

Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins, Piracicaba-SP

Letícia Ayres Montebelo
Cátia Andersen Casagrande
Maria Victoria Ramos Ballester
Reynaldo Luiz Victoria
Ana Paula Antonio Cutolo

Universidade de São Paulo - USP/CENA
Caixa Postal 96 - 13400-970 - Piracicaba - SP, Brasil
letaymo@bol.com.br, ccasagra@esalq.usp.br, vicky@cena.usp.br, reyna@cena.esalq.usp.br,
apcutolo@esalq.usp.br

Abstract. The objective of this study was to analyze the condition of the Permanent Preservation Areas (PPAs) of the Ribeirão dos Marins river basin using geoprocessing techniques in the scope of the environmental legislation and the Forestry Code, which aim to ensure the preservation of the PPAs and its environmental function. This analysis was performed through the overlay of a 1995 land use and land cover map, a soil erosion risk map, and the PPAs map. Therefore, the use, cover, and soil erosion risk were analyzed by the same time. In these areas many critical and irregular situations were found and it was observed that the higher soil erosion risk level is located the urban and crops areas.

Key words: geoprocessing, land use and land cover, catchments, Permanent Preservation Areas, soil erosion risk, remote sensing

Palavras-chave: geoprocessamento, uso e cobertura do solo, bacias hidrográficas, áreas de preservação permanente, riscos de erosão, sensoriamento remoto.

1. Introdução

Atualmente notamos uma crescente preocupação com o ambiente e a necessidade de preservar os recursos naturais, tendo em vista a manutenção da qualidade de vida buscando o desenvolvimento sustentável através da interação e do equilíbrio entre as questões ambientais, econômicas e sociais. Uma análise temporal e espacial da área de estudo para elaboração de um diagnóstico da situação ambiental é de extrema importância, uma vez que esta fornece subsídios para elaboração de uma política ambiental mais eficiente.

A vegetação protege o solo, impede erosões, desmoronamentos de encostas e assoreamento dos corpos d'água, ou seja, contribui para a preservação do solo e seus atributos. A preservação da cobertura florestal também traz diversos outros benefícios ao homem, dentre eles, promove a conservação da biodiversidade, gera benefícios sociais, fornece inimigos naturais contra pragas e doenças no cultivo agrícola, atenua mudanças climáticas, e conseqüentemente, os seus efeitos, ajuda a controlar as enchentes, entre outros (Benedito, 2001).

Com o objetivo de preservar os recursos naturais, o Código Florestal (Lei 4771 de 15/09/65, alterada pela Lei 7803 de 18/07/89) estabelece normas que tem como objetivo proteger as florestas e as diversas formas de vegetação. Para tal, são delimitadas áreas de preservação permanente (APP) com a função ambiental de proteger o solo contra erosões e deslizamentos, evitando assim assoreamentos de corpos d'água e preservando os recursos hídricos e a paisagem, a biodiversidade e o bem-estar público.

A bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins, local deste estudo, encontra-se no município de Piracicaba e apresenta uma grande importância ambiental e sócio-econômica

local, uma vez que seus recursos hídricos são utilizados para irrigar grande parte das hortaliças que abastecem Piracicaba e região.

Diante das informações fornecidas, este trabalho tem como objetivo analisar o uso e cobertura do solo existentes nas áreas de preservação permanente (APPs) e os riscos de erosão presente nestas áreas, através de técnicas de geoprocessamento, afim de identificar áreas de situação crítica.

O trabalho desenvolvido é de fundamental importância para compreender a forma como as APPs estão sendo ocupadas, tendo em vista a ocupação adequada, com o auxílio da legislação vigente diminuindo assim os impactos ambientais.

As análises realizadas do uso e cobertura do solo nas áreas de preservação permanente e o risco de erosão presente nas mesmas podem fornecer informações para elaboração de planos diretores, contribuindo para um Planejamento Ambiental da área, como também contribui para a composição de um banco de dados georreferenciados.

2. Área de estudo

A bacia hidrográfica do ribeirão dos Marins, afluente do rio Piracicaba pela margem esquerda, situada entre as coordenadas 7.471.450 e 7.486.995 N e 218.044 e 225.545 E, no município de Piracicaba, abrange uma área de aproximadamente 58,44 km² (Figura 1).

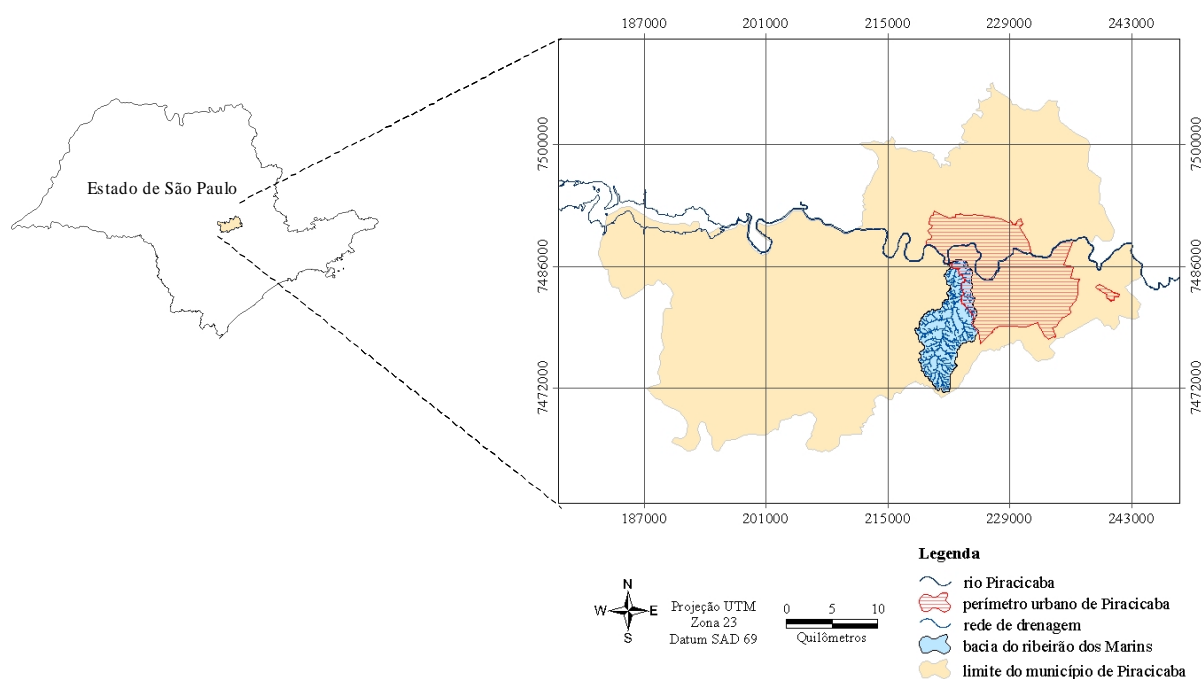


Figura 1. Localização da área de estudo, microbacia do ribeirão dos Marins (Piracicaba, SP, Brasil).

O clima da região, segundo a classificação de Koeppen, é do tipo mesotérmico, ou seja, subtropical úmido com estiagem no inverno. A precipitação média anual é de 1300 mm, onde cerca de 70% das precipitações ocorrem no verão.

Na bacia as unidades de solo predominantes pertencem aos argissolos e neossolos, com pequenas manchas de nitossolo. Áreas menores de extração de rochas, latossolo e cobertas pela urbanização também podem ser encontradas.

3. Metodologia

Neste estudo, para facilitar a análise realizada, a bacia foi dividida em três sub-bacias (Inicial, Central e Final), permitindo uma análise das cabeceiras e do trecho da bacia mais próximo a urbanização.

3.1 Uso e cobertura do solo

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo, foram utilizadas fotografias aéreas de 1995 do acervo da empresa BASE SA, na escala 1:25.000. A interpretação das mesmas foi realizada com o auxílio de um estereoscópio de espelho Leica ST4, o qual fornece uma visão tridimensional do terreno. Os polígonos foram desenhados manualmente em uma folha de poliéster fixada sobre as fotografias, seguindo uma legenda com as seguintes classes: pasto, cana-de-açúcar, fragmento florestal, silvicultura, culturas anuais e perenes, urbanização, represas ou reservatórios e horticultura. Na classificação foi utilizada a metodologia proposta por Koffler et al. (1979), e modificada por Borges et al. (1993) e Anderson et al. (1976).

Posteriormente a interpretação das fotografias, os polígonos foram agrupados e digitalizados manualmente, utilizando mesa digitalizadora Calcomp 9500 e módulo Arcedit do programa Arc-Info 7.3.1. para estação de trabalho. As áreas com interpretação duvidosa foram identificadas nas fotografias e verificadas em campo, com o auxílio de um receptor de Sistema de Posicionamento Global, marca Garmin 48, com 12 canais. Para a finalização da elaboração do mapa, este passou por correções, devido a pequenas distorções que podem ocorrer no processo de digitalização, tendo como base um mosaico georreferenciado elaborado com as fotografias de 1995 no programa Erdas Imagine 8.6.

3.2 Áreas de Preservação Permanente

Conforme o inciso II do § 2º do art. 1º da Medida Provisória (MP) 2.166-67, de 24/08/01, área de preservação permanente é aquela protegida nos termos dos arts. 2º e 3º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Para a determinação das APPs também deve ser considerada a Resolução CONAMA nº 303/02, que apresenta parâmetros, definições e limites para a determinação destas.

Considerando os critérios citados acima, o mapa de Áreas de Preservação Permanente (APPs) foi elaborado com o auxílio do programa ArcGIS 8.3. As APPs determinadas correspondem a cerca 20 % da área da bacia em estudo, sendo aproximadamente 95 % desta correspondente à APP da rede de drenagem. Assim, neste trabalho foram enfocadas apenas as Áreas de Preservação Permanente da rede de drenagem, visto ser esta a mais significativa. A rede de drenagem utilizada foi obtida das cartas base do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo na escala 1:10.000, digitalizadas manualmente.

3.3 Mapa de risco de erosão

O mapa de áreas potenciais com risco de erosão foi elaborado utilizando a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), que exprime a ação dos principais fatores que influenciam a erosão pela chuva. Esta equação, desenvolvida por Wischmeier & Smith

(1978), é expressa em função de seis variáveis ambientais e de manejo, conforme apresentada abaixo:

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

onde:

A = estimativa de perda de solo por unidade de área para um intervalo de tempo ($t \text{ ha}^{-1}$ para o intervalo de tempo utilizado no cálculo da erosividade, ano ou mês);

R = erosividade ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ por ano ou para um mês); fator que expressa a capacidade da chuva em provocar erosão;

K = erodibilidade ($t \text{ h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$); fator relativo às propriedades inerentes ao solo, tais como textura, estrutura, matéria orgânica e permeabilidade, e que reflete sua maior ou menor susceptibilidade à erosão;

L = fator relativo ao comprimento de declive da encosta (adimensional);

S = fator relativo à declividade da encosta. Corresponde à relação de perdas de solo entre um comprimento de declive qualquer e um declive de 9 % para o mesmo solo e comprimento de rampa. Integrado ao fator L, define o fator topográfico (adimensional);

C = fator relativo ao uso e manejo. Varia de 0 para coberturas que proporcionam uma proteção total do solo a 1 para solos inteiramente expostos (adimensional);

P = fator relativo à prática conservacionista adotada (adimensional).

A erosividade da chuva foi determinada conforme Lombardi Neto & Moldenhauer (1992), utilizando para o cálculo dados do posto Agrometeorológico da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) em Piracicaba, de 1917 a 2004. A erodibilidade foi calculada conforme metodologia apresentada por Cerri (1999), tendo como base a carta semi-detalhada de solos obtida da quadrícula de Piracicaba (escala 1:100.000) e as características médias destes solos referentes ao horizonte A do perfil do solo, conforme Oliveira (1999). Para determinar o fator topográfico (LS) foi utilizada a metodologia descrita por Hickey et al. (1994). Os valores do fator C correspondentes a cada classe de uso e cobertura do solo foram obtidos de Cerri (1999), Castro (1992) e Lombardi Neto (2004)¹.

Os mapas, no formato em grade com resolução de 5 metros, correspondentes a cada fator da equação foram manipulados no programa ArcGIS 8.3. Para o mapa de risco de erosão foram estabelecidas quatro classes, sendo consideradas áreas com perdas de solo até $2 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ de risco baixo, de $2 \text{ a } 3 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ médio, de $3 \text{ a } 10 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ alto e maior que $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ de risco muito alto.

4. Resultados e Discussões

As classes de usos predominantes nas áreas de preservação permanente (APP) da bacia são as pastagens, a cana-de-açúcar, as florestas nativas e as florestas plantadas. Na parte inicial da bacia, o pasto ocupa a maior área dentro da APP. Já no trecho final da bacia que se encontra mais próximo à urbanização, o predomínio é da vegetação florestal (Figura 2). A cana-de-açúcar não apresentou diferenças significativas nas sub-bacias (Tabela 1).

Nas cabeceiras (sub-bacia inicial) o percentual de área ocupada por pasto é mais do triplo do percentual de vegetação. Na parte central da bacia quase 83% da área está coberta por pastagens e florestas, enquanto 11% é cana-de-açúcar. Desta sub-bacia, 8% está dentro do limite da zona urbana. Quanto ao trecho final da bacia, engloba a maior parte urbana (2,7%),

¹ LOMBARDI NETO, F. Comunicação pessoal, 2004.

sendo que 53% desta sub-bacia pertence a zona urbana. Nesta, o uso e cobertura do solo predominante são as florestas (43,2%) seguida pelas pastagens, representando 34,2%.

Tabela 1. Percentual das classes de uso e cobertura do solo presente nas APPs.

	Sub-bacias		
	Inicial (%)	Central (%)	Final (%)
Pasto	60,0	48,7	34,2
Cana-de-açúcar	16,5	11,2	16,4
Florestas Nativas e Plantadas	21,8	34,2	43,2
Urbanização	0,2	0,9	2,7
Outros usos	1,5	5,0	3,5
Total	100,0	100,0	100,0

De acordo com o mapa de uso na APP elaborado, nas cabeceiras não foram encontradas áreas significativas destinadas à cultura de hortaliças e culturas perenes. As hortaliças predominam na região central, estando quase 70% destas na mesma e o restante quase 30% na sub-bacia final.

Conforme tendências de uso e ocupação do solo, confirmamos o aumento da urbanização da zona rural para a urbana. Nas APPs foi observado a presença significativa de urbanização o que está inadequado, visto que a presença desta em APPs é ilegal. Nas APPs, os fragmentos florestais não deveriam ser isolados, tendo em vista o maior efeito de borda nestes. Assim, tendo em vista a conservação da biodiversidade, fragmentos um pouco maiores seriam mais adequados para a área.

Como mencionado anteriormente, as APPs devem ser preservadas para que estas possam cumprir a função ambiental de preservar os recursos hídricos, proteger o solo, promover o bem-estar público, dentre outras diversas funções. O Código Florestal tenta assegurar que esta função seja cumprida, sendo desse modo é ilegal utilizar as APPs com culturas e urbanizações. Quando culturas anuais estão presentes nas APPs, resíduos tóxicos podem ser carregados para os rios. Outro uso que é inadequado nestas áreas de preservação é a pecuária, sendo que explorações excessivas podem levar a degradação da pastagem. Nestas áreas somente é permitida a dessedentação do gado, desde que de forma controlada.

A Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) utilizada para elaborar o mapa de risco de erosão, já considera o fator cultural (C), ou seja, o risco de erosão calculado indiretamente. Assim engloba a influência uso e cobertura do solo. Os nossos resultados indicam que predomina nas APPs a classe de risco de erosão baixo, onde esta corresponde a quase 70% da área da sub-bacia inicial, 78% da central e 76% da final (Tabela 2).

Tabela 2. Percentual das classes de risco de erosão nas sub-bacias

	Sub-bacias		
	Inicial (%)	Central (%)	Final (%)
Baixo	69,6	77,9	75,7
Médio	5,7	5,0	4,4
Alto/Muito alto	24,7	17,0	19,8
Total	100,0	100,0	100,0

A área de risco de erosão médio predomina na parte inicial da bacia (43%) e na sub-bacia central (37%). Quanto as áreas mais críticas (risco alto/muito alto), podemos observar na Figura 3, que estas concentram-se predominantemente na sub-bacia inicial (24,7%). Este é

fator agravante, uma vez que preservar as cabeceiras são de extrema importância para manutenção da qualidade da água.

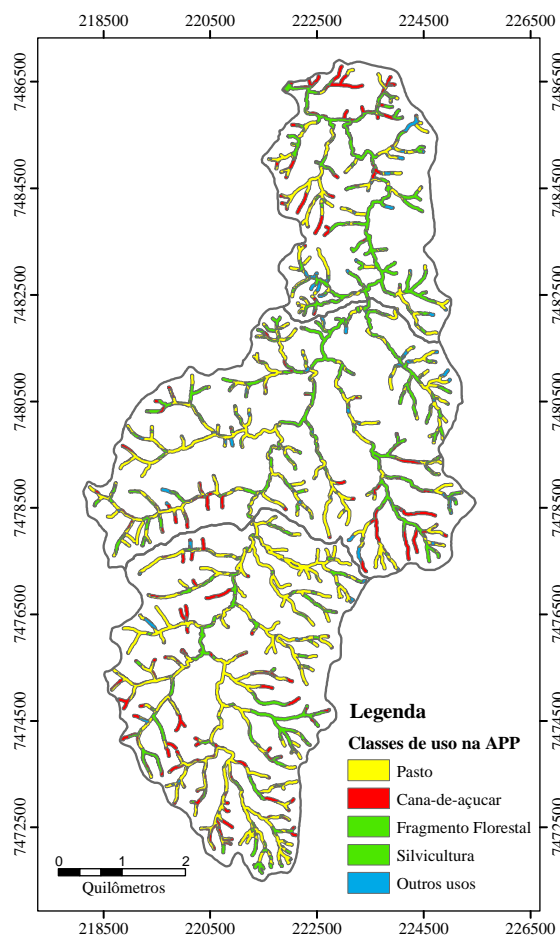


Figura 2. Uso e Cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente.

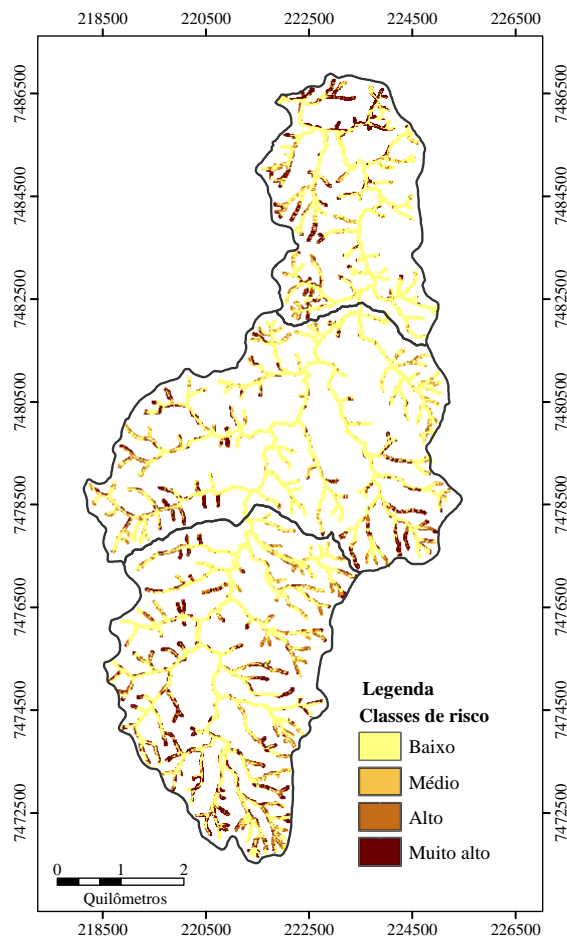


Figura 3. Risco de erosão nas Áreas de Preservação Permanente.

Na Tabela 3 podemos constatar que nas áreas de risco alto/muito alto, que são áreas mais críticas, predominam a cana-de-açúcar (52%) e as pastagens (41%). Estas áreas que deveriam ser preservadas, e ter predominio de florestas, estão ocupadas por culturas e pastos o que pode favorecer o processo erosivo. Cabe ressaltar que ao considerar o risco alto e muito alto separadamente, na classe de risco alto predominam as pastagens enquanto nas áreas de risco muito alto predomina a cana-de-açúcar.

Com relação às áreas de risco médio, mais de 90% estão ocupadas por pastagens, 5% com cana-de-açúcar e apenas 0,01% pelas florestas. Nas áreas de risco baixo, o maior percentual de florestas foi encontrado, sendo também predominante nesta as pastagens com 49,6% de sua área.

A vegetação, mesmo que sejam áreas em regeneração, deveria predominar nas APPs. Contudo, pela legislação, se uma APP era utilizada inadequadamente antes desta entrar vigor, esta área não precisa ser reflorestada, podendo apenas ser abandonada. Sendo assim, áreas que foram ocupadas por pasto ou cana-de-açúcar, que foram abandonadas, podem estar de acordo com a lei.

Tabela 3. Distribuição do uso e cobertura do solo nas diferentes classes de risco de erosão.

	Risco				
	Baixo (%)	Médio (%)	Alto (%)	Muito alto (%)	Alto/Muito alto (%)
Pasto	49,56	91,56	73,1	9,0	40,9
Cana-de-açúcar	4,54	5,40	21,7	81,4	51,6
Florestas	42,25	0,01	0,0	0,3	0,2
Urbanização	1,36	0,41	0,1	0,0	0,0
Outros usos	2,29	2,61	5,1	9,3	7,2
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

5. Conclusões

A metodologia utilizada foi adequada para atingir os objetivos propostos.

Nas Áreas de Preservação Permanente da bacia, a situação é crítica uma vez que o uso não está adequado nestas áreas, as quais apresentam muitas pastagens e cana-de-açúcar, sendo que deveria predominar a cobertura florestal.

O elevado percentual de pastagens e de áreas com risco de erosão alto e muito alto nas cabeceiras, pode contribuir para a degradação dos recursos hídricos.

Nas áreas de risco de erosão alto e muito alto das APPs da bacia, predominam as pastagens e a cana-de-açúcar, o que vem agravar a situação destas na bacia ao considerarmos a importância e as diversas funções das APPs, principalmente relacionada a conservação dos solos e a qualidade da água.

Agradecimentos

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP), pelo apoio. À Prefeitura do Município de Piracicaba, representada pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento – SEMA, pelo custeio do projeto.

6. Referências Bibliográficas

Anderson, J.R.; Hardy, E.E.; Roach, J.T.; Witmer, R.E. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos.** Rio de Janeiro: IBGE, 1976. 78p.

Benedito, C. **O município e o meio ambiente:** das áreas de preservação permanente. Piracicaba, 2001. 29 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de Piracicaba, Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba.

Borges, M.H.; Pfeifer, R.M.; Demattê, J.A.M. Evolução e mapeamento do uso da terra, através de imagens aerofotogramétricas e orbitais em Santa Bárbara D'Oeste (SP). **Scientia Agrícola**, v.50, n.3, p. 365-71, 1993.

Castro, A.G. **Técnicas de sensoriamento remoto e sistemas geográficos de informações no estudo integrado de bacias hidrográficas.** São José dos Campos, 1992. 145 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Cerri, C.E.P. **Mapeamento das áreas de risco de erosão dos solos da bacia do rio Piracicaba, utilizando geoprocessamento.** Piracicaba, 1999. 89 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Hickey, R.; Smith, A.; Jankowski, P. Slope length calculations from a dem within ARC/Info grid. **Computers, environment and urban systems**, v.18, n.5, p. 365-380, 1994.

Koffler, N.F.; Cavalli, A.C.; Nogueira, F.P. **Inventário canavieiro com auxílio de fotografias aéreas**. Piracicaba: PLANALSUCAR, 1979. 38 p.

Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em campinas (SP). **Bragantia**, v.51, n.2, p.189-196, 1992.

Oliveira, J.B. **Solos da folha de Piracicaba**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 173 p. (Boletim Científico, 48).

Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington: Department of Agriculture, 1978. 47 p. (USDA. Agriculture Handbook, 537).