionomias de cerrado *sensu stricto* e campo cerrado. Nesta classe, o estrato lenhoso é desenvolvido, porém, ainda com estrato herbáceo contínuo;

f) vegetação riparia: vegetação natural que acompanha os rios e córregos, degradada ou não. Engloba tanto florestas perenifólias quanto vegetação brejosa. Foi considerada vegetação ripária aquela que se apresentava em solos hidromórficos e planícies ou terraços aluviais (IAC, 1982; Furley, 1996).

Para toda a base cartográfica digital, admitiu-se um erro de 0,5% sobre as escalas aproximadas da imagem de satélite ou mapas utilizados. Em cada tema abordado, foram calculadas, por meio do programa IDRISI, versão 2.0 (Clark University, 1997), as proporções das diferentes classes em relação à área total de estudo.

## Relação entre o uso e ocupação das terras e a fisiografia

Os cruzamentos entre o mapa de uso e ocupação das terras com os mapas de declividade, geomorfologia e pedologia foram feitos por meio do programa IDRISI (Clark University, 1997). Foram obtidas as matrizes de contingência, com as quais foram calculados os graus de liberdade (Zar, 1999) e aplicado o teste de  $X^2$  (*Ibid.*) para verificar a existência de relações entre os usos das terras e a fisiografia. A fim de identificar a força das associações obtidas entre usos das terras e os fatores fisiográficos, aplicou-se o índice de Cramer (*Ibid.*). Também foram obtidas as proporções

das relações entre as categorias de declividade, feições geomorfológicas e tipos de solos nos diversos tipos de uso das terras, o que auxiliou no posterior delineamento das unidades de paisagem (item abaixo).

### Unidades de Paisagem

Para a identificação de unidades homogêneas quanto ao uso e a fisiografia -as unidades de paisagem- foram utilizados os cruzamentos dos mapas geomorfológico e pedológico com o mapa de uso das terras em 1995, já que, ao cruzar o mapa geomorfológico com o mapa de declividade, verificou-se que este último refletia o mapa geomorfológico.

Ao estabelecer as unidades da paisagem na área de estudo, foi calculada a porcentagem da área correspondente a cada unidade de

paisagem. Também foi verificada a predominância, em cada uma delas, dos elementos geomorfológicos, pedológicos e do uso das terras, com os recursos do SIG.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Declividade

A região possui um relevo suavemente ondulado e altitudes entre 520 e 1.000 m acima do nível do mar (Figura 2), com declividades que variam de 0 a 115%. A maior parte da área de estudo (78.6%) possui declividade baixa (0-10%); 16,9% da área apresenta declividade média (10-20%); e 4.5%, declividade alta (superior a 20%; Tabela 1: Total). A porção oeste da área de estudo é mais plana que a porção leste; esta, com maiores declividades, corresponde à microbacia do rio Bebedouro.

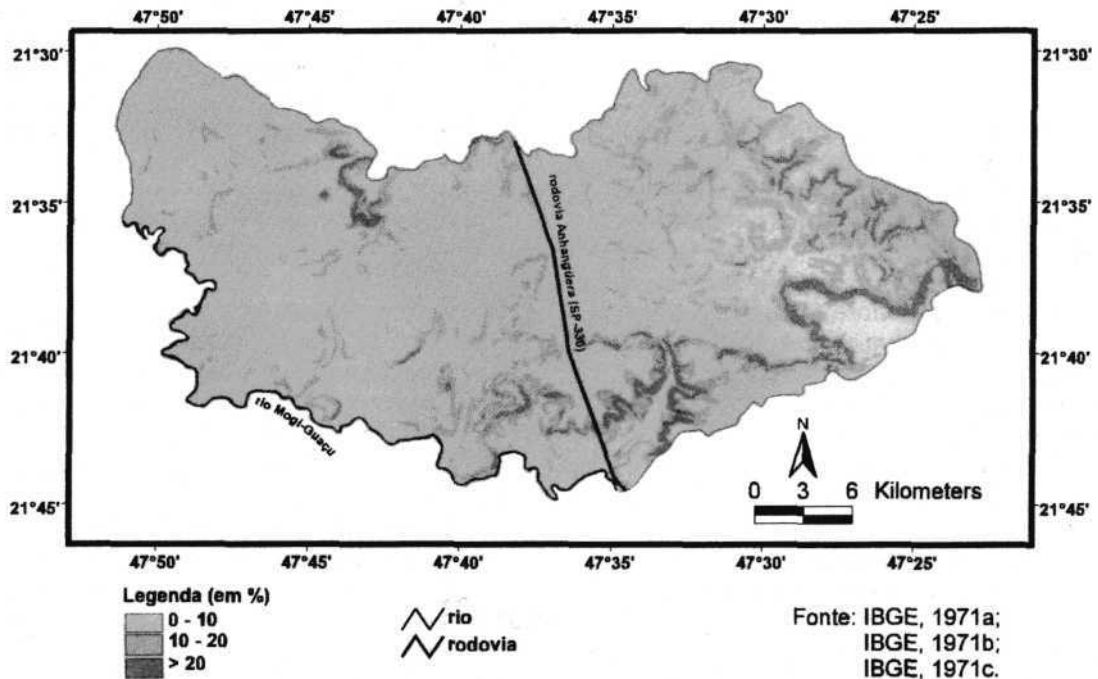


Figura 2. Classes de declividade na área de estudo.

Tabela 1 Matriz de contingência obtida a partir do cruzamento entre o uso e ocupação das terras e a declividade (porcentagem da área de estudo)

Classe de declividade	Atividades agropecuárias	Atividades agroflorestais	Vegetação florestal de interflúvio	Campo sujo	Cerrado	Vegetação ripária	Total
0-10%	36.38	25.73	3.19	0.17	10.59	2.53	78.6
10-20%	9.54	3.72	1.98	0.03	1.45	0.20	16.9
>20%	2.70	0.17	1.39	0.03	0.18	0.02	4.5
Total	48.62	29.63	6.57	0.22	12.21	2.75	100.0

### Geomorfologia

O relevo da área de estudo é composto principalmente por colinas amplas (44 3% da área) As escarpas, colinas pequenas e colinas médias encontram-se na microbacia do no Bebedouro, correspondendo às áreas de maior declividade (Figura 3) As proporções das áreas ocupadas em cada uma dessas classes geomorfológicas, com relação à área total de estudo, estão representadas na Tabela 2

### Pedologia

Os solos que predominam na área de estudo são arenosos, dos tipos Areia Quartzosa e Latossolo Vermelho-Amarelo Em áreas de declividades maiores, encontram-se os Litossolos Os Solos Hidromórficos encontram-se em áreas de planícies de inundação leques aluviais e terraços aluviais (Figura 4), como esperado As proporções de cada tipo de solo na área de estudo encontram-se relacionadas na Tabela 3.

### Vegetação e uso das terras

Inicialmente, foram identificadas 9 classes de uso das terras, que, posteriormente, foram agrupadas em seis classes As porcentagens de cada classe na área de estudo estão representadas na Tabela 1

As atividades agropecuárias ocuparam 48 62% da área total Já as atividades agro-

florestais (monoculturas de *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp ) ocorreram em 29 63% da área total (Tabela 1) Assim o uso humano ocupou 78 25% da área total, sendo os 21 75% restantes ocupados por campo sujo/ pasto natural, vegetação florestal de interflúvio, cerrado e vegetação ripária (Tabela 1)

Os remanescentes das vegetações naturais encontraram-se imersos em uma matriz de atividades agrícolas, principalmente formadas por cultura da cana-de-açúcar, e atividades agroflorestais, com silvicultura de *Eucalyptus* spp (Figura 5) Entre as vegetações naturais, o cerrado ocupou maior proporção em relação a área total de estudo (Tabela 1)

### Relação entre uso e ocupação das terras e a fisiografia

Ao analisar as matrizes de contingência (Tabelas 1, 2 e 3), observa-se que, dentre os diferentes usos das terras, as atividades agropecuárias prevaleceram em todas as classes de declividade, geomorfologia e pedologia, com exceção da classe pedológica "Areia Quartzosa/ Latossolo Vermelho-Amarelo", onde as atividades agroflorestais predominaram

Juntando-se as características fisiográficas analisadas, vê-se que a agropecuária -representada principalmente pelo cultivo de cana-de-açúcar, uma atividade extrema-

mente mecanizada- predominou em declividades baixas essencialmente sobre colinas amplas e médias especialmente com Latossolo Roxo/ Latossolo Vermelho-Escuro pois estes solos são mais férteis e com mais

baixa susceptibilidade à erosão (IG 1993) Em áreas com declividades médias e em relevo escarpado o uso se deu principalmente com pastagens (Tabela 1 e 2)

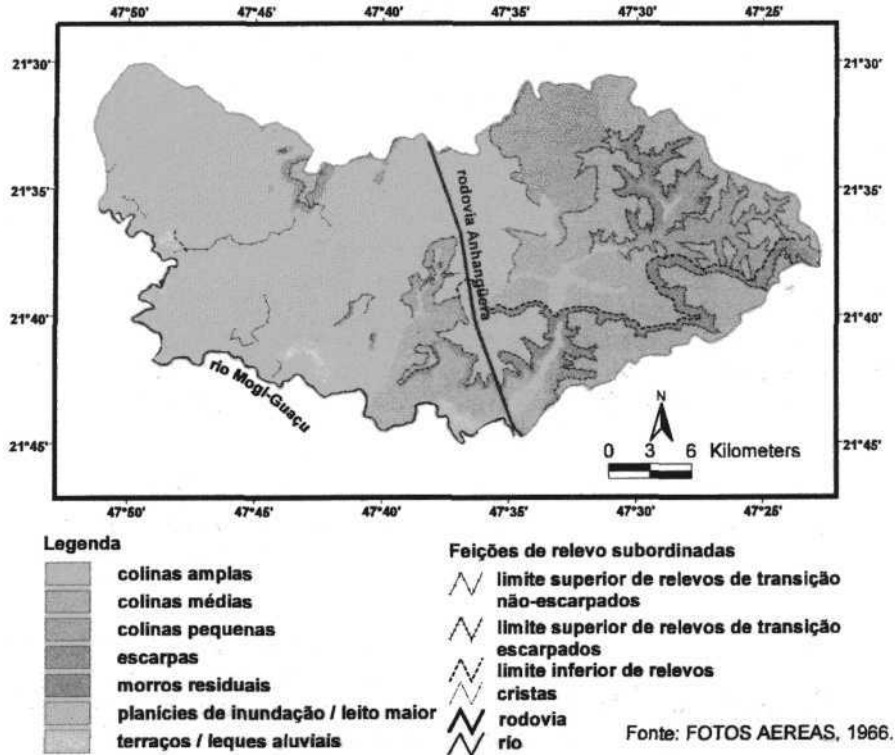


Figura 3 Feições geomorfológicas encontradas na área de estudo

Tabela 2 Matriz de contingência obtida a partir do cruzamento entre o uso e ocupação das terras e as feições geomorfológicas (porcentagem da área de estudo)

Classe geomorfológica	Atividades agropecuárias	Atividades agroflorestais	Vegetação florestal de interflúvio	Campo sujo	Cerrado	Vegetação ripária	Total
c ampla	17.69	15.16	1.87	0.15	8.96	0.49	44.3
c media	17.59	7.51	1.45	0.01	1.70	0.34	28.6
c pequena	3.21	6.21	1.37	0.02	0.96	0.21	12.0
c med /peq	0.51	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.5
Morrote	0.18	0.04	0.01	0.00	0.07	0.00	0.3
Escarpa	4.69	0.40	1.65	0.05	0.25	0.01	7.1
Terr/leq. aluvial	1.18	0.08	0.00	0.00	0.16	0.16	1.6
Pl. inun /leito major	3.57	0.22	0.20	0.00	0.11	1.53	5.6
Total	48.62	29.63	6.57	0.22	12.21	2.75	100.00



Tabela 3 Matriz de contingência obtida a partir do cruzamento entre o uso e ocupação das terras e os tipos de solos (porcentagem da área de estudo)

Classe pedológica	Atividades agropecuarias	Atividades agroflorestais	Vegetação florestal de interflúvio	Campo sujo	Cerrado	Vegetação riparia	Total
LR/LVE	25.03	4.18	2.68	0.08	5.54	0.72	38.23
AQ/LVA	18.66	25.16	3.17	0.09	6.52	0.80	54.40
Litossolo	1.54	0.12	0.62	0.04	0.08	0.04	2.44
Hidromórfico	3.40	0.18	0.10	0.01	0.07	1.19	4.93
Total	48.62	29.63	6.57	0.22	12.21	2.75	100.00

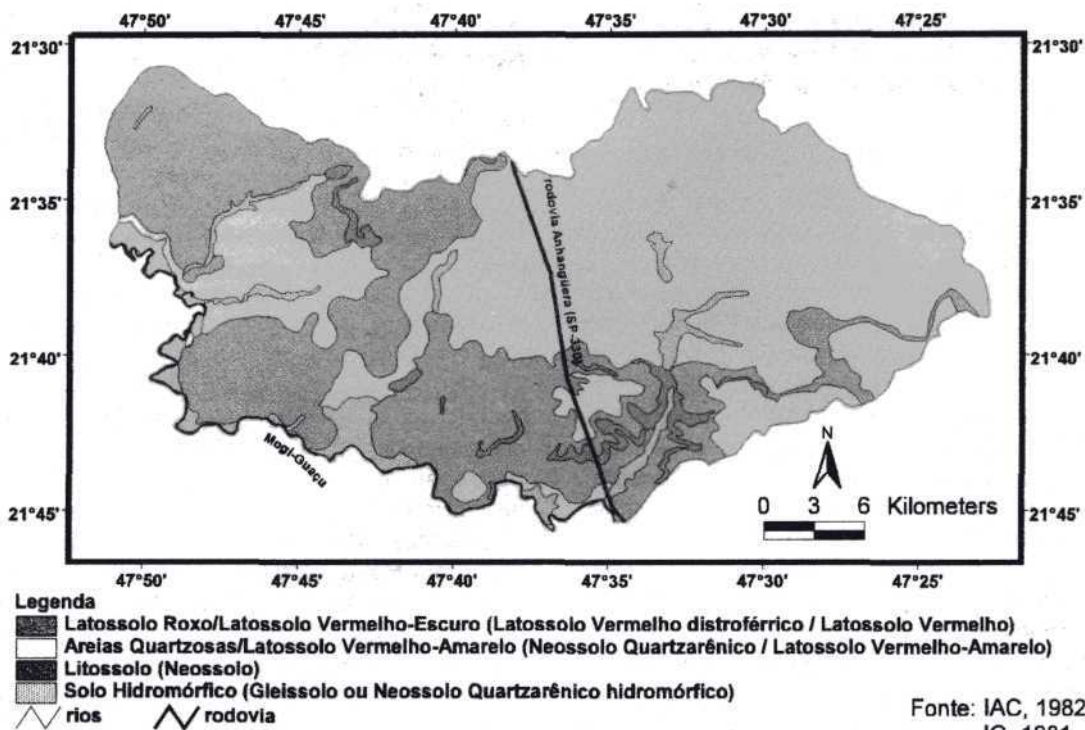
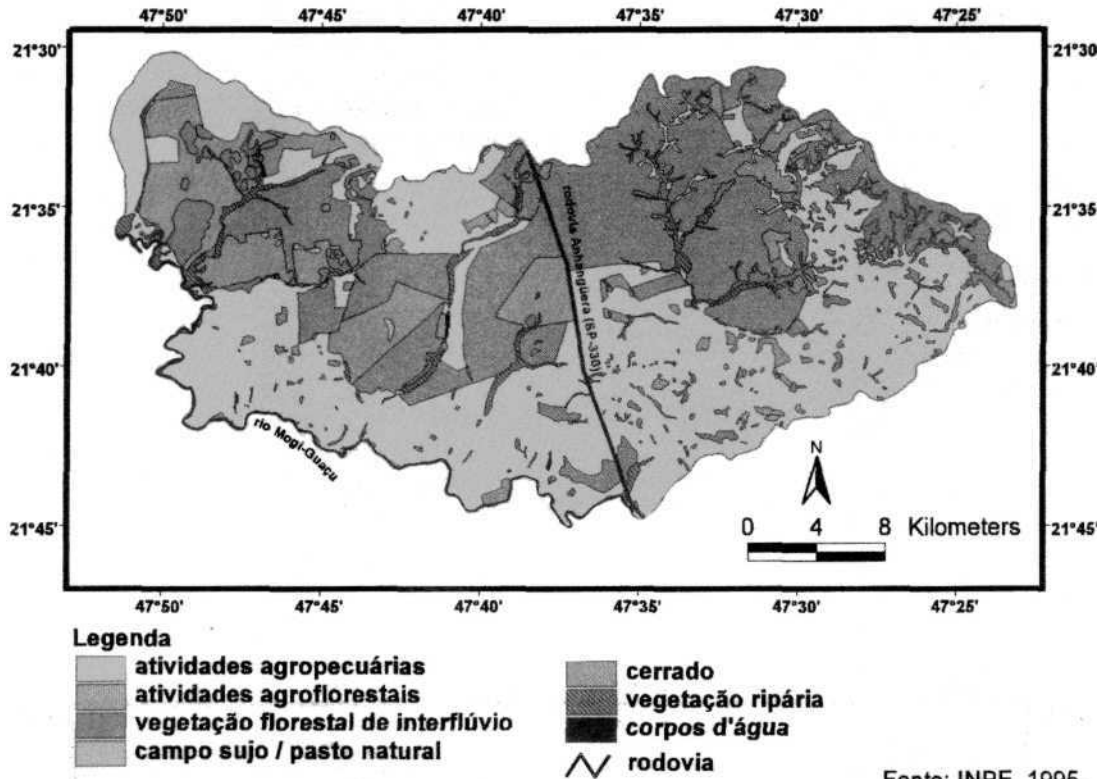


Figura 4 Tipos de solo presentes na área de estudo



Fonte: INPE, 1995.

Figura 5. Uso e ocupação das terras na área de estudo, em 1995

As atividades agroflorestais ocuparam áreas de declividades baixas (Tabela 1), principalmente em colinas amplas (Tabela 2), mas sobre solos inférteis, especialmente a classe Areia Quartzosa/ Latossolo Vermelho-Amarelo (Tabela 3). Isso porque a atividade silvicultural exige grandes extensões de terra e mecanização, que é facilitada em terrenos planos. Ainda, os solos de pior qualidade e não usados na agricultura são mais baratos, permitindo a compra de grandes áreas pelas empresas reflorestadoras.

A presença das atividades agroflorestais também se deu de forma significativa em áreas de colinas médias e pequenas, ao norte da microbada do rio Bebedouro. Este tipo de uso em declividades médias, onde são comuns problemas de erosão (IG, 1993), é aconselhado, a fim de se evitar a implanta-

ção de outros cultivos agrícolas mais danosos aos solos (Vieira y Vieira, 1983).

A vegetação florestal de interflúvio predominou nas declividades baixas a médias (Tabela 1), distribuída em escarpas, colinas amplas, médias e pequenas (Tabela 2). As formações florestais em escarpas foram decorrentes de regeneração, já que a ocupação das áreas escarpadas foi pequena. A maior parte dos remanescentes das vegetações florestais de interflúvio em Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Areia Quartzosa e Latossolo Vermelho-Amarelo estão preservados em unidades de conservação existentes na região (Tabela 3). As áreas originalmente ocupadas por esta classe de uso se destinaram, no final do século XIX e início do século XX, à plantação do café (Shida, 2000). Assim, a distri-

buição atual dessa classe de uso se dá principalmente em virtude de atividades humanas num passado próximo.

O cerrado, presente principalmente em baixas declividades (Tabela 1), encontra-se principalmente sobre colinas amplas (Tabela 2). Apenas alguns remanescentes estão presentes em morrotes e colinas pequenas. Quanto ao tipo de solo, ocorre principalmente sobre Latossolo Vermelho-Amarelo e Areia Quartzosa, sobre os quais sua presença é esperada (Silva y Campos, 1993; Tabela 3).

Os poucos remanescentes de campo sujo/pasto natural encontram-se em baixas declividades (Tabela 1), predominantemente sobre colinas amplas, mas também sobre escarpas (Tabela 2). Os fragmentos localizados nas escarpas estão sobre Litossolos e os outros, sobre Latossolo Vermelho-Amarelo e Areia Quartzosa, predominantemente (Tabela 3).

A vegetação ripária está presente nas feições geomorfológicas e tipos de solo esperados -respectivamente, planícies e terraços aluviais e Solos Hidromórficos- e nas baixas declividades (Tabelas 1, 2 e 3). A presença de vegetação ripária em classes pedológicas diferentes de "Solos Hidromórficos" se deve à escala do mapeamento, pois, muitas vezes, a faixa de Solo Hidromórfico era muito estreita. O mesmo ocorre com relação à presença dessa vegetação em feições geomorfológicas diferentes de planícies e terraços aluviais.

A maior parte dos solos hidromórficos da região encontram-se ocupados por atividades agropecuárias, seguido da vegetação ripária. A ocupação sobre terraços e planícies de inundação, leques aluviais e leitos maiores do rio corria solos hidromórficos não é recomendada, devido às suas propriedades, risco de contaminação e poluição hídrica, além de serem áreas sob proteção

legal (IG, 1993).

Os cruzamentos dos mapas temáticos (declividade, tipos de solos e relevo) mostraram-se significativos de acordo com o teste de  $X^2$  (Tabela 4), isto é, a independência entre os fatores é muito pouco provável. Assim, o uso e ocupação das terras na região dependeram da declividade, das formas de terreno e dos tipos de solo. A maior contribuição ao  $X^2$  quanto à declividade foi a classe de alta declividade (>20%), seguida da média declividade (10-20%) e baixa declividade (0-10%); a feição geomorfológica que mais contribuiu ao  $X^2$  foi planície de inundação/leito maior do rio; os tipos de solos que mais contribuíram ao  $X^2$  foram respectivamente o Solo Hidromórfico, Areia Quartzosa/Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Roxo/Latossolo Vermelho Escuro. Entretanto, o índice de Cramer mostra que as associações ou dependências entre uso e ocupação das terras e esses fatores fisiográficos, embora sejam significativas, são fracas, e seguem a ordem de importância: tipo de solo (0.3), forma de relevo (0.25) e, por fim, declividade (0.16).

### **Unidades de Paisagem**

Seis unidades de paisagem (UP) foram distintas na área de estudo (Figura 6): UP-I, UP-II, UP-III, UP-IV, UP-V e UP-VI, sendo a UP-I subdividida em duas. Na Tabela 5, as unidades de paisagem delimitadas encontram-se relacionadas com as feições geomorfológicas, tipos de solo e usos das terras predominantes, bem como com os respectivos elementos de referência.

A UP-I, ocupando 34.5% da área de estudo, foi distinta da UP-II, com 12.4% da área, em relação aos tipos de solo, principalmente; a primeira foi delimitada sobre Areia Quartzosa e a segunda, sobre Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 4 Valores do Qui-Quadrado ( $X^2$ ), graus de liberdade (GL), Qui-Quadrados críticos com  $\alpha=0.001$  ( $X^2_c$ ), e índices de Cramer ( $f$ ), obtidos a partir dos cruzamentos entre o mapa de uso e ocupação das terras e os mapas temáticos (declividade, geomorfologia e pedologia), para a área de estudo

Cruzamento de temas	$X^2$	GL	$X^2_c$ ( $\alpha=0.001$ )	
Declividade X Uso das terras	47 310.7	10	29.59	0.161
Feições geomorfológicas X Uso das terras	292 079.1	35	66.62	0.252
Tipos de solo X Uso das terras	251 769.6	15	37.70	0.302

Tabela 5 Unidades de paisagem identificadas na área de estudo, suas principais características geomorfológicas, pedológicas, de uso das terras e elementos de referência

UP	Feições geomorfológicas	Tipos de solo	Usos das terras	Elementos de referência
la	colinas médias e pequenas	Areia Quartzosa	predomínio de silvicultura	- atividades agroflorestais
lb	colinas médias, pequenas e escarpas	Areia Quartzosa	agricultura (cana) e pasto antrópico	- terreno mais movimentado - histórico de ocupação
II	colinas médias	Latossolo Roxo e Lat Vermelho-Escuro	agricultura (cana) e pasto antrópico (nas escarpas), P E Vassununga	- geomorfologia e tipo de solo
III	terraços e planícies de inundação	Solos Hidromórficos	agricultura (cana) e pasto antrópico, com alguma vegetação ripária	- geomorfologia e tipo de solo
IV	colinas amplas	Latossolo Roxo e Lat. Vermelho-Escuro	agricultura (cana) e pasto antrópico, com alguns remanescentes naturais	- predomínio de atividades agropecuárias
V	colinas amplas	Latossolo Roxo e Lat. Vermelho-Escuro	muitas áreas naturais e silvicultura, pouca agricultura e pasto antrópico	- atividades agropecuárias com remanescentes de cerrado
VI	colinas amplas	Areia Quartzosa e Lat. Vermelho-Amarelo	silvicultura, áreas naturais (cerrados)	- tipo de solo

A subdivisão da primeira em UP-la e UP-lb decorreu de usos diferenciados das terras - atividades agroflorestais e atividades agropecuárias, respectivamente, já que o solo predominante nessas duas subclasses eram as Areias Quartzosas. Assim, a UP-la abrangeu 15.5% da área de estudo e nela houve a predominância de Areia Quartzosa, colinas médias e pequenas, e atividades agroflorestais. Já a UP-lb ocupou 17.9% da

área de estudo, com predominância de Areia Quartzosa, colinas médias e pequenas, escarpas, e intenso uso antrópico -principalmente a cultura de cana-de-açúcar e pastagens. A UP-II foi composta principalmente por Latossolo Roxo/ Latossolo Vermelho-Escuro e colinas médias, ocupadas basicamente pelas atividades agropecuárias, principalmente a cultura de cana-de-açúcar (Tabelas 5 e 6).

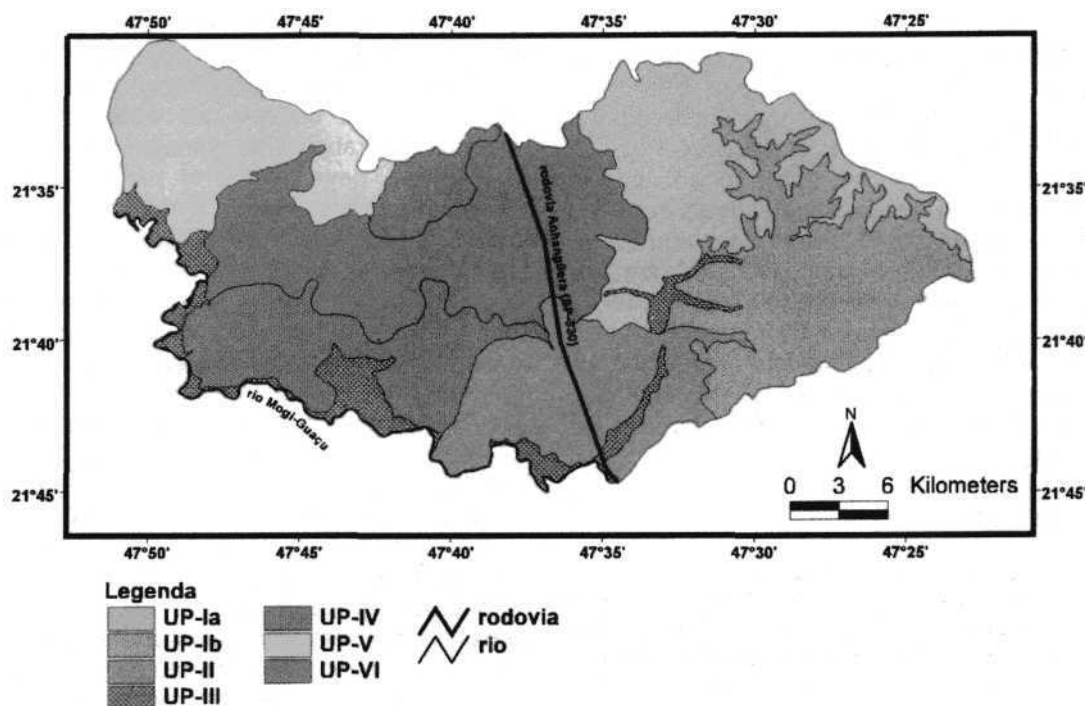


Figura. 6. Unidades da paisagem (UP) delimitadas na área de estudo.

Tabela 6 Porcentagens ocupadas pelas diferentes classes de uso das terras nas unidades de paisagem (UP) delimitadas na área de estudo

Uso e ocupação das terras	UP-Ia	UP-Ib	UP-II	UP-III	UP-IV	UP-V	UP-VI
Atividades agropecuárias	17.97	68.70	87.02	76.16	72.33	42.15	16.19
Atividades agroflorestais	68.52	11.98	0.02	2.17	16.98	11.83	55.87
Vegetação florestal de interflúvio	2.77	13.14	10.80	0.97	1.26	13.36	2.25
Campo sujo/pasto natural	0.13	0.00	0.00	0.00	0.07	0.57	0.54
Cerrado	7.93	5.32	0.58	4.63	6.80	29.29	22.97
Vegetação ripária	2.68	0.86	1.58	16.07	2.56	2.80	2.18
<i>Total</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>

A UP-III, com 4.8% da área de estudo, foi identificada pelas formas de relevo características -terraços, leque e planícies aluviais- e, conseqüentemente, tendo solos hidromórficos. Essa unidade foi ocupada principalmente pelas atividades agropecuárias (Tabela 6).

A UP-VI, com 21.8% da área de estudo, foi distinta das UP-IV e U-V por constituir-se de Areia Quartzosa e Latossolo Vermelho-Amarelo. As UP-IV e UP-V, encontradas no mesmo tipo de solo (Latossolo Roxo e Latossolo-Vermelho-Escuro), foram separadas pelo uso predominante das terras: na UP-IV, ocupando 13.9% da área de estudo, houve predomínio de atividades agropecuárias e, na UP-V, ocupando 12.7% da área de estudo, apesar de também haver o predomínio de atividades agropecuárias, existem ainda muitas manchas de vegetação natural -cerrado e vegetação florestal de interflúvio.

## CONCLUSÃO

A ocupação das terras na região estudada foi significativamente influenciada pela fisiografia, especialmente o tipo de solo, seguido das formas de relevo e declividade.

As atividades agropecuárias predominaram sobre todas as feições geomorfológicas, concentrando-se, porém, em relevos mais planos (colinas amplas e médias) e em solos mais férteis (Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro). Solos mais pobres, como Areias Quartzosas, são destinados principalmente à silvicultura, que exige grandes extensões plantadas, entretanto, esta atividade também procura relevos suavizados. Então, é válida para essa região a afirmação generalizada de que a ocupação agrícola dos cerrados é facilitada pela sua ocorrência em relevos planos (Mittermeier *et al.*, 1992).

Verifica-se também que, para as unidades de paisagem Ia, II, IV, V e VI, os usos que se

tem dado às terras estão adequados às suas características fisiográficas, conforme o sistema de classificação de capacidade de uso das terras para fins conservacionistas (Vieira y Vieira, 1983).

Entretanto, as atividades agropecuárias e agrofloreais também estão presentes em áreas com altas declividades e em terraços e planícies de inundação, sobre solos hidromórficos, mais especificamente, nas áreas da UP-Ib e UP-III, onde o uso é considerado restrito. Um trabalho de planejamento e monitoramento deveria ocorrer para a substituição dos atuais usos inadequados das terras nas escarpas, sobre Litossolos, e nas áreas de influência fluvial, sobre solos hidromórficos, ações estas que não ocorram antes ou durante o processo de ocupação das terras na região.

Das vegetações naturais remanescentes, o cerrado é a melhor representada (12.2% da área), ocorrendo ainda em fragmentos relativamente grandes (maiores que 1 000 ha), principalmente em unidades de conservação. As manchas de vegetações florestais de interflúvio representam 6.6% da área e se encontram também em unidades de conservação ou, quando não, nas maiores declividades. As vegetações ripárias e a classe "campo sujo/pasto natural" encontram-se reduzidas a pequenos remanescentes, perfazendo juntas menos de 3% da área.

A utilização de Sistema de Informação Geográfica para a caracterização regional permitiu análises e correlações mais detalhadas, como por exemplo, através das matrizes de contingência, possibilitando uma melhor compreensão das dependências entre uso e ocupação das terras e a fisiografia regional. Esse tipo de caracterização permite realizar planejamentos regionais e um monitoramento mais eficaz da utilização das terras.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPESP pelo auxílio financeiro concedido (Proc. n° 95/0350-1), ao CNPq, pela bolsa de estudos concedida à primeira autora, ao geólogo Dr. Antônio Gonçalves Pires Neto, pela interpretação geomorfológica da área de estudo e ao técnico Paulo César Fernandes, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

## REFERÊNCIAS

- Agar, P. M., C. L. Pablo y F. D. Pineda (1995), "Mapping the ecological structure of a territory: a case study in Madrid (Central Spain)", *Environmental Management* 19, pp. 345-357.
- Black, A. E., E. Strand, R. G. Wright, J. M. Scott, P. Morgan y C. Watson (1998), "Land use history at multiple scales: implications for conservation planning", *Landscape and Urban Planning* 43, pp. 49-63.
- Carter, R. E., M. D. MacKenzie y D. H. Gjerstad (1999), "Ecological land classification in the Southern Loam Hills of South Alabama", *Forest Ecology and Management* 114, pp. 395-404.
- Clark University (1993), *Tosca, version 2.0*, Clark University, Worcester.
- Clark University (1997), *Idrisi for Windows, version 2.010*, Clark University, Worcester.
- Demmers, M. N., J. W. Simpson, R. E. Boerner, A. Silva, L. Bems y F. Artigas (1995), "Fencerows, edges and implications of changing connectivity illustrated by two contiguous Ohio landscapes", *Conservation Biology* 9, pp. 1159-1168.
- Filor, S. W. (1994), "The nature of landscape design and design process", *Landscape and Urban Planning* 30, pp. 121-129.
- Franklin, J. F. (1993), "Preserving biodiversity: species, ecosystems or landscapes?", *Ecological Applications* 3, pp. 202-205.
- Furley, P. A. (1996), "The influence of slope on the nature and distribution of soils and land communities in the Central Brazilian cerrado", in Anderson, M. G. y S. M. Brooks (eds.), *Advances in hillslope processes*, John Wiley & Sons, New York, pp. 328-346.
- Hobbs, R. J., D. A. Saunders y G. W. Arnold (1993), "Integrated landscape ecology: a western Australian perspective", *Biological Conservation* 64, pp. 231-238.
- IAC-Instituto Agrônomo de Campinas (1982), *Levantamento Pedológico Semi-detalhado do Estado de São Paulo (escala 1:100.000), Quadricula de Descalvado*. EMBRAPA/ SAA/ CPA/ IAC, Rio de Janeiro, RJ.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1971a), *Carta do Brasil - Santa Rita do Passa Quatro (Escala 1: 50 000)*, Ministério do Planejamento e Coordenadoria Geral, Brasília.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1971b), *Carta do Brasil - Luiz Antônio (Escala 1: 50 000)*, Ministério do Planejamento e Coordenadoria Geral, Brasília.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1971c), *Carta do Brasil - Porto Pulador (Escala 1: 50 000)*, Ministério do Planejamento e Coordenadoria Geral, Brasília.
- IG-Instituto Geológico (1981), *Formações Geológicas de Superfície - Folha Geológica de Santa Rita do Passa Quatro*, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, São Paulo.
- IG-Instituto Geológico (1986), *Formações Geológicas de Superfície - Folha Geológica de Luiz Antônio*, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, São Paulo.
- IG-Instituto Geológico (1993), *Subsídio do meio-físico-geológico ao planejamento do município de Campinas (SP)*, Relatório de integração, vol. I. Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- IF-Instituto Florestal (1993), *Inventário Florestal do Estado de São Paulo*, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.
- IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981a), *Mapa geomorfológico do estado de São Paulo*, (Série Monografias, 5), vol. 1, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

- 📖 IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1981b), *Mapa geológico do estado de São Paulo*, (Série Monografias, 6), vol. 1, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.
- 📖 IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas (1992), "Unidades de conservação ambiental e áreas correlatas no Estado de São Paulo. 2ª edição", *Boletim* 63, Secretaria da Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico, São Paulo.
- 📖 Knight, R. L. (1998), "Ecosystem management and conservation biology", *Landscape and Urban Planning* 40, pp. 41-45.
- 📖 Lapin, M. y B. V. Barnes (1995), "Using the landscape ecosystem approach to assess species and ecosystem diversity", *Conservation Biology* 9, pp. 1148-1175.
- 📖 Lima, W. P. (1993), *Impacto ambiental do Eucalipto*, Editora da Universidade de São Paulo, 2ª edição, São Paulo.
- 📖 Martins, F. R. (1979), *O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta residual do interior do Estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga*, tese (Doutorado), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- 📖 Meffe, G. K. y C. R. Carroll (eds.; 1994), *Principles of conservation biology*, Sinauer, Sunderland.
- 📖 Mesquita Jr., H. N. (1998), *Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na Gleba Pé-de-Gigante (Parque Estadual de Vassununga-SP)*, dissertação (Mestrado), Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- 📖 Metzger, J. P. (1999), "Estrutura da paisagem e fragmentação: análise biblio-gráfica", *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 71, pp. 445-463.
- 📖 Mittermeier, R. A., T. Werner J. M. Ayres y G. A. B. Fonseca (1992), "O país da megadiversidade", *Ciência Hoje* 14, pp. 20-27.
- 📖 Noss, R. F. (1983), "A regional landscape approach to maintain diversity", *BioScience* 33, pp. 700-706.
- 📖 Opdam, P., R. Foppen. R. Reijnen y A. Schotman (1995), "The landscape ecological approach in bird conservation: integrating the metapopulation concept into spatial planning", *ibis* 137, pp. S139-S146.
- 📖 Palang, H, U. Mander y A. Luud (1998), "Landscape diversity changes in Estonia", *Landscape and Urban Planning* 41, pp. 163-169.
- 📖 São Paulo-Secretaria do Meio Ambiente (1997), *Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo*, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo, Série POBIO/SP.
- 📖 São Paulo-Secretaria do Meio Ambiente (2001), *Atlas das Unidades de Conservação Ambiental no Estado de São Paulo*, Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo, Série POBIO/SP.
- 📖 Shida, C. N. (2000), *Levantamento da distribuição espacial e temporal dos elementos da paisagem e de seus determinantes, na região dos municípios Luiz Antônio e Santa Rita do Passa Quatro (SP), como subsídio ao planejamento ambiental*, Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
- 📖 Silva, A. C. Y J. C. Campos (1993), "O solo e a recomposição florestal", *Ciência Hoje* 15, pp. 12-13.
- 📖 Tchackway, R. y K. Olsson (1999), "Public/private partnerships and protected areas: selected Australian case studies", *Landscape and Urban Planning* 44, pp. 87-97.
- 📖 Vieira, L S. Y M. N. F. VIEIRA (1983), *Manual de morfologia e classificação de solos*, Editora Agronômica Ceres Ltda, 2ª Edição, São Paulo.
- 📖 Walter, H. (1986), *Vegetação e zonas climáticas*, E.P.U., São Paulo.
- 📖 Wiens, J. A. (1995), "Habitat fragmentation: island vs landscape perspectives on bird conservation", *ibis* 137, pp. S97-S104.
- 📖 Zar, J. (1999), *Biostatistical Analysis*, Prentice-Hall, New Jersey.