

## CARACTERIZAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS IMPERMEABILIZADAS PELO PROCESSO DE URBANIZAÇÃO COM O SUPORTE DE GEOTECNOLOGIAS

MARIO VALERIO FILHO<sup>1\*</sup>  
MARCELLO ALVES<sup>2</sup>  
RONALDO GARCIA<sup>3</sup>  
MARCEL FANTIN<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> - Universidade do Vale do Paraíba  
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento- IP&D  
São José dos Campos- SP

mvalerio@univap.br / malves@univap.br / marfantin@bol.com.br

**Abstract.** The rapid urban growth of the industrialized cities in the last decades directly contributed to hazard the urban stormwater system, flooding areas and causing great social, economical and environmental losses. An overloaded stormwater system is a result of several causes, as highly impervious surface areas that causes fewer places available to stormwater gradually soak in, and an overwhelmed capacity of the drainage system. Therefore, the available geotechnology techniques through remote sensing products and Geographical Information System, contribute to the creation and maintenance of a georeferential database bank, of fundamental importance to provide for diagnostic studies and the monitoring of the urban perimeters of the river basins. In this sense, the present work introduces a methodological approach, supported by geotechnologies, to map urban perimeters and their respective critical imperviousness levels on major urban areas, according to their critical imperviousness levels, addressed to the stormwater drainage basins on the right side of the South Paraíba River waterway corridor in São José dos Campos, State of São Paulo. The results became possible to map the major imperviousness critical urban areas, providing for multiple-objective approaches towards the construction of the Stormwater Management Plan of the city.

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

### 1. Introdução

O processo de ocupação urbana no Brasil, tem concorrido para um aumento significativo na frequência das inundações, e a medida que a cidade se urbaniza, em geral ocorre o aumento das vazões máximas, devido ao acréscimo da capacidade de escoamento e impermeabilização das superfícies (Tucci, 1997).

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.

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

---

<sup>1</sup> Professor Pesquisador- Universidade do Vale do Paraíba- UNIVAP

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, utilização e atualização de dados espaciais. Desta forma, as Geotecnologias, através dos Sistemas de Informação Geográficas (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.

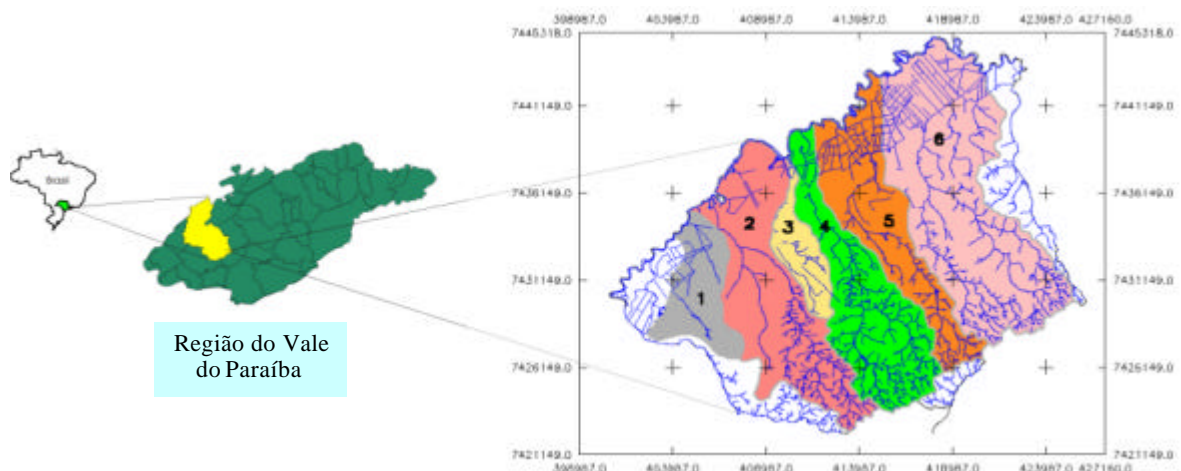
Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo mapear os perímetros urbanizados nas bacias hidrográficas da margem direita do Rio Paraíba do Sul no município de São José dos Campos para a caracterização das mesmas quanto ao nível de impermeabilização do solo.

## 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 Km<sup>2</sup> 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 estão localizadas as bacias hidrográficas do Córrego Ressaca (1), Ribeirão do Vidoca (2), Ribeirão Lavapés (3), Ribeirão Cambuí (4), Rio Alambari (5) e Rio Pararangaba (6), objeto do presente estudo conforme **Figura 2.1**, as quais refletem o grande surto do crescimento da cidade de São José dos Campos-SP.



**Figura 2.1** - Localização da área de estudo (bacias hidrográficas da margem direita do Rio Paraíba do Sul) no Município de São José dos Campos-SP.

## 2.2. Materiais

Na realização do presente trabalho, foram utilizados os seguintes materiais como segue: Cartas topográficas do Plano Cartográfico do Estado de São Paulo na escala 1:10.000, obtidas a 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 a partir da restituição aerofotogramétrica de aerofotos obtidas em 1972 na escala 1:25.000. Folhas São José dos Campos; Taubaté, Jacareí e Paraibuna.

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 VanGogh, tamanho A1 e instalada com o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas), (INPE, 2002).

## 2.3. Metodologia

Os dados em formato analógico, relativos às redes de drenagens e curvas de nível em escalas respectivas, 1:10.000 e 1:50.000, foram digitalizadas e compiladas em ambiente SPRING, 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, 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 a impermeabilização das superfícies do terreno para as bacias hidrográficas analisadas.

Com base nos resultados obtidos, foi possível espacializar e avaliar os setores das bacias que se apresentam com diferentes níveis de criticidade, os quais por sua vez estão diretamente relacionados ao maior ou menor percentual de áreas impermeabilizadas.

## 3. Resultados

Através da análise e interpretação das fotografias aéreas coloridas, segundo critérios estabelecidos, os perímetros urbanos foram classificados em 5 (cinco) classes associadas aos seus respectivos índices de impermeabilização ( **I** ), adaptados conforme Tucci (1997) e Tucci e Marques (2000) como segue:

**Área Urbana Consolidada com Alta Taxa de Ocupação - ( I = 0,86 )** Compreendem áreas de alta taxa de ocupação e com alta densidade de construções. Nesta classe há ausência de espaços livres. Correspondem às áreas ocupadas por construções em praticamente todo terreno. Vale ressaltar que foram incluídas áreas com vias pavimentadas e não pavimentadas.

**Área Urbana Consolidada com Taxa Média de Ocupação - ( I = 0,60 )** Correspondem às áreas com taxa de ocupação média, abrangendo as áreas residenciais de classe alta, áreas

institucionais, áreas industriais de grande porte, parques urbanos, e chácaras de recreação. Nestas classes ocorre a presença de espaços livres, como jardins e gramados associados às indústrias e áreas institucionais.

**Área Urbana não Consolidada com Taxa Média de Ocupação - ( I = 0,42 )** Foram consideradas as áreas com densidade média de habitações. Nestas áreas ocorre a presença de espaços livres que correspondem a lotes ainda não ocupados por edificações. Nesta classe os terrenos vazios representam menor expressão de área comparativamente aos lotes ocupados.

**Área Urbana não Consolidada com Baixa Taxa de Ocupação - ( I = 0,28 )** Foram consideradas as áreas urbanas ocupadas por edificações esparsas. Correspondem a loteamentos urbanos em processo inicial de ocupação. A relação terrenos ocupados e terrenos vazios é baixa. Vale destacar que ambas as áreas não consolidadas são formadas predominantemente de loteamentos em processo de ocupação.

**Áreas em Implantação- ( I = 0,15 )** Foram considerados loteamentos com ausência de edificações, verificando-se apenas o traçado do sistema viário e áreas terraplenadas para implantação de loteamentos ou indústrias de médio a grande porte. Correspondem a áreas basicamente não ocupadas por edificações, com abertura de vias e desbaste de quadras.

Com o suporte das geotecnologias, os perímetros urbanos mapeados segundo suas classes de adensamento, foram espacializados nas diferentes bacias (Figura 3.1). A Tabela 3.1 apresenta o resultado das áreas ( Km<sup>2</sup> ) ocupadas pelas diferentes classes de adensamento urbano nas bacias hidrográficas analisadas.

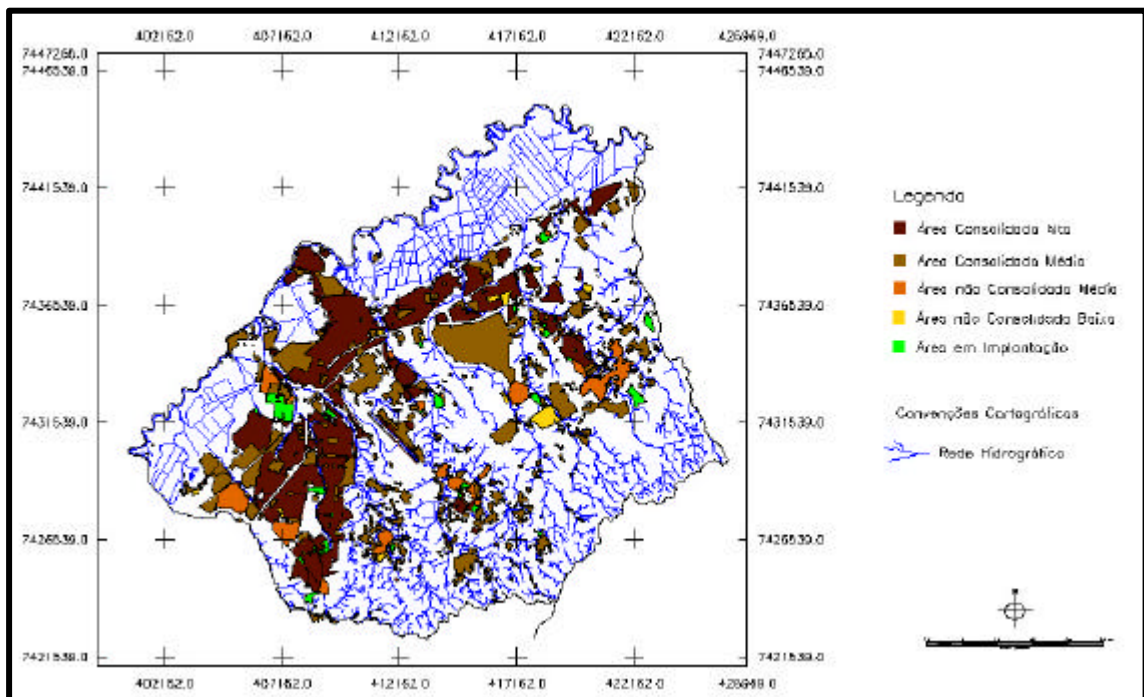
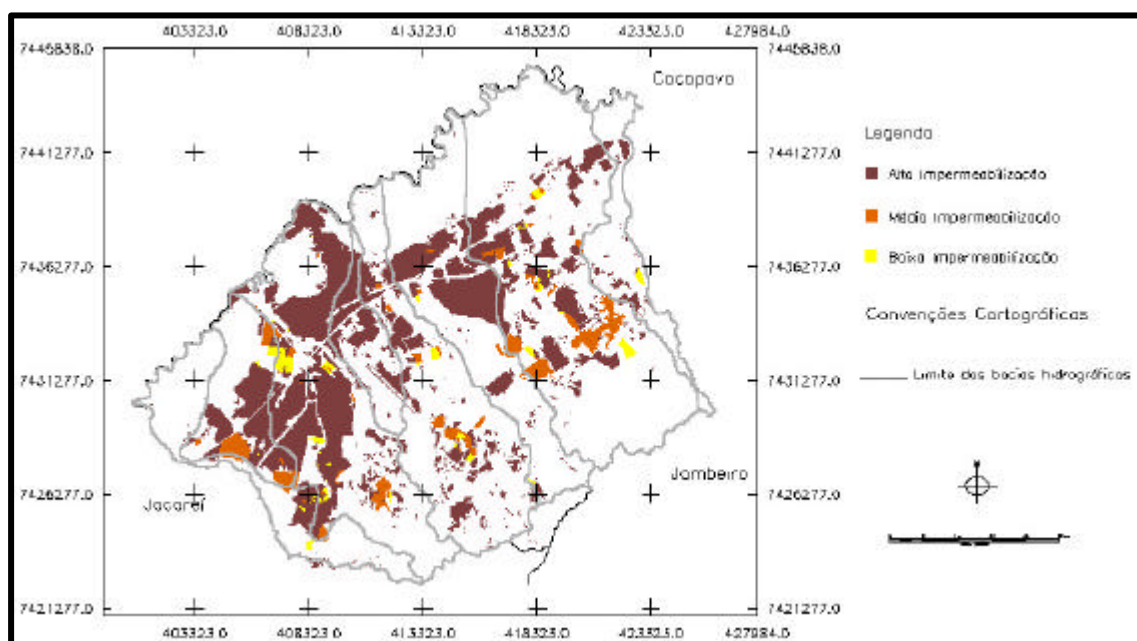


Figura 3.1 - Mapeamento do perímetro urbano segundo as classes de adensamento.

**Tabela 3.1** - Áreas ocupadas pelas diferentes classes de adensamento urbano nas bacias da margem direita do Rio Paraíba do Sul no Município de São José dos Campos.

Classes de Adensamento Urbano para o ano de 1997	Bacia hidrográfica do Córrego Ressaca	Bacia hidrográfica do Ribeirão Vidoca	Bacia hidrográfica do Ribeirão Lavapés	Bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí	Bacia hidrográfica do Rio Alambari	Bacia hidrográfica do Rio Pararangaba
Área Cons. com Alta Taxa de Ocup. (Km <sup>2</sup> )	3,98	25,50	2,48	3,28	4,07	6,03
Área Cons. com Taxa Média de Ocup.(Km <sup>2</sup> )	3,94	8,12	2,83	4,98	7,18	9,17
Área não Cons. com Taxa Média de Ocup.(Km <sup>2</sup> )	2,06	1,05	0,00	1,14	0,18	0,84
Área não Cons. com Baixa Taxa de Ocup.(Km <sup>2</sup> )	0,12	0,30	0,00	0,03	0,23	1,31
Áreas em Implantação (Km <sup>2</sup> )	0,28	1,09	0,00	0,37	0,07	0,85

Para a caracterização das bacias hidrográficas de maior ou menor criticidade quanto a impermeabilização, os dados foram submetidos a cruzamento em ambiente SPRING, utilizando-se de uma programação LEGAL (INPE, 2002), onde a cada classe de adensamento urbano foi associada o seu respectivo índice de impermeabilização, que resultou em um mapa com a espacialização das diferentes classes de adensamento urbano quanto aos índices de impermeabilização. Posteriormente, foram criadas três classes de criticidade quanto ao nível de impermeabilização do terreno, para isto adotou-se como critério, a associação das classes Área Urbana Consolidada com Alta Taxa de Ocupação e Área Urbana Consolidada com Taxa Média de Ocupação, à classe de criticidade denominada “**Alta Impermeabilização do Terreno**”. As classes Área Urbana não Consolidada com Taxa Média de Ocupação e a classe Área Urbana não Consolidada com Baixa Taxa de Ocupação à classe “**Média Impermeabilização do Terreno**” e finalmente a classe Áreas em Implantação às de “**Baixa Impermeabilização do Terreno**”. O resultado desta integração pode ser visualizado pela **Figura 3.2**. A **Tabela 3.2** apresenta a área ocupada (expressas em percentagem) para cada um dos níveis de criticidade, quanto a impermeabilização do terreno para as diferentes bacias hidrográficas.



**Fig. 3.2-** Espacialização dos índices de impermeabilização nas bacias da margem direita do rio Paraíba do Sul, no município de São José dos Campos

**Tabela 3.2-** Percentual de impermeabilização nas bacias hidrográficas da margem direita do Rio Paraíba do sul no Município de São José dos Campos.

<b>Classes de Impermeabilização do terreno</b>	<b>Bacia hidrográfica do Córrego Ressaca (Área total 21.07 Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Bacia hidrográfica do Ribeirão Vidoca (Área total 60.02 Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Bacia hidrográfica do Ribeirão Lavapés (Área total 12.63 Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Bacia hidrográfica do Ribeirão Cambuí (Área total 49.47 Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Bacia hidrográfica do Rio Alambari (Área total 44.69 Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Bacia hidrográfica do Rio Pararangaba (Área total 92.74 Km<sup>2</sup>)</b>
<b>Alta Impermeabilização (%)</b>	37,77	42,48	41,88	16,75	25,33	14,40
<b>Média Impermeabilização (%)</b>	10,34	2,24	0,00	2,48	0,91	4,35
<b>Baixa Impermeabilização (%)</b>	1,32	1,81	0,00	0,74	0,15	0,91

Pela análise da **Figura 3.2** e a **Tabela 3.2**, pode-se constatar que as bacias hidrográficas do Córrego Ressaca, Ribeirão Vidoca e Ribeirão Lavapés são as que apresentam as mais altas taxas de alta impermeabilização, em seguida temos as bacias hidrográficas do Ribeirão Cambuí, Ribeirão Alambari e Ribeirão Pararangaba. Estes dados não expressam a realidade atual, pelo fato que o mapeamento dos perímetros urbanos referem-se ao ano de 1997 e no tempo decorrido até a presente data, devemos considerar não só a expansão do crescimento urbano, bem como o seu adensamento, pois aquelas áreas classificadas como de média a baixa ocupação urbana em 1997, podem em várias situações terem evoluído para alta e média ocupação urbana e conseqüentemente estarem concorrendo para aumentar o nível de criticidade quanto a impermeabilização do terreno para as diferentes bacias hidrográficas.



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 áreas de terrenos terraplenados e margens dos córregos com o conseqüente assoreamento dos canais de drenagem. Fatos como estes, tem ocorrido nas bacias hidrográficas do Córrego Ressaca, Ribeirão Vidóca e Ribeirão Lavapés, identificadas como as de maior criticidade quanto a impermeabilização do terreno.

#### 4. Considerações Finais

As análises realizadas, demonstraram que a abordagem metodológica utilizada, comprovou ser de grande valia para estudos relacionados aos processos de crescimento urbano e suas conseqüências na impermeabilização dos terrenos, proporcionando assim, a espacialização dos perímetros urbanos de maior criticidade e desta forma oferecem indicações importantes para as ações mitigadoras. 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.

#### 5. 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.
- 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.
- SMA - Secretaria do Estado do Meio Ambiente. Projeto Paraíba do Sul-Potencialidade de areia. São Paulo: SMA/ Instituto Geológico, 1989b. v.1. 107p.
- 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.