

Análise do Crescimento Urbano e os Reflexos na Macrodrenagem com Auxílio de Geotecnologias. Estudo de Caso: Bacia Hidrográfica do Ribeirão Vidoca - São José dos Campos - SP

Mario Valerio Filho ¹

Marcello Alves ²

Ronaldo Garcia ³

Marcel Fantin ⁴

Univap- Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento- IP&D
São José dos Campos- SP

¹ ✉ mvalerio@univap.br

² ✉ malves@univap.br

³ ✉ rgarcia@univap.br

⁴ ✉ marfantin@bol.com.br

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Materiais e Métodos
	2.1 Área de Estudos
	2.2 Materiais
	2.3 Metodologia
	3 Resultados
	4 O Adensamento Urbano e os Reflexos na Macrodrenagem
	5 Considerações finais
	6 Referências bibliográficas

Resumo: O acentuado processo de crescimento urbano das cidades nas últimas décadas, tem concorrido para exercer influência direta nas redes de drenagem urbanas, onde podem ser constatados diversos problemas relacionados aos processos de erosão, solapamento das margens e assoreamento dos córregos, fatores estes que são conseqüências da sobrecarga na macrodrenagem e que contribuem para a ocorrência de inundações. Desta forma, o monitoramento, a criação e a atualização de bancos de dados georreferenciais com o apoio das geotecnologias, vêm sendo de fundamental importância para estudos de diagnósticos, com vistas à preservação e conservação das bacias e sub-bacias hidrográficas em perímetros urbanizados. Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma abordagem metodológica com o suporte das geotecnologias para mapear os perímetros urbanizados e seus respectivos níveis de criticidade quanto a sua impermeabilização do terreno. Os resultados da análise foram espacializados na bacia hidrográfica do Ribeirão do Vidoca localizada no setor sul do município de São José dos Campos, contribuindo para comprovar o conseqüente reflexo deste crescimento urbano na macrodrenagem da área de estudo.

Palavras chave: crescimento urbano, drenagem urbanas, bacias hidrográficas, geotecnologias

Abstract: Abstract: The rapid urban growth of the cities in the last decade, directly contributed to hazard the urban stormwater drainage system, as a process that cause erosion to the riverbanks and obstruction of the riverbeds, wetlands and riparian areas, and flood on the major waterway corridors, as a consequence of an overloaded stormwater system. Therefore, the creation, monitoring and update of a georeferential database banks supported by geotechnologies, plays an important role in providing for diagnostic studies towards preservation and improvement of the stormwater conveyance system and drainage basins in urban areas.

In this sense, the present job introduces a methodological approach supported by geotechnologies to map urban perimeters and their respective critical imperviousness levels. The analysis results were spacialized on the Vidoca River, located southward São José dos Campos, and contributed to reassure the consequences of an uncontrolled urban growth in stormwater basin of the studies area.

Keywords: urban growth, drainage system, drainage basins, geotechnologies

1 Introdução

Segundo Genz e Tucci (1995) os principais impactos que decorrem do desenvolvimento de uma área urbana sobre os processos hidrológicos, estão ligados à forma de ocupação da terra, e também ao aumento das superfícies impermeáveis em grande parte das bacias que se localizam próximas a zonas de expansão urbana ou inseridas no perímetro urbano.

Desta forma, de acordo com Campana e Tucci (1994) as bacias urbanas necessitam ser planejadas com seu desenvolvimento futuro levado em consideração. Contudo, a falta de planejamento adequado e as irregularidades na ocupação descontrolada tornam esta tarefa

bastante difícil. Vale destacar que Tucci (1997) afirma que o desenvolvimento urbano brasileiro tem produzido aumento significativo na frequência de inundações e que em determinadas áreas pode-se constatar um aumento das vazões em até 7 vezes.

Segundo Forman (1995), um dos maiores desafios do planejamento do uso da terra é o que se refere ao uso sustentável do ambiente que baseia-se em uma dinâmica de transformação com igual ênfase, nas dimensões ambientais e humanas da paisagem e na consideração de intervalo temporal que abranja diferentes gerações humanas. Desta forma, a utilização de produtos de sensoriamento

remoto, tais como, imagens e fotografias aéreas, associadas aos SIG's tornam-se de fundamental importância, pois, contribuem com a análise da dinâmica temporal da transformação de determinadas áreas tais como as bacias hidrográficas.

O monitoramento e a aquisição de dados contínuos, proporcionam um controle sobre o comportamento das bacias hidrográficas. Desta forma, o conjunto de dados adquiridos requer ajustes constantes, e neste sentido os SIG's e os produtos de Sensoriamento Remoto são importantes ferramentas nas análises e no auxílio do armazenamento e utilização de dados espaciais. Desta forma, as Geotecnologias, através dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG's) e do Sensoriamento Remoto vêm sendo utilizadas como importantes ferramentas, afim de subsidiar o planejamento, as análises e as ações em diversas áreas de aplicação do conhecimento.

É neste sentido que este trabalho tem como objetivo específico analisar o crescimento urbano e os reflexos na macrodrenagem, utilizando-se do auxílio das geotecnologias na avaliação e espacialização das áreas urbanizadas. Vale ressaltar que este trabalho é parte integrante do Projeto Macrodrenagem de São José dos Campos-SP, que tem como objetivo geral, gerar um banco de dados de parâmetros hidro – meteorológicos e do meio físico para estudo das bacias hidrográficas, como subsídio à elaboração do Plano Diretor de Macrodrenagem do Município.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O município de São José dos Campos, localiza-se no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul, na província geomorfológica denominada Planalto Atlântico, a 23° 13' 53" de Latitude Sul e 45° 51' 21" de Longitude Oeste, com área total de 1.118 Km² e altitude média de 600 metros.

O Rio Paraíba do Sul atravessa todo o município seguindo a direção NE formando assim uma complexa rede de afluentes às margens esquerda e direita. Vale destacar que toda rede de drenagem está sob influência das chuvas de verão, sendo os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro os mais chuvosos (Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo-1989). É na margem direita que se localiza a Bacia do Ribeirão Vidoca (Figura.1), com uma área de aproximadamente 60.0 km², objeto de estudo deste trabalho específico, que espelha o grande surto do crescimento da cidade de São José dos Campos.



Figura 1 : Localização da área de estudo (bacia do Ribeirão Vidoca) no Município de São José dos Campos-SP

Segundo Souza (2001) o Ribeirão Vidoca tem sua nascente no divisor d'água, próximo ao limite do município de São José dos Campos com Jacareí, denominado Itamerim, a 793 metros de altitude.

2.2 Materiais

Para a elaboração do presente trabalho, foram utilizados os seguintes materiais:

- Cartas topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo na escala 1:10.000, obtidas à partir da restituição aerofotogramétrica de aerofotos obtidas em 1977 pela empresa Terrafoto S/A na escala 1:10.000;
- Cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000, obtidas à partir da restituição aerofotogramétrica de aerofotos obtidas em 1972 na escala 1:25.000. Folha: São José dos Campos;
- Fotografias aéreas coloridas do levantamento aerofotogramétrico realizado pelo INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais na escala aproximada 1:10.000 em 1997;
- Micro padrão IBM/PC-Pentium III equipado com mesa digitalizadora marca Digigraf, modelo Van Gogh, tamanho A1 e instalada com o SIG (Sistema de Informação Geográfica) SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), desenvolvido no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 1999); que conjuga funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a bancos de dados espaciais.

2.3 Metodologia

Os dados em formato analógico (cartas), relativos às redes de drenagens e curvas de nível em escalas respectivas, 1:10.000, Prefeitura Municipal de São José dos Campos (1977) e 1:50.000 (IBGE, 1974), foram digitalizados e compilados em ambiente SPRING (INPE, 2002), proporcionando a elaboração da base cartográfica digital da área de estudo.

Através da análise e interpretação de fotografias aéreas em escala aproximada 1:10.000 para o ano de 1997 (INPE) realizou-se a atualização da rede de drenagem dos trechos canalizados e retificados no município, bem como o mapeamento dos perímetros urbanizados .

Em ambiente SPRING foi elaborada a base cartográfica digital contendo a espacialização dos perímetros urbanizados , segundo suas classes de adensamento. Posteriormente cada classe de adensamento urbano recebeu um índice de impermeabilização adaptado conforme Tucci (1997), Tucci e Marques (2000). A substituição das classes de adensamentos urbanos pelos respectivos índices em ambiente SPRING, permitiram a visualização dos setores da bacia de maior criticidade quanto aos impactos na rede de drenagem.

Com base nos resultados obtidos e o apoio de documentação fotográfica de campo, realizou-se uma análise dos principais problemas de ordem ambiental na rede de drenagem e suas relações com o crescimento urbano.

3 Resultados

Através da análise e interpretação das fotografias aéreas coloridas, segundo critérios estabelecidos os perímetros urbanos foram classificados em 5 (cinco) classes como segue:

Área Urbana Consolidada com Alta Taxa de Ocupação (Figura 2);



Figura 2 : Alta Taxa de Ocupação

Área Urbana Consolidada com Taxa Média de Ocupação (Figura 3);



Figura 3 : Taxa Média de Ocupação

Área Urbana não Consolidada com Taxa Média de Ocupação (Figura 4)



Figura 4 : Área Urbana não Consolidada

Área Urbana não Consolidada com Baixa Taxa de Ocupação (Figura 5);



Figura 5 : Área Urbana não Consolidada

Áreas em Implantação (Figura 6);



Figura 6 : Áreas em Implantação

Com o suporte das geotecnologias, os perímetros urbanos, segundo suas classes de adensamento foram espacializados na bacia do Ribeirão Vidoca (Figura 7).

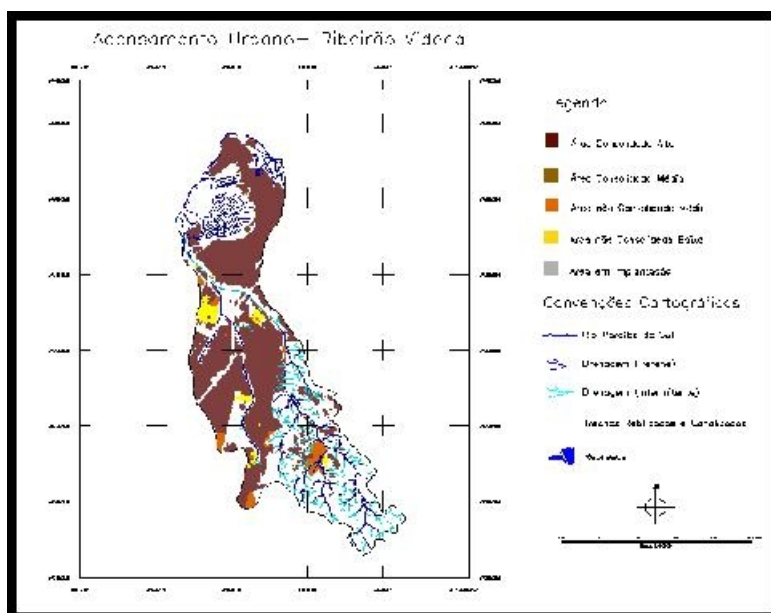


Figura 7 : Classes de adensamento

Pela análise da Figura 7 e a observação de dados multitemporais, conforme Souza (2001), permitiu ressaltar que a distribuição dos perímetros urbanizados na bacia hidrográfica deu-se no sentido de Jusante para Montante, concordando assim com Campana e Tucci (1994). A Tabela 1 apresenta a quantificação das diferentes classes de adensamento urbano na área de estudo.

Classes de adensamento Urbano	Área (km ²)	Área (%) *
Consolidada Alta	18,0	29,62
Consolidada Média	8,0	13,23
Não consolidada Média	1,2	1,96
Não Consolidada baixa	0,4	0,53
Áreas em Implantação	1,2	2,00
Total	28,8 (km²)	47, 34 %

Figura 8 : Área total da bacia do Ribeirão Vidoca: 60.0 Km²

Verifica-se que as classes consolidada alta e consolidada média, respondem por aproximadamente 43% do perímetro urbanizado na bacia hidrográfica, demonstrando assim o alto índice de impermeabilização, o qual tem contribuído para as constantes inundações nos períodos de maior precipitação.

A estas classes foram atribuídos os índices de impermeabilização adaptados conforme Tucci (1997), Tucci e Marques (2000). Posteriormente, estes dados foram submetidos a cruzamento em ambiente SPRING, utilizando-se de uma programação em LEGAL (INPE, 2002). Desta forma, com o resultado deste cruzamento gerou-se uma carta de espacialização das áreas com os diferentes índices de criticidade quanto à impermeabilização das superfícies dos solos e consequentemente da maior contribuição para as drenagens (Figura 8).

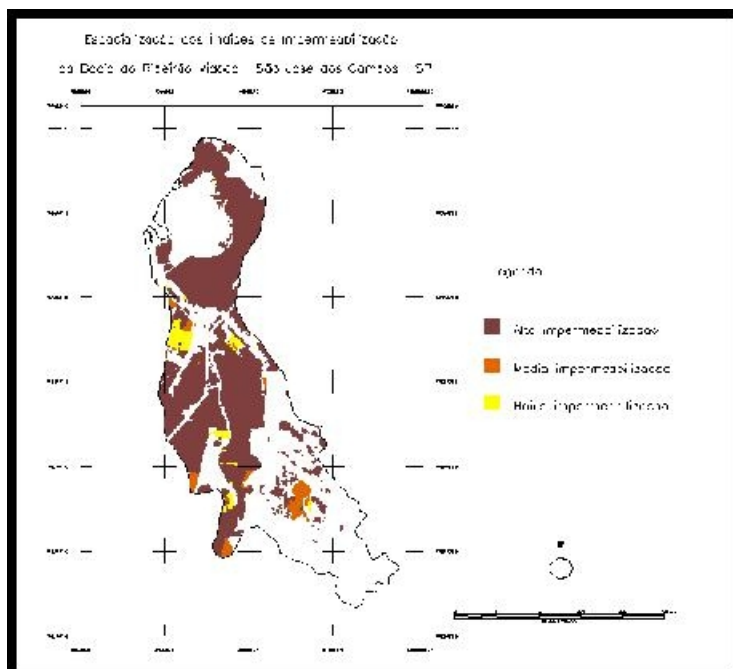


Figura 9 : Espacialização dos níveis de impermeabilização na Bacia do Ribeirão Vidoca, São José dos Campos –SP.

4 O Adensamento Urbano e os Reflexos na Macrodrenagem

Os sistemas clássicos atuais de drenagem urbana estão centrados na lógica do rápido escoamento das águas pluviais. Na quase totalidade dos casos, os projetos em aprovação nunca levam em consideração seus impactos na macrodrenagem.

Com a expansão urbana e o conseqüente aumento das áreas impermeabilizadas, ocorre um substancial aumento de volume das águas da drenagem pluvial, e uma diminuição no tempo de concentração da bacia, o que vem provocar uma sobrecarga na macrodrenagem a jusante, acarretando, na maioria das vezes, inundações, erosões nas margens, danos a pontes e estradas etc.

Contudo destaca-se que a distribuição populacional no município de São José dos Campos, ao longo dos anos (1980 a 2000), caracterizou-se pelo intenso crescimento urbano conforme Tabela 2. Constatando-se assim que aproximadamente 98 % da população ocupando atualmente as áreas urbanas e apenas 2 % as zonas rurais.

POPULAÇÃO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS DE 1980 A 2000					
POPULAÇÃO/ANOS	1980	1985	1990	1995	2000
URBANA	275.000	335.000	406.000	469.000	531.000
RURAL	10.500	13.000	16.000	13.000	6.000

Figura 10 : Tabela 2 : Crescimento Populacional no município de São José dos Campos entre os anos 1980 e 2000. (Fonte: Censo IBGE)

Na bacia do Ribeirão Vidoca encontram-se vários exemplos de assoreamentos, erosões, escorregamento de taludes e rompimento de tubulações, em decorrência do impacto da urbanização sobre os sistemas de macrodrenagem (Figuras 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18).



Figura 11 : Assoreamento dos córregos



Figura 12: Assoreamento do leito



Figura 3 : Erosão nos loteamentos



Figura 14 : Erosão no talude



Figura 15 : Erosão na ala da galeria



Figura 16 : Escorregamento do talude



Figura 17 : Rompimento da linha de tubos



Figura 18 : Tubo carregado pelas águas

A visão atual dos administradores públicos e a expectativa da população é de se realizarem obras (canalizações, alargamentos, aprofundamento do leito, etc). No sentido de corrigir-se os problemas advindos da crescente expansão urbana.

Essas medidas de caráter estrutural acarretam pesados investimentos por parte dos poderes públicos, e que poderiam ser em muitos casos minimizados com a aplicação de políticas voltadas ao controle das vazões “in loco” e rigorosas restrições à ocupação das áreas do leito de inundação dos corpos d’água, através de uma legislação específica e da implementação de um Plano Diretor para o gerenciamento do uso e ocupação do solo e da drenagem urbana.

Outro problema que ocorre na maioria dos municípios brasileiros é a falta de profissionais capacitados para equacionar os problemas de drenagem. Muitos projetos são sub avaliados ou sub dimensionados por falta de informações ou deficiência de formação profissional. Quanto à visão político-administrativa, as soluções propostas quase sempre são medidas estruturais, e raramente são propostas medidas não estruturais. Há necessidade de se implantar uma nova cultura junto à população, aos Poderes Executivo e Legislativo, no sentido de se demonstrar que as medidas não estruturais, que requerem menores recursos financeiros, poderão evitar ou minimizar as catástrofes que penalizam as populações mais carentes.

Para Silveira (2000), no Brasil ainda hoje, na grande maioria dos municípios, a drenagem urbana está situada no contexto higienista de evacuação rápida, combinada com a rede de esgoto pluvial separada da rede de esgoto doméstico (sistema separador absoluto). O modo de pensar atual está mais para a *drenagem urbana* que para a *hidrologia urbana*.

Segundo Fendrich (1999), é de suma importância promover a curto e médio prazo o desenvolvimento de estudos e pesquisas na área de drenagem urbana que contemplem os aspectos técnicos da hidrologia, hidráulica, saúde e meio ambiente, além dos aspectos sociológicos traduzidos pela política institucional e legal do setor.

Os países desenvolvidos, segundo Tucci (2000), já no início da década de 70, adotaram soluções que priorizavam o controle “na fonte” do escoamento gerado pela urbanização, ou seja, no lote ou no loteamento, dentro de uma filosofia de que “o melhor projeto de drenagem é o que mantém as vazões máximas iguais ou menores as das condições naturais”.

Estudar os impactos das águas de chuva sob um enfoque ambientalista e, sobretudo, adotar uma visão sistêmica para solução do problema da drenagem, deve ser a nova visão de gerenciamento da drenagem, e a preocupação maior dos dirigentes e técnicos responsáveis pela drenagem urbana.

5 Considerações finais

As análises realizadas, demonstraram a consolidação da problemática ambiental, pertinente à redes de drenagens com acentuado grau de urbanização. Constatando-se assim que os estudos e previsões são notórios, no que diz respeito aos resultados de tais interferências em bacias hidrográficas, tais como, sobrecarga na macrodrenagem a jusante, acarretando, na maioria das vezes, inundações, erosões nas margens, danos a pontes e estradas etc. Podendo-se afirmar que os projetos que visam soluções imediatas para problemas locais podem não contribuir com o equilíbrio em todo curso da bacia.

Fica também demonstrado que o uso das geotecnologias se oferecem como ferramentas eficientes para armazenamento, tratamento, cruzamentos e espacialização de informações da superfície terrestre, as quais proporcionam subsídios relevantes para o planejamento urbano, bem como, para estabelecimento do plano diretor de macrodrenagem.

6 Referências bibliográficas

CAMPANA, N. A.; TUCCI, C. E. M. *Estimativa de Áreas Impermeável de MacroBacias Urbanas*. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, vol.12, n. 2, dez/ 1994.

FENDRICH, R. *Política e Operacionalização dos Projetos de Drenagem Urbana*. RBRH/ABRH, in A Água em Revista no 11, Porto Alegre, 1999.

FORMAN, Richard T.T. *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge, Cambridge University Press, 1995.

GENZ, F; TUCCI, C. E. M. *Infiltração em Superfícies Urbanas*. Revista Brasileira de Engenharia. Caderno de Recursos Hídricos, vol. 13, n. 1, jun. 1995.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS <http://www.dpi.inpe.br/spring>, mar. 2002.

MCDONNELL, R. BURROUGH, P. A. *Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.* Oxford, New York, vol. IV, 1998.

SILVA, J.X. da. *Geoprocessamento e Análise Ambiental.* *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, 1992, vol. 54, jun./set. p. 47-61.

SMA - Secretaria do Estado do Meio Ambiente. *Projeto Paraíba do Sul-Potencialidade de areia.* São Paulo: SMA/ Instituto Geológico, 1989b. v.1. 107p.

SOUZA, A. E. de. *O processo de transformação físico- ambiental da Bacia do Ribeirão Vidoca relacionado com os aspectos de urbanização.* *Dissertação de Mestrado.* Instituto de Geociências. Unicamp. Set. 2001.

TUCCI, C. E. M. *Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção.* *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 2, n. 2, jul./dez. 1997.

TUCCI, C. E. M. ; MARQUES, D. L. M., Orgs. *Avaliação e Controle da Drenagem Urbana.* Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 558p.