

## **Geotecnologias Aplicadas no Monitoramento do Crescimento Urbano em Áreas de Risco à Erosão**

**Mário Valério Filho <sup>1</sup>**  
**Marcello Alves Costa <sup>2</sup>**  
**Madalena Niero Pereira <sup>3</sup>**  
**Carlos Roberto Serafim <sup>1</sup>**

**<sup>1</sup> UNIVAP - Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento**  
**CEP 12244-000 São José dos Campos SP**  
**mvalerio@univap.br**

**<sup>2</sup> UNICAMP - Depto. de Geociencias**  
**CEP 13083-970 Campinas SP**  
**malves@ige.unicamp.br**

**<sup>3</sup> INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**  
**CEP 12201-970 São José dos Campos SP**  
**madalena@ltid.inpe.br**

**Resumo:** A análise do crescimento urbano e seus efeitos sobre o meio ambiente tem sido uma questão relevante na identificação de problemas gerados pela ocupação de áreas impróprias aos assentamentos urbanos. O presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica, para a caracterização do crescimento urbano em áreas de risco potencial à erosão com o suporte das geotecnologias, através da utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A análise e interpretação de fotografias aéreas em preto e branco e coloridas da área de estudo, possibilitaram o mapeamento dos perímetros urbanizados no período 1985, 1997 e 2000. Com o suporte das geotecnologias os atributos das unidades geotécnicas, da cobertura pedológica e das classes de declividade, foram integrados para geração da carta de risco potencial à erosão, a qual submetida aos cruzamentos com os mapeamentos das áreas urbanizadas, permitiram a espacialização e quantificação da ocupação urbana nas áreas de risco potencial à erosão no período analisado.

**Palavras chaves:** Crescimento urbano, Risco à erosão, Geotecnologias

### **Abstract**

The analysis of urban growth and its effects on the environment, is a relevant issue to identify those problems caused by inadequate land occupation in urban areas. This study presents a methodological approach to appraise the urban growth on erosion potential risk areas using remote sensing and geoprocessing techniques. The analysis and interpretation of black and white and color aerial photography obtained in 1985, 1997 and 2000 allowed the elaboration of a map of urban areas. By the support of geotechnology the parameters of geotechnical units, soil properties and classes of slope were integrated to obtain a chart of erosion potential risk that by crossing with the maps of urban areas it was possible to spacialized and quantify the urban growth over erosion risk areas for the time considered.

**Keywords:** Urban growth, Erosion risk, Geotechnology

## 1 Introdução

A Região do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, mais precisamente ao longo do eixo da Rodovia Presidente Dutra, foi submetida à partir de meados do século passado a um processo de urbanização de forma acelerada e intensa, formando aglomerados urbanos e contribuindo assim para uma ocupação desordenada, onde estas áreas são caracterizadas por ocuparem locais inadequados para este tipo de uso do solo.

Assim, pode-se deduzir que a ocupação urbana desordenada e irregular pode causar problemas decorrentes, provocando o desequilíbrio dos sistemas ambientais, causando pesado ônus ao Poder Público e riscos às populações. Entre eles destacam-se aqueles relacionados ao meio físico e às atividades antrópicas indiscriminadas, tais como, como a ocupação de áreas de várzeas, áreas sujeitas a inundações, áreas com declividades acentuadas e áreas de solos suscetíveis aos processos de erosão, conforme atestam os trabalhos de Escada (1992), Vieira et al. (1993), Costa (1996), Serafim (1998) Valério Filho et al. (2002) entre outros.

Neste sentido, as geotecnologias através das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento se oferecem como ferramentas capazes de propiciar meios para o levantamento de dados do meio físico, do uso e ocupação da superfície terrestre, bem como, na integração destes dados para posterior análise e interpretação, os quais resultam em subsídios relevantes às propostas de ordenamento físico territorial, como demonstram os trabalhos de Escada (1992), Costa (1996), Valério Filho (1998), Serafim (1998), Jardim (1999), Valério Filho et al. (2003) entre outros.

Assim, considerando-se as altas taxas de urbanização que ocorrem no setor leste do município de São José dos Campos (Serafim, 1998) e procurando prestar uma contribuição na indicação do crescimento urbano em áreas de risco aos processos de erosão, desenvolveu-se uma abordagem metodológica com o apoio das geotecnologias, para a caracterização dos espaços urbanizados nas áreas de risco à erosão no setor leste do município de São José dos Campos-SP.

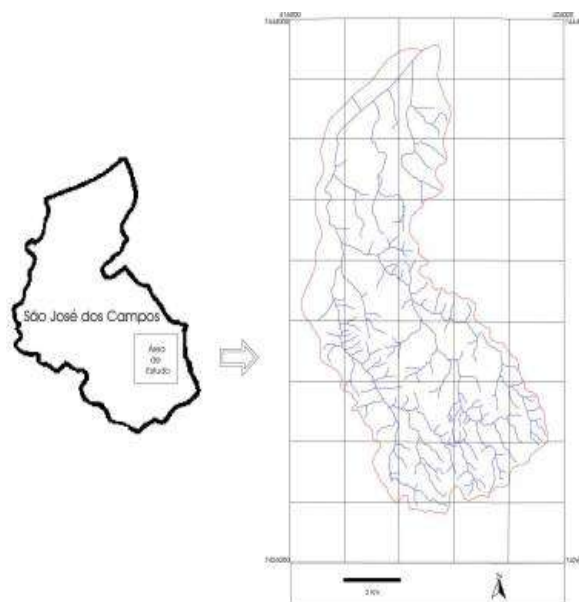
## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Rio Pararangaba, a qual envolve também uma parte da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Figura 2.1.1), com uma área de 73,20 km<sup>2</sup>, inserida na região leste do município de São José dos Campos SP, por ser uma das regiões que vem apresentando altas taxas de crescimento urbano nos últimos anos Serafim (1998) (Figura 2.1.1).

### 2.2 Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas as cartas topográficas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) na escala de 1:10.000 de 1978; Cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, de 1974 na escala de 1:50.000; Carta Geotécnica do Município de São José dos Campos, na escala de 1:50.000 IPT (1996), fotografias aéreas em papel na escala aproximada 1:25.000 de 1985 (preto e branco) e fotos na escala aproximada 1:10.000 (colorida normal) de 1997 e 2000.



**Figura 2.1.:** Localização da área de estudo (Bacia Hidrográfica do Rio Pararangaba)

Os equipamentos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho foram: GPS modelo Garmim Survey II para georreferenciamento das informações obtidas em trabalho de campo, mesa de luz para análise e interpretação das fotografias aéreas; Sistema de Processamento de Informação Georreferenciada

-SPRING (INPE, 2004); para análise e integração da base de dados temáticos.

A delimitação da área de estudo (bacia hidrográfica do Rio Pararangaba) na base cartográfica, foi realizada com o auxílio das cartas topográficas na escala 1:10.000, procurando-se representar a rede hidrográfica, rede viária e o divisor da bacia hidrográfica, processo este realizado através do software SPRING/INPE (2004).

O mapeamento das áreas urbanizadas no período analisado, foram obtidas com apoio das técnicas de fotointerpretação conforme Marchetti & Garcia (1986), Pereira et al. (1987) e Novo (1989).

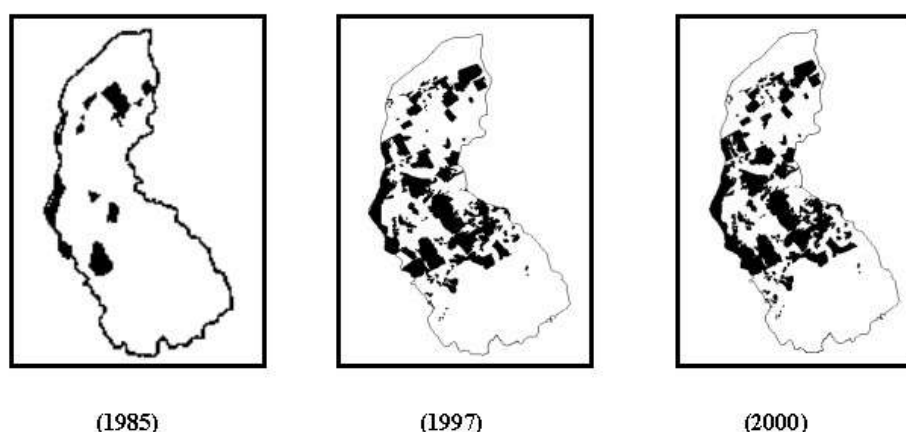
Para a elaboração de cartas de risco potencial à erosão normalmente são considerados vários atributos do meio físico que podem favorecer os processos de erosão (declividade, forma e comprimento das encostas, textura, gênese e erodibilidade dos materiais inconsolidados, litologia, profundidade do nível de água, pluviosidade, escoamento superficial, feições erosivas), Zuquette et al. (1994), Crepani et al. (1996).

No presente trabalho a carta de risco potencial à erosão foi elaborada com base em determinados parâmetros, obtidos da carta geotécnica do município de São José dos Campos, conforme IPT (1996), tais como, propriedades dos solos obtidas do mapa de solos da Região do Vale do Paraíba segundo Kurkdjian et al. (1992), e classes de declividade extraídas da carta de declividade elaborada com o auxílio de um ábaco analógico ajustado para uma base cartográfica na escala 1:10.000 conforme De Biasi (1970).

Após a obtenção desses dados, foram realizados os cruzamentos utilizando-se de programação em LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) em ambiente SPRING (INPE, 2004). Em uma primeira fase foi realizado o cruzamento dos parâmetros obtidos da carta geotécnica, de solos e declividade, dando origem à carta de risco potencial à erosão. Em uma segunda etapa foi realizado o cruzamento da carta de risco com as áreas urbanizadas na área de estudo para as datas de 1985, 1997 e 2000, a fim de caracterizar, quantificar e espacializar a urbanização nas áreas de risco para os períodos analisados;

### 3 Resultados obtidos

A análise e interpretação das fotografias aéreas, possibilitaram o mapeamento dos perímetros urbanizados para as diferentes datas (Figura 3.1) e os resultados são apresentados na Tabela 3.1. Pelos dados apresentados, podemos verificar que houve um aumento significativo da área urbanizada no período analisado. No tocante ao aumento de área urbanizada no período, necessário se faz esclarecer que em parte, este acréscimo se deve ao fato de ter sido considerado também os perímetros urbanizados em fase de implantação, bem como, aqueles que se encontram nas regiões de contato com os setores rurais do município que na grande maioria estão associados aos loteamentos denominados de clandestinos.



**Figura 3.1:** Manchas urbanas na bacia hidrográfica do Rio Pararangaba para os anos 1985, 1997, 2000

**Tabela 3.1:** Quantificação das áreas urbanizadas para as datas de 1985, 1997 e 2000

Bacia hidrográfica do Rio Pararangaba	Área (Km <sup>2</sup> )	Área (%)
Área Urbanizada em 1985	6,20	8,54
Área Urbanizada em 1997	15,58	21,46
Área Urbanizada em 2000	16,85	23,21

### 3.1 Carta de Risco Potencial aos Processos de Erosão

Para a confecção de cartas de riscos potenciais a erosão, normalmente são considerados vários atributos do meio físico conforme Zuquette et al. (1994), porém, conforme observação dos próprios autores, em muitas situações torna-se inviável a disponibilidade daquelas informações na escala compatível a de trabalho.

Assim, foram consideradas as unidades geotécnicas (IPT 1996), sendo que cada qual recebeu um determinado peso em função da composição textural, e da posição que ocupam na paisagem, e os respectivos pesos foram dados conforme recomendação de Pejon & Zuquette (1993), em que deve-se atribuir pesos aos atributos considerados tanto maiores quanto maior for a sua influência no processo de escoamento superficial.

Neste contexto a Tabela 3.2 apresenta os atributos das unidades geotécnicas e seus respectivos pesos em função da maior ou menor influência nos processos de erosão do solo.

**Tabela 3.2:** Unidades Geotécnicas com seus respectivos pesos

Unidades Geotécnicas	Peso das Unidades
Aluviões arenosos	7
Aluviões argilosos	5
Colinas/morrotes em sedimentos arenosos	5
Colinas/morrotes em sedimentos em argila-expansiva	3
Colinas/morrotes em sedimentos argilo-arenosos	3
Morros c/ substrato migmatitos/gnaisses/xisto/filitos	6
Colinas/morrotes com embasamento cristalino	6

Para as diferentes unidades de solos que ocorrem na área de estudo foram também estabelecidos os respectivos pesos em função das características texturais, espessura do material intemperizado (profundidade), conforme procedimento utilizado por Crepani et al. (1996) para elaboração de cartas de vulnerabilidade natural à erosão. Assim, a Tabela 3.3 apresenta as unidades de solos e seus respectivos pesos, em função da maior ou menor influência aos processos de erosão.

**Tabela 3.3:** Unidades de solos com seus respectivos pesos

Unidades de Solos	Peso das Unidades
Glei Húmico Álico (HGHa2)	8
Latossolo Vermelho Amarelo Álico (LVa)	6
Podzólico Vermelho Amarelo Álico (Pva23)	7
Podzólico Vermelho Amarelo Álico (Pva19)	5

Verifica-se, que os solos que ocupam áreas de várzeas (HGHa2) e aqueles de textura arenosa em superfície (PVa 23), são os que receberam maior peso, pelo fato de estarem associados à áreas de risco a inundação para os solos Glei e maior influência aos riscos de erosão para os Podzólicos Vermelho Amarelo.

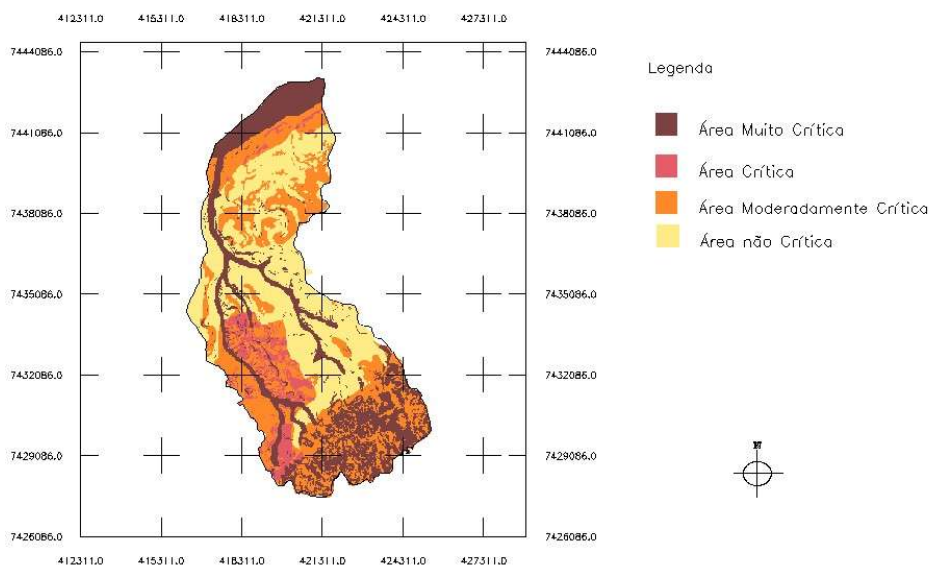
Com relação ao estabelecimento dos respectivos pesos para as classes de declividade, foi adotado o mesmo procedimento utilizado para as unidades geotécnicas e unidades de solos, sendo que as classes de maior declividade receberam os maiores pesos, com exceção das áreas de várzea que ocorrem na classe de declividade entre 0 e 5%, e que pelo fato de serem áreas sujeitas à inundação receberam o peso máximo. semelhante ao da classe com declividade maior que 30 %, conforme pode ser visualizado na Tabela 3.4.

**Tabela 3.4:** Classes de declividade com seus respectivos pesos.

Intervalos das Classes de Declividade (%)	Peso das Unidades
0 – 5	1
0 – 5 (em áreas de várzea)	10
5 – 15	2
15 – 30	3
> 30	10

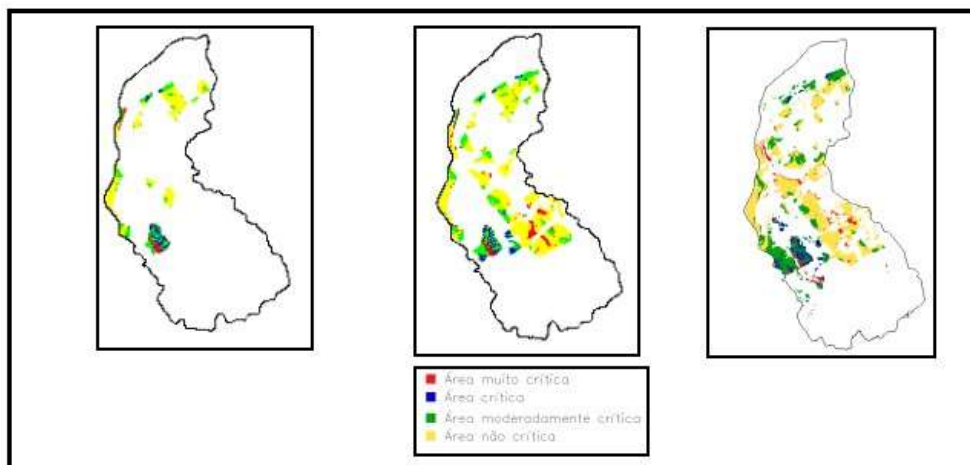
Conduta semelhante foi realizada com a profundidade sendo que os solos mais rasos tiveram os maiores pesos e os mais profundos menores pesos, bem como para o relevo onde as classes de relevo ondulado a montanhoso receberam os pesos mais elevados e as classes de relevo plano a suave ondulado os menores. Neste sentido as Tabelas 3.2, 3.3 e 3.4 representam a somatória dos pesos estabelecidos para os diferentes atributos analisados.

Após a obtenção dos diferentes atributos e seus respectivos pesos, realizou-se a integração dos mesmos para toda a área de estudo com o suporte do software SPRING, sendo obtidas todas as combinações possíveis entre os diferentes atributos e seus respectivos pesos e os resultados foram agrupados em apenas 4 classes quanto aos riscos potenciais à erosão sendo: a) áreas não críticas b) áreas moderadamente críticas, c) área crítica e d) áreas muito críticas, à erosão, conforme é apresentado na Figura 3.2.



**Figura 3.2 :** Carta de risco potencial à erosão

Com a disponibilidade da carta do potencial de risco à erosão e os mapeamentos das áreas urbanizadas nas datas de 1985, 1997 e 2000, foi possível realizar os cruzamentos nos períodos analisados e posteriormente a quantificação do crescimento urbano nas áreas de risco potencial à erosão para as diferentes classes, com o suporte do SPRING e os resultados obtidos são apresentados na Figura 3.3 e na Tabela 3.5.



**Figura 3.3:** Cruzamento das áreas urbanizadas com a carta de risco à erosão

**Tabela 3.5:** Taxa de urbanização em áreas de risco à erosão

Áreas de risco	Expansão Urbana Km <sup>2</sup> (1985)	Expansão Urbana Km <sup>2</sup> (1997)	Expansão Urbana Km <sup>2</sup> (2000)
Área não Crítica	3,46	9,48	9,90
Área Moderadamente Crítica	1,90	4,12	4,75
Área Crítica	0,42	0,95	1,02
Área Muito Crítica	0,42	1,03	1,18

Conforme apresentado na Tabela 3.5, verifica-se que no período analisado houve um aumento significativo de crescimento urbano no período de 1985 a 1997 em praticamente todas as classes de risco, sendo que a classe não crítica foi a que apresentou maior expressão de área. Por outro lado é possível constatar que para o mesmo período ocorreu um aumento em área de duas a duas vezes e meia a ocupação urbana nas classes moderadamente crítica, crítica e muito crítica. Quanto ao pequeno aumento em área ocorrido no período 1997 a 2000, em parte está associado ao período de apenas três anos e por outro lado está atrelado também ao fato de que aquelas áreas que em 1997 estavam em processo de ocupação urbana (traçado da estrutura urbana) e locais de baixa densidade de ocupação urbana, passaram para a categoria de áreas mais adensadas em 2000 e assim limitando o crescimento de novas áreas de expansão urbana. Assim, percebe-se que no período analisado houve um incremento do crescimento urbano em áreas de risco potencial à erosão.

Pelos valores apresentados e com a finalidade de avaliar a eficiência da metodologia proposta, foi realizado um apoio de campo para verificar as consequências das áreas urbanizadas nas classes de risco consideradas críticas e muito críticas, o que resultou na constatação de áreas submetidas aos diferentes processos de erosão, as quais na sua maioria estavam associadas a áreas de expansão urbana mais recentes e ainda não totalmente consolidadas, cuja a principal causa é a ausência ou deficiência de obras de infra-estrutura, disposição do sistema viário e da drenagem superficial, que permitem a concentração do escoamento, aliado à inexistência de estruturas adequadas de adução, condução e lançamento das águas.

Assim, considerando-se que esta região é uma das áreas mais favoráveis ao processo de expansão urbana, e que nos últimos anos tem apresentado altas taxas de urbanização conforme Serafim (1998), torna-se necessário o direcionamento de ações mitigadoras para controlar este crescimento desordenado.

#### 4 Conclusões

A metodologia para a elaboração da carta de risco potencial à erosão através da integração de atributos basicamente do solo e relevo, mostrou-se eficiente como um instrumento para a caracterização das áreas urbanas implantadas nas áreas de risco potencial à erosão, pelo fato da constatação de que as áreas urbanizadas nas classes classificadas como críticas e muito críticas pela carta de risco, foram constatadas em campo e também por ter sido possível a quantificação e espacialização do crescimento urbano em áreas de risco potencial à erosão na área de estudo.

Embora os resultados tenha apresentado contribuições importantes para subsidiar propostas de ordenamento territorial, é necessário uma investigação mais crítica na seleção dos atributos e seus respectivos pesos a serem utilizados na elaboração de cartas de risco potencial à erosão.

#### 5 Referências Bibliográficas

- Costa, S.M.F.** Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano, integrando as tecnologia de SIG e sensoriamento remoto – Aplicação à área metropolitana de Belo Horizonte. São Paulo, 1996. Dissertação de Doutorado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 179p.
- Crepanil, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L. G.; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte., V.** Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico. São José dos Campos, INPE, 1996. 18p.
- De Biasi, M.** Cartas de declividade: confecção e utilização. São Paulo, USP. IGEOG, 1970. (Série Geomorfológica, 21).
- Escada, M.I.S.** Utilização de técnicas de sensoriamento remoto para o planejamento de espaços livres urbanos de uso coletivo. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto) – INPE, São José dos Campos, 1992, 133p. (INPE-5441-TDI/487).
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.** Carta Geotécnica de São José dos Campos. São Paulo. 1ª edição. 1996. São Paulo: IPT, 10/10/1996. 43p.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – (INPE) - SPRING.** Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. <http://www.dpi.inpe.br/spring>, 2004;
- Jardim, H. L.** Estudo da expansão urbana próxima a área de mineração através de sensoriamento remoto, índices morfométricos e geoprocessamento: Congonhas-MG. (Dissertação de Mestrado em Sensoriamento Remoto). INPE, São José dos Campos, 1999, 139p. (INPE-7029-TDI/661).
- Kurkdjian, M.L.N.O.; Valerio Filho, M.; Veneziani, P.; Pereira, M.N.; Florenzano, T.G.; Anjos, C.E.; Ohara, T.; Donzeli, P.L.; Abdon, M.M.; Sausen, T.M.; Pinto, S.A.F.; Bertoldo, M.A.; Blanco, J.G.; Czordas, S.M.** Macrozoneamento da Região do Vale do Paraíba e Litoral Norte do Estado de São Paulo. São José dos Campos, 1992. 176 p (INPE-5381-PRP/165)
- Marchetti, D. A. B.; Garcia, G. J.** Princípios de fotogrametria e fotointerpretação. São Paulo, Nobel, 1986. 257p.
- Novo, E. M. L. M.** Sensoriamento remoto, princípios e aplicações. São José dos Campos. Ed. Edgard Blucher Ltda. 309p.
- Pejon, O. J.; & Zuquette, L. V.** Surface runoff potencial chart of the Piracicaba sheet, SP. Geociências, São Paulo, V. 12. N. 2 p. 515-529, 1993.
- Pereira, M. N.; Novo, E. M. L. M.; Kurkdjian, M. L. N. O.; d'Alge, J. C. L.** Atualização do uso da terra do município de São José dos Campos, através de dados de sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE, 1987.
- Serafim, C. R.** Monitoramento do crescimento urbano em áreas de risco à erosão na bacia hidrográfica do córrego Pararangaba no município de São José dos Campos-SP. Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano e Regional - UNIVAP, São José dos Campos, 1998, 99p.
- Valerio Filho, M.** Técnicas de Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas ao planejamento regional. VI Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Presidente Prudente, São Paulo. Abril de 1998. CD
- Valerio Filho, M.; Alves, M.; Kurkdjian, M.L.N.O.** Avaliação da integração de dados de uso e ocupação das terras e a carta de unidades geotécnicas na sub-bacia do ribeirão Vidoca, São José dos Campos-SP. I Seminário Nacional de Impactos Sócio-Ambientais Urbanos : Desafios e Soluções. Curitiba, Junho de 2002. CD
- Valerio Filho, M.; Alves, M.; Garcia, R.; Fantin, M.** Caracterização de bacias hidrográficas

impermeabilizadas pelo processo de urbanização com o suporte de geotecnologias. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte, Abril de 2003. CD

**Vieira, I.M.; Kurkdjian, M.L.N.O.** 1993. Integração de dados de expansão urbana e dados geotécnicos como subsídio ao estabelecimento de critérios de ocupação em áreas urbanas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7. Curitiba, PR, 10-14 maio, 1993. Anais. Curitiba. v.1, p. 163-171.

**Zuquette, L. V.; Pejon, O. J.; Sinelli, O.; Gandolfi, N.** Carta de riscos potenciais de erosão - cidade de Franca (SP) escala 1:25.000 (Brasil). III Latin American Symposium on Urban Geohazards. Anais. 1994.