

Fragilidade ambiental de uma microbacia, visando o desenvolvimento sustentável

Sérgio Campos ¹
Marcelo Campos ²
Bruno Timóteo Rodrigues ¹
Mikael Timóteo Rodrigues ¹
Felipe de Souza Nogueira Tagliarini ¹
Daniela Polizeli Traficante ¹

¹ Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCA
CEP – 18610-307 - Botucatu - SP, Brasil
seca@fca.unesp.br

² Universidade Estadual Paulista - UNESP/TUPÃ
CEP – 18610-307 - Tupã - SP, Brasil
marcelocampos@tupa.unesp.br

Abstract. Geographic information systems (GIS), together with the multi-criteria analysis technique, allow the standardization and integration of data, which usually come from several sources, allowing a joint evaluation of the same, providing more efficiency and reliability in the Decision-making process to promote land use adequacy. The present study aimed at analyzing the environmental fragility in the Ribeirão Lavapés - Botucatu (SP) microbasin. The use of a Geographic Information System for the elaboration of maps of fragility referring to the classes of pedology, declivity and use and occupation of the soil. The factors were integrated and interpolated, where all variables received the same weight in the analysis and the overlapping of this information generated the map of environmental fragility of the microbasin. The results showed that the classes of environmental fragility High and Medium deserve greater attention, since they represent 2/3 of the microbasin, and adequate planning and precautions are necessary, since these areas are degraded.

Palavras-chave: microbasin, geoprocessing, Geographic Information System..

Introdução

As mudanças ambientais vem ocorrendo devido ao desenvolvimento industrial, crescimento populacional e o desmatamento de vastas florestas, para o uso e exploração do solo sem planejamento, de forma inadequada da terra, sem preocupação de protegê-la contra diversos impactos ambientais e sua capacidade produtiva.

A escolha por uma microbacia como unidade de planejamento ambiental, características de um sistema natural delimitado, de regiões altas, onde se encontram nascentes dos rios, córregos, áreas de encostas e de baixadas e problemas com a água, a solução está diretamente relacionada ao manejo e manutenção (SANTOS, 2004 e CAMPOS et al., 2010).

A utilização dessas ferramentas da geotecnologia permite fazer uma análise ambiental de forma a entender como essas alterações se comportam no espaço, sendo um dos pontos mais fortes como estudo do ambiente como um todo (PIRES et al., 2012).

As imagens de satélite auxiliam na identificação dos fenômenos naturais ou ação humana e na verificação das áreas com vegetação, diferentes tipos de solo, além de analisar os recursos hídricos, possuindo assim, uma grande vantagem por ter um custo baixo e fácil obtenção e fornecendo informações para resolução de problemas ambientais (SANTOS et al., 1993).

Esse trabalho tem como objetivo analisar a fragilidade ambiental da microbacia do Ribeirão Lavapés em Botucatu (SP) através do uso de geoprocessamento, visando o desenvolvimento sustentável da área.

Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido na bacia do Ribeirão Lavapés (Figura 5), localizada no Município de Botucatu (SP), por ser uma área muito importante e representativa do município onde a paisagem sofreu uma nítida transformação. A área situa-se geograficamente entre as coordenadas geográficas: 22° 42' a 22° 56' de latitude S e 48° 20' a 48° 22' de longitude Oeste de Greenwich , abrangendo 10263,21ha.

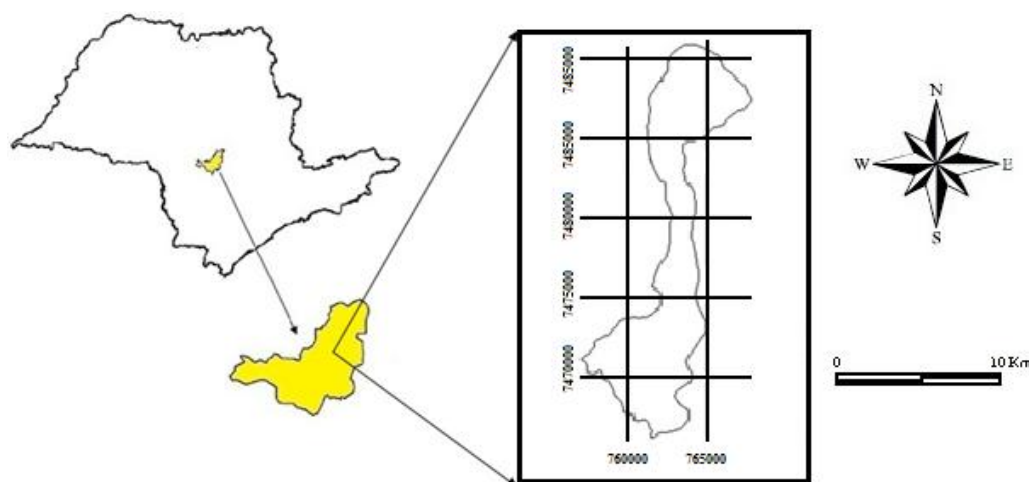


Figura 5. Localização da bacia do Rio Lavapés, Botucatu (SP).

O clima predominante do município, classificado segundo o sistema Köppen é do tipo Cfa - clima temperado chuvoso e a direção do vento predominante é a sudeste (SE).

A temperatura média anual na região, é de 20,2 °C, sendo as temperaturas médias dos meses mais quentes de 23,2 °C e de 16,9 °C nos meses mais frios.

A precipitação média anual está ao redor de 1.447 mm, ocorrendo uma precipitação média no mês mais chuvoso e mais seco, respectivamente, de 223,4 mm e 37,8 mm.

Para a análise da imagem de satélite de 2011 utilizou-se o software IDRISI juntamente com as imagens de satélite digital, bandas 3,4 e 5 do Sensor TM do LANDSAT 5, da órbita 220, ponto 56, quadrante A e passagem de 2011.

A carta de solos da microbacia foi extraída da Carta de Solos de Botucatu (Piroli, 2002), em escala 1:50000.

Os solos (Piroli, 2002) ocorrentes na área foram classificados como: Latossolos Vermelho (LV), Neossolo Litólico (RL), Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), Gleissolo Háptico (GX) e Nitossolo (NV).

Os pontos de controle (coordenadas) para o georreferenciamento e os pontos de máxima altitude para digitalização do limite da microbacia tiveram como base cartográfica a Carta Planialtimétrica, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE em 1969, folha de Botucatu (SF-22-R-IV-3), em escala 1:50000, com distância vertical entre curvas de 20 m. A conversão dos dados vetoriais em imagem raster e o seu processamento foi realizada com auxílio do Sistema de Informações Geográficas – Idrisi Selva, bem como a determinação do mapa de declividade da microbacia.

O contorno da área da microbacia foi realizado manualmente na Carta Planialtimétrica editada pelo IBGE (1969), segundo os pontos mais elevados de altitude que delimitam a área,

tendo-se como base a definição de Rocha (1991) para microbacia.

O mapa de solos da microbacia foi obtido a partir do mapa de solos do Município de Botucatu (Piroli, 2002). A partir deste mapa, foi feita a scannerização da área referente à microbacia, sendo importado para o software Idrisi Selva pelo módulo *File/Import* num formato passível de entrada, sendo posteriormente georreferenciado.

As diferentes classes de solo foram digitalizadas e, posteriormente, foram indicados os nomes de cada área, associados aos seus respectivos identificadores. As áreas e as porcentagens de cada classe de solo foram determinadas através do comando “*Area*” do menu “*Database Query*” pertencente ao módulo “*Analysis*”.

As curvas de nível com equidistância vertical de 20m foram obtidas a partir das cartas topográficas, nas quais foram convertidas do formato analógico para o digital, através do scanner.

As classes de declividade foram obtidas através da digitalização e identificação das curvas conforme os valores de suas altitudes pelo Software Idrisi Selva, para realização da interpolação das curvas de nível, pelo módulo *TIN interpolation*. Em seguida, fez-se o cálculo de declives no módulo *surface* e finalmente usando-se o módulo de reclassificação de valores, *reclass*, os valores interpolados foram agrupados nos intervalos de classes de declividade de 0- 3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-40 e >40%. O mapa de declividade foi executado a partir do modelo digital de elevação segundo as classes de declive utilizadas para conservação do solo preconizadas pela Soil Survey Staff (1975).

Através do *SIG IDRISI Selva* foi elaborada uma composição colorida com a combinação das bandas 3, 4 e 5 (Figura 2), obtida a partir da imagem de satélite digital, bandas 3, 4 e 5 do sensor *Thematic Mapper* do LANDSAT – 5, da órbita 220, ponto 76, quadrante A, passagem de 2011, escala 1:50000, pois esta apresenta uma boa discriminação visual dos alvos, possibilitando a identificação dos padrões de uso da terra de maneira lógica.

Esta composição apresenta os corpos d’água em tons azulados, as florestas e outras formas de vegetações em tons esverdeados e os solos expostos em tons avermelhados. A seguir, foi realizado o georreferenciamento da composição, utilizando-se para isso do módulo *Reformat/Resample do SIG – IDRISI Selva*, sendo os pontos de controle obtidos nas cartas planialtimétricas, utilizando o sistema de coordenadas planas, projeção UTM, datum Córrego Alegre, bem como dois arquivos de pontos de controle, sendo o primeiro da imagem digital e o outro das cartas. Foram determinadas as coordenadas de cada ponto e com estes dados foi feito um arquivo de correspondência, através do comando *Edit* do menu *Database Query*, presente no módulo *Analysis*. Após o georreferenciamento, foi feito o corte, extraindo-se apenas a área de estudo da microbacia. A classificação supervisionada foi realizada, buscando diferenciar os alvos com radiâncias semelhantes. .

Após a elaboração do mapa de uso do solo, as áreas foram determinadas com o auxílio do *software SIG – IDRISI Selva*, utilizando-se do comando *Area* do menu *Database Query*, pertencente ao módulo *Analysis*, sendo posteriormente determinadas as porcentagens de cada classe.

Para a elaboração do mapa de Fragilidade Ambiental, posteriormente os mapas de pedologia, declividade e uso e ocupação dos solos foram agrupados e sobrepostos para a obtenção do mapa de fragilidade ambiental da microbacia do Ribeirão Lavapés, seguindo as recomendações propostas por Ross (1994) e Crepani et al. (2001). A hierarquia das classes de fragilidade foi feita conforme Ross (1994) que estabeleceu as classes: 'Muito Baixa', 'Baixa', 'Moderada', 'Alta' e 'Muito Alta', de acordo com a classe de fragilidade. Para cada uma das classes, atribuiu-se um peso indicando o nível de risco, o qual foi a base para a álgebra de mapas.

Tabela 1. Classes hierárquicas da fragilidade ambiental (Ross, 1994).

Classes de Fragilidade	Peso
Muito Baixa	1
Baixa	2
Moderada	3
Alta	4
Muito Alta	5

Resultados e Discussão

A fragilidade do ambiente natural e não natural a partir da inter-relação dos elementos da paisagem, como a pedologia, declividade e uso e ocupação da terra associada a análise multicritérios permite determinar a fragilidade ambiental da microbacia segundo classes hierárquicas de fragilidade ambiental, pois os fatores físicos são os principais constituintes de uma microbacia e para compreender a dinâmica desta, faz-se necessário compará-los e correlacioná-los obtendo, de forma adaptada, a fragilidade potencial ambiental da referida área de estudo.

Os solos de textura arenosa (Piroli, 2002), RQotípico, RLe, NVdf e PVAd1 abrangendo 4650,02ha (45,31%), são solos que apresentam estruturas frágeis e são susceptíveis a erosão, além de possuírem baixa fertilidade natural, para estes solos a probabilidade de erosão aumenta com a diminuição de sua cobertura vegetal.

O solo hidromórfico, representado pelo GXbd, que está presente em cerca de 1731,34ha (16,87%) de área da microbacia, é encontrado em baixadas e no entorno de cursos d'água, geralmente em áreas encharcadas, apresentando baixa fertilidade.

Os solos de textura média, LVAd1, LVd e LVdf são solos que vem abrangendo a maior parte da área com 3881,85ha (37,82%).

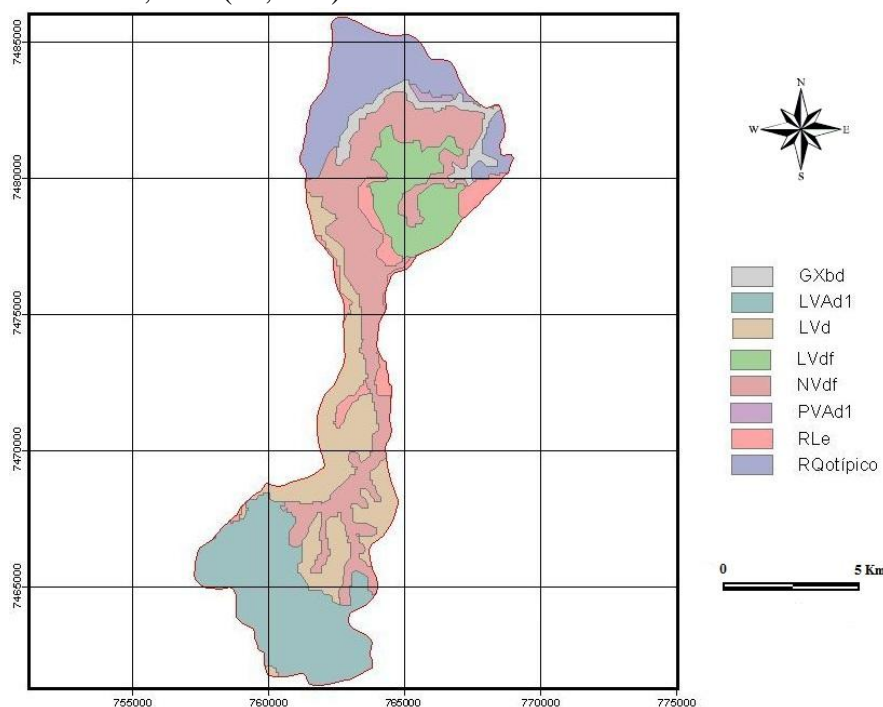


Figura 6. Pedologia e fragilidade ambiental da bacia do rio Lavapés, Botucatu –SP, (PIROLI, 2002).

Tabela 2. Pedologia e fragilidade ambiental da bacia do rio Lavapés, Botucatu –SP, (PIROLI, 2002).

Unidades de solo	Sigla	Área em relação à microbacia		Fragilidade Ambiental	Pesos
		ha	%		
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	PVAd1	366,47	3,57	Muito Baixa	1
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	LVAd1	35,31	0,34	Baixa	2
Nitossolo Vermelho Distroférrico	NVdf	2745,61	26,75	Baixa	2
Gleissolo Háptico TB	GXbd	1731,34	16,87	Alta	5
Latossolo Vermelho Distroférrico	LVdf	2326,13	22,67	Baixa	2
Latossolo Vermelho Distrófico	LVd	1520,41	14,81	Baixa	2
Neossolo Litólico Eutrófico	RLe	542,46	5,29	Alta	4
Neossolo Quartzarênico Distrófico	RQotípico	995,48	9,70	Muito Alta	5

As classes de declive de 0 a 6% (3931,92ha) classificadas como relevo plano e suavemente ondulado por Chiarini e Donzeli (1973) e por Lepsch et al. (2001) como áreas destinadas para o plantio de culturas nauais com o uso de práticas simples de conservação do solo, uma vez que o próprio plantio em n´ível da cultura já controla o processo erosivo do solo.

As áreas com declividade de 6 a 12 % com 4289,36ha (41,89%), relevo ondulado, foram as mais significativas, são indicadas para o plantio de culturas anuais com o uso de práticas complexas de conservação do solo, de acordo com Lepsch et al. (2001).

O relevo forte ondulado (12 a 20%), indicado para culturas permanentes, as quais exigem uma menor mobilização do solo, propiciando menores riscos de erosão como as culturas de café, cana-de-açúcar, pastagens, etc., conforme Lepsch et la. (2001) predominaram em 12,81%.

O relevo forte ondulado (12 a 20%), indicado para culturas permanentes, as quais exigem uma menor mobilização do solo, propiciando menores riscos de erosão como as culturas de café, cana-de-açúcar, pastagens, etc., conforme Lepsch et al. (2001), predominaram em 12,81% (1315,29ha).

Apenas 6,07% (622,58ha) apresentaram relevo acidentado (Chiarini e Donzelli, 1973), ou seja, com declividade de a 20 a 40%, podendo ser utilizado para o desenvolvimento da pecuária e silvicultura, ou ainda, destinam-se à preservação ambiental, evitando-se dessa maneira a erosão do solo (Lepsch et al., 2001).

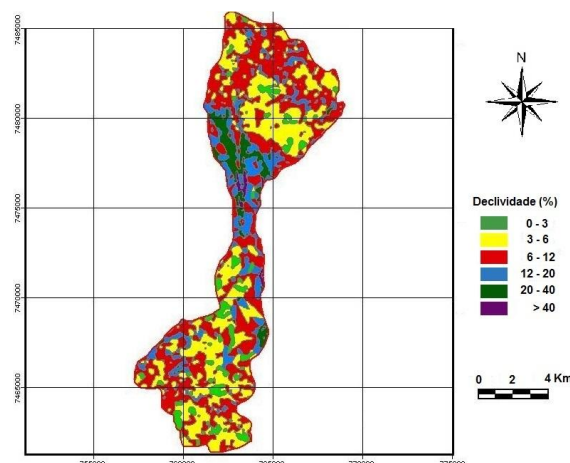


Figura 2. Classes de declividade e fragilidade ambiental da bacia do rio Lavapés, Botucatu – SP.

Tabela 2. Classes de declividade e fragilidade ambiental da bacia do rio Lavapés, Botucatu – SP.

Classes de Declive %	Relevo	Área em relação à microbacia		Fragilidade Ambiental	Pesos
		ha	%		
0 – 3	Plano	688,76	6,71	Muito Baixa	1
3 – 6	Suavemente Ondulado	3243,16	31,60	Muito Baixa	1
6 – 12	Ondulado	4299,36	41,89	Baixa	2
12 – 20	Forte Ondulado	1315,29	12,81	Média	3
20 – 40	Acidentado	622,58	6,07	Alta	4
> 40	Montanhoso	94,06	0,92	Muito Alta	5

O uso e ocupação do solo na microbacia está associado principalmente com o cana-de-açúcar que vem abrangendo 2948,65ha (28,73%), mostrando .

A área urbana é a segunda em ordem de ocorrência na microbacia, totalizando 1396,08ha (27,45) da área.

A mata nativa (vegetação nativa) e as matas ciliares também possuem uma grande abrangência dentro da área da microbacia com 1912,00ha (18,63%), sendo a terceira em ordem de ocorrência.

Outro uso e ocupação do solo que também merecem destaque, são as pastagens com 1396,08ha (13,60%).

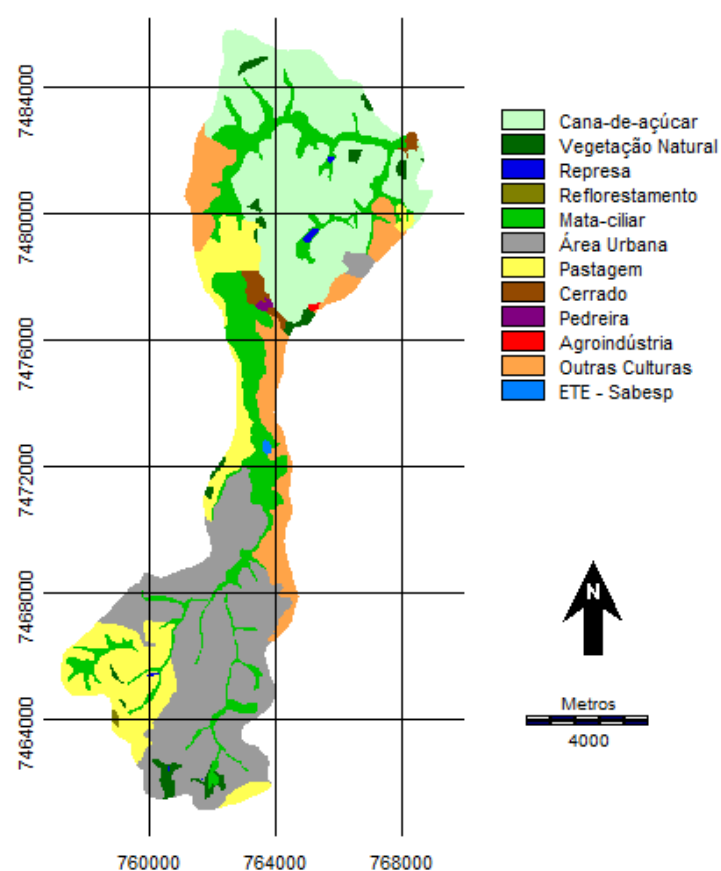


Figura 3 – Classes de uso e ocupação do solo e fragilidade ambiental da bacia do Rio Lavapés - Botucatu (SP).

Tabela 3 – Classes de uso e ocupação do solo e fragilidade ambiental da bacia do Rio Lavapés - Botucatu (SP).

Usos	Área		Fragilidade Ambiental	Pesos
	ha	%		
Cana-de-açúcar	2948,65	28,73	Média	3
Vegetação Natural	215,76	2,10	Muito Alta	5
Represa	18,11	0,18	Muito Alta	5
Reflorestamento	9,85	0,10	Média	3
Mata Ciliar	1696,24	16,53	Muito Alta	5
Área Urbana	2816,92	27,45	Muito Alta	5
Pastagem	1396,08	13,60	Baixa	2
Cerrado	105,08	1,02	Muito Alta	5
Pedreira	14,23	0,14	Muito Alta	5
Agroindústria	7,34	0,07	Muito Alta	5
Outras Culturas	9,99	1025,85	Alta	4
ETE Sabesp	0,09	9,10	Muito Alta	5
Total	10263,21	100		

A fragilidade ambiental média e alta predominaram com uma área de 6798,54ha (66,24%). Isso ocorre porque grande parte da microbacia é composta por relevo forte ondulado e ascidnetado e os solos Neossolos, que possui fragilidade alta e média devido as suas características físicas; além do uso do solo por área urbana que possui fragilidade muito alta .

A classe 'Muito Alta' apresentou uma área total de 1700,20ha (16,72%). Está relacionada principalmente com as declividades mais acentuada e relevo montanhoso que possuem classe Alta, além do solo RQotípico e RLe, que possui fragilidade alta' e do uso do solo por pastagem que possui fragilidade Alta.

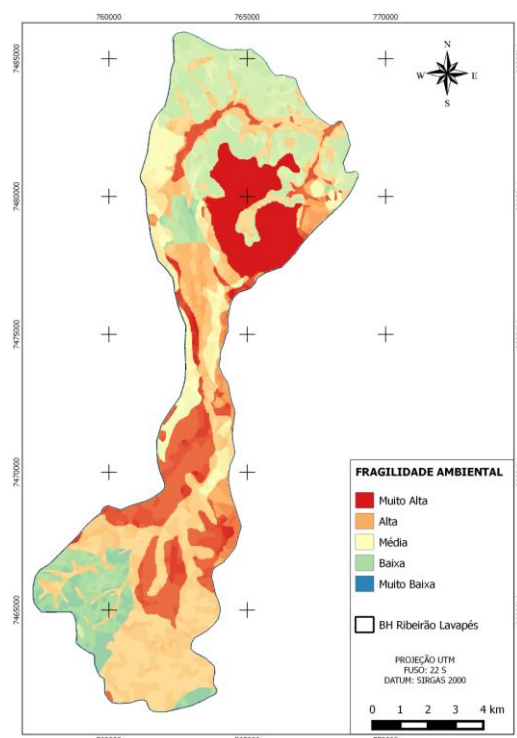


Figura 4 – Fragilidade ambiental da bacia do Rio Lavapés - Botucatu (SP).

Tabela 4 – Fragilidade ambiental da bacia do Rio Lavapés - Botucatu (SP).

Classes de fragilidade	Área (ha)	% do total
Muito Alta	1.700,20	16,72
Alta	3.314,34	32,29
Média	3.484,20	33,95
Baixa	1.725,19	16,81
Muito Baixa	23,28	0,23
Total	10.263,21	100

Conclusão

A microbacia do Ribeirão Lavapés – Botucatu (SP) apresentou fragilidade ambiental média, pois essa classe ocorreu na área urbana.

As classes de fragilidade ambiental Alta e Média merecem maior atenção, pois representam quase 2/3 da área, mostrando que mal planejada e se não forem tomadas precauções, essas áreas tendem a ser mais facilmente degradadas.

Referências Bibliográficas

- CAMPOS, S; SOARES, M. C. E; CAVASINI, R; GRANATO, M; MASHIKI, M. Y; RUGGIERO, J; MOREIRA, K.F; BARROS, Z.X. **SIG aplicado na análise do conflito de uso da terra em áreas de preservação permanentes numa microbacia**. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v.3, n.2. p 64, 2010.
- CHIARINI, J.J., DONZELLI, P.L. Levantamento por fotointerpretação das classes de capacidade de uso das terras do Estado de São Paulo. **Bol.Tec.Inst.Agron.**, Campinas, n.3, p.1-29, 1973.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. DE; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. F. 2001. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos. SAE/INPE.(INPE-8454-RPQ/722).
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de texto, 2011. 47p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Carta topográfica**: folha de Botucatu (SF-22-R-IV-8) Serviço gráfico do IBGE, 1969. Escala 1:50.000.
- PIRES, E. V. R.; SILVA, R. A.; IZIPPATO, F. J; MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento Aplicado a Análise do Uso e Ocupação da Terra para Fins de Planejamento Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1528–1538, 2012.
- LEPSCH, J.F. et al. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas, **Soc.Bras.Cien.do Solo**, 2001.175p.
- PIROLI, E.L. **Geoprocessamento na determinação da capacidade e avaliação do uso da terra do município de Botucatu – SP**. 2002. 108 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.
- ROCHA, J.S. M. da. 1991. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. ed. UFSM, Santa Maria, RS. 181p.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 63-74, 1994.
- SANTOS, M. L. M.; MATTOS, M. M.; PIRES, I. O; BROWN, I. F.; ASSIS, W. S. Utilização de imagens de satélite no mapeamento preliminar do uso da terra e na capacitação de agricultores do médio Rio Capim - Paragominas/PA. Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1993. 15p.
- SOIL SURVEY STAFF. **Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey**. USDA, Washington, D.C., 1975. 930p.